

УДК 550.2:550.37:551.21.215.4

К.К.ХАЗАНОВИЧ-ВУЛЬФ

КОСМОГЕННЫЙ ФАКТОР ОБРАЗОВАНИЯ ДИАТРЕМ

С учетом данных предыдущих исследователей (о пространственно-временных связях между кольцевыми взрывными структурами и полями диатрем, о глубинной структурной индифферентности диатремовых полей и зон, об электроразрядном генезисе полостей диатрем, об электрических взаимодействиях между метеорными телами и поверхностью Земли) выдвигается концепция образования трубок взрыва в результате взаимодействия электрических полей крупных метеорных тел и ядр Земли.

В основе предлагаемой концепции образования диатрем лежат данные других исследователей, которые составляют четыре информативных блока. Каждый из них до последнего времени существовал самостоятельно, не имея логической связи с остальными тремя. Предлагаемая гипотеза образует вместе с этими блоками единую взаимосвязанную систему и может со временем оказаться несостоятельной только в случае, если испытание временем не выдержит хотя бы один из них.

I. Пространственно-временная общность диатремовых и взрывных структур

Как известно, среди геологов в последние три десятилетия ведется дискуссия по поводу происхождения взрывных структур центрального типа: образовались ли они в результате падения крупных метеоритных тел или имеют эндогенную природу?

Одним из серьезных аргументов в пользу второй точки зрения является замеченная целым рядом исследователей пространственно-временная связь этих структур с диатремовыми формациями — щелочными базальтами, пикритами, меллититами, кимберлитами и карбонатитами. В России, например, подобная связь установлена между Попигайским кратером и зоной кимберлитового, щелочно-базальтового и карбонатитового вулканизма к юго-востоку от него [4, 9]. В Германии образования одинакового возраста (14,8 млн. лет) расположены на одной линии протяженностью около 100 км: поле трубок взрыва Урах (диаметром 40 км), кратеры Штейнхейм (3,4 км) и Нордлинген Рис (24 км) (рис. I). Для двух последних структур имеются очень серьезные доказательства их космогенного происхождения. Тем не менее, сторонники их эндогенного генезиса отмечают тесную пространственно-временную общность этих

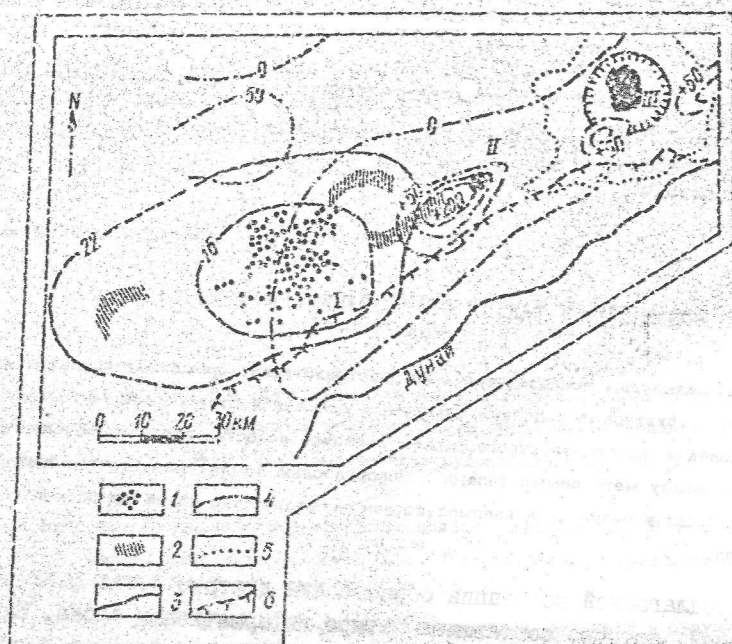


Рис.1. Схема расположения диатремового поля Урах (I), метеоритных кратеров Штайнфельд (II) и Рис (III) на плате Швабский Альб, Германия [16]

1 - трубки взрыва; 2 - область распространения углекислых минеральных источников; 3 - линии разных значений геотермической ступени в метрах на 1°C ; 4 - линии аномального магнитного поля в гаммах; 5 - границы распространения закратерных выбросов; 6 - граница распространения морских позднеэретических отложений (мелководный морской клифф)

структур с диатремовым полем Урах, полагая не без основания, что все три структуры имеют одну общую генетическую природу [4, 16]. Те же авторы указывают и на субширотную зону "38-я параллель" или "Иллинойс - Миссури - Канзас" в США, к которой, в частности, на отрезке около 300 км приурочены кратерные структуры Крукед Крик, Декатурвилл и Воссло (300-360 млн. лет) и кимберлитовое поле Эвон (390 млн. лет по биотиту). Даже перечисленных примеров, по-видимому, достаточно для того, чтобы не считать представления о связи эффузивных структур и трубчатого вулканизма иллюзорными, как полагают некоторые исследователи (например, В.Л. Масайтис, 1987 г.).

