

Загадка образования Эбеляхских и Молодинских россыпей алмазов

А.М. Люхин



ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ УДАРНОЙ ГИПОТЕЗЫ

Согласно гипотезе ударного происхождения алмазов и кимберлитов [7, 8], алмазы образовались около 3,5 млрд лет назад в один из циклов прохождения Солнечной Системы через струйные потоки галактики, когда 10-я планета Солнечной системы – Фазтон столкнулся с одним из таких потоков (Рис. 1).

Рост алмазов начался в момент соприкосновения струйного потока с поверхностью Фазтона вследствие резкого скачка давления. Алмазы росли в турбулентной среде за счет притока углеводородного вещества струйного потока, поступающего с огромной скоростью к поверхности Фазтона. Так образовалась основная масса алмазов (1-я группа) с изотопным составом ($\delta^{13}C = -10-0\%$). Алмазы этой группы отличаются разнообразием крупных размеров и высоким качеством. Другая часть алмазов (2-я группа), присутствующая в различных рыхлых отложениях верхней части земной коры (карбонатах, балластах, якутитах, и др.) периодически образовывалась во время ударных процессов непосредственно на Земле за счет различных источников углерода мишени (земных горных пород) и (или) ударника (астероида, кометы).

Вследствие гигантского давления со стороны струйного потока Фазтон был смещен со своей орбиты и взорвался, образовав огромное количество астероидов различного состава, часть из которых насыщена алмазами.

Кимберлитовые трубки и дайки образуются при близких к вертикальным ударах астероидов о Землю. При этом главную роль играет форма фронтальной поверхности астероида. Астероиды имеют неровную, изрытую впадинами и кратерами (кратеризованную) поверхность. Помимо этого, во время аэродинамического разрушения в плотных слоях атмосферы Земли и 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 пушки, а в случае трещины - в форме тонкой пластины) прожигающих поверхность Земли и образующих в ней тела в форме трубок и даек.

Образно говоря, кимберлитовые поле это позитив отпечатка фронтальной поверхности астероида, где трубке соответствует впадина (кратер), а дайке – раскрытая навстречу поверхности Земли, трещина на его поверхности.

Породы заполняющие трубки представляют собой кимберлит - смесь расплавленных и раздробленных пород астероида и земных пород, образованных в процессе ударного кратерообразования (Рис. 2).

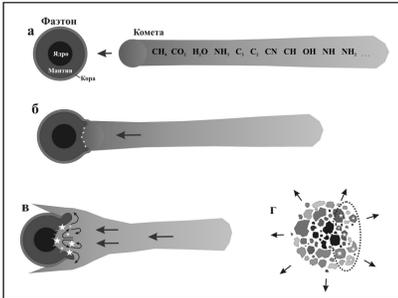


Рис. 1. Схематическая иллюстрация столкновения Фазтона с галактической кометой. а - сближение кометы и Фазтона; б - столкновение космических тел, зарождение и начало роста кристаллов алмаза; в - турбулентный рост кристаллов алмаза за счет движущегося с прежней скоростью вещества хвоста кометы; г - взрыв Фазтона и образование астероидов разного состава: железных, железно-каменных, каменных и углистых. Пунктиром показана область распространения астероидов с алмазами.

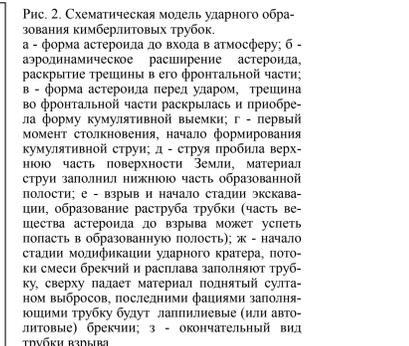


Рис. 2. Схематическая модель ударного образования кимберлитовых трубок. а - форма астероида до входа в атмосферу; б - аэродинамическое расширение астероида, раскрытие трещины в его фронтальной части; в - форма астероида перед ударом, трещина во фронтальной части раскрылась и приобрела форму кумулятивной выемки; г - первый момент столкновения, начало формирования кумулятивной струи; д - струя пробита верхнюю часть поверхности Земли, материал струи заполнил нижнюю часть образованной полости; е - взрыв и начало стадии экскавации, образование раструба трубки (часть вещества астероида до взрыва может успеть попасть в образованную полость); ж - начало стадии модификации ударного кратера, потоки смеси бреccий и расплава заполняют трубку, сверху падает материал плотный слой спутанного выбросов, последними фазами заполняющими трубку будут лапиллиевые (или автолитовые) бреccии; з - окончательный вид трубки взрыва.

