

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ
SHORT COMMUNICATIONS**

УДК 553.81:551.243(470.53)

**О ПРИРОДЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ АЛМАЗА
НА СЕВЕРНОМ УРАЛЕ**

И.И. Чайковский

*Горный институт УрО РАН
614007, г. Пермь, ул. Сибирская, 78а
E-mail: ilya@mi-perm.ru
Поступила в редакцию 3 мая 2007 г.*

Многokrатное (от рифея до карбона) появление алмазоносных пластов в разрезе Полюдово-Колчимского поднятия, наличие в них рассеянного и прожилкового монтмориллонита и более поздней высокотемпературной гидрослюда, широко проявленные процессы регенерации зерен, присутствие стекловатых частиц и гидротермальных минералов, наличие алмазов и ксеногенных зерен с глянцево-поверхностью, флюидальные текстуры продуктивных отложений дают основание рассматривать «промежуточные коллекторы» как согласные апофизы более значимых по масштабу флюидно-эксплозивных структур штокверкового типа. Как и нефтяные коллекторы, они являются лишь структурными ловушками, в которых происходило накопление алмазоносного флюида.

Ключевые слова: *алмазоносные коллекторы, литологические особенности, газово-пепловая взвесь.*

**ON THE NATURE OF INTERMEDIATE COLLECTORS OF DIAMOND
IN NORTH URALS**

I.I. Chaikovskiy

Mining Institute, Urals Branch of RAS

Repeated (from Ripheian up to Carboniferous) occurrence diamondiferous layers in section of a Poludovo-Kolchimsky elevation, presence in them disseminated and veinlet montmorillonite and later high-temperature hydromica, widely shown grain regeneration processes, presence of glassy particles and hydrothermal minerals, presence of diamonds and xenogenous grains with a glossy surface, fluidal structures of productive deposits give the basis to consider «intermediate collectors» as consonants apophysis more significant on scale fluid-explosive stockwork type structures. As well as oil collectors they are only structural traps in which there was an accumulation of diamondiferous fluid.

Key words: *diamondiferous collectors, lithologic features, gas-ash suspension.*

Введение

Проблема коренного источника алмаза в уральских россыпях возникла практически сразу после его находки в 1829 году. Редкая встречаемость обусловила самые невероятные суждения о генезисе. Еще в пятидесятые годы XX века А.А. Кухаренко [1955], обобщавший мате-

риалы по возможным источникам алмазов в среднеуральских россыпях, отмечал разнообразие и противоречивость существовавших мнений. В то время считалось, что происхождение алмазов связано с гранитными пегматитами, дайками диабазов, гипербазитовыми массивами платиноносного пояса. Последний вариант А.А. Кухаренко вслед за А.Е. Ферсманом опре-

делял как наиболее вероятный. В.С. Трофимов даже высказывал идею о том, что алмазы формировались в апикальной части этих тел, в настоящее время полностью эродированных. В качестве возможного источника рассматривались также кластические толщи, что косвенно подтверждалось наличием в современных россыпях изношенных кристаллов алмаза и практически полным отсутствием в районе минералов-спутников. За последующие сорок лет геолого-съёмочными и тематическими исследованиями породы, родственные кимберлитам и лампроитам, обнаружены не были. Зато планомерное опробование терригенных толщ, проведенное в более богатом алмазами Красновишерском районе (Северный Урал), позволило выявить большое количество стратифицированных комплексов от рифея до карбона, содержащих алмазы и минералы-спутники, и получивших название промежуточных коллекторов. Возрастной разброс давал основание предполагать, что алмазоносный магматизм проявился в позднем рифее и его материал многократно отлагался, достигнув максимальных концентраций в такатинское и кайнозойское время.

За последнее десятилетие геологами Перми и Санкт-Петербурга найдено достаточно подтверждений того, что россыпные месторождения залегают на проявлениях алмазоносных интрузивных пирокластитов [Рыбальченко и др., 1997; Чайковский, 2002]. Эти породы представляют собой фациальные аналоги песчаных туфов, характерных для верхних частей лампроитовых трубок Австралии [Джейкс и др., 1989]. Поскольку основное усилие исследователей было сосредоточено на изучении специфики этих пород, промежуточные коллекторы оставались без должного внимания.

Общая характеристика промежуточных коллекторов

К промежуточным коллекторам на Северном Урале относились восемь разновозрастных залежей, локализованных среди литифицированных образований докембрия и палеозоя, а также четыре группы рыхлых мезокайнозойских отложений различного генезиса.

