

АЛМАЗОНОСНЫЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОЛОГО-ТЕКТОНИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК

Лапин А. В.*, Толстов А. В.**

*Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, Москва, lapin@imgre.ru

**Ботубинская геолого-разведочная экспедиция А/К АЛРОСА, Мирный, a.tolstov@bgre.alrosa-mir.ru

Кимберлиты – не единственный коренной источник алмазов. В связи с этим ориентация поисковых работ только на кимберлиты на территориях с промышленной или перспективной россыпной алмазоносностью, коренной источник которой не установлен, нередко оказывается не эффективной и не дает ожидаемых результатов. На таких территориях особую актуальность приобретает проблема альтернативных некимберлитовых источников алмаза, характерных для различных геолого-тектонических обстановок.

Кимберлиты сохраняют свои лидирующие позиции на территориях древних архейских кратонов, где они тяготеют к бортам сводовых поднятий (мегасводов), в осевых частях которых развиваются зоны рифтов, контролирующие размещение карбонатитов. Характерна ассоциация кимберлитов, тяготеющих к бортам рифтовых структур, с дайковыми поясами субщелочных и щелочных базитов. В сопряженных со сводовыми поднятиями синеклизах локализуется трапповый вулканизм. Области кимберлитовой активности отличаются наиболее ранней консолидацией, длительным существованием в условиях стабильного режима и низким тепловым потоком. Для этих областей характерна повышенная мощность земной коры и резкие перегибы рельефа поверхности Мохо.

Возраст кимберлитов варьирует от протерозойского до кайнозойского, периоды наиболее активного кимберлитобразования относятся к палеозою и мезозою. По морфологии среди кимберлитов преобладают эксплозивные тела трубообразной формы, однако, в последнее время выявлены промышленные месторождения кимберлитов дайкового типа. Эффективная прогнозно-минерагеническая оценка проявлений внутрикратонного щелочно-ультраосновного магматизма предполагает использование современной структуры семейства кимберлитов и конвергентных с ними пород, которая наряду с кимберлитами и пикрит-альнеитовыми породами карбонатитовой ассоциации (альпикритами) включает обширный класс щелочных пикритов, которые занимают промежуточное положение между двумя формациями и не обладают явно выраженной минерагенической специализацией (кимпикриты).

Для решения прогнозно-минерагенических и поисковых задач важное значение имеет четкое разграничение указанных формационных типов пород с помощью диагностических петрохимических диаграмм, которое предполагает использование понятия «кимберлит» в узком смысле, ограничивая его алмазоносными породами, содержащими минералы алмазного парагенезиса и минералы-спутники алмаза [1]. Важной поисковой характеристикой кимберлитов является принадлежность пород к одному из контрастных геохимических типов. Необходимо иметь в виду что геохимические характеристики кимберлитов варьируют от умеренно повышенных содержаний HFS элементов и титана у пород типа N до сильно обедненных этими компонентами пород типа D [2]. Породы двух геохимических типов существенно различаются спектром р.з.э., который у пород типа D характеризуется относительно большей долей тяжелых лантаноидов и иттрия.

Особую позицию в кратонных областях занимают территории щитов – выходов их древнего кристаллического основания. На таких территориях кимберлиты чаще представлены глубокоэродированными дайковыми телами, здесь возрастает роль наиболее древних проявлений алмазоносных пород, к которым относятся *коматииты*. Алмазоносные коматииты обнаружены в пределах Гвианского щита, где они являются частью зеленокаменного пояса Инини и входят в состав протерозойского островодужного комплекса, датированного $2,11 \pm 0,09$ млрд лет [3]. Кроме коматиитов в составе зеленокаменного пояса участвуют базальты и андезиты.

