

## УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ АЛМАЗОНОСТИ КИМБЕРЛИТОВ АНАБАРСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ (на примере Дюкенского поля)

А.В.Толстов

*Якутское научно-исследовательское предприятие ЦНИГРИ АК «АЛРОСА» (ЗАО),  
Республика Саха (Якутия), г. Мирный*

До недавнего времени единственным методом поисков коренных месторождений алмазов, являлся шлихоминералогический метод, стоящий на вооружении у геологов-практиков до настоящего времени. Он основан на минеральных ассоциациях ультраакцессорного минерала кимберлитов - алмаза с более распространенными минералами: пиропом, пикроильменитом, хромитом, хромшпинелидами, цирконом, хромдиопсидом.

Однако, шлихоминералогический метод поисков коренных месторождений алмазов по минералам-спутникам, явившийся, несомненно, величайшим достижением наших отечественных геологов-теоретиков и успешно апробированный самоотверженными геологами-практиками в середине XX-го века, позволяет найти в лучшем случае только кимберлитовое тело в "чистом виде" вне зависимости от уровня его алмазности.

Огромную сложность при поисках шлиховым методом по минералам-спутникам представляют собой "отвлекающие" ореолы минералов, составляющих основную часть тяжелой фракции шлихов, таких, как, ильмениты, хромиты, хромдиопсиды, коренными источниками которых являются ассоциирующиеся зачастую с кимберлитами массивы ультраосновных, щелочно-ультраосновных, карбонатитовых и основных пород.

Попытки установить корреляционные связи содержания алмазов в кимберлитовых телах с содержаниями в них какого-либо одного из минералов-спутников до настоящего времени не увенчались успехом. Выявленная значимая на одном отдельном кимберлитовом теле или россыпном месторождении алмазов корреляционная связь содержания алмазов с содержанием пиропов или пикроильменитов совершенно не применима на другом месторождении, поскольку соотношения их в каждом месторождении сугубо индивидуальны. Ни одна из них, равно, как и ни один из типоморфных особенностей минералов-спутников в кимберлитовых телах не является универсальным (необходимым и достаточным) условием для наличия в кимберлитах алмазов.

Предпринимаемые различными исследователями геохимические критерии поисков по элементам-индикаторам (хром, магний, никель, кобальт и др.) работают, как правило, на любые кимберлиты, как содержащие алмазы, так и неалмазные. Это

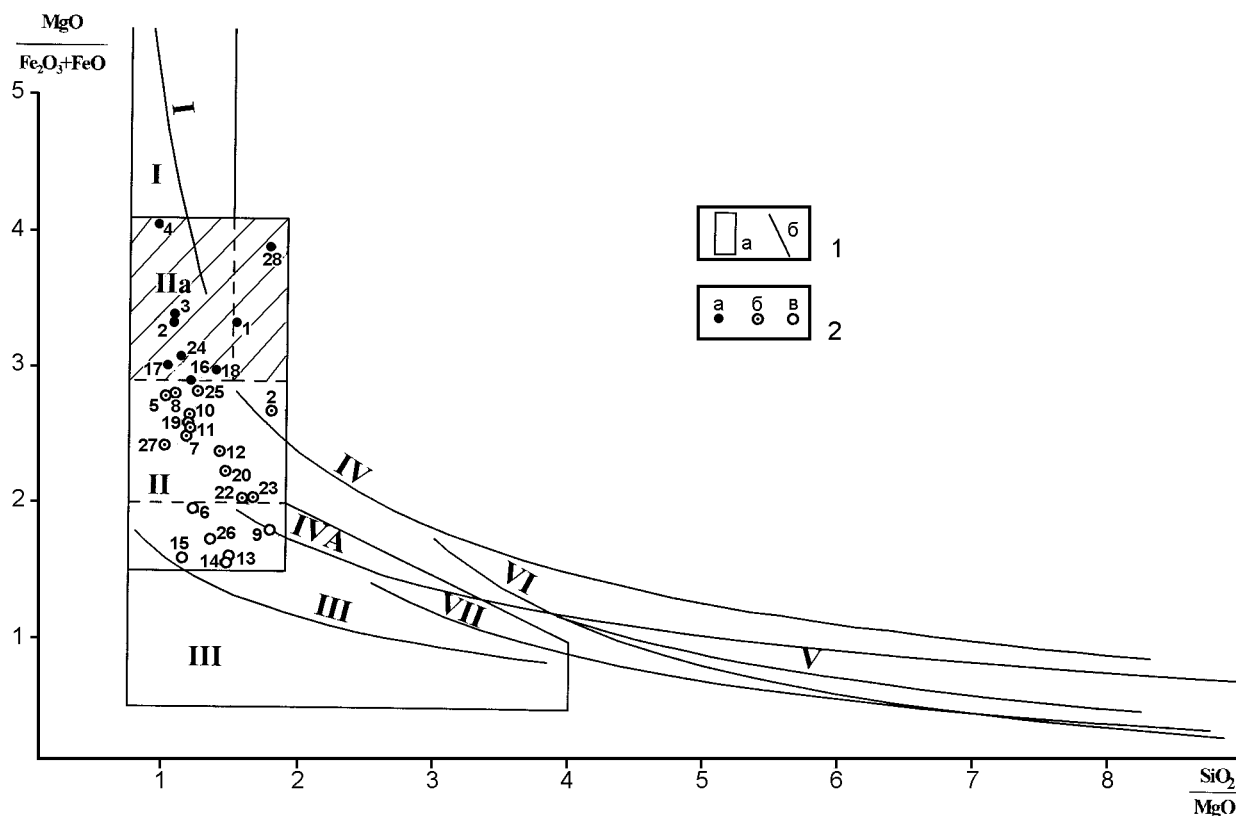
касается, в основном, сложности поисков кимберлитовых месторождений алмазов по вторичным ореолам рассеяния. Поскольку одинаково повышенные количества элементов-индикаторов кимберлитов характерны практически для всех пород ультраосновной ассоциации, которые не содержат алмазов (дуниты, перидотиты, пироксениты и др. породы).