Наиболее древним известным коллектором являются линзы вулканогенно-осадочных пород основного и ультраосновного состава в кровле пород рассольнинской свиты верхнего рифея. В них, при проведении тематических

работ И.А. Малаховым (1974-1976) и А.М. Зильберманом (1975-1978), выявлены пиропы эклогитовой и лерцолитовой ассоциации.

Более молодые глинисто-щебнистые образования в зоне контакта карбонатной низьвенской и терригенной усть-чурочной свиты верхнего рифея вскрыты Г.А. Георгиевым при поисках коренных источников в 1968-1973 гг. на участке «Колчимская Рассоха» и отнесены к карстовым. К ним приурочены минералогические аномалии лейкоксена, хромита, ильменита, пикроильменита, оливина, хромдиоксида, муассanita и комплексные геохимические аномалии сидерофильных, литофильных и халькофильных элементов (Cr, Ni, Co, Y, Cu, Zn, Pb, Ba) [Чумаков, Эсмонтович, 2003].

Пиропсодержащие прослои в терригенной кочешорской свите венда были выявлены в 1966-1968 гг. при литолого-минералогических исследованиях, выполненных под руководством Г.Н. Келль (ВСЕГЕИ), а затем подтверждены В.Я. Колобяниным в 1980-1984 гг. при проведении поисков первоисточников. В составе этой свиты В.И. Повонским в 1973-1976 гг. определены метасоматический хлорит и обломки магнетит-пироксеновых пород, В.Я. Колобяниным – гидрослюдисто-монтмориллонитовый материал кор выветривания по туфобрекчиям ультраосновного и основного состава. В 1981 г. Ю.И. Погореловым диагностирована примесь пирокластитов и тонкие слойки туфов, однако полученные выводы были подвергнуты сомнению.

В докембрийских толщах Среднего Урала алмазы установлены в рифейских кварцевых гравелитопесчаниках на горе Песочная в Висимо-Уткинском районе (ЦНИГРИ) и в гравелитах ашинской свиты венда в районе пос. Кузье-Александровский (А.А. Кухаренко).

Предпалеозойские образования описаны в основании полудовской свиты верхнего ордовика на горе Чурочная Полянка на доломитах низьвенской и деминской свит рифея. Они являются собой пестроокрашенные алевролиты и аргиллиты с хлоритом и гидроксидами железа, биотитом, гематитом, пиритом, монтмориллонитом и обогащены никелем, что позволило В.И. Повонскому (1997) предположить, что они сформировались по основным или ультраосновным породам. Сама полудовская свита, представленная конгломератами, по данным А.Д. Ишкова [1970], убого алмазоносна. На Среднем Урале алмазы были обнаружены среди кварцевых гравелитов ордовика на горе Си-

доровой (водораздел рек Сулемы и Межевой Утки) [Кухаренко, 1955].

Предсилурийские глины и брекчии установлены в основании колчимской свиты нижнего силура. На восточном склоне горы Помянный Камень они представлены зеленоватосерой и пестроокрашенной глиной, залегающей на конгломератах верхнеполюдовской свиты (O₃), и отнесены В.Г. Наседкиным в 1984 г. к коре выветривания. Аналогичные образования были отмечены ниже устья р. Чурочной В.К. Серебренниковым в 1977-1983 гг. при геологическом доизучении масштаба 1 : 50 000. Здесь на песчаниках усть-чурочной свиты рифея залегают яркие зеленоватые каолинит-гидрослюдистые глины, которые перекрываются предположительно конседиментационными брекчиями колчимской свиты. Эти породы, по результатам геохимических поисков, выполненных А.А. Болотовым в 1975-1977 гг., характеризуются повышенным содержанием Pb, Zn, Cu, Ag, Au, Hg. В 1973-1976 гг. на примере участка в районе р. Ефимовки В.И. Повонский продемонстрировал, что контакт вендских и силурийских пород представляет собой зону катаклаза, баритизации и сульфидизации. В 1980-1984 г. В.Я. Колобяниным при поисковых работах в этих образованиях выявлены алмазы и минералы-спутники.

