

К ВОПРОСУ О ПРОИСХОЖДЕНИИ АЛМАЗОВ И КИМБЕРЛИТОВ

Люхин А.М.

Случилось так, что мы, в 21 веке, без малого через полторы сотни лет после открытия первых кимберлитовых трубок, так и не приблизились к ответу на вопрос – откуда появились и как произошли «кимберлитовые» алмазы. Большинство геологов, да и ученых других специальностей, непосредственно не связанных с алмазной тематикой, даже не подозревают, насколько в этой теме все зыбко и необоснованно. Да и бог бы с этим, в геологии много неразрешенных загадок, если бы это касалось только кимберлитов, как одной из разновидностей горных пород. Но главная беда заключается в том, что, начиная с открытия алмазов в кимберлитах, и сами алмазы и, соответственно, все заключенные в них включения, преподносятся, как неоспоримые производные мантии Земли. А далее, по нарастающей, на этом основании начинается необоснованное препарирование мантии, представляющее ее в виде слоеного пирога (по количеству разных по составу ксенолитов в кимберлитах) и строятся ошибочные (и этим очень вредные) прогнозы наличия в мантии неистощимых источников воды, углеводородов и т.д. В настоящей статье раскрываются наиболее явные заблуждения гипотезы мантийного образования алмазов и кимберлитов и приводится альтернативная версия их происхождения.

Единой стройной и научно обоснованной гипотезы глубинного образования алмазов и кимберлитов, с описанием источника вещества, энергии, механизмов реализации процессов и обоснованием причинно-следственных связей по всей этой цепочке, в настоящее время не существует. Декларативно утверждается, как не подлежащий сомнению факт, что алмазы образовались в мантии Земли под кратонами в поле стабильности алмаза на глубине от 150 до 600 км и выносились на землю сначала посредством плюмов, переходящими потом в подводящие дайки и, которые в свою очередь переходят в трубки. Так описывается общая картина. А относительно выяснения конкретных источников вещества и энергии и механизма реализации этих процессов начинаются вопросы. Только к самой возможности образования алмазов в мантии Земли можно задать не один десяток вопросов, на которые до сих пор нет убедительного ответа: откуда взялось в мантии Земли углеродное вещество, из которого миллиарды лет назад образовались алмазы?; этот источник находился в самой мантии или был привнесен туда?; если привнесен то откуда?; каков механизм этого поступления?; происходит это периодически или одномоментно?; каков состав этого вещества?; каков механизм и условия сохранности образованных кристаллов на протяжении миллиардов лет?; почему алмазы разного габитуса и размера, ведь в жестких РТ рамках кристаллизуются равномернозернистые породы?; почему у алмазов и кимберлитов разный возраст?; почему у алмазов из одной кимберлитовой трубки разный изотопный состав углерода?; почему в одном месте находят сростки октаэдров и карбонадо, ведь в мантии условия должны быть одинаковыми?; каков механизм

поступления новых порций вещества для послойного роста?; как объяснить морфологическое разнообразие кристаллов алмаза в жестких условиях мантии?; почему разная концентрация азота в структуре?; откуда взялись инертные газы и т.д. И этот список можно продолжать еще дальше.

Прежде чем делать какие-либо теоретические построения необходимо хотя бы приблизительно проанализировать саму физическую возможность предполагаемого процесса. Ошибочность наших теоретических построений, наглядно показали результаты бурения Кольской СС, опровергнувшие существовавшие теоретические представления о строении земной коры. А с мантией надо быть еще более осторожными. Что там происходит на самом деле, мы узнаем еще не скоро. Так что же мы достоверно знаем о мантии Земли, если исключить из рассмотрения алмазы? Практически очень мало. Нам известна скорость прохождения сейсмических волн, которая в мантии относительно постоянна до верхнего ядра, что свидетельствует о ее однородности и, возможно, об однообразном фазовом состоянии вещества. Мы знаем, что с глубиной растут литостатическое давление и температура, и что там происходит дифференциация вещества под действием двух основных физических сил – силы тяжести и вращения Земли. Самые глубинные достоверно известные нам породы – толеитовые базальты и траппы, слагающие нижнюю часть земной коры на глубинах в несколько десятков километров, подтверждают это предположение. Это удивительно однородные (по минеральному и химическому составу) мелкозернистые породы основного состава с высокой плотностью и удельным весом. Образцы траппов, отобранные на расстоянии в сотни километров, часто имеют одинаковый состав и практически неотличимы друг от друга. Однородность состава траппов дает нам право интерполировать эти закономерности и дальше на глубину и позволяет предположить, что с глубиной состав мантии постепенно меняется в сторону увеличения удельного веса слагающего ее вещества и уменьшения его размерности. А дальше начинается «черный ящик» мантии. Нам достоверно не известно ни фазовое состояние вещества в мантии, ни его состав, ни сама физическая возможность его кристаллизации.