Различными исследователями (А.А.Панкратов, В.А.Милашев, Н.Л.Добрецов, Н.В.Соболев, Е.В.Францесон, И.В.Илупин и др.) в разное время с 1961 по 1978 г.г. в качестве критериев алмазности предлагались различные геохимические мультипликативные показатели и петрохимические отношения, своеобразные "коэффициенты алмазности", в которых фигурируют, в основном, магний и хром, объективно отражающие Р-Т условия (глубину и температуру) образования кимберлитов [1].

Некоторые из таких коэффициентов (например, соотношения  $Fe/Mg$ ,  $Fe/Ti$ ,  $Cr/Al$ ,  $Mg/Fe$ ,  $SiO_2/MgO$ ) весьма информативны и показательны для одного кимберлитового поля, но не подтверждаются в другом. Проблема поисков коэффициента алмазности сложна из-за наличия многочисленных родственных кимберлитам пород и во многом усложнилась после обнаружения в мире и, в частности, на Анабаре, новых алмазных пород - лампроитов [2-4].

В качестве универсальных петрохимических критериев алмазности коренных пород щелочно-ультраосновного состава (причем, как кимберлитов, так и лампроитов) В.Ф. Кривоносом (Амакинская ГРЭ, НИИ Якутнпроалмаз) предложены два отношения:  $SiO_2/MgO$  и  $MgO/Fe_2O_{3общ}$  [5,6]. Основаны они оба на высокой магнезиальности, как показателе глубинности образования ультраосновных пород.

Опосредованно критерий высокой магнезиальности и хромистости используется уже довольно давно геологами на практике, например, для разбраковки минералов-спутников алмаза, что позволяет выделять среди всей совокупности гранатов высокомагнезиальные и высокохромистые, так называемые, "пиропы алмазной ассоциации", из оливинов – высокомагнезиальные "трубочные" оливины кимберлитовой ассоциации (форстеритового ряда), из ильменитов – высокомагнезиальные ильмениты (пикроильмениты), из разновидностей диопсидов – хромдиопсиды, а из шпинелей высокохромистую шпинель (хромшпинель).



**Рисунок.** Диаграмма распределения петрохимических межэлементных отношений средних значений  $SiO_2/MgO$  и  $MgO/Fe_2O_3+FeO$  в кимберлитах Якутии и других регионов мира: 1 – поля (а) и тренды (б) распространения фигуративных точек  $SiO_2/MgO$  и  $MgO/Fe_2O_3+FeO$  (I – верхнемантийных ультрамафитов и их включений в кимберлитах, II – кимберлитов, в том числе IIa высокоалмазоносных, III – кимберлитоподобных пород, IV – лампроитов, IVa – щелочных лампрофиров (кроме лампроитов), V – щелочных базальтоидов, VI – щелочных трахитов, VII – породы трапповой формации); 2 – фигуративные точки высокоалмазоносных (а), преимущественно слабоалмазоносных (б) и практически неалмазоносных (в) кимберлитов.

