УДК 552.23.6

А.В.КОЗЛОВ, Ю.С.КОРОБЕЙНИКОВА

Санкт-Петербургский государственный горный институт, (технический университет)

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ КРИТЕРИЕВ АЛМАЗОНОСНОСТИ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТЕЛ

Разработана модель формирования трубообразных кимберлитовых и лампроитовых тел, в основу которой положен флюидодинамический режим развития магматических палеосистем. Сформулированы основные факторы, определяющие флюидодинамический режим формирования кимберлитовых тел. Предложенная модель позволяет удовлетворительно объяснить многие морфологические черты кимберлитовых систем, представленных дайками, трубками и силлами, особенности внутреннего строения слагающих их кимберлитовых тел и может служить основой для разработки критериев их алмазоносности.

For the kimberlite and lamproite pipe-shaped bodies the model of their forming process was compiled on the base of approach to the fluid dynamic regime of magmatic paleosystems development. There are formulated the principal factors defining the fluid dynamic regime while the kimberlite bodies formation. The offered model provides the satisfactory explaining of some morphological features of the kimberlite systems represented by dykes, pipes and sills, as well as peculiarities of the inner structure of those kimberlite bodies. It may be applied for elaboration of criteria of their dymond-bearing capacity; and several these criteria are analyzed in the paper.

Флюидно-магматические системы, с которыми связано формирование месторождений алмазов кимберлит-лампроитового типа, зарождаются в условиях верхней мантии на глубинах около 150 км и эволюционируют на всем интервале глубин вплоть до земной поверхности. Кимберлитовые тела, которые могут рассматриваться в качестве месторождений алмазов, образовались в процессе функционирования приповерхностных частей таких флюидно-магматических палеосистем, интервал развития которых ограничен глубинами 1,5-2 км. Реальные кимберлитовые тела, изученные на этом интервале глубин, представлены дайками, силлами и трубками (ДСТ-системы), принципиальная схема пространственных взаимоотношений которых показана на рис.1.

Наиболее глубокий анализ механизма формирования кимберлитовых трубок дан В.А.Милашевым [5, 4], который выделяет два главных этапа этого процесса: этап разработки трубообразной полости, который развивается от земной поверхности вглубь и этап ее заполнения магматическим материалом, начиная из глубины к поверхности (рис.2).

В соответствии с предлагаемым механизмом формирования кимберлитовых трубок, их морфологические особенности будут зависеть, прежде всего, от флюидодинамического режима данного процесса,