Мантия живет и развивается по своим правилам, ограниченным жесткими рамками физических законов. Там в условиях гигантских давлений и температур находится дифференцированное по удельному весу за миллиарды лет вещество и места для флюидных процессов, как и самих флюидов, рассолов, летучих и пр., весьма характерных для близ-поверхностных процессов, там просто не может быть физически. Как не может быть легких элементов и их соединений с небольшим удельным весом, включая легкие углеродсодержащие соединения. Они должны были покинуть мантию еще на первых этапах дифференциации вещества планеты. По крайней мере, на протяжении первого миллиарда лет ее существования. Внутреннюю часть Земли можно условно считать закрытой системой – энтропия должна расти. Движение (перемещение) вещества в таких условиях, направленное не в сторону действия силы тяжести, требует колоссальной дополнительной энергии, а в условиях закрытой системы эту энергию

взять просто неоткуда. А это значит, что в отсутствие внешних источников энергии, никакой избирательной концентрации вещества, кроме его дифференциации по удельному весу, происходить не может! А теперь зададим себе вопрос – откуда в этой однородной раскаленной массе, сжатой колоссальным литостатическим давлением, появилось избыточное количество углерода (где источник вещества?), какой процесс привел к его концентрации (откуда взялась энергия?), и какая волшебная сила создала там емкость для свободного (тангенциального) роста кристаллов. На этот вопрос мантийная гипотеза не дает ответа. Но даже если предположить, что углерод там каким-то волшебным образом оказался и возникли физические условия для кристаллизации вещества, то и тогда она пошла бы по другим законам – чем больше давление, тем меньше размеры кристаллов. И в результате, в лучшем случае, смогли бы образоваться лишь микро- (или нано-)кристаллы алмаза, а не полноценные кристаллы, так как, как было показано выше, в условиях мантии невозможно реализовать механизм подвода новых порций вещества для нормального роста кристаллов.

Мантийной природе алмазов противоречит идиоморфизм кристаллов алмазов и сам факт их чрезвычайного морфологического разнообразия в кимберлитах. Необъяснимо, как в жестких статических условиях мантии практически рядом образуются абсолютно разные алмазы. К примеру, как обнаруженный в трубке Удачная поликристаллический агрегат алмаза, состоящий из октаэдрических кристаллов алмаза размерами до 1.5 мм и скрытокристаллической массы близкой по структуре к карбонадо с включениями лонсдейлита (Титков и др., 2001).

Согласно мантийной гипотезе алмазы образуются под кратонами на глубинах, начиная со 150 км, в «поле РТ-условий стабильности алмаза», при этом нижняя граница алмазообразования постепенно углубляется в зависимости от обнаружения во включениях в алмазе минеральных фаз, термодинамические кондиции образования которых (РТ-параметры) соответствуют определенным глубинам Земли. Сейчас нижняя граница опущена на глубину 660 км (Harte, 2010). *(Хотя, следуя этой логике, «зону образования алмазов» можно продлевать еще ниже, вплоть до металлического ядра Земли. Ведь помимо силикатных включений в алмазах часто присутствуют самородные металлы в восстановленной форме, Fe-Ni-сплавы и различные интерметаллиды, обычно не встречающиеся в таком виде в земных горных породах, а присутствующие только во включениях в алмазах и метеоритах.)* И точно также, при обнаружении во включении в алмазе какого-либо легкого соединения (к примеру гелия или ароматических углеводородов) или минерала (галита или доломита), приходится искать новое место в мантии, уже намного ближе к поверхности, так как объяснить наличие солей или карбонатов в мантии, глубже нескольких десятков километров просто невозможно. Получается какая-то разорванная 3D-мозаика, каждый фрагмент которой имеет свои параметры (интервал глубины, химическая и минеральная ассоциация) никак не увязанные друг с другом в рамках одной среды и осмысленного процесса. Огорчает, что эти многочисленные парадоксы и несовместимости в

минеральных ассоциациях, обнаруживаемых во включениях в алмазах, не приводят к поиску новых мест и причин алмазообразования. а с упорством, достойным иного применения, продолжаются попытки дать каждому новому минералу свое индивидуальное объяснение его присутствия в мантии, что только усугубляет сложившуюся неразбериху. Я представляю, какой поднимется крик после этих моих слов, что это не так, что модная нынче тектоника плит все объясняет. Но давайте посмотрим правде в глаза – ведь так оно и есть. А поклонникам субдукции я хочу предложить провести эксперимент. Возьмите плиту пенопласта, погрузите ее в воду под углом 30-40, как нарисовано на картинках иллюстрирующих этот процесс, и заставьте ее держаться в воде в таком положении. Из этого простейшего эксперимента следует такой же простой вывод, что горизонтальные движения плит должны приводить к выдавливанию легкого вещества вверх и, как следствие, к горообразованию, а не к его погружению в мантию.

Кроме РТ-условий, никаких объективных предпосылок для образования алмазов в мантии не существует и их предполагаемое образование там весьма маловероятно. Но ведь, само по себе, наличие в мантии определенных физических параметров (температуры и давления), абсолютно не означает, что там автоматически должны произрастать алмазы. Как, к примеру, температура и давление на поверхности планеты не гарантируют возникновение там органической жизни. Для этого необходимо выполнение многих других условий – наличие атмосферы, воды, магнитного поля, а самое главное, органического вещества. А для образования алмаза в мантии отсутствует главное - источник углерода и свободное пространство для роста кристаллов.

Одной из неразрешимых загадок мантийной гипотезы является проблема сохранности кристаллов алмаза в мантии Земли. Алмазы очень древние минералы. Их возраст определяется по сингенетическим минералам-узникам и оценивается в интервале от 2.5 до 3.5 млрд лет (Richardson at all, 1984; Richardson, 1986). Опять же, если сделать допущение, что алмазы как-то умудрились образоваться в мантии, их физическая сохранность в условиях мантии на протяжении миллиардов лет представляется необъяснимой и крайне маловероятной, учитывая наблюдаемую интенсивность преобразования горных пород в нижней части земной коры. В поверхностных условиях и в космосе сохранность кристаллов гарантирована, так как ударный процесс относительно кратковременный, одноактный и идет в одном направлении. Если это происходит в мантии, то там, наоборот, условия стабильны и процесс кристаллизации может идти как в прямом, так и в обратном направлении, кристалл как образовался, так может сразу (или через неопределенное время) раствориться (или перейти в графит) – долгосрочная сохранность кристаллов в условиях мантии невозможна.