По предложенным критериям, апробированным В.Ф.Кривоносом на 24 кимберлитовых полях России, Китая, Южной Африки, Америки и Австралии практически во всех крупнейших промышленных алмазных месторождениях соотношение  $SiO_2/MgO$  колеблется от 0.95 до 1.5 отн. ед. (рисунок). Исключение составляют кимберлиты Русской платформы - этот показатель у них составляет 1.78 при соотношении  $MgO/Fe_2O_{3общ.}$  от 3.0 до 4.25 [5].

При таких же отношениях  $SiO_2/MgO$  и отношениях  $MgO/Fe_2O_{3общ.}$  от 2.0 до 3.0 большинство кимберлитовых тел оказываются слабо- или убогоалмазоносными. В поле с отношениями  $MgO/Fe_2O_{3общ.}$  менее 2.0 при тех же отношениях  $SiO_2/MgO$  попадают кимберлитовые тела, не содержащие алмазов.

Нами на практике проверена возможность использования предложенных петрохимических критериев на кимберлитовых телах изучаемого в настоящее время одного из полей Куонамской кимберлитоконтролирующей зоны - Дюкенского, по которому у В.Ф. Кривоноса отсутствовали результаты анализов [5,6].

Куонамская кимберлитоконтролирующая зона включает в себя 6 известных кимберлитовых полей (Куранахское, Биригиндинское, Лучаканское,

Ары-Мастахское, Орто-Ыаргинское) и одно предполагаемое (Догойское).

Предшественниками в 50-е-80-е годы наиболее детально изучены Куранахское и Лучаканское кимберлитовые поля (юго-восточное обрамление Анабарского щита), в пределах которых выявлены и разведаны алмазоносные трубки, часть которых отличается повышенной алмазоносностью (трубки Лучаканского поля с содержанием до 0.2 карат на тонну), а некоторые из них отнесены к потенциально промышленным (рудный столб в кимберлитовой трубке Малокуонамская в Куранахском поле).

Возраст всех изученных кимберлитовых тел оценивается как мезозойский. Исключение составляют три кимберлитовых тела Сербьян, Хатырык и Хардах, выявленные сравнительно недавно (в середине 80-х годов) в центральной части территории Анабарского кристаллического массива, возраст которых по некоторым образцам определен как среднепалеозойский.

К настоящему времени геолого-поисковыми работами в пределах кимберлитовых полей Куонамской зоны выявлены сотни кимберлитовых тел трубочной, дачной и жилой форм.

Отличительной чертой россыпей этого района, как и всего бассейна р. Анабар является нали-

чие алмазов "эбеляхского" типа V-VII разновидностей по Ю.Л. Орлову (это преимущественно округлые графитизированные камни с "легким" изотопным составом углерода, темноокрашенные октаэдры с включениями графита, а также сферолиты (балласты) радиально-лучистой формы и их агрегатные сростки -VIII разновидность), коренной источник которых также не установлен.

За последние 4 года Эбеляхской ГРП Амакинской экспедиции продолжались поиски коренных источников алмазов "эбеляхского" типа. Однако, при заверке аэромагнитных аномалий бурением в Куонамской кимберлитоконтролирующей зоне выявлено еще более сотни кимберлитовых и пикритовых тел размером до 200 метров в поперечнике, главным образом, в Лучаканском, Биригиндинском и Дюкенском полях.

Этими работами среди кимберлитовых тел впервые для севера Сибирской платформы выявлены пластовые силлоподобные тела (Лучаканское поле), часть из которых алмазоносна [7].

В ходе последних поисково-заверочных работ основное количество кимберлитовых и пикритовых тел выявлено в Дюкенском поле, несколько пикрит-карбонатитовых тел обнаружено в Биригиндинском поле. Часть выявленных предшественниками кимберлитовых тел Лучаканского поля была перезаверена и переопробована представительным объемом керновых проб. Однако, алмазных месторождений, заслуживающих промышленный интерес, на данном этапе нами не выявлено. Алмазоносность кимберлитовых тел Лучаканского поля по результатам повторного кернового переопробования была подтверждена на том же уровне, что и была у предшественников, опробовавших их валовыми пробами из шурфов и обогащавших по россыпной схеме (без дробления породы).

