

И.Л.Болтенгаген  
АНАЛИЗ КЕМБРИДЖСКОГО МЕТЕОРИТНОГО КАТАЛОГА

Институт горного дела СО РАН, Новосибирск, Россия

Влияние метеоритов на историю развития нашей планеты является установленным фактом. Основная научная задача метеоритики – это предсказание времени и места падения крупных метеоритов. В статье на основе анализа метеоритных каталогов установлены закономерности процесса случайных падений метеоритов на Землю. Предложен новый вариант гипотезы метеоритного происхождения кимберлитовых трубок.

### Метеороидные потоки

Примечателен редчайший случай определения точной орбиты небесного тела по траектории очень яркого болида (гораздо более яркого, чем полная Луна), пролетевшего над западной Австрией и южной Баварией 6 апреля 2002г [1]. Он был замечен над всей центральной Европой. Падение сопровождалось колебаниями земной поверхности, дребезжанием оконных стекол и звуком с неба. Траектория метеорита была на редкость хорошо зарегистрирована камерами и другими датчиками. Светящаяся траектория болида была длиной 91 км, начиналась на высоте 85 км в 10 км к востоку - северо-востоку от Инсбрука (Австрия) и заканчивалась на высоте 16 км, в 20 км к востоку от Garmisch-Partenkirchen (Германия). Скорость метеорита снижалась, с 21 км/сек, когда он ворвался в атмосферу, до 2.4 км/сек, когда излучение его поверхности из-за уменьшения трения прекратилось. Он падал на Землю уже темным и охлажденным. Исследователи Чехии и Германии установили вероятное местоположение упавших остатков болида в виде следа шириной 800 метров и длиной несколько километров. Метеорит был найден 14 июля. Расчеты показали, что метеорит вышел из орбиты, соответствующей другому метеориту Příbram весом 5.555кг, который упал на Землю 7 апреля 1959г в Богемии (Чехия). Оба метеорита оказались из одного метеороидного\* потока, вращающегося вокруг Солнца. Тем не менее, их химические составы и возраст различны. Длительность пребывания метеоритов на орбите установлена по изучению влияния космического излучения на их химический состав. Метеорит 2002 года двигался в течение 48 млн. лет, а объект 1959 года - 12 млн. лет. Два камня не являются частями единого небесного тела. Исследования подтвердили гипотезу потока метеороидов на одной орбите.

Подобные дублиеты и триплеты метеоритов, упавших в разные года в одном и том же районе Земли в близкие календарные дни, не является редким событием. Примером апрельского дублиета являются метеориты Ekeby (stone; ordinary chondrite, Sweden, 56° 2' N / 13° 0' E, April 5, 1939, 3.336 kg)\*\* и Lundsgard (stone; ordinary chondrite, Sweden, Skane, 56° 13' N / 13° 2' E, April 3, 1889, 11 kg), упавшие в Швеции на расстоянии около 21 км с интервалом в 50 лет. Метеорит Hedeskoga (stone; ordinary chondrite, Sweden, 55° 28' N / 13° 47' E, April 20, 1922, 3.5 kg) может рассматриваться кандидатом в компанию этих метеоритов, несмотря на то, что календарная дата его падения на две недели позже. Расстояние между местом падения Ekeby и Hedeskoga – 107 км, а между Lundsgard и Hedeskoga – 118 км. Радиус окружности, описывающей треугольник из мест падения метеоритов шведского триплета равен 66 км. Эти метеориты, скорее всего, являются представителями метеороидов одной орбиты, как и

\* Метеоритом называется осколок астероида, упавший на Землю. Метеороид - небесное тело, движущееся по орбите астероидного типа и врывающееся в атмосферу Земли при пересечении нашей планетой его траектории.

\*\* Здесь и ниже после названия метеорита в скобках последовательно через запятую следуют его тип (каменный или железный), классификация (хондрит, ахондрит, углистый хондрит), страна падения и ближайший населенный пункт, координаты, дата падения и вес метеорита на английском языке в соответствии с кембриджским метеоритным каталогом [2].