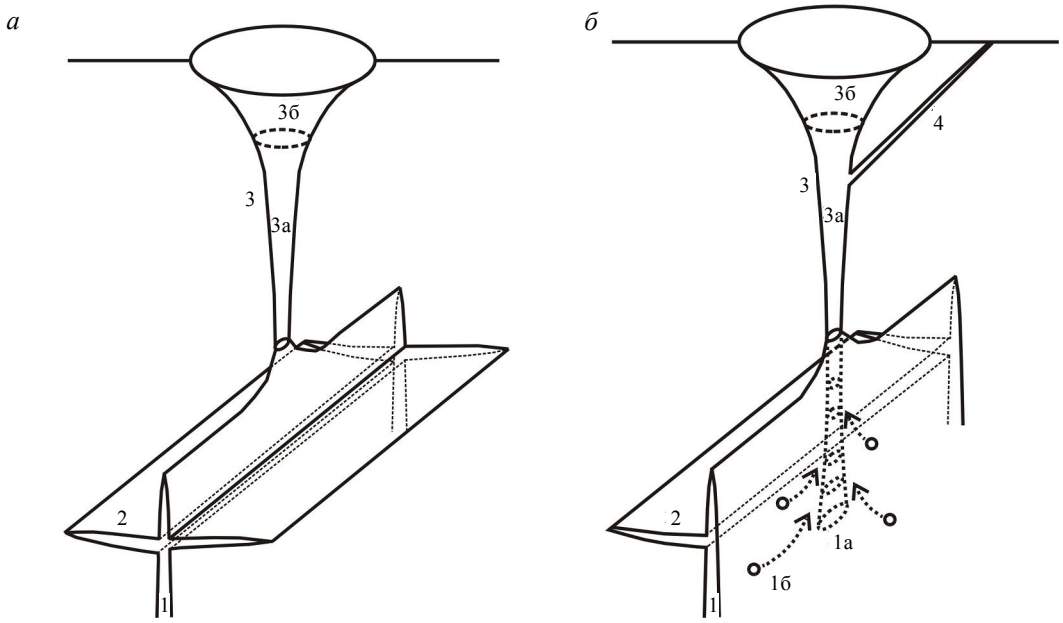


Рис.1. Принципиальная схема приповерхностной части кимберлитовой магматической системы: *а* – традиционная; *б* – с учетом отходящих от трубок даек и флюидодинамических неоднородностей подводящих даек

1 – подводящая дайка (1а – стержневая зона активной дегазации, 1б – направления сбора флюида); 2 – силл; 3 – трубка (3а – диатремовая часть, 3б – кратерная часть); 4 – отводящая дайка

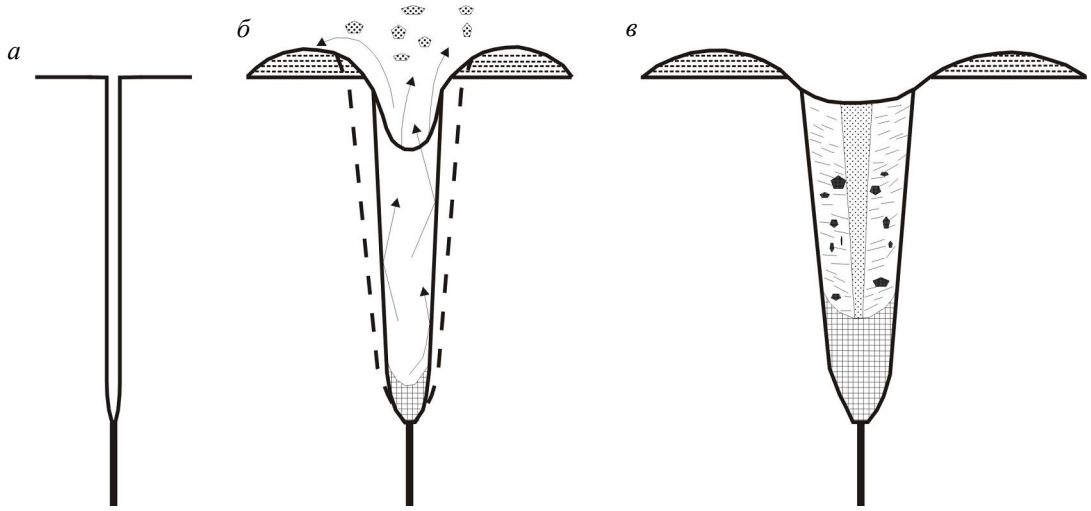


Рис.2. Модель формирования кимберлитовой трубки по В.А.Милашеву [4]: *а* – начало дегазации магмы; *б* – этап разработки трубообразной полости; *в* – этап заполнения трубообразной полости

который будет определяться следующими факторами:

- давлением находящихся в магме газов на момент начала их отделения от магмы;
- объемом дегазируемой части магматической системы;
- глубиной начала вскипания магмы;
- длительностью эксплозивного этапа;
- непрерывностью или дискретностью эксплозивного и интрузивного процессов;
- длительностью интервала между эксплозивными актами;

• пространственной совмещенностью или разобщенностью отдельных актов эксплозивного процесса;

• участием только магматического флюида или дополнительным вовлечением флюида из внешнего источника;

• характером проницаемости пород на интервале прохождения флюида.