Предварительный анализ закономерностей размещения диатремовых полей позволяет увеличить количество примеров их пространственно-временной общности с ринговыми структурами; при этом одна часть последних имеет обоснования своего космогенного генезиса, а другая может относиться к астрообламам пока только сугубо предположительно. Это следующие диатремовые поля или зоны, их возраст - минимальное расстояние - взрывная структура, ее диаметр и возраст, страна: 1) поле Элисенваара, DR_3 ? - 130 км - кратер Янисъярви, 14 км, 675 млн. лет, Карелия; 2) поле кимберлитовых даек

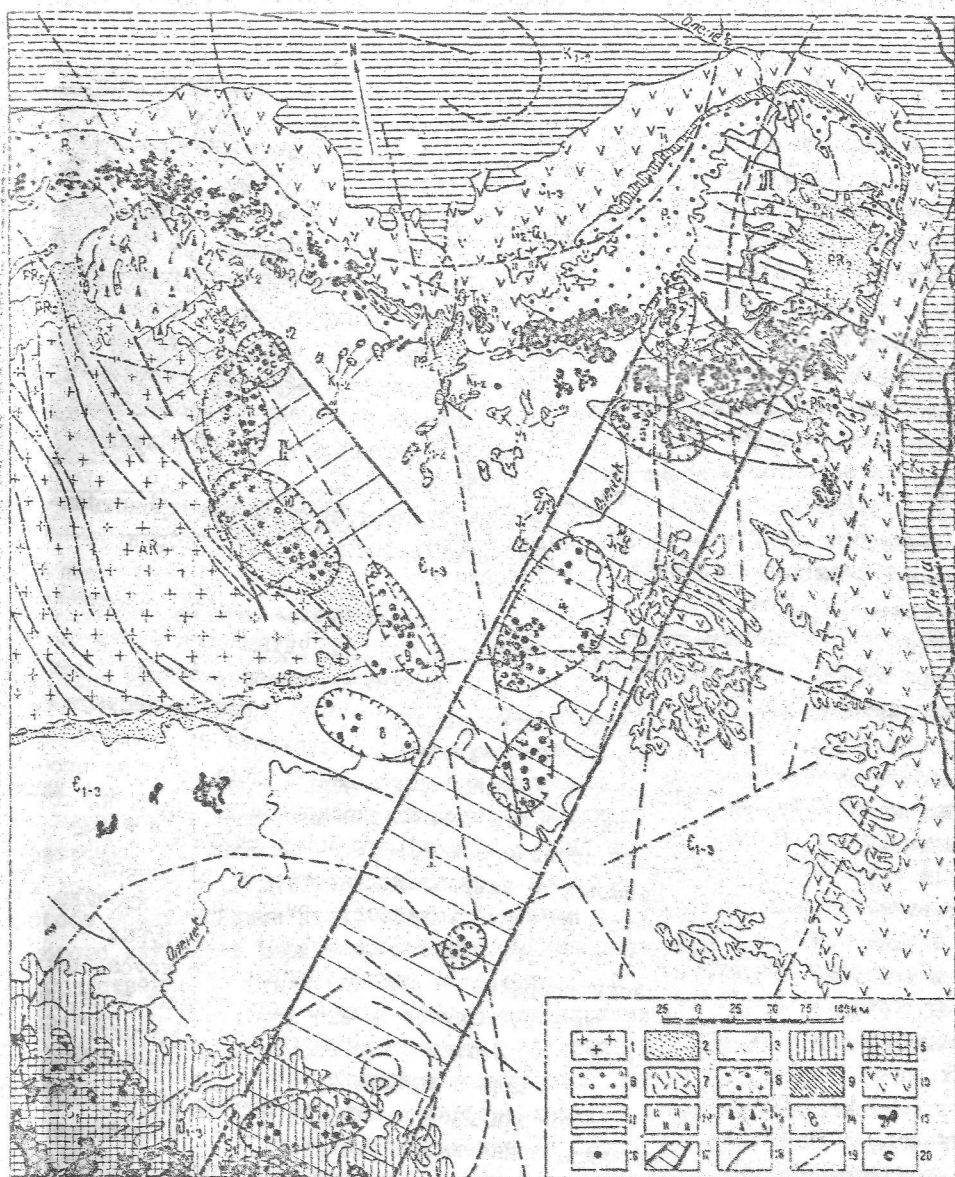


Рис.2. Геологическое положение диатремозных зон на Северо-Востоке Сибирской платформы (геол. карта СССР м-б: 1:250 000, 1982 г.)