Породы трубки: 1 - туфогенно-осадочные образования кратерного озера; 2 - автолитовые кимберлитовые бреccии; 3 - бреccии и туфобреccии нескольких разновидностей кимберлитов; 4 - "интрузивные" кимберлитовые бреccии; 5 - "интрузивные" массивные кимберлиты

При (наклонных) ударах алмазоносных астероидов происходит рассеивание алмазов на обширной территории (в пределах ореола ударных выбросов), а также образование алмазов in situ (2-я группа) за счет углеродосодержащих минералов самого астероида и земных пород в месте удара. В последствие эти алмазы могут концентрироваться в россыпях различного типа.

При углах падения астероидов от 20° до 90°, получившиеся в результате последующего за ударом взрыва кратер будет иметь в плане круглую форму и центрическое расположение выбросов (Рис. 3а). Если же угол падения меньше 20°, то ударный кратер и отложения выбросов будут иметь форму разовлекших эллипсов, длинная ось которых совпадает с направлением полета астероида (Рис. 3б). При этом наиболее выраженной в рельефе будет «пятка» ударного кратера. И обычно она до сих пор хорошо фиксируется в современной гидросети (Рис. 4, 5, 6б).

Разнообразие существующих в природе алмазов обусловлено не полигенезом, а различными физико-химическими условиями реализации ударного процесса и широким кругом вовлеченных в него углеродосодержащих соединений. Оно зависит от размеров, скорости, угла падения, фазового состояния и состава (железистый, каменный, углистый, ледяной астероид, газовая комета и др.) ударника; строения и состава мишени (кристаллические или осадочные породы, океан, горный массив или равнина и т.д.). Эти факторы обуславливают температуру, давление, время и химическую среду алмазообразования. И, несомненно, основную роль в процессе алмазообразования играет источник углерода. Здесь также возможно большое количество вариантов. Источник углерода для образования алмазов может присутствовать как в ударнике (в виде минеральных фаз – сам алмаз (как источник для образования алмазов с оболочкой), графит, клинфитот, различные карбиды; в виде сложных органических соединений, углеводородов, аморфного и тонкодисперсного углерода матрицы; в виде углеводородных и других углеродосодержащих газов, в случае если ударником является комета), так и в мишени (в виде минеральных фаз – графит и др.), в виде твердых, жидких и газообразных углеводородов (уголь, битум, нефть, газ) и т.д. При этом различия изотопного состава углерода в алмазах объясняются различными источниками углерода для их образования, тем более, что изотопное фракционирование углерода в ударном процессе незначительное. При ударе астероида или кометы алмазы могут расти как на стадии контакта и сжатия, так и во время взрыва. Причем скорость роста кристаллов при взрыве может достигать 500 м/сек [1]. От продолжительности этих стадий зависят размеры образованных кристаллов. Комбинация вышеперечисленных условий может быть множеством и из этого следует, что каждый район россыпной алмазоносности, связанный с одной импактной структурой, уникален по набору алмазов и сопутствующих им минералов, что и наблюдается на практике. И если алмазы 1-й группы однообразны и практически не отличаются друг от друга в зависимости от территории и в различных регионах меняется только процентное отношение этих алмазов в россыпях (при условии, что они не претерпели перекристаллизацию в момент столкновения), то алмазы второй группы, могут кардинально отличаться друг от друга. При этом типовой набор как самих алмазов, образованных in situ, так и сопутствующих им минералов-спутников в пределах одного района остается неизменным. В целом же, для подобных районов россыпной алмазоносности характерны, как общие черты, вследствие образования в результате одного (ударного) процесса, так и строгая индивидуальность каждого конкретного района в отдельности.