триплет апрельских метеоритов Misshof (stone; ordinary chondrite, Latvia, Dobeles, 56° 40' N / 23° 0' E, April 10, 1890, 5.8 kg) и Nerft (stone; ordinary chondrite, Latvia, Liepajas, 56° 30' N / 21° 30' E, April 12, 1864, 10.25 kg), упавших на территории Латвии на расстоянии 168 км с интервалом в 26 лет, и Novy-Projekt (stone; chondrite, Lithuania, Plunges, 56° 0' N / 22° 0' E, April 25, 1908, 3.858 kg), упавший на территории Литвы через 18 и 44 года после падения Misshof и Nerft соответственно. Расстояние между местом падения Misshof и Novy-Projekt – 134 км, а между Nerft и Novy-Projekt – 79 км. Календарная дата падения Novy-Projekt на две недели позже Nerft и Misshof. Радиус окружности, описывающей треугольник из мест падения метеоритов латышско-литовского триплета равен 86 км. Расстояние между ближайшими метеоритами двух триплетов (Hedeskoga и Nerft) равно 865 км. Кандидатом в апрельский метеороидный поток является и метеорит Schellin начала 18 века (stone; ordinary chondrite, Poland, 53° 21' N / 15° 3' E, April 11, 1715, 341g), упавший на территории Польши. Его расстояние от Hedeskoga из шведского триплета и Nerft из латышско-литовского триплета составляет 165 км и 798 км соответственно. Два метеорита апрельского метеороидного потока Pollen (stone; carbonaceous chondrite, Norway, 66° 20.9' N / 14° 0.9' E, April 6, 1942, 253.6g) и Tromoy (stone; ordinary chondrite, Norway, 58° 28' 24" N / 8° 52' E, April 9, 1950, 357.4g), упавших на территории Норвегии с интервалом в 8 лет, вряд ли можно считать дублетом, т.к. расстояние между местами их падения слишком велико (1045км).

Примером дублета являются метеориты Padvarninkai (stone; eucrite achondrite, Lithuania, Anyksciū, 55° 40' N / 25° E, February 9, 1929, 3.858 kg) и Zemaitkiemis (stone; ordinary chondrite, Lithuania, Ukmerges, 55° 18' N / 25° E, February 2, 1933, 44.1 kg), упавших на территории Литвы в первой декаде февраля с интервалом в 4 года на расстоянии 41 км. Февральским триплетом являются метеориты Skane-Tranas (probably not a genuine meteorite, Sweden, 58° N / 15° E, February 12, 1922, Hallingeberg (stone; ordinary chondrite, Sweden, 57° 49' N / 16° 14' E, February 1, 1944, 1.456kg) и Langhalsen (stone; ordinary chondrite, Sweden, Sodermanland, 58° 51' N / 16° 44' E, February 6, 1947, 2.3 kg), упавшие на территории Швеции с последовательными интервалами 22 и 3 года. Стороны треугольника образованного местами падения трех метеоритов равны 128км, 139км и 215км. Радиус окружности, описывающей треугольник из мест падения метеоритов равен 113 км.

Эти факты свидетельствуют о наличии метеороидных орбит, по которым движутся небесные тела, падающие иногда на Землю в виде метеоритов при пересечении планетой траектории метеороидных потоков. Отличие метеороидных орбит от траектории метеорных тел, являющихся остатками комет, заключается в следующем. Во-первых, орбиты метеороидов - это орбиты астероидного типа, т.е. близкие к окружностям эллипсы с малой разницей величин полуосей, как правило, не пересекающие орбит Венеры и Юпитера. Во-вторых, в потоках метеороидов содержится намного меньшее количество небесных тел, чем в потоках метеоров. Тем не менее, размеры и масса метеороидов, являющихся астероидами, значительно выше, чем у пылевых остатков комет. Поэтому систематические красочные фейерверки метеорных потоков на ночном небе отличаются от редких одиночных болидов, являющихся яркими следами ворвавшихся в атмосферу массивных метеороидов.

