

Новое о генезисе калиевых лампрофиров массива Томтор по данным расплавных включений

Панина Л.И., Рокосова Е.Ю., Исакова А.Т., Толстов А.В.

Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia

panina@igm.nsc.ru

Массив Томтор (север Сибирской платформы) относится к вулcano-плутоническим комплексам центрального типа, является крупнейшим Sc-TR-Y-Nb месторождением мира. По геофизическим данным он простирается на глубину до 10 км, площадь его достигает 300 км². Массив имеет почти изометричную форму. Его периферическая зона сложена нефелиновыми и щелочными сиенитами, представленными преимущественно калиевым (рисчоритовым), реже натриевым (хибинитовым) типами. Ядро сложено карбонатитовым штоком. Между ними расположена кольцевая интрузия якупирангит-уртитов (Лапин, Толстов, 1993). Карбонатитовый шток, как и щелочные породы массива зачастую прорваны дайковой серией щелочно-ультраосновных пород, образующих сложное карбонатно-силикатное чередование (Кравченко, 2003). Среди дайковых пород установлены щелочные пикриты, авгититы-лимбургиты, меланефелиниты, мончикиты, фонолиты, щелочные трахиты. Интервал формирования массива Томтор зафиксирован во времени от 800 до 240 млн. лет (Энтин и др., 1990). Результаты последних изотопных исследований свидетельствуют о двух этапах формирования магматических пород 701-675 млн. лет и 414-387 млн лет (Владыкин и др. 2014)

При изучении массива основное внимание уделялось изучению геологии слагающих его пород и оценке его уникальных гипергенных руд. Наименее проработанными до сих пор остаются генетические вопросы, касающиеся физико-химических условий образования пород и руд, состава их исходных расплавов, флюидонасыщенности, эволюции, обогащенности редкими и рассеянными элементами, РТ-параметров кристаллизации, магматических источников. Для получения генетической информации нами была исследована малоизмененная порфировая пироксен-амфиболовая дайковая порода с анальцитом, ортоклазом и флогопитом из керна скважины 1625 (глубина 114 м), пройденной в якупирангит-уртитовых породах. Порода неравномернозернистая, порфировая или гломеропорфировая за счет скоплений клинопироксена и амфибола. Вкрапленники представлены диопсидом, керсутитом, анальцитом, реже флогопитом и рудными минералами. Основная масса тонкораскристаллизована, состоит из мелких (10-50 мкм) зерен клинопироксена, флогопита, амфибола, калиевого полевого шпата, рудных минералов, карбоната. Вкрапленники клинопироксена обычно зональные. Среди них отмечаются как высокомарганцовистые (0,53-0,43 мас.% MnO) с низким (1-1,9 мас.%) количеством TiO₂ и высоким (6-7%) содержанием жадеитового компонента, так и низкомарганцовистые (0,07-0,1 мас.% MnO) разности с высоким (3-6 мас.%) TiO₂ и пониженным (1-2%) содержанием жадеитового компонента. Между ними зафиксировано большое количество промежуточных гомологов. В ядрах вкрапленников чаще присутствуют высокомарганцовистые разности, но иногда отмечается диопсид и без Mn. Чередование зон во вкрапленниках обычно многократное, нередко бессистемное. Вкрапленники апатита хорошо огранены, содержат 2-3 мас.% F, до 0,2 мас.% Cl, большинство из них обогащены SrO (1,3-1,7 мас.%).

По минеральному и химическому составу (мас. %: 39,4 SiO₂, 3,6 TiO₂, 11,9 Al₂O₃, 12,6 Fe₂O₃, 0,26 MnO, 5,8 MgO, 11,5 CaO, 3,4 Na₂O, 3,8 K₂O, 1,05 P₂O₅, 0,7 BaO, 0,5 SO₃) порода соответствует лампрофиру калиевого типа щелочности. Следует отметить, что породы сходного химического состава из той же скважины (№1625) и скважины №7264 некоторые ученые (Кравченко, 2003; Владыкин, Торбеева, 2005) относят к лампроитам.