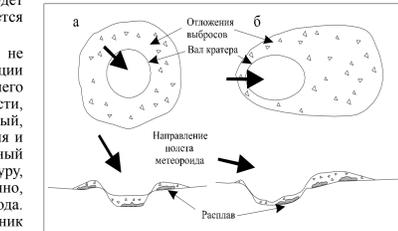


Рис. 3. Форма ударного кратера и расположение отложений ударных выбросов в зависимости от угла падения метеороида: а - 20-90°; б - 0-20°.

В мире насчитывается около полутора десятка мест, где на обширных площадях присутствуют россыпи алмазов без «коренных» источников – побережье Юго-Западной Африки, Венесуэла, Таиланд, Калимантан, Бразилия, Восточная Австралия, Калифорния, Урал и др. К их числу можно отнести Эбеляхское и Молодинское поля россыпной алмазоносности на севере Якутии, коренной источник алмазов которых до сих пор не установлен.

Эбеляхские россыпи алмазов были открыты в начале 60-х годов прошлого века и успешно разрабатываются до сих пор, однако, многолетние поиски коренных источников алмазов (кимберлитов) на этой территории до сих пор не привели к положительному результату.

Эбеляхские россыпи простираются в зоне шириной около 80 км (Рис. 4). Это территория с достаточно простым геологическим строением, где на поверхность выходят пологозалегающие карбонатные породы кембрийского возраста. Фрагментарно, на них залегают нижнемеловые отложения, которые приурочены к палеодепрессиям и карстовым образованиям в карбонатных породах. Они представлены континентальными осадками и состоят из переслаивающихся песков и глин, содержащих рассеянную гальку, гравий, углисто-сажистое вещество, угольную крошку, обломки угля и обугленной древесины, вулканический пепел. В песках наблюдаются линзы и прослои угловато-окатанных галечников. Галька обычно представлена карбонатными породами, часто окремненными, кремнями, кварцем. Мощность нижнемеловых отложений в районе колеблется от 10 до 130 м. Из минералов спутников алмаза встречаются пикроильменит, пироп, циркон трубчатый, хромшпинелиды и сами алмазы. Для этих пород характерно повышенное содержание редкоземельных элементов (лантана, церия, иттербия).

В 90-е годы [3] на этой территории обнаружили несколько десятков магматических (?) тел, сложенных аллитами - корами выветривания туфов щелочных базальтоидов (Рис. 4а). Эти тела выполняют депрессии глубиной до 50 м, пространственно приурочены к тектоническим зонам дробления в дислоцированных карбонатных породах. Размеры тел в плане составляют от 50х25 м до 120х90 м. В глинистых образованиях, представляющих собой продукты остаточных кор выветривания магматогенных образований, при петрографических исследованиях, установлены реликты магматических пород, характеризующихся лапиллиевой, бобово-лапиллиевой аккреционной текстурой, кристалло-витрокластической и кристаллокластической структурами. Отмечены единичные находки пикроильменита. Содержание алмазов по отдельным телам кор выветривания туфов щелочных базальтоидов колеблется от 0,019 до 0,074 кар/т [3].

Алмаз из россыпей данного района присущ своеобразию особенностей, отличающее их от алмазов из кимберлитовых тел Якутской алмазоносной провинции (ЯАП). По данным Коптиля и Биленко [2] для алмазов из Эбеляхских россыпей характерно преобладание (50% от общего количества всех алмазов «эбеляхского» типа - темных, переполненных включениями графита комбинационных многогранников ряда октаэдр-ромбодекаэдр V и VII разновидностей по Ю.Л. Орлову с легким ($\delta^{13}C = -22,54\%$) изотопным составом углерода, близким к изотопному составу рассеянного углерода земной коры ($\delta^{13}C = -23\%$). Такие алмазы не обнаружены ни в одной из кимберлитовых трубок ЯАП. Кроме них широко распространены типичные округлые додекаэдры "уральского" типа (30%) с типичным для алмазов из кимберлитов изотопным составом углерода ($\delta^{13}C = (-3-9)\%$). Также присутствуют поликристаллы алмаза с лонсдейлитом (5%) и достаточно спейшические желто-оранжевые кубовиды II разновидности по Ю.Л. Орлову (5%) с промежуточным изотопным составом углерода ($\delta^{13}C = -13,6\%$). Для алмазов Эбеляхских россыпей также характерны: высокое содержание неоминерализованных в ультрафиолетовых лучах разновидностей, высокий средний вес алмазов, высокая степень сохранности кристаллов, присутствие значительного количества алмазов с механическим износом, высокое содержание кристаллов с признаками природного растворения ("шрамы", коррозия, матировка), заметное содержание алмазов с зелеными и бурными пятнами пигментации.