В большинстве участков алмазоносные ультраосновные породы метаморфизованы в зеленосланцевой фации и превращены в тонкослоистые альбит-карбонатит-хлорит-тальковые сланцы, однако, местами хорошо сохраняется первичная пирокластическая или гиалокластическая вулканическая структура. Породы содержат эллипсоидальные монолитные фрагменты размером от 1-3 до 20 см, в которых сохраняются реликты фенокристаллов оливина. В связи с воздействием поздних гранитоидных и габброидных интрузий в породах появляются порфиробласты флогопита. Алмазоносные коматииты содержат от 17,0 до 28,0% MgO, характеризуются очень высокими концентрациями Cr и Ni, но крайне бедны Nb, Zr, Ce, Th, Sr и Ba, чем существенно отличаются как от лампроитов так и от кимберлитов. Их отличительной особенностью является так же состав р.з.э., в котором значительно большая роль принадлежит иттрию и тяжелым лантаноидам ($Y \approx Ce$, $Y > La$).

Содержания алмазов в коматиитах Французской Гвианы варьирует от 1 до 77 кристаллов на 1 кг породы, преобладают микроалмазы, но встречаются и кристаллы более 1 мм, самый крупный из них имеет размер 4,6 мм. Согласно [3] находки алмаза в вулканических коматиитах Гвинейского щита позволяют объяснить загадку повсеместного распространения алмазов в осадочных породах Гвианского и Западно-Африканского кратонов. Очевидно, что этот тип древних алмазоносных пород не только представляет практический интерес сам по себе, но и может служить источником россыпных алмазов на территориях щитов и их обрамления.

Лампроитовый коренной источник алмазов отличается от кимберлитового тем, что для него не применимо правило Клиффорда и допустима локализация в пределах протерозойских и возможно более молодых подвижных зон, разделяющих блоки древней архейской стабилизации. Возраст алмазоносных лампроитов варьирует от верхнего протерозоя до кайнозоя. По сравнению с кимберлитами лампроиты обогащены K и Ti, несовместимыми высокочargedными литофильными редкими и радиоактивными элементами (Zr, Ce, Nb, Th), а так же Ba и Rb и радиогенными изотопами Sr и Nd. Специфика лампроитов заключается в существовании большого разрыва (более 1 млрд лет) между временем внедрения лампроитов и временем обогащения их мантийного источника несовместимыми элементами. Морфологически лампроитовые месторождения так же как и кимберлитовые представлены диатремовыми вулканическими аппаратами, а так же дайковыми телами.

В связи с непродолжительной историей исследования алмазоносных лампроитов границы этого формационного типа пород пока определены недостаточно четко как по составу пород и их геохимическим и изотопным параметрам, так и по геолого-тектоническим условиям локализации. Поэтому в ряде случаев диагностика пород является спорной. Учитывая это, в качестве формационного петротипа алмазоносных лампроитов целесообразно использовать классические появления этих пород на территории Зап. Австралии и некоторые надежно диагностированные их проявления такие, как дайки лампроитов района Костамукши в Карелии.

Значительную группу нетрадиционных коренных источников алмаза представляют *щелочные лампрофиры* (камptonиты, мончикиты, минетты), а так же взрывные тела *щелочных базальтов*, в которых спорадически устанавливается присутствие алмаза. Проявления алмазоносных пород этого типа, описанные ранее Ф.В. Каминским [4], за последнее время стали более многочисленными [5,6]. Алмазоносность этих пород, как правило, находится на убогом, минералогическом уровне, однако, встречаются и породы с высокими содержаниями алмаза [5,6]. Признание за щелочными базальтами и щелочными лампрофирами возможности транспортировать алмазоносные мантийные включения приводит к противоречию между барическими условиями равновесного образования алмаза и предполагаемой глубиной генерации транспортирующих включения магматических расплавов. Существует несколько путей преодоления этого противоречия. Один из них заключается в допущении возможности перемещения алмазоносных пород из области стабильного образования алмаза на более высокие уровни по механизму мантийного диапира или тектонического клина.