Преддевонский (такатинский D₁tk) коллектор, наиболее богатый алмазами, выявлен А.Д. Ишковым в 1963-1966 гг. [Ишков, 1970]. Продуктивная толща залегает на неровной (закарстованной?) поверхности доломитов колчимской свиты и представлена снизу вверх глинами с глыбами доломитов, супесью с глыбами кварцитопесчаников и вышележащими кварцитами, содержащими прослойки глинистых гравелитов и конгломератов. Здесь зафиксировано большое количество минералов-спутников, а также материал ультраосновных пород.

Предпашийские верхнедевонские бокситоносные и ферриалитовые породы, залегающие на среднедевонских карбонатах, широко распространены на Западном Урале и в Предуралье и в целом не содержат алмазов и их спутников. Однако на некоторых месторождениях (Волянка) в дезинтегрированных верхнедевонских отложениях отмечена незначительная алмазоносность, хотя ее причина пока не установлена.

Предвизейский коллектор формировался на рубеже турнейского и визейского веков раннего карбона и относился к корам выветрива-

ния латеритового типа. Выполненные Ю.И. Погореловым литолого-фациальные исследования на левобережье р. Сторожевой в 1970-1972 гг. позволили диагностировать в составе толщи бокситизированные вулканические туфы, разложенные до галлуазита и глин. В качестве акцессорных минералов диагностированы магнетит, пирротин, ильменит, хромит, кианит, барит, корунд, пироп и алмаз.

Мезокайнозойские алмазоносные рыхлые отложения связывались В.К. Серебренниковым (1983) с гипергенным изменением и переотложением преимущественно палеозойских коллекторов. К ним относятся: позднемезозойский аллювий (?) и делювий, палеогеновые делювиально-карстовые отложения и коры химического выветривания, неогеновые красноцветные продукты дезинтеграции местных пород и плейстоценовые аллювиальные, делювиальные, пролювиальные, озерно-болотные образования.

Из приведенного описания видно, что алмазы в коллекторах сопровождаются как минералами-спутниками, так и глинистым веществом, обогащенным сидерофильно-халькофильными компонентами, что исключает возможность многократного переотложения материала одного докембрийского источника. Подобная ситуация скорее подразумевает наличие постоянно существующей по соседству суши, с которой практически непрерывно сносился алмазоносный обломочный материал. А это противоречит геологическим данным.

Генетические особенности промежуточных коллекторов

Наиболее изученным коллектором являются отложения основания такатинской свиты, на примере которых и приводится дальнейшее описание.

Литологические особенности. Присутствие гравелитов, а также наличие в кварцитопесчаниках кривой слоистости дали основание отнести низы такатинской свиты к русловым отложениям. Логическим развитием этих представлений на основе палеофациального анализа [Щербаков и др., 1997] стало рассмотрение поверхности предтакатинского перерыва как неплененной, слабо наклоненной к востоку, расчлененной русловыми врезами такатинской палеодельты. Предполагалось, что в единой аллювиальной системе снос происходил различными протоками, причем, судя по алмазонос-