I - Мархатско-Оленекская зона; II - Восточно-Анабарская зона; III - Оленекское поднятие (эродированная астроблема?)

1 - бурей; 2 - средний протерозой; 3 - кембрий; 4 - ордовик; 5 - силур; 6 - девон; 7 - карбон; 8 - пермь; 9 - триас; 10 - юра; 11 - мел; 12 - неоген-нижнетретичные отложения; 13 - импактные формации Поппайского кратера; 14, 15 - основание интрузии: нижнепалеозойские (14) и триасовые (15); 16 - диатремозные поля (1 - Далын-Алажитское, 2 - Верхне-мунское, 3 - Чомурдахское, 4 - Укуитское, 5 - Мерчимденское, 6 - Куойское, 7 - Голу-одское (Ислодикское), 8 - Куренахское, 9 - Лучаканское, 10, 11 - Куснамская группа; 10 - Дыкенский, 11 - Ары-Мастахское; 12 - Старореченское); 17 - диатремозные зоны, интерпретируемые автором как "шлейфы" астроблем; 18 - разломы; 19 - линейные и кольцевые структуры по данным дешифрирования аэрокосмических снимков; 20 - Беечиге-Салаатинский кратер

Кимберли, 1910 ± 60 млн. лет - 300 км - купол Вредефорт, 160 км, 1970 ± 100 млн. лет, ЮАР; 3) Танзанийская кимберлитовая зона, палеоцен? - 100 км - предполагаемый Р.Фрейгером (1943 г.) кратер «озера Витторик» или «Восточно-Африканская чаша» по Б.С.Зейлику (1978 г.), 250 км, палеоцен?; 4) поле кимберлитовых диатритов Порт Августа, PK_3 ? - 200 км - кратер Экреман, 180 км, PK_3 ? (Австралия); 5) поле лампроитовых трубок «Западный Кимберли», 18-22 млн. лет - 30 км - кратер Гоут Нелдок, 5 км, 55 млн. лет, Австралия; 6) кимберлитовая провинция Джамбон, 72-79 млн. лет - 10 км - кратер Брукхарс, 2 км, 77 ± 2 млн. лет, Намибия; 7) поле Норрис Лейк, 286-353 млн. лет - 55 км - кольцевая структура Мадлборо, 7 км, 360 ± 20 млн. лет, США и др. Особый интерес представляют взрывные структуры, совмещенные с полями диатритов. Лучшим примером подобных взаимоотношений является предполагаемая Р.Привом (1976 г.) астроблема Слейт Айлендс в Канале, в пределах которой установлены диатриты.

Остановимся подробнее на двух примерах, иллюстрирующих пространственно-временную общность диатризовых и кольцевых структур на территории Сибирской платформы (рис.2).

Мархитско-Оленекская кимберлитовая зона имеет протяженность около 650 км при ширине от 75 до 125 км. В пределах зоны насчитывается более 150 кимберлитовых трубок, приуроченных к 10 полям. На северо-востоке зона упирается в крупную антиклинальную кольцевую структуру, хорошо известную под названием Оленекского поднятия. Специальные исследования на предмет обнаружения характерных признаков импактных образований здесь пока не проводились. Однако, с точки зрения автора, имеются косвенные указания на то, что поднятие может представлять собой среднепалеозойскую сильноэродированную взрывную структуру, возможно - астроблему. Кроме его кольцевой формы в пользу этого свидетельствуют: а) густая сеть разломной тектоники и мозаичное строение кембрия и верхнего протерозоя в ядре структуры; б) присутствие в базальной части терригенной толщи турнейского яруса, на юго-западном склоне, поднятия гальки, валунов и глыб карбонатных и терригенных пород верхнего протерозоя и всех отделов кембрия (И.М.Битерман и др., 1969 г.); наличие этого материала в условиях залегания нижнего карбона непосредственно на верхнем кембрии дает основание предположить механизм его транспортировки как закратерный выброс; в) характер отображения Оленекского поднятия на карте аномального магнитного поля: приуроченность его к центральному полю пониженной напряженности в пределах аномалии, имеющей кольцевой рисунок, что, по данным А.И.Дабига и И.Т.Зоткина (1980 г.), является типичным признаком для астроблем (рис.3).