### **Распределение количества метеоритов по дням года**

Анализ метеоритных каталогов позволил оценить наиболее вероятные дни столкновения. На основании анализа московского каталога метеоритов [2], насчитывающего 258 метеоритов с фиксированной датой падения, сделан вывод о том, что в два дня года 30 июня и 13 октября падало наибольшее количество метеоритов (по 5). На рис.1,а приведено распределение количества метеоритов по дням года, построенное на основании анализа кембриджского каталога метеоритов, в котором описано 22507 метеоритов, падавших на Землю за всю историю человечества до 2000г [3]. Самым древним из них является метеорит Aegospotami, упавший в Древней Греции в 465г до н.э. Старейшими из датированных метеоритов являются Soweida весом 1.4кг, упавший в Сирии в декабре 856г., и Nogata весом 0.472кг, упавший на острове Кюсю в Японии 18 мая 861г. Наиболее древним европейским

метеоритом является Mons, упавший на территории Бельгии 30 июня 1186г. Самыми древними российскими метеоритами являются Velikoy-Ustyug, упавший на территории Вологодской области в 1250г, и Novy-Ergi, упавший вблизи Новгорода 10 декабря 1642г. Анализ рис.1 показывает, что существует 7 дней в году с максимальным количеством упавших метеоритов: 9 мая (7 метеоритов), 17 мая (9), 26 мая (8), 30 июня (9), 4 сентября (7), 13 октября (8) и 10 декабря (7).

Длительность года имеет продолжительность 365 суток и 6 часов, причем календарная и астрономическая длительность года (григорианский и сидерический год) различаются на 20 минут. Ошибка при определении момента пересечения метеороидной орбиты с Землей по Григорианскому календарю может достигать суток. Например, даты падения метеоритов 30 июня и 1 июля в различные годы могут фиксировать одно и то же положение Земли на орбите при ее движении вокруг Солнца. Является также вполне вероятным, что метеороидные орбиты могут быть не точно фиксированными линиями размеров крупных астероидов, а имеют достаточно большую ширину в плоскости эклиптики, подобную кольцу Сатурна. Поэтому для анализа периодов года с максимальной вероятностью встречи метеоритов с Землей использовалось недельное усреднение. По результатам, представленным на рис.1,а для каждого дня рассчитывалось среднее значение метеоритов с учетом их количества в соседних днях по следующему алгоритму

$$M_i = \frac{1}{7} (N_{i-3} + N_{i-2} + N_{i-1} + N_i + N_{i+1} + N_{i+2} + N_{i+3}),$$

где  $i$  – порядковый номер дня года от 1 до 365, считая 1 января днем первым;  $N_i$  – количество метеоритов, падавших в день года под номером  $i$  за всю историю астрономических наблюдений. Усреднение по семи дням (помимо расчетного дня учитывалось количество метеоритов в трех предыдущих и трех последующих днях) позволило сделать более обоснованные выводы о периодах наибольшей метеоритной активности в течение астрономического года. В данной статье днями повышенной метеоритной активности называются дни, в которые осредненное значение метеоритов по семи дням  $M_i$  превышает среднегодовой (фоновый) уровень числа падающих метеоритов 2.65, равное отношению полного количества датированных метеоритов кембриджского каталога (969) к количеству дней в году (365). Периоды повышенной метеоритной активности соответствуют положительным значениям разности  $M_i - 2.65$ . График разности по дням года показан на рис.1,б. Приведенные выше дни года с наибольшим количеством падавших метеоритов (за исключением 10 декабря) находятся в интервалах года с максимальной метеоритной активностью.

На основании анализа приведенного графика выделены следующие периоды астрономического года, в течение которых зафиксировано наибольшая метеоритная активность за всю историю астрономических наблюдений:

1. 16 - 22 января с максимумом 18 января (на 0.77 выше среднего значения метеоритов);
2. 28 января – 3 февраля с максимумом 31 января (0.99);
3. 13– 18 февраля с максимумом 16 февраля (0.63);
4. 26 февраля – 3 марта с максимумом 1 марта (0.49);
5. 3 – 18 апреля с максимумом 8 апреля (1.63), причем с 6 по 12 апреля разность числа метеоритов и среднего значения превышает 1;
6. 27-29 апреля с максимумом 29 апреля (0.35);
7. 6 – 29 мая со следующими днями максимальной метеоритной активности: 11 мая (1.35), 14 мая (1.20), 17 мая (1.20), 20 мая (1.20) 24 мая (1.2), 25 мая (1.35), 27 мая (1.06);
8. период с 6 июня по 17 июля характеризуются самым большим количеством метеоритов со следующими днями максимальной метеоритной активности: 10 июня (0.92), 14 июня (1.06), 18 июня (1.20), 22 и 23 июня (по 1.06), 28 июня (1.63), 30 июня и 1 июля (по 1.92), 11-13 июля (по 1.63);
9. 2 – 17 августа с максимумом 8 августа (1.27);