Некоторые из вновь выявленных и опробованных кимберлитовых тел Дюкенского поля являются слабо- и убогоалмазоносными. Однако отсутствие многих (химических, спектральных и др.) видов анализов по большинству кимберлитовых тел Дюкенского поля не позволяет сделать окончательный вывод о его перспективности.

В настоящее время подобные поисково-заверочные работы по выявлению алмазных месторождений продолжают в Ары-Мастахском кимберлитовом поле (среднее и нижнее течение р. Большая Куонамка). Поэтому по-прежнему актуальным остается вопрос принципиальной разработки минералого-геохимических критериев выделения из многочисленных кимберлитовых тел потенциально алмазоносных.

По нескольким десяткам кимберлитовых тел Дюкенского поля (из сотен, выявленных к настоящему времени) нами получены первые силикатные анализы, выполненные в ГУП "Центргеоаналитик" (г. Якутск), Якутском институте геологических наук Сибирского отделения РАН (г. Якутск) и Институте геохимии (г. Иркутск).

При проведении пересчетов результатов химических анализов по двум предложенным петрохимическим критериям средние модальные значения для кимберлитов Дюкенского поля составляют от 1.05 до 1.15 (для отношений  $\text{SiO}_2/\text{MgO}$ ), что вполне соответствует аналогичным отношениям, характерным для алмазоносных кимберлитов большинства месторождений нашей страны и зарубежья (рисунок).

Однако по отношению  $\text{MgO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ общ в представительной выборке (порядка 250 анализов) выделяются две группы, одна из которых характеризуется значениями менее 2.0, что соответствует неалмазоносным кимберлитам, а другая (около 10% всех анализов) - со значениями от 2.0 до 2.7 (соответствуют убого- и слабоалмазоносным кимберлитам).

Единичные анализы (первые проценты от общего количества проб) показали значения 3.28 и 3.17, соответствующие значениям по известным промышленным месторождениям Якутии и Южной Африки.

Проведенные нами пересчеты показали на примере Дюкенского поля возможность применения критериев, предложенных В.Ф. Кривоносом и апробированных на десятках кимберлитовых полей мира, в поисковых целях, на новых кимберлитовых полях и отдельных трубках, когда речь идет о их принципиальной алмазоносности.

Выполненные работы показали также вероятность открытия в пределах Куонамской кимберлитовой зоны и в целом на территории Анабарской антеклизы (при наличии благоприятной геологоструктурной обстановки) трубчатых тел, содержащих алмазы в концентрациях на уровне промышленных месторождений.

Все это подтверждает необходимость дальнейшего продолжения поисковых работ на алмазы в пределах Анабарского сводового поднятия. Наиболее перспективными в этом отношении представляются центральные части Анабарского щита, сложенные архейскими глыбами складчатого фундамента, где выявлены первые кимберлитовые тела среднепалеозойского возраста, что для Сибирской платформы уже само по себе служит критерием потенциальной алмазоносности кимберлитов. В этом районе и следует ожидать открытие высокоалмазоносных кимберлитовых тел в ближайшем будущем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Милашев В.А. Прогнозирование кимберлитовых провинций, полей и диатрем // Прогнозирование и поиски коренных алмазных месторождений: Тез. Междунар. научно-практической конфер. -Симферополь-Судак, 1999. -С. 62-63.
2. Владыкин Н.В., Лелюх М.И., Толстов А.В. Парагенез лампроитов, пикритов и карбонатитов в Восточном Прианабарье // Проблемы геологии и освоения минерально-сырьевых ресурсов Восточной Сибири: Матер. юбилейной конфер. в честь 80-летия Иркутского ун-та