Теперь, давайте разберемся, а на чем собственно основана эта декларируемая связь кимберлитов с мантией? Считается, что кимберлиты и алмазы из верхней мантии

к поверхности Земли доставляются посредством магматических колонн, возникающих под кратонами идвигающихся к поверхности за счет энергии конвективных потоков мантии. Немного не доходя до поверхности Земли, эта колонна преобразуется в серию даек, из которых, в свою очередь, посредством направленных взрывов образуются трубки, заполненные кимберлитом с алмазами. Так представляют себе образование кимберлитов сторонники мантийного происхождения. Конечно, тут сразу возникает несколько вопросов к механизму подъема кимберлита с глубин в несколько сотен километров и источнику энергии для этого процесса. Но главный вопрос – а зачем это мантии надо? Ведь подобные процессы (если они происходят на самом деле) служат не для того, чтобы доставить очередную порцию алмазов к нам на поверхность. С какой стати тяжелые ультраосновные породы (минералы) должны подниматься из глубин к поверхности, если законы физики (сила тяжести) указывают им абсолютно противоположное направление. Если это тепловой поток, для разгрузки внутренней энергии, то где термальные изменения, которым должны были подвергнуться колоссальные массы вмещающих пород. И почему это не заканчивается просто одним мощным взрывом и излиянием нормальной ультраосновной магмы (как трапповый магматизм в Восточной Сибири). И, если это разгрузка, то почему она происходит, в самом, казалось бы, неподходящем для проникновения через кору месте – под кратонами, а не в срединно-океанических хребтах, ведь природные процессы всегда идут по пути минимальных энергозатрат. Кстати большинство горячих точек, которые считаются наиболее приближенными к поверхности проявлениями конвективных потоков, находятся именно под океанами. Однако, многочисленные попытки «привязать» эти точки и траектории их движения к проявлениям кимберлитов, окончились неудачей, они абсолютно не стыкуются между собой. Из этого следует, что связь кимберлитов с мантией на этом направлении никак не прослеживается.

Типичная кимберлитовая трубка представляет конусообразное тело в виде морковки с тонким хвостиком, переходящим часто в маломощную дайку, выклинивающуюся с глубиной. Это чисто приповерхностные объекты протяженностью от десятков метров до первых километров, «корни» которых затухают в верхних частях земной коры. Все, на этом структурная связь кимберлитов с мантией обрывается. Нет никаких следов того грандиозного геологического процесса, который должен был бы сопровождать подъем магматической колонны с кимберлитами и алмазами, посредством конвективного потока мантии, причем со скоростью курьерского поезда, чтобы не произошло замещение алмаза графитом. И тут возникает крамольный вопрос, а может быть ничего этого на самом деле в природе и не было? А то, даже как-то обидно за мантию. Потратить такую колоссальную энергию на преодоление сотен километров пород верхней мантии и прорыв земной коры, а в итоге, вместо грандиозного катаклизма, сделать маленький плевок кимберлитом. При этом, опять в нарушение законов физики, создав тело трубообразной, а не сферической формы. Ведь, между прочим, и теоретически, и экспериментально доказано, что подземный взрыв тел

подобной формы не создает. Причем, проделав это так виртуозно и аккуратно, что на расстоянии в несколько десятков сантиметров от контакта с трубкой во вмещающих породах не видно никаких изменений целостности и слоистости пород. И, при этом, не оставив никаких следов проникновения «магматической колонны» под кимберлитовыми полями – ни температурных, ни структурных, вообще никаких!

В результате многолетних исследований пространственного размещения кимберлитовых тел, не было выявлено никакой закономерной связи расположения кимберлитов с местной и региональной тектоникой. Уже это обстоятельство должно наводить на мысль, что здесь что-то не так. Любое внедрение вещества из глубин Земли, согласно законам физики, будет скорее проходить в трещиноватой породе, а не в монолите, тем более, если это внедрение началось на сотнях км в глубине и для уменьшения энергозатрат при движении есть широкий выбор направлений. Но кимберлиты почему-то игнорируют это правило. Только единичные известные в мире кимберлитовые тела «сидят» на разломах, и то, это укладывается в статистику случайных попаданий.

Кимберлит не чисто магматическая ультраосновная порода (подобно траппам и базальтам), а расплавная брекчия, значительную часть объема составляет раздробленный и частично расплавленный материал вмещающих пород. Такие породы характерны для ударных кратеров, а с мантией эти породы ассоциируют исключительно из-за наличия в них алмазов и небольшого количества ксенолитов ультраосновных пород (реже эклогитов), составляющих не более нескольких процентов от объема кимберлитов. Но позвольте, для ультраосновных пород и алмазов, предполагаемое место пребывания мантией Земли не ограничивается. К примеру, каменные метеориты и астероиды, в большинстве своем ультраосновного состава. А на поверхности Земли известны породы подобного типа, тоже расплавные брекчии, но чисто поверхностного происхождения – зювиты и тагамиты в ударных кратерах. И они тоже часто алмазоносны. Эти факты тоже ставят под сомнение декларируемую связь кимберлитов с мантией.

А вот еще один парадокс трубок – ксенолиты ультраосновных «мантийных» пород есть, ксенолитов вмещающих пород полно, а ксенолитов из подстилающих трубки пород, что в промежутке между мантией и трубкой – ни одного (Джейкс и др., 1989). А это, не много не мало, породы всего нижележащего гранитного и базальтового слоя земной коры. Почему в трубках отсутствуют представители многокилометрового пласта горных пород – на это мантийная гипотеза также не дает ответа.