На основании геологических данных время импактного события можно предположительно оценить не древнее позднедевонского, в противном случае трудно было бы объяснить сохранность крупнообломочного карбонатного материала до раннетурнейской трансгрессии. Как согласуются эти соображения с результатами радиологических исследований «кимберлитового шлейфа» Оленекского поднятия? По последним данным [7], среднепалеозойские трубки Мархитско-Оленекской зоны имеют возраст от 363 до 375 млн. лет со среднеарифметичес-



Рис.3. фрагмент карты аномального магнитного поля (1975 г.) для района Оленекского поднятия. Окружность соответствует Оленекской купольной структуре с ее четко выраженными каркасными элементами, по В.В.Соловьеву, 1982 г.

ким значением из 74 определений 369 млн. лет, что соответствует франскому веку позднего девона.

В самой северо-восточной части Мархитско-Оленекской зоны расположены два поля - Куойкское и Молодинское, в пределах которых кимберлитовые трубки имеют частично мезозойский, позднеюрский, возраст [7]. Эти данные, как бы то ни было, вступают в противоречие с изложенными выше соображениями. Однако на расстоянии 15-20 км от северного края Куойкского поля расположен Беевичин-Салаатинский кратер диаметром 7-9 км. Имеющиеся соображения о геологическом возрасте кратера (послепермский - дочетвертичный) не противостоят предположению о его одновозрастности с мезозойскими полями трубок взрыва.

2. Глубинная структурная индифферентность диатремовых зон и полей

Поиски закономерностей пространственного размещения диатремовых полей привели целый ряд геологов к выводу, что они являются индифферентными по отношению к глубинным структурам земной коры, в частности - к магмоконтролирующим разломам (В.А.Милашев, 1971-1984 гг.; С.М.Табунов, 1971 г.; Г.С.Гусев и др., 1988 г.; Г.Н.Старицина и др., 1983 г.; Ф.Ф.Брахфогель [3]; и др.). Особо убедительными представляются данные о структурной индифферентности хорошо изученной Мархитско-Оленекской кимберлитовой зоны, не имеющей пространственно-генетических связей с основными структурными элементами северо-востока Сибирской платформы: а) довендскими разломами (рис.4); б) рельефом кристаллического фундамента; в) основными плекативными структурами осадочного чехла; г) базитоконтролирующими зонами [3].

Признание структурной индифферентности кимберлитовых полей привело к попытке объяснить их происхождение на Сибирской платформе с позиции "горячей точки" (Г.С.Гусев и др., 1982 г.). Однако, с точки зрения Б.М.Владимирова и его коллег (1990 г.), подобие представления не соответствует фактическим данным, в связи с чем гипотеза не нашла поддержки у геологов. Теоретическое объяснение факта структурной индифферентности диатремового магматизма до настоящего времени не найдено.

3. Электроразрядный генезис полостей диатрем

В 1971 г. на XV Генеральной Ассамблее Международного геодезического и геофизического союза в Москве американскими специалистами Д.Финкельштейном и Д.Повелом были высказаны предположения о существовании в недрах

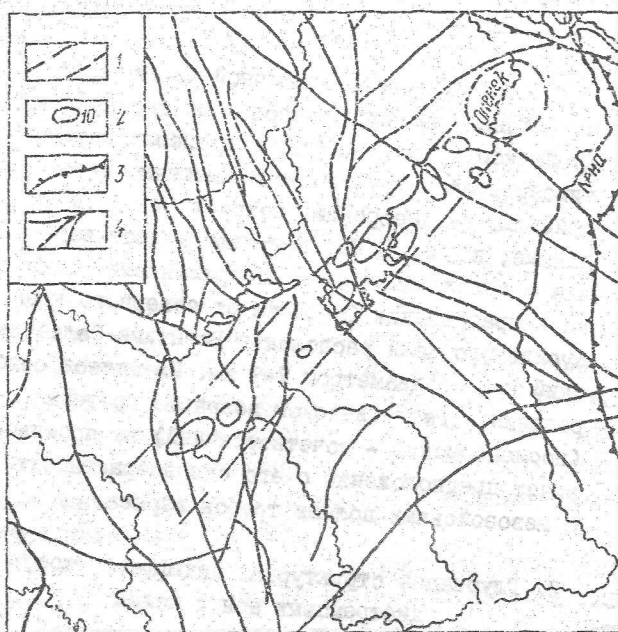


Рис.4. Взаимоотношения между Мархитско-Оленокской кимберлитовой зоной и довендскими разломами фундамента [3]