- и 110-летия государственной геологической службы Восточной Сибири. -Иркутск, 1998. -С. 35-37.
- Лелюх М.И., Костровицкий С.И., Безбородов С.М. и др. Кимберлиты и родственные породы Анабарского района (Якутия, Россия) // Прогнозирование и поиски коренных алмазных месторождений: Тез. Междунар. научно-практической конфер. -Симферополь-Судак, 1999. -С. 85-86.
  - Vladykin N.V., Leiyukh M.I., Tolstov A.V. Lamproites of the Anabar region, Northern rimming of the Siberian platform // Seventh International Kimberlite conference. - Cape Town, 1998. -P. 946-948.
  - Кривонос В.Ф. Петрохимические критерии алмазности кимберлитов и лампроитов // Тр. 6-й междунар. конфер. -Новосибирск, 1995. -С.55-56.
  - Кривонос В.Ф. О связи алмазности кимберлитов с их петрохимией и возрастом // Прогнозирование и поиски коренных алмазных месторождений: Тез. Междунар. научно-практической конфер. -Симферополь-Судак, 1999. -С. 43-44.
  - Толстов А.В., Прокопьев С.А., Егорова П.Е. Проблемы поисков коренных источников алмазов бассейна р. Анабар в связи с выявлением пластовых тел кимберлитов в Лучаканском поле // Прогнозирование и поиски коренных алмазных месторождений: Тез. Междунар. научно-практической конфер. -Симферополь-Судак, 1999. -С. 56-57.

УДК 553.81(571.56)

## АЛМАЗЫ ИМПАКТНОГО ГЕНЕЗИСА В РОССЫПЯХ СЕВЕРО-ВОСТОКА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

С.А. Граханов

*Акционерная компания «АЛРОСА», г. Мирный, Республика Саха (Якутия)*

Коренным источником импактных алмазов является Попигайская астроблема. Она представляет собой древний импактный кратер, возникший 35,7 млн. лет тому назад (конец эоцена) на северо-востоке Анабарского массива [1,2]. Основная часть астроблемы находится в Красноярском крае, меньшая - в Республике Саха (рисунок).

Диаметр кратера около 100 км. Он принадлежит к числу наиболее крупных известных в мире импактных структур и отличается сложным многокольцевым внутренним строением, заполнен породами, испытавшими интенсивные ударные преобразования (дробление, плавление), перенос и отложения, вызванного падением космического тела, имевшего состав обыкновенного хондрита [1,2]. Содержащие графит кристаллические породы Анабарского массива – гнейсы и плагиогнейсы, подвергшиеся ударному плавлению, - послужили источником образования алмазоносных импактитов. Алмазы возникли при ударном сжатии графита и его переходе в твердом состоянии в агрегат гипербарических фаз углерода. Импактные алмазы по многим своим особенностям значительно отличаются от алмазов эндогенного происхождения, встречающихся в кимберлитах и лампроитах. Неравномерное распределение графита в породах мишени, на которые наложилась система концентрических зон преобразований, затухавших при удалении от точки удара, а также радиальный выброс расплавленного и раздробленного материала кристаллических пород, обусловили радиально-лучевое распределение обогащенных алмазами импактитов. Длительное остывание крупных тел импактного расплава привело к частичному выгоранию алмазов при высоких температурах.

Импактиты были опробованы с поверхности на площади 1150 км<sup>2</sup>, в том числе их разновидности тагамиты – 300 км<sup>2</sup> и зювиты – 850 км<sup>2</sup>. Опробование показало, что в пределах астроблемы имеет место фоновая относительно низкая алмазность как тагамитов, так и зювитов. При этом на отдельных участках концентрации алмазов достигали средних значений, превышающих фоновые значения в 1,5-2,0, а высокие – в 3-7 раз. В целом среднее содержание алмазов в тагамитах по отношению к зювитам оценивается как 3:2 [1,2]. Преобладающий размер импактных алмазов, извлеченных из коренных пород, находится в пределах от 0,05 до 1,5-2,0 мм, в россыпях, возникших при размыве пород астроблемы, встречены камни до 10 мм.

Алмазы характеризуются различными оттенками желтой окраски, встречаются прозрачные неокрашенные зерна, серые, черно-серые и черные. Облик импактных алмазов во многих случаях подобен исходному графиту – это уплощенные таблички, базальные плоскости которых сохраняют типичную для графита двойниковую штриховку, а боковые плоскости имеют ступенчатый характер. Встречаются традиционные для графита параллельные сростки и неклассические двойники. Плотность импактных алмазов варьирует от 3,2846 до 3,6127 г/см<sup>3</sup>. Они характеризуются колебаниями изотопного состава углерода от –9,9 до –31,5% [3]. Изучение изотопных составов алмазов показывает, что они наследуют изотопный состав графита кристаллических пород Анабарского массива.

Первоначально импактные алмазы были встречены в шестидесятых годах при разведке россыпи р. Эбелях, расположенной в 100-150 км к юго-востоку от Попигайской астроблемы. В то время