- 10. 31 – 8 сентября с максимумами 2 сентября (1.49) и 4-7 сентября (по 1.35);
- 13. 14 ноября – незначительное увеличение метеоритной активности (0.06);
- 11. период с 9 сентября по 9 октября характеризуется чередованием уменьшения метеоритной активности ниже среднего (фонового) значения и незначительного ее повышения 14 сентября (0.20), 16 сентября и 20 сентября (по 0.35), 23-24 сентября и 2-4 октября (по 0.06);
- 12. 10 – 20 октября с максимумом 15 октября (1.20);
- 14. 23 ноября – 1 декабря с максимумами 27-29 декабря (по 0.49);
- 15. 12-13 декабря незначительное увеличение метеоритной активности (0.20-0.06);
- 16. 24 декабря – 28 декабря с максимумом 27 декабря (0.345).

Существует следующие шесть периодов максимальной метеоритной активности, во время которых усредненное количество метеоритов  $M_i$  превышает среднегодовое (фоновое) число падающих метеоритов 2.65 более чем на единицу: 3 – 18 апреля, 6 – 29 мая, 6 июня - 17 июля, 31 – 8 сентября, 2 – 17 августа и 10 – 20 октября.

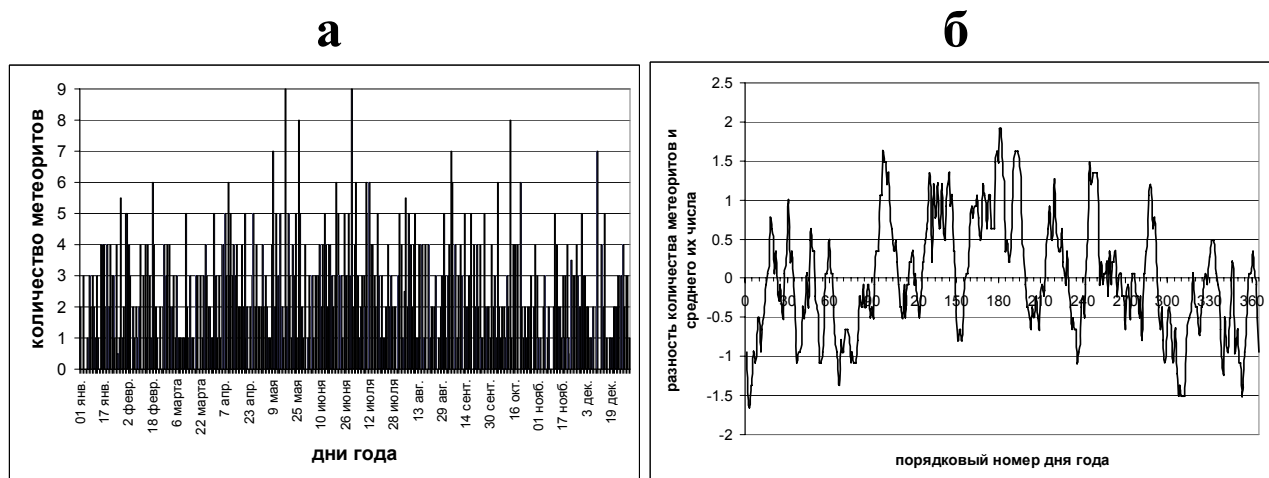


Рис.1. Результаты анализа кембриджского метеоритного каталога: **а** – распределение количества метеоритов по дням года; **б** - разность осредненного по 7 дням количества метеоритов и среднегодового их числа по дням года.