1 - кимберлитовая зона; 2 - кимберлитовые поля; 3 - границы платформы; 4 - довендские разломы

Земли сильных электрических потенциалов и о возможности образования электроразрядов, которые являются одной из причин землетрясений. Используя эти идеи, К.М.Алексеевский и Т.Т.Николаева в 1972 г. впервые высказали предположение о том, что кимберлитовые полости представляют собой каналы электрического пробоя "гигантского конденсатора" между мантией Земли и ее поверхностью [1]. Такой механизм образования кимберлитовых трубок при кажущейся вероятности действительно хорошо объясняет все их морфологические особен-

ности. Как отмечают авторы, в частности, становится понятной "групповщина" в расположении трубок - пробой идет одновременно по нескольким каналам. Алмазы могут поступать из верхней мантии вместе с кимберлитовой магмой, а могут, вероятно, и синтезироваться в момент разряда. Подробное изложение этой гипотезы в одном из научных отчетов авторов в Лаборатории осадочных полезных ископаемых за 1972 г. было резко раскритиковано рецензентами из ЦНИГРИ Ф.В.Каминским и С.В.Плютовским, предложившим изъять соответствующую главу как "очевидное недоразумение и явную нелепость".

Между тем идея об электроразрядном генезисе полостей диатрем в начале 70-х годов успешно развивалась в Томском политехническом институте под руководством члена-корреспондента АН СССР, заслуженного деятеля науки РСФСР, профессора А.А.Воробьева. Согласно его выводам [5] в диэлектрических горных породах земной коры возможно возникновение высоких электрических полей и разрядов в них, что может быть обусловлено радиоактивным распадом, действием градиентов давлений, температур и магнитных полей, химического воздействия и др., в результате чего происходят электронные и ионные явления, приводящие к возникновению электродвижущих сил и протеканию электронов. В земных недрах возможно накопление объемного заряда до значения, при котором напряженность поля достигнет прочности диэлектрика. По А.А.Воробьеву, это должно вызвать пробой, в результате чего накопившийся заряд потечет по каналу разряда. В разряде можно ожидать выделение

энергии до $1,44 \cdot 10^8$ эрг, что соответствует энергии слабого землетрясения. Поскольку время разряда составляет около 10^{-7} с, мгновенная мощность сценивается в 10^{20} Вт (средняя мощность при землетрясении - 10^{10} Вт). Отмечая нереальность существующих гипотез о механизме формирования полостей диаметром, А.А.Воробьев пишет следующее: "... представляется возможным высказать гипотезу образования канала из недр. Это явление развивается в результате электрического разряда в недрах и его взрывного действия, флуктуационного механизма разрушения пород в высоких электрических полях и сплавления стенок канала или кратера. При плавлении горных пород в канале электрического разряда будут образовываться и накапливаться газы, которые только на последнем этапе окажут взрывное действие и образуют воронку взрыва. Электрические процессы и электровзрыв в сильном электрополе в недрах небесного тела являются одним из энергетически возможных вариантов образования кольцевых структур на его поверхности" [5, с.250].

Идеи А.А.Воробьева нашли свое продолжение в исследованиях отечественных геологов - О.А.Степанова [1.] и С.Ю.Баласаняна [2]. С их точки зрения в земной коре имеют место мощные электрические разряды, энергия которых, сконцентрированная на небольшом участке, достаточна для образования не только трубок взрыва, но и структур центрального типа.

В миниатюре процесс электроразрядного образования диаметровых полостей хорошо моделирует установка электроимпульсного дробления ДИК-ИМ: при напряжении электроразряда до 200 кВт, длительности разряда 10^{-4} - 10^{-5} с, $T = 10^5$ К, $P = 10^5$ атм происходит пробой горной породы с испарением вещества из зоны канала разряда (Л.В.Агафонов и др., 1991 г.).

4. Электроразряд между метеорным телом и поверхностью Земли

Электромагнитные свойства метеорных тел в атмосфере Земли являются одной из важных характеристик этих объектов. Хорошо известно, что с их пролетом связаны электромагнитные возмущения в атмосфере и электрические воздействия на земные объекты, как это имело место, например, в феврале 1984 г. в Сибири (перегорание электрических приборов, теле- и радиоаппаратуры и др.) [6]. Особое внимание следует обратить на сейсмические явления - слабые землетрясения, проявляющиеся одновременно с пролетом этих объектов [6].