Вместе с алмазами в Эбеляхских россыпях по данным Округина и др. [4] встречаются также золото, платина, сапфир, рубин и др.

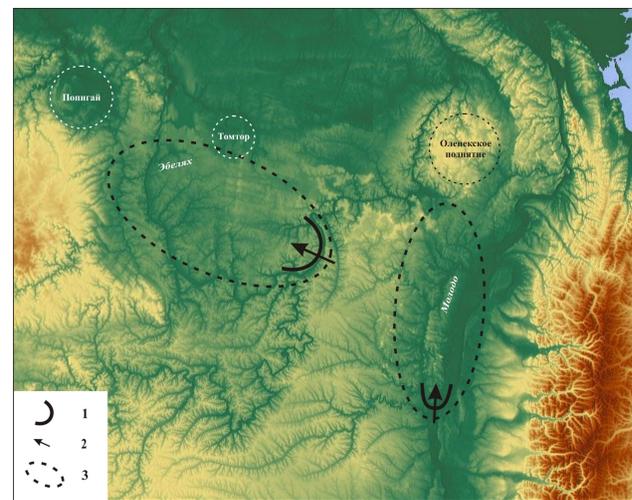


Рис. 5. Структурная позиция полей россыпной алмазоносности. 1 – «пятка» ударного кратера; 2 – направление полета астероида; 3 – ореол рассеяния ударных выбросов – граница поля россыпной алмазоносности.

полим, ударник поменьше и произошло это событие позже, в четвертичное время, а в породах мишени было мало углеродного вещества.

Присутствие в ассоциации с алмазами в россыпях золота, платиноидов, рубинов и сапфиров и их пространственная корреляция с аллитами сближает Эбеляхские россыпи с россыпями алмазов Восточной Австралии.

Месторождения аллювиальных алмазов в Восточной Австралии протягиваются от Брисбена на севере до Тасмании на юге. Алмазы обычно находятся в гравии в непосредственной близости от кайнозойского потока щелочных базальтов, который перекрывает палеозойские и мезозойские породы Тасманского орогена. С этими щелочными базальтами связаны отдельные месторождения бокситов (Рис. 6а). Происхождение алмазов неизвестно. Содержащий алмазы аллювий хорошо развит и содержит другие износостойчивые минералы - золото, касситерит, корунд (сапфир и рубин), топаз, гранат альмадин, осмий-иридий, магнетит и циркон, по отсутствию обычных минералов индикаторы - хромшпинель, ильменит, хромпироп. Большинство алмазов имеют различную степень износа и радиационного повреждения. Алмазы показывают свидетельства хорошей сортировки, будучи подобны по размеру, форме и качеству. [6]. Алмазы из россыпей В. Австралии подразделяются на 2 группы (Табл.1). Алмазы Группы А по первичным кристаллографическим формам, внутренним структурам роста, составу минеральных включений и изотопному составу С, подобны алмазам, которые находят в кимберлитах. Алмазы Группы В отличаются от других обнаруженных по всему миру алмазов по комбинации особенностей поверхности, дислокаций, нерегулярных внутренних структур, повышенными значениями $\delta^{13}C$ и обогащением Са эголитового набора минеральных включений.