### Метеориты тунгусской метеороидной орбиты

В периоде года с максимальным количеством метеоритов (6 июня-17 июля) находится дата падения 30 июня самого крупного за всю современную историю тунгусского метеорита. Взрыв 30 июня 1908г. ранним утром в 7 часов 15 минут местного времени в 65 км севернее поселка Ванавара на реке Подкаменная Тунгуска ( $60^{\circ} 54' N / 101^{\circ} 57' E$ ) является событием, дата и местоположение которого позволяют рассчитать траекторию небесного тела, осколки которого падали на Сибирскую платформу. В этот день небесное тело при движении к Солнцу приблизилось к Земле на расстояние 350–400 км в Антарктике у южного полярного круга над морем Беллинсгаузена, пролетело около половины земной окружности примерно за 10 минут и взорвалось над сибирской тайгой. Отрезок метеороидной орбиты в этот момент находился на расстоянии около 4500 км под плоскостью вращения Земли вокруг Солнца. Наклон плоскости орбиты к эклиптике – около  $6''$ . Если бы в тот день на участке орбиты тунгусского небесного тела находилась цепочка метеороидов, то область падения основной части метеоритов, двигавшихся по орбите тунгусского, располагалась бы вблизи южного полярного круга между  $90^{\circ}$  западной и  $90^{\circ}$  восточной долготы в районе Африкано Антарктической котловины в южной части Атлантического и Индийского океанов. Незначительная часть общего количества метеоритов упала бы в Тихий океан, на территорию Сибири и Дальнего Востока (по траектории тунгусского метеорита), а также в Австралию и на территорию Северной Канады по круговой траектории от точки южного полярного круга ( $90^{\circ}$  восточной долготы, южная часть Индийского океана) до точки

северного полярного круга ( $90^{\circ}$  западной долготы, г.Уайджер-Бей). Отметим, что самые массивные метеориты тунгусской серии могли упасть за полярным кругом в Баренцевом и Норвежском море, а также в море Баффина и в южную часть Гренландии.

Максимальное количество метеоритов выпадало именно 30 июня. Это позволяет утверждать, что по орбитам, близким к орбите движения тунгусского небесного тела вокруг Солнца, вращаются метеороидные тела. Отметим, что самый старый из датированных европейских метеоритов Mons ( $50^{\circ} 27' N / 3^{\circ} 57' E$ ), является метеоритом тунгусской метеороидной орбиты. Вследствие того, что астрономический год (сидерический, звездный год), равный  $365,2564$  дня\*, не содержит целое количество суток и отличается от длительности календарного григорианского года ( $365.2425$  дня), в дни пересечения нашей планетой тунгусской метеороидной орбиты Земля может быть повернута на любой угол относительно оси суточного вращения. Долгота места захвата метеороида притяжением Земли может быть любой. С уверенностью можно утверждать, что его широта находится около южного полярного круга. Отметим, что направление северного полюса относительно звезд изменяется со скоростью около  $50''$  в год, совершая периодическое движение по окружности на небесной сфере с периодом около 26 тысяч лет. Область падения основной части метеоритов тунгусской орбиты 13 тысяч лет назад располагалась вблизи южного тропика и пересекала южные части Африки, Австралии и Южной Америки. Северная граница областей падения метеоритов смещалась до границ Северного Ледовитого океана.

Тунгусская метеороидная орбита должна пересекать орбиту Земли при движении небесных тел от Солнца. Из оставшихся шести дат года с максимальным количеством упавших метеоритов наиболее близкими по структуре потока к 9 метеоритам 30 июня (5 хондритов, 1 - ахондрит, 1- углистый хондрит, 2 метеорита Mons и Tunguska – неустановленного типа) являются 8 метеоритов, упавших 13 октября (6 - хондриты, 1 - углистый хондрит, 1 метеорит Hyderabad (1936) – неустановленного типа). По двум датам пересечения орбит Земли и метеороидов рассчитывается большая полуось эллиптической траектории по формуле