Требуется объяснения и вопросы, связанные с «подводящей» дайкой, как одним из звеньев «мантийной» цепочки. Каким образом энергия, равномерно распределенная по плоскости в теле маломощной «подводящей» дайки, при ее внедрении из мантии в породы кристаллического фундамента, вдруг начинает концентрироваться в одной точке (вопреки 2-му закону термодинамики), пройдя сотни км от нижней мантии и не

доходя несколько сотен метров от поверхности, чтобы произвести направленный взрыв и сформировать трубчатое тело (в форме морковки), не нарушив при этом целостности вмещающих пород даже в нескольких десятках сантиметров от контакта этого тела. Как в дальнейшем через эту тонкую «подводящую» дайку, сложенную одной разновидностью кимберлита, происходят последующие, с промежутками в миллионы лет, внедрения новых порций «магматического» расплава – «фаз внедрения», которых в отдельных кимберлитах выделяется до полутора десятков. При этом каждое новое «мантийное» (!) внедрение никогда не выходит за границы первоначального контакта трубки с вмещающими породами. Каждый такой «прорыв» или «фаза внедрения» происходит в тех же пространственных границах, но почему-то новые порции уже не взрываются (хотя они тоже представлены брекчией), а спокойно внедряются в уже существующее тело. Причем границы между этими фазами не тектонические, а скорее магматические. Представить и объяснить такое может только человек с очень богатой фантазией. Однако, обращаю внимание на то, что подобные магматические контакты между многочисленными разновидностями расплавленных тагамитов и зювитов наблюдаются в ударных кратерах.

И еще один важный момент. При поисково-разведочных работах на алмазы в Западной Якутии за последние 50 лет были опробованы абсолютно **все** известные поисковые и прогнозные методы известные в отечественной и зарубежной геологоразведке. Каков был результат всем известно. Ни один из них не показал своей эффективности. Единственным и самым надежным методом поиска новых тел осталось поисковое бурение территории по сетке. О чем это говорит? Этот, отрицательный, на первый взгляд, результат, однозначно свидетельствует о **случайности** процесса кимберлитобразования. Процессы, проходящие в мантии Земли, это эволюционные процессы, так как протекают в определенных, достаточно жестких рамках и условиях, на протяжении миллионов лет. А чем масштабнее и продолжительнее процесс, тем четче должны быть следы проявления этого процесса – структурно-тектонические, минералогические, геохимические. И если никакими методами какие-либо закономерности и связи предполагаемого процесса и реального объекта установить не удастся, это означает, что в создании этого объекта «повинен» какой-то другой, вероятнее всего случайный, процесс, к мантии Земли не имеющий никакого непосредственного отношения.

Приведенные выше рассуждения наводят на мысль, что **кимберлит- и алмазообразование не эволюционный, а случайный процесс!** Об этом свидетельствует и «катастрофический» набор минералов, присутствующий в кимберлитах и во включениях в алмазах. Он охватывает весь спектр часто, казалось бы, несовместимых минералов и элементов, от инертных газов, ароматических углеводородов и солей до самородных металлов и интерметаллидов и минералов способных возникнуть лишь в условиях сверхвысоких давлений и температур. Этот набор минералов намного ближе к

метеоритам, в которых все эти минералы известны, чем к ультраосновным магматическим горным породам.

А теперь давайте оторвемся от мантии и зададимся вопросом, какой нам известен случайный процесс на Земле (и в космосе)? Ответ простой - конечно же, это ударный процесс, – процесс столкновений космических тел.

Позвольте здесь сделать небольшое отступление. Очень удивляет какая-то заикленность геологов на недрах Земли. Непреклонная уверенность в том, что если мы что-то раскопали в земле, то это продукт деятельности исключительно земных сил и процессов, в то время как наука сделала гигантский шаг в изучении космического пространства, - не достойно 21 века. Земля это только песчинка в море космоса. И круг природных процессов значительно шире. Да, и, в конце концов, не надо забывать, что сама Земля, по современным представлениям, произвела не сама себя, а сформировалась в процессе аккреции. Кроме того, есть понятие конвергенции, когда другие процессы приводят к тому же результату. Однако природа в каждом конкретном случае всегда сама принимает решения и при этом идет по пути минимальных энергозатрат. Давайте и мы, помимо метода аналогий, в своих построениях будем руководствоваться и этим правилом.

Алмаз - широко распространённый в природе минерал. Он присутствует как на поверхности Земли (кимберлитовые трубки, метаморфические породы, ударные кратеры, россыпи различного типа), так и в космосе (метеориты, кометы, астероиды). Микро- и нано-алмазы обнаружены в горизонтах, маркирующих глобальные события геологической истории нашей планеты, связанные с падениями крупных космических тел на Землю (Kennett et al., 2009). При этом, содержание алмазов в метеоритах (уреилитах) может достигать 1 % общей массы метеорита (Вдовыкин, 1991), что на несколько порядков выше, чем содержание алмазов в самых богатых алмазами кимберлитовых трубках. Здесь еще надо учесть тот факт, что за более чем 100-летнюю историю изучения и разработки кимберлитов, было извлечены и проанализированы многие миллионы тонн кимберлитов и сотни тысяч кристаллов алмаза. А объем найденных на Земле и изученных каменных метеоритов на несколько порядков меньше, всего несколько тонн, а алмазоносных и того меньше. К примеру, для сравнения, если мы возьмем произвольно несколько тонн кимберлита, то, учитывая, что промышленное содержание алмазов в них составляет всего около 1 карата/тонну (0.2 г/т), мы вообще можем ни одного алмаза там не обнаружить.