Первичные расплавные включения были обнаружены нами во вкрапленниках клинопироксена, апатита и сфена. Включения малочисленны, встречаются поодиночке, реже в поле зрения микроскопа в клинопироксене попадают по 2-3 штуки. Все включения во вкрапленниках диопсида и апатита раскристаллизованы. Среди дочерних фаз включений в диопсиде большинства вкрапленников отмечается преимущественно анальцит, биотит, апатит, кальцит, рудные минералы. В маломарганцовистых диопсидах присутствует калиевый полевой шпат, псевдолейцит, анкерит, амфибол, биотит, альбит. В Sr-содержащем апатите включения содержат анальцит, эгирин, кальцит, магнетит. В апатите же, не содержащем Sr, во включениях присутствуют калиевый полевой шпат, биотит, амфибол, ильменит, пирит. Включения в сфене состоят из остаточного стекла, лейцита и калиевого полевого шпата. Температура гомогенизации включений в клинопироксене незначительно выше 1200 °C, а в апатите – около или несколько выше 1060-1090 °C.

Химический состав прогретых включений во всех анализируемых минералах щелочно-базитовый. Во вкрапленниках диопсида он имеет преимущественно Na-тип щелочности. Причем в высокомарганцовистых диопсидах отношение Na₂O/K₂O колеблется от 1,5 до 1,2, а в диопсидах без Mn оно близко к 1 (табл., ан. 1-5 и 6, 7, соответственно). В Sr-содержащем апатите состав законсервированных во включениях расплавов также высоконатровый (Na₂O/K₂O = 1,42-1,43), а в апатите без Sr – высококалиевый: Na₂O/K₂O = 0,89 (табл., ан. 8-10 и 11, 12, соответственно). Остаточное стекло из включений в сфене, содержащих также лейцит и калиевый полевой шпат, является высококалиевым: Na₂O/K₂O = 0,5 (табл., ан. 13).

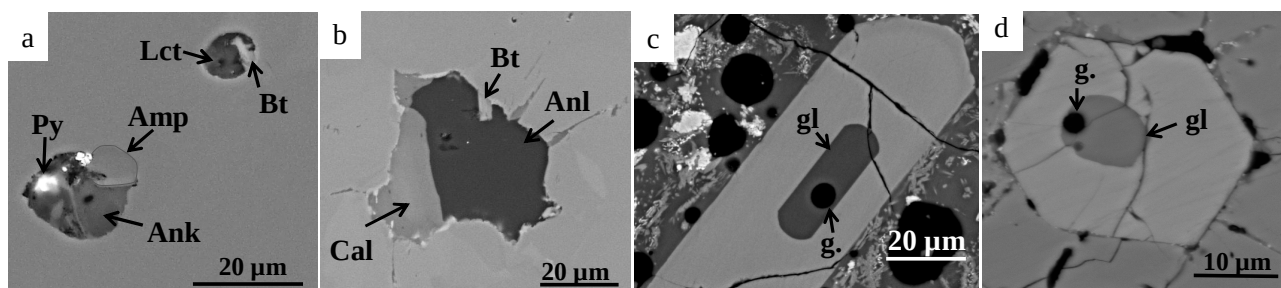


Рис. Первичные расплавные включения: а, b – непрогретые в клинопироксене; с, d – прогретые в апатите. Изображения приведены в отраженных электронах. Amp - амфибол; Ank - анкерит; Anl – анальцим; Bt - биотит; Cal – кальцит; Lct - псевдолейцит; Py - пирит; gl - стекло; g. – газовый пузырь.

Таблица. Химический состав прогретых расплавных включений, мас. %.