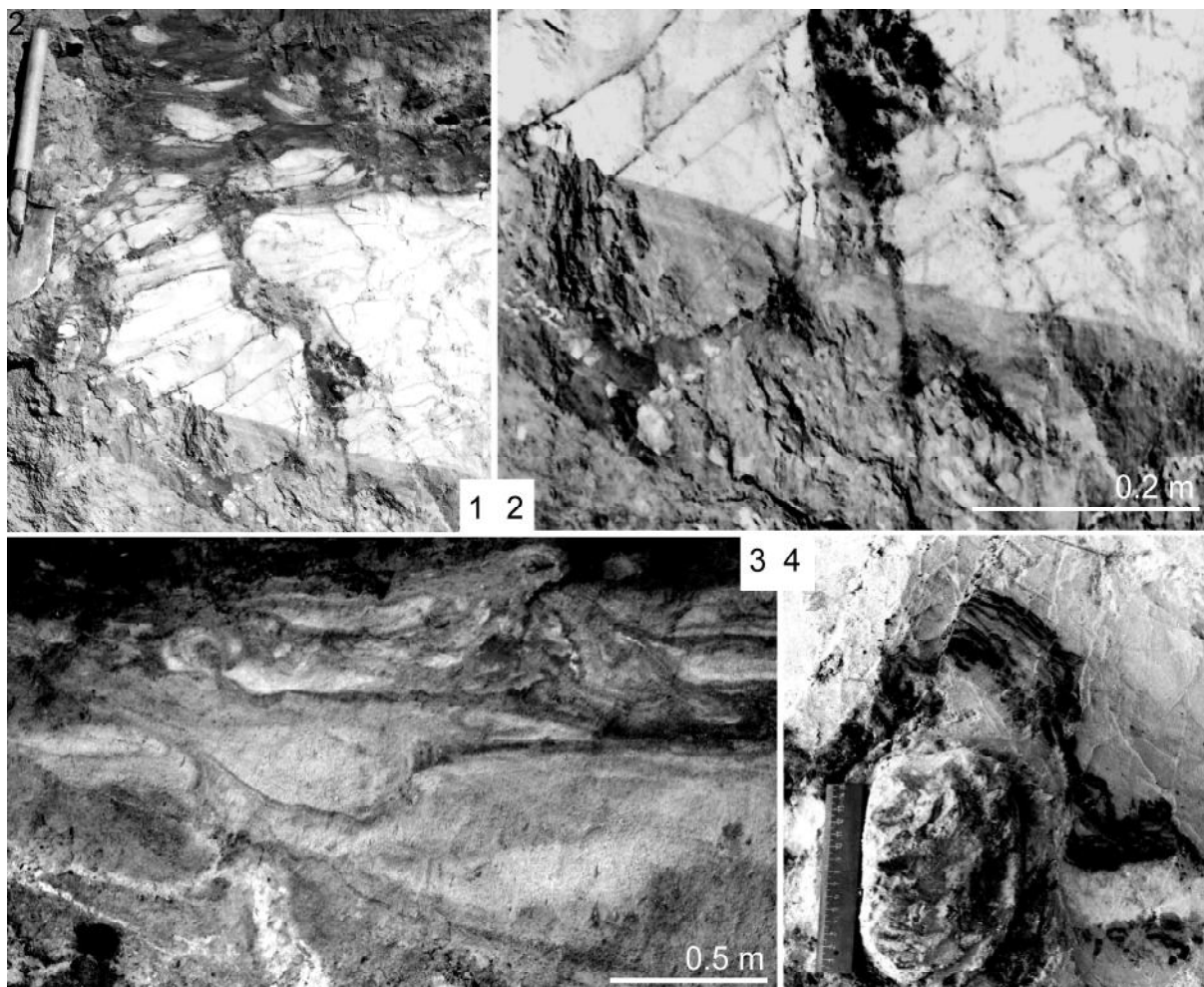


Рис. 1. Текстуры особенности дезинтегрированных кварцитопесчаников такатинского коллектора алмазов.

1 – пространственная разобченность составляющих ксенолита; 2 – пересечение двух текстурных планов (плитчатой отдельности ксенолита и полосчатости песков); 3 – флюиальность песков, обусловленная неравномерным распределением глинистого материала; 4 – глинистые прожилки, вдоль которых проявлены сдвиговые деформации.

ности отложений, «перед входом в каждую протоку существовал первоисточник – кимберлитовое поле или трубка». Однако геолого-поисковые работы по оценке промышленных перспектив алмазности пород такатинской свиты на Ишковском участке, проведенные В.А. Ветчаниным в 1965-1968 гг., показали, что алмазы приурочены к самым разным образованиям: песчаным и глинистым телам, согласно или карманообразно залегающим на поверхности доломитов силура; вышележащим слоям гравелитов, обогащенным голубой глиной; секущим брекчиям кварцитов с лимонитовым цементом.

Описываемые гравелиты, или «глинистые конгломераты», по Ю.Р. Беккеру [1970], представляют на самом деле литологически аномальные породы. В них сочетаются как вы-

сокая окатанность галек (до 70 %), так и плохая сортированность материала. Их обогащенность глиной свидетельствует о двумодальном гранулометрическом составе, что характерно для микститов или тиллитов, а не для грубозернистых русловых отложений. Схожая ситуация была описана А.А. Кухаренко [1955] для аллювиальных россыпей Среднего Урала, в частности для алмазносных олигоценых и олигоценмиоценовых отложений седьмой и шестой надпойменных террас, залегающих более чем на 160 м выше уровня современных рек. Их двумодальность он объяснял глубоким химическим выветриванием галек алюмосиликатных пород и сохранением обломков лишь кварцевого состава.