На поверхности Земли известно большое количество ударных кратеров и во многих из них обнаружены алмазы. Причем по запасам алмазов, эти кратеры значительно превосходят кимберлиты. Да, они мелкие, дефектные, с примесями, часто с лонсдейлитовой структурой, но это не значит, что они должны быть только такими при любом раскладе. И, между прочим, хотя об этом предпочитают умалчивать, находки лонсдейлита в кимберлитовых алмазах - отнюдь не редкость.

Казалось бы, вывод очевиден. Если не удалось найти решение в одном месте, надо переключиться на другое. Если мы поднимем глаза вверх, то увидим бесконечное космическое пространство, в котором углерод является одним из самых распространенных элементов и где летают разнообразные по составу космические тела, периодически сталкиваясь друг с другом. В процессе таких столкновений образуются алмазы, причем, чем дольше длится процесс ударного взаимодействия (например, планеты с кометой), тем крупнее они вырастут. Причем, в этом случае, их рост будет происходить практически в свободном пространстве, ведь концентрация вещества в комете разряжена. И сохраниться они смогут в родительском теле бесконечно долго, пока это космическое тело не столкнется с другим объектом и на этом прекратит свое существование.

Суть концепции импактного происхождения алмазов заключается в том, что разнообразие существующих в природе алмазов обусловлено различными физико-химическими условиями реализации ударного процесса и широким кругом углеродсодержащих соединений, вовлечённых в этот процесс. Вариаций условий реализации ударного процесса может быть множество. Они зависят от размеров, скорости, угла падения, фазового состояния и состава ударника, (железный, каменный, углистый или ледяной астероиды, комета), строения и состава мишени (океан, горный массив или равнина, кристаллические или осадочные породы). Эти факторы обуславливают температуру, давление, время и химическую среду алмазообразования. Источник углерода для образования алмазов может присутствовать как в ударнике (алмаз, графит, аморфный и тонкодисперсный углерод, различные карбиды, сложные органические соединения, углеродсодержащие газы и углеводороды (месторождение Кумдыколь)), так и в мишени, например, графит (алмазы Попигаевского кратера), углеводороды твёрдые (уголь – алмазы Карской астроблемы), жидкие (битум-борт из трубки Мир) или газообразные. Комбинации этих источников могут привести к образованию различных видов алмазов в одном ударном процессе (алмазоносные россыпи севера Сибирской платформы). Особо подчеркнем, что согласно ударной концепции алмазы образуются (и преобразуются) в ударном процессе, но не обязательно исключительно за счет ударного метаморфизма.

Пролить свет на физические условия процесса кристаллизации природного алмаза могут результаты работ по его синтезу. В настоящее время синтез алмазов проводится по одному из 3-х известных сценариев: HPHT (включая катализ) – синтез при статическом давлении и высокой температуре в области стабильности, UHP – ударный (взрывной) синтез в условиях пикового роста давления и температуры, CVD – осаждение из газовой фазы при низком давлении и высокой температуре. Изучение внутреннего строения кристаллов природного алмаза показывает, что, по-видимому, для возникновения и роста кристаллов главную роль играют не статические условия окружающей среды, а динамика физического процесса приведшего к алмазообразованию, которая может включать в себя комбинацию перечисленных выше

сценариев. Как заключает Гаранин, «для образования алмаза из любых углеродсодержащих веществ необходим их мгновенный нагрев, предполагающий наличие градиента температуры. В мантии такого градиента нет» (Гаранин и др., 2006).

Это подтверждает работа Доултона который пришел к заключению, что большинство presolar алмазов, выделенных из Allende, Murchison метеоритов образуется в результате СВД процесса (Daulton et al., 1996). Здесь напрашивается аналогия с ударным процессом, в котором ударником является газовая комета. Во время первоначального контакта наиболее плотной головной части кометы происходит «шок», УНР-процесс, с мгновенным образованием множества алмазных затравок (микрористаллов алмаза), а затем, сразу вслед за резким падением давления, начинается поступление последующих порций вещества кометы, в результате чего и происходит рост кристаллов алмаза уже по CVD-сценарию.

Если изменить параметры ударного процесса, то будут образованы алмазы другого типа, как, например, в месторождении Кумдыколь, где роль ударника и, одновременно, источника углерода для образования алмазов, предположительно сыграло углеводородное вещество небольшой кометы (Третьякова и Люхин, 2016). В этом процессе образовались уже немного другие кристаллы, хотя и сходные по размерам с алмазами Попигайской астроблемы. Но в этом случае, масштаб ударного процесса, судя по диаметру кратеров (Попигайский кратер – 100 км, озеро Кумдыколь – 4 км), был значительно меньше. А если мы пойдем дальше и увеличим масштаб этого процесса на несколько порядков, до планетарного уровня? Разве не смогут в таком процессе образоваться алмазы с кулак величиной? И что здесь противоречит законам физики? Эти процессы мы наблюдаем уже он-лайн. И, возможно, через какое-то недалекое время (причем эта статья в этом может сыграть не последнюю роль), сможем узнать, сколько и каких алмазов образовалось и лежит на поверхности Юпитера после столкновения с кометой Шумейкера-Леви в 1994 году, которое продолжалось несколько суток (<http://cometasite.ru/kometa-schumeykera-levi/>).