$$a(a.e.) = \xi \frac{\xi - c}{2\xi - c - 1},$$

где  $\xi$  - минимальное расстояние орбиты метеороидов до Солнца (в астрономических единицах), а  $c$  – равен  $\cos(\alpha/2)$ ,  $\alpha$  – угол сектора орбиты Земли в точках пересечения с метеороидной орбитой, равный для дат 30 июня и 13 октября  $103.5^{\circ}$  ( $105/365.25 \cdot 360^{\circ}$ ). Расчеты показывают, что большая полуось метеороидной орбиты, пересекающей орбиту Земли 30 июня и 13 октября и расположенной между орбитами Венеры и Юпитера, оценивается величиной 1.4-3 а.е., минимальное и максимальное расстояние до Солнца находятся в интервалах значений от 0.84-0.9 а.е. и 5-1.9 а.е. соответственно. Оценка периода обращения метеороидов тунгусской орбиты вокруг Солнца составляет 1.7-5 лет. Сейчас насчитывается 783 объекта, представляющие реальную угрозу столкновения с Землей в будущем. Вероятным метеороидом тунгусской орбиты является астероид 2004 XP14 размером от 410 до 920 метров, открытый 10 декабря 2004 года сотрудниками Лексингтонской лаборатории при Массачусетском технологическом институте. Когда-то метеороид, приблизившись к Земле, под влиянием ее притяжения сошел на другую орбиту, наклоненную под углом около  $30^{\circ}$  к эклиптике. 3 июля 2006г в 04.25 по всемирному времени астероид сблизился с Землей на расстояние около 432 тыс. км. Он относится к "группе Аполлона" - космическим телам, пересекающим орбиту Земли и названным в честь открытого в 1862г астероида Аполлон. Вероятным кандидатом небесного тела из апрельского метеороидного потока является астероид 99942 Arophis размером около 300 м. 13 апреля 2029г он пройдет на расстоянии всего 32 тыс. км от Земли [4].

---

\* День равен 86 тысяч 400 секунд, а секунда является единицей СИ, определённой на основании атомного стандарта, не связанного с астрономическими измерениями.



Рис.2. Астроблемы Земли [10].

#### Анализ гипотезы метеоритного происхождения кимберлитовых трубок

Первыми о сосредоточении трубок в местах падения метеоритов заявили писатели - фантасты. Ряд научных гипотез связывает происхождение алмазов с ударами метеоритов о Землю. По одной из них трубка - результат пробивания земной коры ударной волной, создаваемой падающим метеоритом подобно кумулятивному заряду [5]. В работе [6] выполнено математическое моделирование удара метеорита и превращения углеводородов в алмазы. Крупные метеориты являются единственным природным источником энергии, сопоставимой с энергией землетрясений, и, несомненно, влияли на ее геологическую историю. Катастрофическое тектоническое землетрясение силой в 11-12 баллов (магнитудой от 8 до 9), происходящее на планете примерно 1 раз в год, имеет энергию  $10^{18}$  -  $10^{20}$  Дж [7]. Энергия самых сильных вулканических землетрясений оценивается величинами  $1.4 \cdot 10^{20}$  Дж (извержение вулкана Тамбора в 1815г) и  $1.8 \cdot 10^{19}$  Дж (взрыв вулкана Кракатау в 1883г) [8]. Энергия самого крупного в современной истории человечества тунгусского метеорита оценивается величиной  $10^{16}$  –  $10^{17}$  Дж (10-100 Мегатонн в тротиловом эквиваленте)\* [9]. Эта энергия сопоставима с энергией 50 Мегатонн в тротиловом эквиваленте самого крупного термоядерного взрыва на Новой Земле 30 октября 1961г и с энергией  $10^{16}$  Дж сильных разрушительных тектонических землетрясений силой 9-11 баллов (магнитуда 7-7.9), происходящих на нашей планете примерно 10 раз в год [7].

На рис.2 показаны кратеры от ударов крупных метеоритов [10]. Сейчас обнаружено 158 ударных геологических структур на поверхности нашей планеты: 42 - в Европе, 54 - в Северной Америке, 7 – в Южной Америке, 19 - в Африке, 14 - в Азии, 18 - в Австралии [11]. Две самые крупные астроблемы («звездные раны») с радиусом кратера порядка 100 км находятся в Южно-Африканской республике (кольцо Вредефорт) и на севере Сибирской платформы (Попигайская котловина). Кольцо Вредефорт – это гранитный кратер диаметром около 40 км, окруженный слоем осадочных пород шириной 16км. Астроблема создана ударом метеорита диаметром 2,3 км и весом 30 млрд. тонн,

\* 1 Мегатонна в тротиловом эквиваленте равна  $0.461 \cdot 10^{16}$  Дж.