Прослой глины на ненарушенной или закарстованной поверхности доломитов и выше-

лежащие песчаные слои, содержащие обломки дезинтегрированных кварцитов (такатинской же свиты), рассматривались как коры выветривания. В.А. Ветчанинов и П.Н. Конев [1970] пишут, что расцементация кварцитопесчаников накладывается как на отдельные прослои, так и на целые разрезы. Следует отметить, что мономинеральные кварцитопесчаники такатинской свиты на Западном Урале являются весьма устойчивыми породами, ими сложен хребет Золотой камень, а в современных реках, текущих по такатинским образованиям, аллювий представлен только глыбовым материалом.

Наблюдения за текстурными элементами в песках такатинского коллектора позволяют выделить целый ряд особенностей (рис. 1). Для песчаных и глинисто-песчаных масс характерны флюидальность, наличие загибов отдельных слоев и завихрений. На участках, обогащенных обломками кварцитопесчаников, отмечаются раздробленность и пространственная разобщенность отдельных составляющих ксенолитов, пересечение субпараллельными струями песка, наличие наложенных текстур и большого числа глинистых прожилков, вдоль которых нередко наблюдается проявление сдвиговых деформаций. Подобный набор признаков свидетельствует о наложении процессов дезинтеграции, перемещения и насыщения глинистым материалом (рассеянным и прожилковым) на уже сформированную и литифицированную толщу. Если при этом вспомнить, что алмазы были получены только из дезинтегрированной и обогащенной глинистым материалом «такаты», получается, что расцементация и «глинизация» и являются индикаторами продуктивности.

Формирование алмазоносных секущих брекчий кварцитов с лимонитовым цементом объяснялось тектонической природой и попаданием алмазов в зону дробления из продуктивных прослоев. Ветвящаяся форма тел, вскрытая как в шахте, так и в скважинах, не позволяет согласиться с подобным предположением.

Опробование Ишковского карьера показало, что, несмотря на северо-восточное падение вмещающих силурийских и девонских пород, алмазы локализуются вдоль субширотной зоны, названной Б.Н. Соколовым [1982] «кимберлитовым разломом». Выполненное под руководством С.Н. Петухова и В.В. Куртлацкова в 1996-2000 гг. геологическое доизучение масштаба 1 : 50 000 с общими поисками позволило установить, что этот разлом является эле-

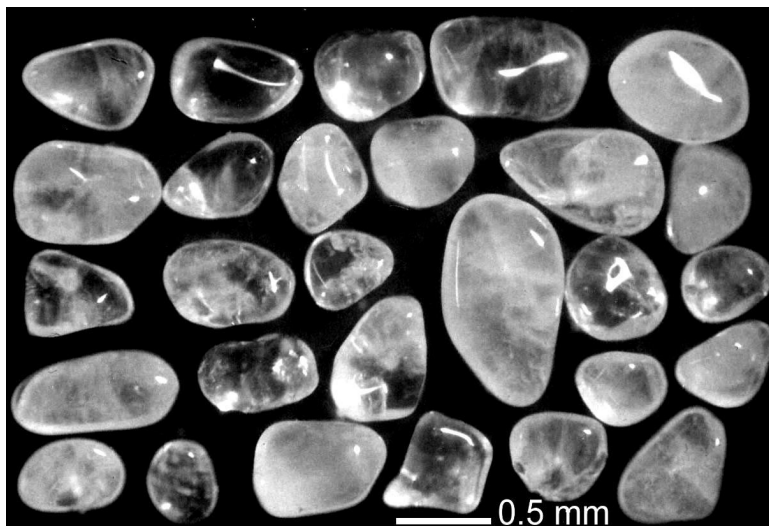
ментом ортогональной системы, вдоль которой происходит дезинтеграция основания такатинской свиты и насыщение ее алмазами и глинизированными пепловыми частицами. Такие же поперечные зоны распределения алмазоносности, унаследованные от пород плотика, выявлены в процессе опоискования в 1989-1994 гг. типично аллювиальной россыпи Вогулка. Таким образом, алмазы в коллекторах есть, но их размещение контролировалось совсем не осадочными структурами и процессами.