Минерал-хозяин	Клинопироксен							Апатит					Сфен	
№№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13*	14**
SiO ₂	49,50	51,34	52,85	54,00	55,64	53,21	54,32	50,80	53,02	46,92	52,87	53,25	58,39	53,85
TiO ₂	2,39	2,14	1,44	1,37	1,79	1,58	1,43	1,07	1,53	2,54	1,33	1,00	1,03	3,15
Al ₂ O ₃	15,17	16,57	16,69	16,93	18,62	16,89	16,33	17,52	18,14	17,06	16,49	17,82	18,01	17,33
FeO	6,92	6,93	5,24	5,13	4,39	4,30	5,07	4,74	5,67	7,92	5,81	2,98	2,87	4,35
MnO	н.п.о.	0,31	н.п.о.	н.п.о.	0,23	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0,17	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0,32
MgO	1,49	0,95	0,61	0,60	0,61	0,95	1,84	0,60	0,78	3,23	1,59	1,14	0,18	0,22
CaO	8,07	5,99	2,39	2,52	2,98	4,03	4,27	7,51	3,89	8,86	2,54	4,91	2,34	4,31
Na ₂ O	5,76	5,90	7,36	7,33	6,89	5,24	7,00	7,88	7,53	6,48	7,35	5,61	4,72	8,86
K ₂ O	3,90	4,20	5,59	5,75	5,63	5,10	6,81	5,50	5,29	4,83	7,29	6,30	9,29	5,54
P ₂ O ₅	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0,32	н.п.о.	н.п.о.	2,19	0,85	2,61	2,45	1,72	н.п.о.	н.п.о.
Cl	0,37	0,35	0,34	0,35	0,34	0,37	н.п.о.	н.п.о.	0,24	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0,31
Сумма	93,58	94,69	92,48	93,97	97,43	91,66	97,06	97,78	96,92	100,92	96,65	94,73	96,81	98,23
Na ₂ O/K ₂ O	1,48	1,40	1,32	1,27	1,22	1,03	1,03	1,43	1,42	1,34	1,00	0,89	0,51	1,60

Примечание. * - в составе включений кроме остаточного стекла присутствуют лейцит и калиевый полевой шпат. ** - включение из сфена ийолитов Томторского массива. В сумме также учтено присутствие SO₃ в мас. %: №5 – 0,22 и №9 – 0,24. Н.п.о. – ниже пределов обнаружения.

В целом по сравнению с калиевыми расплавами законсервированные расплавы Na-типа щелочности более железистые, более глиноземистые, менее кремнистые, обогащены Mn, Cl, SO₃, CO₂, P. Расплавные включения подобного химического состава также были обнаружены в сфене ийолитов массива Томтор (табл., ан. 14). Исходя из полученных данных, вкрапленники диопсида в данных калиевых лампрофитах начинали кристаллизоваться из глубинных Na щелочно-базитовых расплавов, близких по составу к расплавам, из которых кристаллизовались ийолиты массива Томтор. Известно, что химический состав первичных включений в ранних минералах отвечает составу расплава, из которого кристаллизовалась порода, а тип его щелочности зависит от типа магмы. В нашем случае, этот состав отвечает составу магмы Na-типа щелочности, из которого на ранних стадиях помимо диопсида кристаллизовались также анальцим, кальцит и рудные минералы. Калиевые же расплавы появились на более поздних стадиях кристаллизации диопсида, и их смешение с Na расплавами способствовало кристаллизации амфибола, биотита, лейцита.

Таким образом, формирование лампрофитов массива Томтор происходило из гибридной магмы в условиях восходящих движений, обусловленных тектонической деятельностью. Кристаллизация вкрапленников диопсида началась с выделения высокомарганцовистых разностей в глубинных условиях (о чем свидетельствует жадеитовый компонент в минерале) из Na щелочно-базитового расплава. На более поздней стадии кристаллизации диопсида при движении расплава к поверхности произошел подток в камеру более магниезной K-магмы. Подобный подток мог быть неоднократным, а смешение расплавов – незакономерным.

Работа выполнена при финансовой поддержке интеграционного проекта № 40.

Литература:

Владыкин Н.В., Котов А.Б., Борисенко А.С., Ярмолук В.В., Похиленко Н.П., и др. Возрастные рубежи формирования щелочно-ультраосновного массива Томтор: результаты геохронологических U-Pb и 40Ar/39Ar исследований // ДАН. 2014. т. 454. № 2. с. 195-199.

Владыкин Н.В., Торбеева Т. С. Лампроиты Томторского массива (Восточное Прианбарье) // Геология и геофизика. 2005. № 10. с. 1038-1049.

Кравченко С.М. Калиевые щелочно-ультраосновные порфировые породы центральной части массива Томтор (Полярная Сибирь): карбонатизированные лампроиты//Геология и геофизика.2003. т.44. №9. с. 906-918.

Лапин А. В., Толстов А. В. Новые уникальные месторождения редких металлов в корях выветривания карбонатитов // Разведка и охрана недр. 1993. № 3. с. 7–11.

Энтин А.Р., Зайцев А.И., Ненашев Н.И. и др. О последовательности геологических событий, связанных с внедрением Томторского массива ультраосновных щелочных пород и карбонатитов (Северо-Западная Якутия) // Геология и геофизика. 1990. № 12. с. 42-50.