Процесс дегазации магмы при интрузии трещинного типа в процессе ее подъема к поверхности начинается с головной части магматической колонны, он быстро локализуется у основания будущей трубки и по мере падения давления распространяется вглубь. Результатом проявления этого процесса является возникновение в дайке столбообразной области дегазации магмы под основанием формирующегося трубообразного кимберлитового тела, в пределах которой до завершения дегазации будет функционировать поток газовых пузырей вплоть до установления равновесия между растворенным и свободным газом в магме (см. рис.1, *б*).

При наличии потока газовых пузырей может реализоваться процесс природной флотации твердых фаз, находящихся в трехфазной системе магма – газ – твердое вещество [3]. Поскольку алмаз при существующих в данной системе термодинамических условиях находится в твердой кристаллической форме, то вероятность его транспортировки в магме с потоком газовых пузырей по флотационному механизму весьма велика. При выходе из магмы в полость формирующейся трубки кристаллы алмаза совместно с другими твердыми фазами переместятся в газовом потоке вверх, подчиняясь аэродинамическим законам, вплоть до земной поверхности, и будут концентрироваться в туфогенных породах кратерной части.

Следующий за эксплозивным этапом процесс заполнения трубообразной полости магмой также будут сопровождать потоки трансмагматического флюида и процесс флотации в магме твердых компонентов системы, в том числе и алмазов. При подъеме флюидизированной магмы в трубообразной полости неминуемо возникнут струйные неоднородности.

Проникающие сквозь магму газы являются также агентами конвективного переноса тепла, что должно привести к формированию струй более нагретого и подвижного расплава, которые станут эффективными переносчиками алмазов из глубинных частей магматической системы к приповерхностным.

Следует подчеркнуть, что при рассматриваемом механизме формирования кимберлитовых трубок выделяемые многими исследователями фазы кимберлитов правильнее рассматривать как фации, различающиеся по флюидодинамическому режиму становления. Причем наиболее обогащенные флюидными компонентами и позднее кристаллизующиеся фазы могут обогащаться алмазами за счет их более эффективного выноса из глубинных частей магматической системы и меньшего содержания ксенолитов вмещающих пород, с которыми они не контактируют.

Следовательно, распределение алмазов в пределах ДСТ-систем будет определяться флюидодинамическим режимом их формирования, что является принципиальной основой разработки критериев алмазоносности кимберлитовых и лампроитовых тел. Проанализируем с этих позиций обширный фактический материал по алмазоносности кимберлитов и лампроитов.

Длительный опыт разведки и эксплуатации алмазоносных кимберлитовых тел свидетельствует о том, что в общем случае их алмазоносность возрастает от силлов к дайкам и к трубкообразным телам. Были попытки выявления связи алмазоносности кимберлитовых трубок с их морфологическими особенностями. В.А.Милашов [4] установил закономерное снижение алмазоносности кимберлитовых трубок по мере уменьшения их сечения и степени изометричности. Замечено также, что продуктив-

ность отложений кратерных частей трубок обычно коррелируется с долей кимберлитового материала в составе слагающих их туфогенно-осадочных пород.

Эти особенности достаточно хорошо объясняются флюидодинамическим режимом формирования кимберлитовых тел. Размер трубок в поперечном сечении (без учета кратерной части) и степень его приближения к круговому сечению зависят от интенсивности проявления и длительности существования флюидного потока, отделяющегося при дегазации магмы. Симметрия газовой струи отвечает симметрии конуса; следовательно, форма образовавшейся в результате этого процесса полости будет приближаться к конусной при росте его интенсивности и полноты проявления. Выносимые при эксплозивном процессе из кимберлитовой магмы алмазы будут ассоциировать с другими фрагментами кимберлита при накоплении в туфогенных породах кратерной фации.