В.П.Докучаев (1960 г.), А.П.Невский [8] и В.Ф.Соляник [10, 11] рассматривали возможность образования электрических разрядов между метеорным телом и поверхностью Земли и приводили соответствующие физико-математические расчеты. Последние два автора, в частности, полагают, что в результате электроразряда произошел взрыв Тунгусского метеорита. Эти представления хорошо согласуются с данными о резком изменении палеомагнитных свойств почв в районе эпицентра взрыва.

5. Космогенная модель

Перейдем теперь к рассмотрению предлагаемой концепции космогенного фактора образования диатрем.

Расчеты А.П.Навского и В.Ф.Солныкина касаются высотных электроразрядных процессов, связанных со вторжением в атмосферу относительно небольших метеорных тел (менее 300 м в диаметре). Каких же значений должно достичь электромагнитное поле при диаметре тела от 1 км и более? Отметим, что за образование Попигайского кратера диаметром 100 км, по данным В.Л.Масайтиса, ответствен метеорит не менее 8 км в поперечнике.

Наличие «диатремовых шлейфов» у космогенных структур в сочетании с данными о возможном электрогенном образовании трубок взрыва привели автора к предположению о том, что крупные метеорные тела в атмосфере планеты могут инициировать электрические пробоя между недрами и поверхностью Земли. Для проверки своей гипотезы автор обратился к специалисту по электрофонным болидам В.Ю.Казневу (Кемеровский политехнический институт) с просьбой оценить реальность предполагаемых электроразрядных взаимодействий. Выполненные им расчеты показали, что подобные взаимодействия являются практически возможными. С учетом этих расчетов суть космогенной модели становления и размещения диатрем сводится к следующему. Вхождение в атмосферу Земли крупного метеорного тела с расчетным диаметром 2 км сопровождается накоплением на его поверхности электрического заряда, индуцирующего на земной поверхности «лягушью напряженность», которое перемещается вместе с телом по проекции его траектории. По А.А.Воробьеву, электроразряды в земной коре могут начаться при средних напряжениях поля 10^4 В/см, в то время как заряд, наведенный рассматриваемым телом на поверхности Земли уже с высоты 81 км, составляет по расчетам $1,6 \cdot 10^4$ В/см. С точки зрения В.Ю.Казнева, это обстоятельство указывает на принципиальную возможность развития между «пластинами конденсатора» — поверхностью Земли и мантией — электрических разрядов, «прошивающих» земную кору и образующих сквозные каналы — полости диатрем. При сближении метеороида наступает момент, когда на нем образуется предельно допустимый заряд (для тела диаметром 2 км он равен $1,1 \cdot 10^6$ Кл), после чего происходит лавинный разряд между ним и поверхностью Земли, в результате чего в земной коре будет также индуцироваться заряд, но уже противоположного знака.

Протяженность «диатремовых шлейфов» астроблем, количество в них диатремовых полей и самих диатрем зависят, скорее всего, от размеров метеорного тела, его состава, скорости и угла вхождения в атмосферу планеты. Очевидно, что у железного тела электрические взаимодействия с Землей будут значительно сильнее, чем у каменного тех же размеров. Очевидно, что и длина «шлейфа» будет тем больше, чем меньше угол вхождения тела в атмосферу. Если же падение происходит под крутым или прямым углом к поверхности Земли, то электрические разряды, опережающие момент импактного события, вероятно, и являются причиной площадного совмещения некоторых взрывных структур и трубок взрыва (например, Слейт Айлендс).

Имеющиеся данные позволяют уже сейчас наметить различные результаты вхождения в атмосферу метеорных тел. При их малых размерах электрический заряд «плотна напряженности» недостаточен для того, чтобы инициировать электроразрядные пробои земной коры, но может инициировать в недрах Земли электрические разряды, которые, вероятно, и являются причиной слабых землетрясений, сопровождающих полет болида.

В результате электроразрядных взаимодействий между крупными телами и Землей происходит: 1) полное разрушение метеорного тела в атмосфере (например, Тунгусского): этот процесс не исключает возможности одновременного образования и метеоритов: кратеров неимпактной природы в результате действия электроэрозийного механизма [10, 11] или электроразрядных взаимодействий с недрами Земли; 2) разрушение тела на несколько частей (например, метеороид «Рис» в результате электроразряда распался на две части над областью Урах; метеороид «Кружод Крик» распался в силу этих же причин над районом Эвен на три части); 3) неразрушение метеорного тела несмотря на многократные электроразрядные «контакты» с Землей по причине его крупных размеров или особенностей состава (например, «Понитайского»).

В заключение необходимо обратить внимание на имеющиеся противоречия и некоторые неясные положения предлагаемой модели.