Однако, частая приуроченность эксплозивных тел алмазоносных лампрофиров и близких к ним по составу натровых и калиевых щелочных оливиновых базальтов к мощным коллизионным складчатым зонам позволяет предполагать, что в таких зонах РТ условия, благоприятные для кристаллизации алмаза, могут достигаться на гораздо меньших глубинах благодаря аномальным стрессовым напряжениям и интенсивному воздействию восстановленных глубинных флюидов. Вполне вероятно, что некимберлитовая алмазность этого типа явилась источником алмазоносных россыпей неустановленной природы, нередко встречающихся в коллизионных складчатых зонах.

Для обоснованного выделения тех или иных коренных источников алмаза и надежного определения их классификационного положения необходимо использовать содержания типоморфных элементов и их индикаторные отношения, некоторые из которых приведены в таблице.

Таблица. Содержания типоморфных элементов и их индикаторные отношения в новых и традиционных источниках алмазов (ppm)

	Ce/Y	La/Yb	La	Ce	Y	Yb	Zr/Nb	Nb	Zr	Th	Ba	Ti
Кимберлиты N типа, Якутия, традиционные алмазоносные районы	13,0	116,9	76	143	11	0,65	1,03	123	129	10,5	703	5267
Кимберлиты D типа, Якутия, Накынское поле	3,5	30,6	19	32	9,25	0,62	3,02	24,9	75,3	1,5	427	3036
Оливиновые лампроиты, Зап. Австралия [7]	27,1	-	269	487	18	-	5,1	200	1019	51,4	9744	20940
Оливиновые лампроиты, Костамукша	31,5	214,4	283	504	16	1,32	4,3	130,6	563	17,0	1898	17700
Коматииты, Французская Гвиана [3]	1,4	6,17	6,6	15,9	11,3	1,07	12,1	3,9	47,3	0,56	10,9	4000
Камптомончикиты, хр. Букантау	4,0	23,9	55	101	25	2,3	3,1	60,0	186,8	7,1	915	11128

Индивидуальные особенности спектра р.з.э. в различных алмазоносных формациях, так же имеющие диагностическое значение, отражены на рисунке, который иллюстрирует

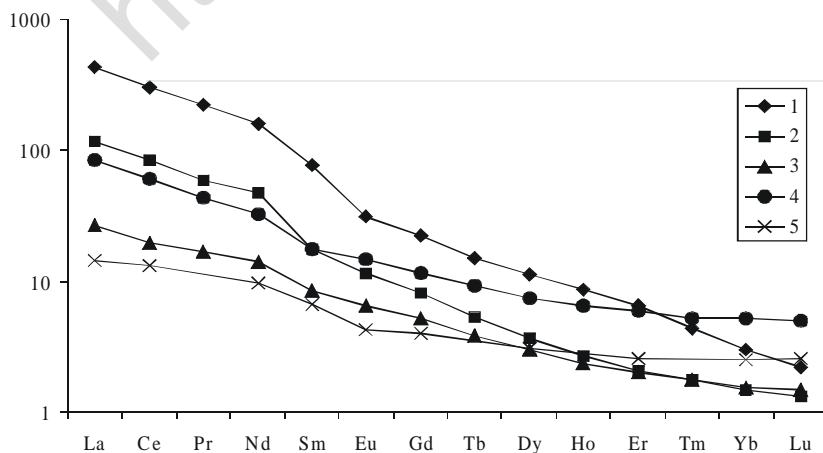


Рис. Нормализованное к пиролиту (Mc Donough, 1995) распределение р.з.э. в кимберлитах, оливиновых лампроитах, щелочных лампрофирах и коматиитах. 1 - оливиновые лампроиты Костамукши (средн. из 2 ан.), 2 - кимберлиты N типа из традиционных алмазоносных районов Якутии (средн. из 72 ан., трубки Мир, Интернациональная, Удачная, Айхал и др.), 3 - кимберлиты D типа из Накынского поля (трубки Ботуобинская, Нюрбинская, средн. из 23 ан.), 4 - камптомончикиты хр. Букантау (средн. из 3 ан.), 5 - коматииты Французской Гвианы (средн. из 4 ан., по [3])

максимальную обогащенность редкоземельными элементами и наиболее селективный цериевый состав лантаноидов у оливиновых лампроитов, наличие двух типов кимберлитов существенно различающихся содержаниями и распределением р.з.э., минимальные содержания р.з.э. в коматиитах и их более комплексный состав и, наконец, промежуточное по содержаниям р.з.э. положение щелочных лампрофиров, спектр редких земель у которых относительно обогащен тяжелыми лантаноидами по сравнению с лампроитами и кимберлитами.