Необходимо рассмотреть и некоторые, на первый взгляд, исключения из выявленных закономерностей. Исследование алмазоносности лампроитовой трубки Аргайл показало, что наибольшей алмазоносностью обладают песчанистые лампроитовые туфы (до 6,8 карат), в которых доля кварцевых зерен (фрагментов вмещающих пород) составляет в среднем около 40 %, а не собственно лампроитовые туфы (около 0,7 карат), в которых максимальна доля магматического материала [1, 6]. Это исключение вполне объяснимо с позиций дифференциации частиц в газовом потоке по аэродинамической крупности. Мелкие алмазы трубки Аргайл по аэродинамическим свойствам ближе к округлым кварцевым зернам вмещающих пород, чем к мелким и легко подвижным в газовом потоке туфогенным частицам лампроитового состава. Поэтому в процессе дифференциации по аэродинамическим свойствам фации отложения песчанистых частиц и алмазов, вероятнее всего, совпадали. Их накопление в туфогенных породах можно сопоставить с близким по механизму образования накоплением ильменитовых туфов [6], связанных с эксплозивными процессами при формировании вулканитов основного состава. Следует также учесть, что песчанистые лампроитовые туфы трубки Аргайл являются наиболее древними среди пород кратерной фации и образовались на ранних этапах формирования трубообразной полости при максимальной интенсивности эксплозивных процессов.

При общей существенно меньшей алмазоносности кимберлитовых даек по сравнению с трубками, что хорошо согласуется с флюидодинамической моделью переноса и концентрации алмазов, в последние годы были выявлены дайки с весьма высокой алмазоносностью. В 1996 г. в Канаде было открыто месторождение Снап-Лейк, в пределах которого были выявлены три наклонные дайки мощностью 2-3 м, среднее содержание алмазов в которых составляет 1,14 карат при средней цене алмазов более 300 долларов за карат [7]. В приповерхностной части дайки сложены массивным базальтоидным кимберлитом, а на глубине около 100 м скважиной вскрыта брекчия с переменным содержанием ксеногенного материала.

Дайки данного типа принципиально отличаются от подводящих кимберлитовых даек, и, вероятнее всего, ответвляются от кимберлитовой трубки. Это дает основание предполагать наличие еще не вскрытой подводящей кимберлитовой трубки на месторождении Снап-Лейк, алмазоносность которой, судя по продуктивности дайковых тел, должна быть достаточно высокой. Данная ситуация не является исключением из предлагаемой модели, а свидетельствует о том, что есть, по крайней мере, два типа даек (см. рис.1, *б*): подводящие дайки, отличающиеся пониженной алмазоносностью, и отводящие дайки, которые могут иметь более высокие содержания алмазов, близкие к содержанию алмазов в кимберлитовых трубках, апофизами которых они являются.

Рассмотренная флюидодинамическая модель формирования трубообразных кимберлитовых и лампроитовых тел позволяет удовлетворительно объяснить многие морфологические особенности ДСТ-систем и важные черты их внутреннего строения. Она может служить основой для разработки критериев алмазоносности кимберлитовых тел, ряд которых рассмотрен в настоящей работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Джейкс А.* Кимберлиты и лампроиты Западной Австралии / А.Джейкс, Дж.Луис, К.Смит. М.: Мир, 1989.

2. *Каминский Ф.В.* Новый генетический тип промышленно-алмазоносных пород – лампроиты Западной Австралии // Экономика минерального сырья и геологоразведочных работ / ВИЭМС. М., 1987.

3. *Козлов А.В.* Роль природной флотации при образовании магматических месторождений алмазов / А.В.Козлов, В.Н.Зинченко // Материалы конференции «Алмазы-50» / ВСЕГЕИ. СПб, 2004.

4. *Милашев В.А*. Трубки взрыва. Л.: Недра, 1984.

5. *Милашев В.А*. Кимберлиты и глубинная геология. Л.: Недра, 1990.

6. *Попов В.Е*. Генезис вулканогенно-осадочных месторождений и их прогнозная оценка. Л.: Недра, 1991.

7. Минеральные ресурсы мира на начало 1999 г. / МПР РФ, ФГУНПП «Аэрогеология». М., 2000.