Споры о генезисе «кимберлитовых» алмазов не прекращаются с момента открытия первых кимберлитовых трубок, и до сих пор учёные не пришли к однозначному ответу на этот вопрос. Среди существующих гипотез образования этих алмазов космогенные гипотезы воспринимаются пока как экзотика, хотя, в отношении некимберлитовых алмазов известны работы признающих импактную природу карбонадо (Smith, Dawson, 1985; Garai et al., 2006; Мальков, Асхабов, 2010). Образование микро-алмазов месторождения Кумдыколь, как результат наклонного падения небольшой кометы, рассмотрен в работе (Третьякова и Люхин, 2016). Космогенное направление, объясняющее происхождение кимберлитовых алмазов посредством электрических разрядов, связанных с импактными процессами на Земле, представлено в работах (Кузовков, 2002; Хазанович-Вульф, 2007).

Основными критериями для формирования природных алмазов ювелирного качества являются: источник углерода, импульсные Р-Т условия для образования алмазных затравок, пространство для нормального роста, постоянная подпитка растущих кристаллов углеродным веществом при определённых Т и Р для обеспечения послойного роста, а по завершению роста – условий для сохранности образовавшихся кристаллов. Эти критерии могут быть реализованы в рамках одного, широко известного в природе, процесса ударного столкновения космических тел, однако для образования крупных кристаллов это должен быть очень масштабный процесс, такой как столкновение планеты и гигантской кометы.

Космогенная гипотеза происхождения алмазов за пределами нашей планеты впервые была озвучена сравнительно недавно (Lyukhin, 2008) и предполагает, что около 3.1–3.4 млрд лет назад в пределах Солнечной системы произошла грандиозная космическая катастрофа – Фазтон (десятая планета Солнечной системы) столкнулся с гигантской галактической кометой. Как вариант, это могло произойти в один из периодов попадания Солнечной системы в струйные потоки Галактики, которые повторяются каждые 20–37 млн лет (Баренбаум, 2002). Рост алмазов начался в момент соприкосновения струйного потока с поверхностью Фазтона вследствие резкого скачка давления и температуры. Алмазы росли в турбулентной среде за счёт притока углеводородного вещества кометы, поступающего с огромной скоростью к поверхности Фазтона. Так образовалась основная масса алмазов с изотопным составом $\delta^{13}\text{C}$ (от –1 до –10 ‰), которые в настоящее время находят в метеоритах и кимберлитах. Алмазы этой группы отличаются однообразием, крупные размеры и высокое качество. Учитывая состав комет (H_2O , CO_2 , CH_4 , NH_3 , C_3 , C_2 , CN , CH , OH , NH , NH_2), находит логическое обоснование источник углерода для образования углистых хондритов, уреилитов и алмазов. Масса и плотность ядра комет незначительна, а длина их хвоста достигает многих сотен миллионов километров.

В результате столкновения Фазтон был смещен со своей орбиты и взорвался, распавшись на огромное количество фрагментов, состоящих из перемешанного в разных пропорциях материала планеты (мантии и ядра) и вещества галактической кометы. Некоторые из этих обломков несут в себе алмазы. Одна часть обломков, сразу после катастрофы, образовала пояс астероидов на месте орбиты Фазтона между Марсом и Юпитером. Другая часть попала в поле притяжения соседних планет (Марса, Юпитера и Сатурна) и стала их спутниками. Третья часть подверглась интенсивной метеоритной бомбардировке крупные космические тела Солнечной системы в ближайшее за катастрофой время (интенсивная метеоритная бомбардировка Земли в архее) (Додд, 1986). И, наконец, четвёртая часть обломков, начиная с момента катастрофы вращаются вокруг Солнца по своим эллиптическим орбитам, эпизодически сталкиваясь с Землёй и другими планетами Солнечной системы. К настоящему времени известно около 1700 таких астероидов диаметром более 1 км.

Таким образом, большинство малых космических тел Солнечной системы – астероиды, кометы, метеориты разнообразного состава (железные, железо-каменные, углистые хондриты и ахондриты; и др.), по сути, являются производными одного процесса. Предположение о таком механизме происхождения комет подтверждают данные изучения кометного вещества, собранного космическим аппаратом Stardust с кометы Wild 2 в начале 2004 года. Оказалось, что в каждой четвертой из изученных частиц присутствуют "высокотемпературные" минералы – форстерит, оливин и кальциево-алюминиевые включения (CAIs), которые формируются при температурах выше тысячи градусов по Цельсию (<http://galspace.spb.ru/index349.html>). Причём удивление учёных вызвали сразу два момента: присутствие вещества, более характерного для пояса астероидов, и отсутствие ожидаемого вещества из внешней части Солнечной системы, что вполне объяснимо в свете описанного выше процесса.

Процесс столкновения крупных космических объектов можно условно представить как гигантскую космическую «фабрику» (с огромным набором исходного вещества и широчайшими вариациями РТ-условий) по синтезу разнообразнейших неорганических и даже сложных органических соединений, «готовую продукцию» которой мы видим, изучая состав метеоритного и кометного вещества, и, которые в последствии, возможно, послужили первоисточником рождения органической жизни на Земле. В качестве наглядного примера можно привести результаты изучения небольшого фрагмента метеорита Марчисон (Murchison), в котором было обнаружено около 14 000 тысяч (!) органических соединений (Schmitt-Kopplin et al., 2010). Более того, интерполируя полученные результаты на весь объём метеорита, учёные предположили, что в нём должны содержаться миллионы (!) различных органических веществ.