Изношенность кристаллов алмаза

Еще А.А. Кухаренко [1955] писал, что понятие «изношенности» кристаллов алмаза толкуется различными специалистами по-разному. К сожалению, и сегодня приходится констатировать отсутствие четких и общепринятых представлений. Наглядным примером может служить практически несопоставимые описания одной и той же партии уральских алмазов, выполненные Д. Робинсоном, В.И. Коптилем [Зинчук, Коптиль, 2001], В.И. Шеманиной, В.В. Жуковым, Г.И. Шафрановским [Шафрановский, 2001] и В.А. Езерским. Сам А.А. Кухаренко показал, что в россыпях Среднего Урала количество кристаллов с «аллювиальным» износом составляет не более 8 %. Очевидно, что данный признак не является типоморфным. Однако любопытно, что большинство исследователей установило присутствие так называемой «леденцовой скульптуры» или «зеркальной полировки», не характерной для алмазов из кимберлитовых трубок. А.А. Кухаренко связывал ее с эоловым процессом, который проявился на последнем этапе экзогенного изменения алмазов. Н.Н. Зинчук и В.И. Коптиль [2001] указывают на наложение «леденцовой скульптуры» на ранее сформировавшийся в терригенном коллекторе «механический износ выкрашивания». Природу глянцевої поверхности они связывают с оплавлением. Таким образом, «леденцовая поверхность» является характерным признаком для уральских алмазов, но ее природа интерпретируется по-разному. Вероятно, ключом к пониманию глянцевої на поверхности кристаллов является морфология других минералов, представляющих собой парагенетические спутники алмаза в коллекторах. «Леденцовость» отмечена на индивидах циркона, апатита, турмалина, но особенно характерна для зерен кластогенного кварца (рис. 2).

Рис. 2. «Леденцовый» кварц из такатинского коллектора.

Более того, «оплавленность» ребер и даже граней зафиксирована на псевдоморфозах лимонита по пириту. Это дает основание связывать леденцовую скульптуру не с оплавлением, а с окатыванием и полировкой в восходящем газовом потоке. Аналогичный вид обработки (галтовку) драгоценных и поделочных камней производят в специальных длительно вращающихся барабанах.



Минералы-спутники алмазов

Редкая встречаемость парагенетических минералов-спутников во вторичных коллекторах объяснялась аллювиальной сортировкой и пространственным разобщением их с алмазами. Однако сам И.Д. Ишков [1970] писал, что в тактинской свите наряду с устойчивыми окатанными минералами, вымытыми из нижележащих кластических толщ, присутствуют и «чуждые», в частности пиропы. Они встречаются в виде обломков угловатой формы, большей частью в келифитовой оболочке. Аналогичная ситуация наблюдается и в отложениях других коллекторов. Тематические исследования Г.В. Куликовой, выполненные в 1990 году, показали, что на пиробазах сохранились калий-содержащие келифитовые каймы, что свидетельствует об эндогенной природе замещения и отсутствии последующего механического износа.

При изучении вещественного состава алмазоносных отложений из такатинского коллектора мы выявили следующие закономерности [Чайковский, 2001]. Воздействие калиевого метасоматоза зафиксировано также на зернах хромшпинелидов. Глинистые минералы представлены в основном ранним монтмориллонитом и более поздней гидрослюдой высокотемпературного политипа 2M₁. Продуктивные отложения обогащены (до сотен кг/т) окисленным пиритом и марказитом. Кластогенные зерна лейкоксена перекристаллизованы и покрыты друзовидным агрегатом анатаза. Отмечается значительное количество новообразованного горного хрусталя и брукита, а обломки до-

ломитов осветлены и регенерированы. Обнаружено большое число разнообразных стекол и шлаковидных частиц.

Наличие в такатинском коллекторе реликтовых стекол и монтмориллонита, проявление значительных гидротермальных изменений, выразившихся в регенерации минералов и положительной трансформации глин отражают поступление в осадочную толщу эндогенного материала, который продолжал изменяться и после его внедрения. Рассеянно-прожилковый характер распределения глинистого материала и наличие флюидальных текстур и глянцево-сти как на алмазах, так и на ксеногенных минералах дают основание предполагать привнесение глубинного материала газовыми потоками.

Заключение

Многочисленное появление алмазоносных слоев в разрезе Полюдово-Колчимского поднятия и их вещественный состав позволяют говорить о том, что коллекторы алмазов являются не осадочными образованиями, как предполагалось ранее, а благоприятными для локализации алмазоносной газовой-пепловой взвеси пластами. Разгрузка взвеси приводит к дезинтеграции рудовмещающей толщи и насыщению ее глинистым апопепловым материалом. Воздействием газового потока, так называемой «базисной волны», может объясняться дробление вмещающих толщ и образование косой слоистости, описанной в песчаных туфах лампроитовых трубок Австралии [Чайковский, 2002]. Таким образом, источником алмазов являются не кимберлиты, о чем собственно и пишут