Литература

1. *Лопин А.В., Толстов А.В.* Современная структура семейства кимберлитов и конвергентных пород по петрогеохимическим данным // Прикладная геохимия. Вып. 7. Кн. 2. «Генетические типы месторождений». ИМГРЭ. М. 2005. С. 59-77.
2. *Лопин А.В., Толстов А.В.* Проблема геохимической неоднородности кимберлитов // Прикладная геохимия. Вып. 7. Кн. 2. «Генетические типы месторождений». ИМГРЭ. М. 2005. С. 49-58.
3. *Capdevila R., Arndt N., Letendre J., Souvage J.-F.* Diamonds in volcanoclastic komatiite from French Guiana // Nature. V. 399. 3. June 1999. P. 456-458.
4. *Каминский Ф.В.* Алмазоносность некимберлитовых изверженных пород // М.: Недра. 1984. 173с.
5. *Kaminsky F.V., Sablukov S.M. et al.* Diamondiferous Minette Dykes from Parkar Lake Area. N.W.T. Canada// Extended abstr. VII Kimb. Conf. Cape Town. 1998. P. 392-394.
6. *Головко А.В.* Алмазоносные камптомончикиты гор Букантау (Центральные Кызылкумы, Зап. Узбекистан. Матер. 12 симпозиума ИАГОД, Москва, 21-26 авг. 2006.
7. *Джейкс А., Луис Дж., Смит К.* Кимберлиты и лампроиты Западной Австралии. М.: «Мир». 1989. 430 с.

ТОМТОРСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ КАРБОНАТИТОВ РЕЗУЛЬТАТ МНОГОСТАДИЙНОГО ПРИРОДНОГО ОБОГАЩЕНИЯ

Лопин А. В., Толстов А. В.***

**Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, Москва, lapin@imgre.ru*

***Ботубинская геолого-разведочная экспедиция А/К АЛРОСА, Мурманск, a.tolstov@bgre.alrosa-mir.ru*

В последние десятилетия состояние и перспективы развития мировой редкометальной промышленности в значительной степени базируются на месторождениях кор выветривания карбонатитов (КВК), которые оттеснили на второй план коренные карбонатитовые месторождения. В месторождениях этого типа недавно выявлены уникальные комплексные руды, характеризующиеся исключительно высокими содержаниями редкометальных компонентов (Nb, La, Ce, Y, Sc, V, Sr и др.), некоторые из которых достигают содержаний, свойственных пороодообразующим окислам (Nb_2O_5 до 8 – 20%, TR_2O_3 до 20 – 30%). Подобные руды разведаны в корах выветривания карбонатитов Томторского месторождения (Якутия) и обнаружены в отдельных участках Чуктуконского месторождения (Красноярский край). При этом коренные карбонатиты этих месторождений, которые служат субстратом для уникальных редкометальных кор выветривания обладают обычными, рядовыми параметрами оруденения. Это позволяет рассматривать зону гипергенеза карбонатитов как исключительно эффективную рудоконцентрирующую геохимическую систему.

Причины повышенной продуктивности КВК достаточно очевидны. Во-первых, это повышенная рудоносность самих карбонатитов, наследуемая кораи выветривания. Во-вторых, повышенная продуктивность рассматриваемой формации объясняется тем, что при выветривании карбонатитов преобладающая карбонатная часть их вещества, составляющая до 80-90% объема пород, выщелачивается, что приводит к многократному