Так как образование алмазов в описываемом процессе происходило главным образом в области непосредственного контакта струйного потока с верхней мантией Фазтона, подавляющее количество алмазов должно быть сконцентрировано в метеоритах и астероидах, образованных именно из этой его части. Эти астероиды и явились для алмазов “консервирующей” и транспортирующей средой, позволившей им сохраниться в космическом пространстве на протяжении миллиардов лет.

Кимберлитовые трубки и дайки образуются при близких к вертикальным ударах астероидов о Землю (Lyukhin, 2008). При этом главную роль играет форма фронтальной поверхности астероида. Астероиды имеют неровную, изрытую впадинами и кратерами (кратерированную) поверхность. Помимо этого, во время аэродинамического разрушения в плотных слоях атмосферы Земли в астероиде образуются трещины. Именно эти впадины и трещины на поверхности астероида в момент его соприкосновения с поверхностью Земли создают кумулятивный эффект. Он выражается в возникновении сверхскоростных струй сжатого вещества астероида (в случае впадины – в виде пучка, а в случае трещины - в форме тонкой пластины), прожигающих

поверхность Земли и образующих в ней тела в форме трубок и даек. Образно говоря, кимберлитовое поле – это позитив отпечатка фронтальной поверхности астероида, где трубке соответствует впадина (кратер), а дайке – раскрытая навстречу поверхности Земли трещина. Породы, заполняющие трубки и дайки, представляют собой кимберлит – смесь расплавленных и раздробленных пород астероида и земных пород, образованных в процессе ударного кратерообразования. Так называемые «глубинные» ксенолиты в кимберлитах – это не что иное, как сохранившиеся в процессе формирования кимберлитовых тел фрагменты пород мантии, но не Земли, а Фэзтона. При этом, в силу описанного механизма происхождения, каждое кимберлитовое тело характеризуется строго индивидуальной морфологией и составом.

Пока известно только 2 процесса, которые могут создать в твердой породе полости трубочного типа – разряд молнии (фульгуриты) и кумулятивный эффект (отверстие в броне от кумулятивной струи). Для реализации кумулятивного эффекта при столкновении космических тел нужна только скорость и полость (кратерированная поверхность), именно они создают этот эффект «схлопывания», в результате которого появляется сверхскоростная струя. Описание этого процесса (*правда, только в отношении струйных выбросов при пологом ударе астероида*) приведено в работе Мелоша (Мелош, 1994).

Выше мы касались вопроса невозможности образования конструкции – дайка, переходящая в трубку, при течении процесса по направлению снизу вверх (из мантии к поверхности Земли). При изменении направления процесса на противоположное, эта конструкция легко объяснима. Кумулятивная струя пробивает толщу земных горных пород и на исходе энергии, либо постепенно затухает в монолитных породах, образуя в итоге выклинивающееся с глубиной геологическое тело сложной формы, либо разгружается в любую ослабленную зону (трещину и/или систему трещин) в трещиноватых породах.

При наклонных ударах алмазоносных астероидов происходит рассеивание алмазов на обширной территории с последующим образованием россыпей (Lyukhin, 2012). Впоследствии эти алмазы могут концентрироваться в россыпях различного типа.

Другие, некимберлитовые алмазы, присутствующие в различных отложениях и породах верхней части земной коры, образовались в процессе ударных столкновений космических тел с Землей на протяжении всей её истории непосредственно на нашей планете за счёт различных источников углерода мишени и/или ударника.

Ударная гипотеза не противоречит физическим законам, в ней четко прослеживается причинно-следственная связь, начиная с момента образования алмазов и кончая их эпизодическим появлением на Земле в разновозрастных россыпях и трубках взрыва, при этом она дает реальное обоснование всем критериям необходимым для алмазообразования (Табл.1) и другим сопутствующим природным явлениям и процессам.

Таблица 1. Сравнительная характеристика возможности реализации основных критериев алмазообразования в рамках космогенной и мантийной гипотез.

Критерий	Космогенная гипотеза	Мантийная гипотеза
Источник углерода	Углеводороды и другие углеродсодержащие газы в составе кометы	Достоверно неизвестен. Предлагается много вариантов от ювенильного углерода до карбонатов и углеводородов, но само их присутствие в мантии весьма спорно
РТ-условия роста	Импульсные (динамичные) условия Могут быть реализованы последовательно 2 процесса: UHP и CVD	Статичные условия НТНР
Свободное пространство для нормального роста	Кристаллизация происходит в зоне контакта твердого тела и/или расплава с газовой составляющей в турбулентной среде	Отсутствует
Механизм подпитки	За счет растянутого на многие миллионы км газового хвоста кометы	Достоверно неизвестен. Предполагается флюидный механизм, который в состоянии сжатого под огромным давлением вещества практически невозможен в мантии
Условия сохранности кристаллов на протяжении миллиардов лет	В космическом пространстве кристаллы алмаза могут храниться бесконечно долго	Долговременная сохранность невозможна, так как процесс может идти как в одну, так и в другую сторону (растворение).

В заключение хотелось бы обратить внимание на один показательный момент. Хотя на самые основополагающие вопросы происхождения природных алмазов ответов до сих пор не найдено, появляется все меньше и меньше работ, пытающихся хоть как-то объяснить механизмы этого процесса, а подавляющая масса публикаций посвящена фактическому изучению химического и изотопного состава кимберлитов, ксенолитов и включений в алмазах. Но, вот что внушает определенный оптимизм и, возможно, является еще одним подтверждением правильности высказанной выше ударной концепции. Если в таких статьях убрать «мантрические заклинания» о мантии, а в текст, после описания фактического материала и результатов работ, ввести следующую фразу: «А так как в хондритах (метеоритах) встречается то же, что было обнаружено (выявлено или описано) в настоящей работе, то это свидетельствует об их космогенном (сейчас пишут – мантийном) происхождении». Факты менять не надо, надо изменить их интерпретацию. Это как в хорошем детективе. Факты одни и те же, а в итоге оказывается верной самая неожиданная версия. И все сразу встает на свои места.