Н.Н. Зинчук и В.И. Коптиль [2001], а отличающиеся от них по гидродинамике интрузивные пирокластиты. И, вероятно, в определенной степени был прав А.А. Кухаренко [1955], выделяющий эоловую стадию в преобразовании алмазов, результат воздействия которой на минералы аналогичен абразивному эффекту, возникающему в движущейся газовой пепловой взвеси. В целом же, можно констатировать, что алмазоносные толщи, называемые промежуточными коллекторами, представляют собой согласные апофизы более значимых по масштабу флюидно-эксплозивных структур штокверкового типа. Более высокая степень продуктивности такатинских кварцитопесчаников по сравнению с карбонатными породами и докембрийскими кварцитами вызвана меньшей степенью сцепления зерен и, соответственно, более легким переходом в флюидизированное состояние. Идея промежуточных коллекторов, объясняющая присутствие алмазов в осадочной раме, от констатирующей со временем стала тормозящей и даже реакционной. Полностью игнорировались данные о гранулометрической аномальности этих пород, без должного объяснения оставались новые заключения о проявлении в них гидротермальных и метасоматических процессов, а главное, прослеживание по простиранию этих образований не приводило к открытию новых месторождений, что свидетельствовало о локальном характере алмазоносности. Вероятно, сыграло злую шутку «пророчество» А.А. Кухаренко, который предсказывал бесполезность изучения продуктивных кластических толщ для выявления природы самих алмазов и их источников [1955].

Исследования выполнены при финансовой поддержке Программы № 2 ОНЗ РАН «Условия образования нового генетического типа алмазных месторождений на Западном Урале».

Список литературы

Беккер Ю.Р. О поисковых критериях алмазоносных девонских россыпей Урала // Геология и условия образования алмазных месторождений. Тр. II

Всесоюз. совещ. по геологии алмазных месторожд. Пермь, 1970. С. 263-266.

Ветчанинов В.А. Конев П.Н. Условия образования такатинской свиты западной части Красновишерского района и предварительные данные об ее алмазоносности // Геология и условия образования алмазных месторождений. Тр. II Всесоюз. совещ. по геологии алмазных месторожд. Пермь, 1970. С. 224-233.

Джейкс А., Луис Дж., Смит К. Кимберлиты и лампроиты Западной Австралии. М.: Мир, 1989. 430 с.

Зинчук Н.Н. Коптиль В.И. Типоморфизм алмазов из пород Рассольнинской депрессии (Урал) в связи с проблемой их первоисточников // Алмазы и алмазоносность Тимано-Уральского региона. Мат-лы Всерос. совещ. Сыктывкар: Геопринт, 2001. С. 146-147.

Ишков А.Д. Источники алмазов уральских россыпей // Геология и условия образования алмазных месторождений: Тр. II Всесоюз. совещ. по геологии алмазных месторожд. Пермь, 1970. С. 219-223.

Кухаренко А.А. Алмазы Урала. М.: Госгеолтехиздат, 1955. 516 с.

Рыбальченко А.Я., Колобянин В.Я., Лукьянова Л.И. и др. О новом типе коренных источников алмазов на Урале // Докл. РАН. 1997. Т. 353. № 1. С. 90-93.

Соколов Б.Н. Образование россыпей алмазов. М.: Наука, 1982. 96 с.

Чайковский И.И. Петрология и минералогия интрузивных алмазоносных пирокластитов Вишеского Урала. Пермь: Пермский госуниверситет, 2001. 324 с.

Чайковский И.И. Процессы формирования и становления алмазоносных пирокластитов Западного Урала // Литосфера. 2002. № 3. С. 69-86.

Чумаков А.М., Эсмонтович И.А. Критерии прогнозирования нового генетического типа алмазоносных пород в Красновишерском рудном районе и гипотеза образования уральских алмазов. Пермь: ФГУП «Геокарта-Пермь», 2003. 108 с.

Шафрановский Г.И. Новые данные по морфологии алмазов из Красновишерского района // Алмазы и алмазоносность Тимано-Уральского региона: Мат-лы Всерос. совещ. Сыктывкар: Геопринт, 2001. С. 148-149.

Щербаков О.А., Щербакова М.В., Кириллов В.А. и др. Палеоструктурные особенности Вишеского Урала в связи с его алмазоносностью. Пермь: Изд-во ПГТУ, 1997. 101 с.

Рецензент член-корр. РАН А.В. Маслов