С позиций ударной гипотезы наличие в россыпях В. Австралии двух различных групп алмазов объясняется следующим. На самом деле это один и те же алмазы, которые были принесены на Землю в теле астероида, но алмазы группы А - это небольшая часть неизмененных алмазов, которые из-за очень пологого удара в процессе ударного взаимодействия подверглись минимальному воздействию (возможно, вследствие своего расположения в верхней части астероида), а именно, только частичному растворению в процессе полета среди ударных выбросов. А алмазы группы В - это большая часть алмазов, испытывавших на себе все «пределы» НР-НТ ударного процесса, в котором претерпели перекристаллизацию, в результате которой и появились все различия с алмазами группы А. А именно: произошло обогащение эголитовыми включениями и, соответственно, изменился возраст, исчезли радиационные пятна, изменилась внутренняя структура, набор деформаций и характер поверхности, произошло изотопное фракционирование углерода за счет неорганического источника углерода, присутствующего в земных породах в месте столкновения.

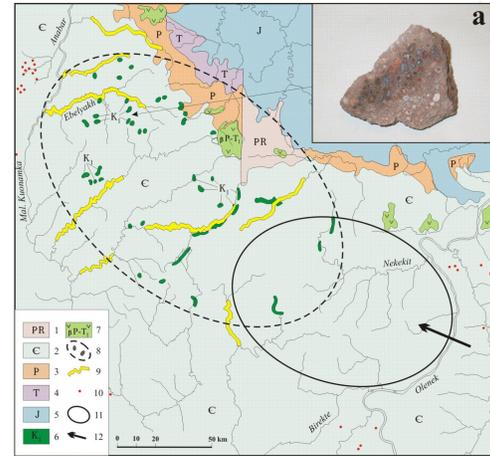


Рис. 4. Схематическая геологическая карта южной части Оленок-Анабарского междуречья. 1-6 - отложения и их возраст; 7 - интрузия основного состава; 8 - ореол распространения нижнемеловых континентальных отложений; 9 - россыпи алмазов; 10 - кимберлитовые трубки; 11 - предполагаемая импактная структура; 12 - направление полета астероида; а - аллит - выветрелый туф щелочных базальтоидов из бассейна р. Эбелях.

Анализ вышеперечисленной информации показывает, что на данной территории в карстовых пустотах и палеодепрессиях среди однородных карбонатных пород кембрия встречаются остатки покрова нижнемеловых континентальных отложений неясного генезиса и, значительно реже, отдельные тела сильно измененных туфов щелочных базальтоидов. И в тех и других присутствуют как минералы спутники, так и сами алмазы. Ореол распространения этих отложений, представляет собой вытянутый эллипс, который одним своим концом ложится на открытую часть кольцевой структуры, четко выраженную с 3-х сторон в современной гидросети. Все известные в этом районе россыпи алмазов пространственно связаны с этим ореолом (Рис. 4).

С позиций ударной гипотезы, россыпи алмазов на этой территории образовались следующим образом. Эта территория в позднем мезозое находилась на трансгрессивном этапе развития. Здесь шло интенсивное накопление угленосных толщ, о чем свидетельствует наличие нижнемелового угленосного комплекса расположенного на смежной с севера территории в Лено-Анабарском прогибе. В середине раннего мела в район современной долины р. Некегит упал крупный (около 5км в диаметре) астероид. К этому моменту на территории успела сформироваться достаточно мощная терригенно-угленосная толща. Астероид летел с юго-востока, о чем свидетельствует наиболее четкая выраженность и сохранность кольцевой структуры по долине р. Оленок, а также относительное расположение отложений кратерных выбросов. Угол его падения был 10-20° и отложения выбросов после удара о Землю и взрыва накрыли обширную площадь на северо-запад от кратера (Рис. 4, 5). Реликты туфов щелочных базальтоидов – это ни что иное, как остатки ударного расплава, а описанные выше нижнемеловые отложения – сохранившиеся к настоящему времени остатки отложенных ударных выбросов. За счет размыва этих отложений и сформировались промышленные россыпи алмазов на данной территории.