Приведенные примеры указывают на космогенные причины взаимоотношений взрывных структур и полей трубчатого вулканизма с различной степенью достоверности. Одним из главных доказательств правильности предлагаемой гипотезы должна быть разновозрастность импактного события, с одной стороны, и диатремового вулканизма, с другой. Однако доказательства одновременности этих событий вряд ли могут быть легко получены. Образовавшиеся структуры, по-видимому, не заканчивают на этом своего развития. Сформированная под метеоритным кратером зона повышенной проницаемости земной коры может послужить каналом для последующего развития магматизма. Магматические каналы, как отмечается в работе [12], могут на протяжении своей дальнейшей геологической истории выполнять роль проводников для перераспределения электрического тока в недрах Земли, способствуя его выводу на поверхность. В диатремах перераспределение тока может являться причиной более поздних электрических разрядов, приводящих к образованию брекчий различных генераций (наличие таких брекчий — широко известный факт в геологии трубок взрыва). В таком случае проявление этих разрядов должно затухать первичный процесс образования как импактных, так и диатремовых структур, значительно усложнять правильное определение их возраста, а также существенно искажать реальную картину их хронологической общности. Из сказанного вполне логично следует допущение, что чем позже происходило образование кратерно-диатремовых «тандемов», тем больше вероятность того, что оно не замаскировано более поздними геологическими процессами. Это допущение подтверждается примером самых молодых из всех рассмотренных выше образований, расположенных на линии Урах — Штейнхейм — Рис. Их возраст (14,3 млн. лет) совпадает с удивительной точностью и является надежным подтверждением реальности предлагаемой модели. Убедительными, с точки зрения автора,

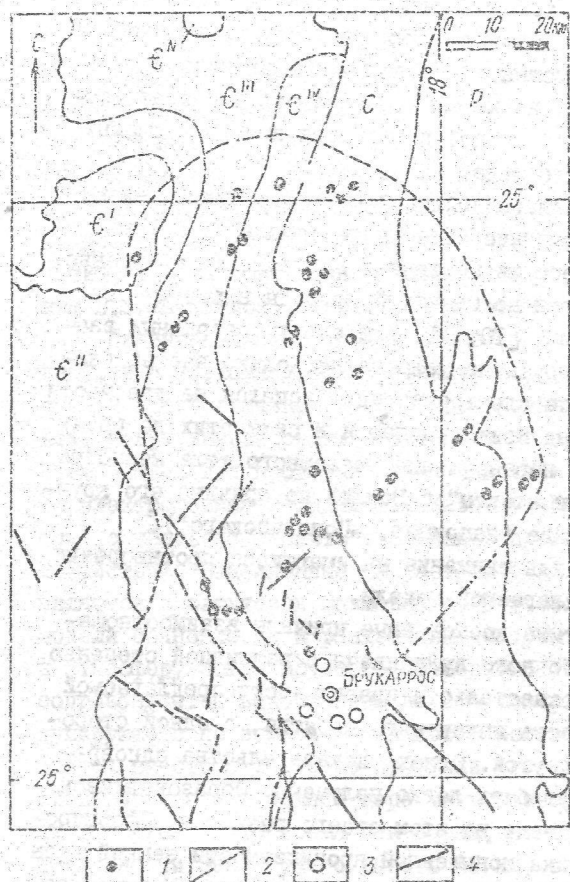


Рис.5. Диатровый «шлейф» кратера Брукаррос. Фрагмент геологической карты Намибии м-ба 1:1 000 000, 1980 г.

1 - кимберлитовые трубы; 2 - граница кимберлитовой провинции Джибеон; 3 - тела карбонатов; 4 - разломы.

Кратер Брукаррос показан двойным кружком

являются и близкие значения возраста кратера Брукаррос и кимберлитового поля Джибеон: соответственно 77±2 и 72-73 млн. лет (рис.5).

К сожалению, все остальные примеры существования хрональной общности взрывных структур и их трубчатых «шлейфов» не имеют пока убедительных подтверждений фактическим материалом. Во-первых, принадлежность некоторых структур к космогенным пока существенно гипотетична. Конкретные вещественные доказательства импактной природы этих структур отсутствуют, что скорее всего связано с тем, что их там еще никто не искал (Оленекское поле, оз. Виктория и др.). Во-вторых, многие импактные структуры не имеют пока точных датировок своего возраста (или они не известны автору). Кроме того, анализ возраста импактных пород по ^{40}Ar - ^{39}Ar показал, что импактиты редко дают спектры, позволяющие точно измерить возраст импактного события.