летевшим со скоростью 20 км/сек. Энергия взрыва была в 60 раз больше энергии сильнейших землетрясений, Попигайская котловина является самым крупным из достоверно установленных метеоритных кратеров. Она находится в долине реки Попигай, правого притока Хатанги. Внутренний кратер имеет диаметр 75 км, внешний - 100 км. Катастрофа произошла 30 млн. лет назад. Метеорит пробил 1200-метровую толщу осадочных пород, но был остановлен твердыми породами фундамента Сибирской платформы. Энергия взрыва при столкновении равная  $10^{23}$  Дж в тысячу раз превышала энергию сильного вулканического взрыва. При этом гигантском взрыве образовались уникальные минералы, обнаруженные в кратере (в том числе и мелкие алмазы). Подобные минералы получены в лабораторных условиях при динамическом давлении 1 млн. атмосфер и температуре порядка  $1000^{\circ}\text{C}$ . Горные породы расплавились и возникли лавовые потоки с большим содержанием кремнезема, отличающиеся от состава базальтовых магматических излияний Сибирской платформы, выходящих в этом районе из недр планеты. Крупные глыбы кристаллических пород были вырваны взрывом из фундамента платформы и разбросаны на 40 км от внешнего края Попигайской котловины.

Появление кимберлитовых трубок иногда может быть вызвано падением крупных метеоритов на земную поверхность, которое приводит к колебаниям литосферы, резкому увеличению давления магмы в глубине недр и ее прорыву к поверхности Земли сквозь налегающую толщу вследствие гидроудара. Подтверждением являются материалы геологических исследований месторождения никелевых руд Садбери (Канада), свидетельствующие о том, что удар гигантского метеорита около 1700 млн. лет назад вызвал активную геологическую деятельность, в результате которой поднялись глубинные расплавленные массы с большим содержанием металлов [12].

### **Выводы**

1. Метеороидные небесные тела движутся вокруг Солнца по нескольким (порядка 10) основным траекториям, пересекающим орбиту Земли.
2. Существует десять 1-2-х недельных периодов в году и два продолжительных периода в мае и в июне-июле длительностью 3 и 6 недель соответственно, когда количество падающих метеоритов значительно превышает среднее (фоновое) значение.
3. В календарные дни с 27 июня по 3 июля на поверхность нашей планеты падало наибольшее количество метеоритов; ежегодное пересечение Землей в эти дни метеороидной орбиты тунгусского небесного тела представляет реальную метеоритную угрозу.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/3008063.stm>
2. <http://www.geokhi.ru>
3. <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/projects/metcat/>
4. <http://www.korrespondent.net/main/157547>
5. Шемякин Е.И. О происхождении алмазных трубок (физико-механическая гипотеза) // Вестн. Моск. Ун-та, 1986.
6. Гендугов В.М., Аникина И.В. О происхождении природных алмазов // АЛМАЗЫ научно-технический и производственный журнал (пилотный номер на правах сборника научных трудов), -М.: ООО «ЭС-ТЭ пресс», 2005.
7. Иванова М.Ф. Общая геология. –М.: Высшая школа, 1969.
8. <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/845.html> (Фельдман В.И. Астроблемы – звездные раны Земли).
9. [http://www.tunguska.ru/obzor/tm\\_90\\_II.htm](http://www.tunguska.ru/obzor/tm_90_II.htm)
10. [http://www.lpi.usra.edu/publications/slidesets/craters/images/02\\_DISTRIBUTION\\_MAP.JPG](http://www.lpi.usra.edu/publications/slidesets/craters/images/02_DISTRIBUTION_MAP.JPG)
11. <http://subscribe.ru/archive/rest.mystery.xfiles/200501/16150831.html>
12. <http://www.katastrofa.h12.ru/asteroid.htm>