История образования и эволюции алмазов разных типов можно проследить по изотопному составу слагающего их углерода. В данном случае с веществом астероида были принесены только алмазы с изотопным составом $\delta^{13}C = (-3-9)\%$. А основная масса алмазов (50-60%) присутствующих в россыпях образовалась во время удара в результате ударного метаморфизма за счет органических и неорганических углеродных соединений (угля, древесины, битума, метана, графита) земных пород – это алмазы V и VII разновидностей с «облегченным» изотопным составом и поликристаллические лонсдейлитосодержащие алмазы. Желтые кубовиды, скорее всего, образовались за счет перекристаллизации части прилетевших алмазов во время удара. Удар, взрыв и перенос вещества в турбулентном воздушном потоке объясняют и другие морфологические и генетические изменения алмазов – формирование округлых алмазов "уральского" типа, кристаллов с признаками природного растворения, пластических деформаций и т.д. По схожему сценарию образовались и Молодинские россыпи алмазов, охватывающие почти весь бассейн р. Молодо, левого притока р. Лены (Рис. 5). Только в этом случае удар был более

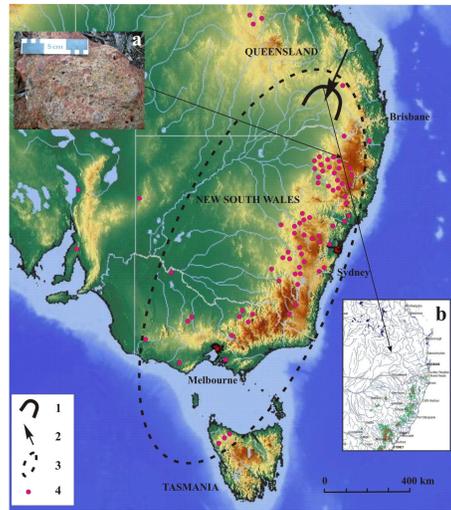


Рис. 6. Россыпи алмазов в Восточной Австралии. Красными точками показаны проявления алмазов [5]. Условные обозначения см. на Рис. 5 а - боксит (http://www.micorporation.com.au/updates/Tingha_Bauxite_Project_Summary_Report_2010_8.pdf); б - фрагмент карты гидросети Австралии;

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

- Конусообразные тела на поверхности Земли - трубки взрыва, заполненные раздробленным материалом, в основном, вмещающих пород (называемые кимберлитами, лампронитами, пикритами, альянтами и т.д.), наблюдаемые в разных типах пород и в самых разных геологических обстановках не имеют ни малейшего отношения ни к вулканической, ни к магматической деятельности, ни, тем более, к тектонике плит. Трубки образуются при близких к вертикальным ударах астероидов за счет кумулятивного эффекта и заполнены веществом астероида и мишени, смешанным в результате взрыва и претерпевшим ударный и термальный метаморфизм. Каждое кимберлитовое (лампритовое, пикритовое и т.д.) тело (трубка, дайка, пласт) строго индивидуально по морфологии и составу.
- Алмазоносные тел подобной морфологии непредсказуемы, так как она практически не зависит от химического и минерального состава земных пород, а зависит исключительно от присутствия или отсутствия алмазов в теле астероида.
- Падение на Землю астероидов – относительно случайный процесс. И, следовательно, нет низких территориальных, структурно-тектонических, геодинамических и других ограничений на возможное наличие кимберлитов и (или) других типов потенциально алмазоносных пород на какой-либо территории. Теоретически они могут присутствовать на любом участке Земли, включая шельф. Вероятность нахождения потенциально алмазоносных пород на определенной территории прямо пропорциональна возрасту вмещающих их пород и времени экспонирования их на поверхности Земли и обратно пропорциональна уровню эрозионного среза.
- Присутствие алмазов на обширной территории (не привязанных к «коренным» источникам в традиционном понимании этого слова) обусловлено наклонным ударом алмазоносного астероида. При этом, для каждой такой территории характерен свой уникальный набор алмазов и сопутствующих им минералов и пород. Историю образования и эволюцию алмазов разных типов можно проследить по изотопному составу слагающего их углерода и углеродосодержащих минералов и пород в месте удара. Отличительными признаками таких площадей так же являются: хорошая сортировка алмазов, наличие округлых алмазов «уральского» типа, причем их средний размер должен уменьшаться по удалению от кратера; пленки на алмазах—сульфатные, силикатные, металлические; присутствие значительного количества кристаллов с механическим износом и признаками природного растворения; наличие фрагмента крупной кольцевой структуры, открытой в сторону местонахождения россыпей; широкое распространение на территории обломков метаморфизованных местных пород угловато-окатанной формы с неровной поверхностью: кремней, роговиков и т.п., а так же «экзотических» для данной территории минералов и пород.
- Современные представления о составе и строении мантии Земли строятся, во многом, на основе изучения ксенолитов «глубинных» пород в кимберлитах и включений в алмазах, так как считается, что только алмазы являются контейнерами, доставляющими образцы вещества верхней мантии на земную поверхность. Но чем глубже мы изучаем эти породы и включения, тем более сложными, запутанными и противоречивыми оказываются эти построения. Ударная гипотеза опровергает это утверждение, что в итоге должно привести к значительному упрощению представлений о строении мантии Земли и происходящих в ней процессах.
- Происхождение алмазов в ударном процессе всего лишь частный случай импактной модели образования месторождений. Подобным образом образовалось большинство месторождений других полезных ископаемых, присутствующих в верхней части земной коры, таких как железо, золото, уран, редкие земли, бокситы, нефть, газ, полиметаллы и другие. Ведь астероиды, являющиеся фрагментами взорвавшегося Фазтона, несут в себе весь спектр минералов и пород, присутствующих в Солнечной системе. Земля, как космическое тело, вращается вокруг своей оси уже 4,5 млрд лет. В течение этого времени в ее недрах под действием силы тяжести (2-й закон Ньютона) и вращения постоянно идет миграция и дифференциация вещества по удельному весу и его рассеивание (2-й закон термодинамики). Хорошим примером этому служат известные нам породы верхней мантии – графиты и толеитовые базальты, характеризующиеся исключительно однородным химическим и минеральным составом. Физически процесс образования месторождения какого-либо компонента – это доставка и избирательная концентрация его в определенном месте за счет какого-то источника энергии. Часто бывает практически невозможно выявить источник саму физическую возможность концентрации вещества с большим удельным весом среди более легких пород, а так же сам факт появления этого вещества в данном месте, так как из этого следует, что на Земле должны присутствовать источники энергии, работающие на преодолении земных физических законов. Найти такие механизмы и источники энергии для их реализации за счет процессов происходящих в земной коре, особенно на стабильных платформах, для большинства рудных месторождений, весьма проблематично. А импактная модель образования месторождений дает главное - обоснование источника вещества и энергии для их образования, а так же механизм доставки и распределения полезного компонента в пространстве.