В качестве возможных причин этого указывается: а) неполная дегазация импактных расплавов; б) адсорбция окружающего аргона при охлаждении вещества после удара; в) наложение следов последующих событий и др. [15]. Б-третьих, датировки абсолютного возраста кимберлитов и родственных им пород также не являются надежными [3]. Указанные обстоятельства не позволяют пока оптимистично рассчитывать на повсеместное получение бесспорных доказательств одновозрастности астероидов и их «диатровых шлейфов».

В настоящей работе электроразрядный процесс, связанный с вхождением в атмосферу Земли крупных метеорных тел, рассматривается лишь как вероятный механизм пробоя земной коры и образования каналов, по которым осуществляется подъем магматического расплава. Однако скорее всего с электроразрядом, приведшим к созданию в недрах Земли огромных давлений и повыше-

ных температур, связан с целым рядом геохимических особенностей кимберлитов и родственных им пород, на что указывалось автором ранее [14]. Препятствием также вероятно, что космогенный фактор некоторых геологических процессов не ограничивается взаимодействием электрических полей, а связан также с результатами гравитационного воздействия крупных метеоритных тел на литосферу Земли, как считает Б.А.Трошечев [13]. В частности, с его точки зрения, гравитационный импульс должен вызывать деформации горных пород, в результате чего может возникнуть электрическое поле в виде достаточно мощного электрического разряда. Даже самые приближенные расчеты показывают, что при диаметре метеороида 2 км его притягивающая сила на высоте 100 км в 10 раз превышает соответствующую силу Луны, на высоте 50 км - в 30 раз, на высоте 10 км - в 1000 раз. При крутом угле входа в атмосферу планеты гравитационное воздействие метеороида на литосферу возрастает в геометрической прогрессии и, вероятно, может привести к проявлению магматизма.

Таким образом, даже самое поверхностное рассмотрение поднятой проблемы показывает, что космогенный фактор как сочетание электрических и гравитационных воздействий не может не иметь отражения в особенностях геологического строения литосферы в полосе проекции траектории полета метеороида в атмосфере планеты. Детальное рассмотрение этого вопроса должно быть задачей дальнейших исследований при участии специалистов самого различного профиля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеевский К., Николаева Т. Загадки кимберлитов // Знание - сила. 1972. № 4.
2. Баласанян С.Ю. Динамическая геоэлектрика. Новосибирск: Наука, 1966.
3. Брахфогель Ф.Ф. Геологические аспекты кимберлитового магматизма Север-Востока Сибирской платформы. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1984.
4. Барышние кольцевые структуры щитов и платформ / В.И.Ваганов, П.Ф.Иванкин, П.Н.Кропоткин и др. М.: Недра, 1985.
5. Веробьев А.А. Физические условия залегания и свойства глубинного вещества (высокие электрические поля в земных недрах). Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та, 1975.
6. Казнев В.Ю. Электрофонные болиды // Астроном. календарь. М.: Наука, 1990. Вып. 94.
7. Комеров А.Н., Илупия И.П. Геохронология кимберлитов Сибирской платформы по данным метода треков // Геохимия. 1990. № 3.
8. Невский А.П. Явления положительного стабилизирующего электрического разряда и эффект электроразрядного взрыва крупных метеоритных тел при пролете в атмосфере планет // Астроном. вестник. 1978. Т. 12, № 4.
9. Поляков М.М., Трухалев А.И. Поныгайская вулканотектоническая кольцевая структура // Изв. АН СССР, Сер. геол. 1974. № 4.

10. Соляник В.Ф. Об электроэрозионном механизме возникновения метеоритных кратеров // Метеоритные и метеорные исследования. Новосибирск: Наука, 1983.

11. Соляник В.Ф. Тунгусская катастрофа 1908 г. в свете электрической теории метеоритных явлений // Взаимодействие метеоритного вещества с Землей. Новосибирск: Наука, 1980.

12. Степанов О.А. Взрывной механизм формирования структур центрального типа // Сов. геол. 1989. № 12.

13. Трошкитев Б.А. Космогенный фактор в геологических процессах // Космохимия и метеоритика. Киев: Наукова думка, 1984.

14. Хазанович-Вульф К.К. Космогенная модель становления и размещения диатрем и вопросы металлогении кимберлитов // ДАН СССР. 1991. Т. 319, № 6.

15. Bottorley R.J., Jork D. // I.P.S. Houston. - 1969. Vol. 20. P. 161-162.

16. Fisher W.H. // Am. J. Sci. 1963. Vol. 261. N7. P. 561-649.