PS. В новостях науки появилось сообщение, что китайцы собираются к 2025 году начать программу по освоению астероидов. Неужели опять позволим себя опередить.

ЛИТЕРАТУРА

- Баренбаум А.А. Галактика, Солнечная система, Земля. Соподчинённые процессы и эволюция // М.: ГЕОС, 2002. 394 с.
- Вдовыкин Г.П. Алмазы в каменных метеоритах-уреилитах и их происхождение // Бюл. МОИП. Отд. Геол. 1991. Т. 66. Вып. 2. С. 87-93.
- Гаранин В.К., Дигонский С.В., Кудрявцева Г.П. Модель образования природного алмаза в аспекте его синтеза. Генезис алмаза в метеоритах, метаморфических породах и кимберлитах. – Известия ВУЗов. Геология и разведка, 2006, № 2, с. 8–14.
- Джейкс А., Луис Дж., Смит К. Кимберлиты и лампроиты Западной Австралии. М.: Мир, 1989.
- Додд Р.Т. Метеориты: петрология и геохимия. // М.: Мир. 1986. 384 с.
- Кузовков Г. Н. Ударно-взрывная гипотеза происхождения Урала : (прил. механизма удар.-врывного процесса к объяснению геол. явлений). Екатеринбург : Изд-во АО "УГЭС", 2002. - 549 с.
- Мальков Б.А., Асхабов А.М. Импактное происхождение карбонадо. Изв. Коми НЦ УрО РАН, Вып. 2, Сыктывкар, 2010, с. 40-43.
- Мелош Г. Образование ударных кратеров: геологический процесс. М.: Мир, 1994.
- Титков С.В., Горшков А.И., Винокуров С.Ф., Бершов Л.В., Солодов Д.И., Сивцов А.В. Геохимия и генезис карбонадо из Якутских алмазных месторождений // Геохимия, 2001, №3.
- Третьякова Л.И., Люхин А.М. Импакто-космогенно-метасоматическое происхождение микро-алмазов месторождения Кумды-Коль, С. Казахстан. // Отечественная геология. 2016. № 2. С. 69 – 77.
- Третьякова Л.И. Примесно-дефектные центры и включения в алмазах как свидетельства космогенно-импактно-метаморфогенно-метасоматической истории их генезиса. // Сыктывкар: Сб. Современные проблемы теоретической, экспериментальной прикладной минералогии. 2016. С. 109-111.
- Хазанович-Вульф К.К. Диатремовые шлейфы астроблем или «болидная модель» образования кимберлитовых трубок. Петрозаводск, Издательство ГЕОМАСТЕР 2007, 214 с.
- Daulton T.L., Eisenhour D.D., T.J., Bermatowicz, R.S., Lewis R. S, Buseck H.R. Genesis of presolar diamonds: Comparative high-resolution transmission electron microscopy study of

meteoritic and terrestrial nano-diamonds. // *Geoch. Cosmoch. Acta*. 1996. Vol. 60. P. 4853-4872.

Garai J., Haggerty S.E., Rekhi S., Chance M. IR absorption investigations confirm the extraterrestrial origin of carbonado diamonds. // *Astrophys. J.* 2006. Vol. 653. L153–L156.

Harte B (2010) Diamond formation in the deep mantle; the record of mineral inclusions and their distribution in relation to mantle dehydration zones. *Mineral Mag* 74:189-215.

Kennett D. J., Kennett J. P., West A., Bunche T. E., Culletona B. J., Erlandsona, J. M., Que Heeg S S., Johnsonh J. R., Merceri, j C, Shenk F, Sellerse M., Stafford T. W., Stichm Jr.l. AWeavern, J. C., Wittkee J. H., Wolbachm W. S. Shock-synthesized hexagonal diamonds in Younger Dryas boundary sediments. // *PNAS*. 2009. Vol.106. № 31. P. 12623-12628.

Lyukhin A. The Hypothesis of Impact Origin of Diamonds and Kimberlites. // 9th International Kimberlite Conference. Frankfurt. Germany. 2008. Ext. Abs 9IKC-080.

Lyukhin A. The Way of Diamond Placers of South-Western Africa came into being. // 10th International Kimberlite Conference. Bangalore. India. 2012 .Ext. Abs 10IKC-067.

Richardson S. H., J. J.Gurney, A. J .Erlank & J. W.Harris. Origin of diamonds in old enriched mantle. // *Nature*. 1984. № 310.P. 198 – 202.

Richardson S. H. Latter-day origin of diamonds of eclogitic paragenesis. // *Nature*. 1986. Vol. 322. № 6080. P. 623-626.

Smith J. V., J. B. Dawson. Carbonado: Diamond aggregates from early impacts of crystal rocks? // *Geology*. 1985. Vol. 13. № 5. P. 42-343.

Schmitt-Kopplin P., Gabelica Z, Gougeon R., D., , Fekete A., Basem K., Harir M., Gebefuegi I., Eckel G., Hertkorn N. High molecular diversity of extraterrestrial organic matter in Murchison meteorite revealed 40 years after its fall. // *PNAS*. 2010. Vol. 107. №. 7. P. 2763-2768.