Литература

- Гейман Л.М. Взрыв. М.: Недра, 1978.
- Коптиль В.И., Биленко Ю.М. Типоморфизм алмазов из россыпей северо-восточной части Сибирской платформы по данным их комплексного исследования. Тр. ЦНИГРИ вып. 175, 1983.
- Лелюх М.И., Стаднок В.Д., Минченко Г.В. К вопросу о поисках коренных источников алмазов в Северной части Якутской алмазоносной провинции. Материалы НПК, посвященной 30-летию ЯНИИП ЦНИГРИ АК «АЛРОСА», Мирный, 1998.
- Округина А.В., Охлопков С.С., Граханов С.А. Комплексные россыпепроизводства благородных металлов и самоцветов в бассейне р.Анабар, северо-восток Сибирской платформы. Отечественная геология, 2008, № 5. С. 3.
- Barron, V. Jane, Barron, L.M., and Duncan G. 2005. Eclogitic and Ultrahigh-Pressure Crustal Garnets and Their Relationship to Phanerozoic Subduction Diamonds, Bingara Area, New England Fold Belt, Eastern Australia. ECONOMIC GEOLOGY, v.100, p. 1565–1582.
- Davies, R.M., O'Reilly, S.Y., and Griffin, W.L., 2002. Multiple origins of alluvial diamonds from New South Wales, Australia. ECONOMIC GEOLOGY, v.97, p. 109–123.
- Lyukhin, A. The Hypothesis of Impact Origin of Diamonds and Kimberlites. 9th International Kimberlite Conference Ext. Abs 91KC-080, Frankfurt, Germany, 2008.
- Lyukhin, A. The Way of Diamond Placers of South-Western Africa came into being. 10th International Kimberlite Conference Ext. Abs 10IKC-067, Bangalore, India, 2012.