АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

# МЕТЕОРИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СИБИРИ

## 75 лет Тунгусскому феномену

Ответственный редактор
д-р геол.-мин. наук *Ю. А. Долгов*

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Новосибирск · 1984

stony meteorites.— Earth and Planet. Sci. Lett., 1978, v. 38, N 2, p. 421—435.
31. **Murthy V. R.** Stable isotope studies of some heavy elements in meteorites.— In: Isotopic and Cosmic Chemistry. North-Holland, 1964, p. 488—515.
32. **Oversby V. M.** The isotopic composition of lead in iron meteorites.— Geochim. et Cosmochim. Acta, 1970, v. 34, N 1, p. 65—75.
33. **Ponnamperuma C.** Interstellar molecules: significance for prebiotic chemistry.— In: Molecular in the Galactic environment. John Wiley and Sons, 1973, p. 415—428.
34. **Schiegl W. E., Vogel I. C.** Deuterium content of organic matter.— Earth and Planet. Sci. Lett., 1970, v. 7, N 4, p. 307—313.
35. **Tatsumoto M., Knight R. J., Allégre G. J.** Time differences in the formation of meteorites as determined from the ratio of lead-207 to lead-206.— Science, 1973, v. 180, N 4092, p. 1279—1283.
36. **Tatsumoto M., Uhruh D. M., Desborough G. A.** U — Th — Pb and Rb — Sr-systematics of Allende and U — Th — Rb-systematics of Orgueil.— Geochim. et Cosmochim. Acta, 1976, v. 40, N 6, p. 617—634.
37. **Unruh D. M., Hutchison R., Tatsumoto M.** U — Th — Pb-systematics and uranium isotopic composition of chondrites.— In: Lunar and Planet Science Conference X. 1979, p. 1256—1258.

**С. П. Голенецкий, В. В. Степанок**

# НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ СЛЕДОВ ТУНГУССКОЙ КАТАСТРОФЫ 1908 г.

В работах авторов [1—4] неоднократно указывалось, что «пятнистый» характер следов Тунгусской катастрофы 1908 г., отмеченный Е. Л. Криновым [5], вероятнее всего, связан со множественным характером взрывных явлений, особенно на завершающем этапе падения Тунгусского космического тела (ТКТ). Источником энергии таких взрывов (в том числе и сравнительно низких), предположительно, служили смеси кометных газов. Поиски локальных эпицентров таких взрывов имеют, таким образом, принципиальное значение в плане понимания механизма и восстановления картины Тунгусского явления в целом, поскольку концепция единого высотного взрыва ТКТ имеет пока еще значительное число сторонников.

Одним из возможных подходов к решению подобной задачи является картирование района катастрофы по какому-либо типу повреждений тайги, датируемых 1908 г. (направления повала деревьев, их термические поражения, геохимические аномалии и др.). Перспективным, на наш взгляд, является изучение древесного сухостоя — деревьев, полностью лишенных кроны взрывной волной, погибших после этого, но сохранившихся на корню вплоть до наших дней. Для определенности будем называть такие деревья «иглами» по сохранившимся вершинам стволов в отличие от «столбов» — деревьев с отломанными вершинами и «стояков» — деревьев с изломом на уровне ниже 2/3—1/2 общей высоты дерева. Среди пород деревьев в первом случае преобладают лиственницы, в последнем —

сосны, что связано, очевидно, с особенностями кроны деревьев и характером их корневой системы. «Столбы» примерно в равной мере представлены лиственницами и елями. Те и другие имеют поверхностную корневую систему и сравнительно легко выворачиваются с корнями («выворотни») при боковом воздействии. Лиственницы обладают, кроме того, хрупкой кроной, и потому могут быть легко «раздеты» при воздействии взрывной волны сверху. Сосны имеют хорошо развитую корневую систему и прочную крону, поэтому их легче переломить при боковом воздействии, чем лишить кроны или вырвать с корнем. Следовательно, в эпицентрах низких локальных взрывов должны преобладать «иглы» с постепенным переходом через «столбы» и «стояки» к «выворотням» и сплошному повалу леса на периферии. Именно подобная картина с наличием нескольких пятен «телеграфного леса» (включая «иглы» и «столбы») наблюдалась в центральной части района катастрофы еще Л. А. Куликом и Е. Л. Криновым [5], в частности на юго-западном склоне горы Стойкович, на северо-западном берегу Южного болота и в устье р. Чургим. Сухостой в этих «оживленных» районах практически не сохранился. Нами обнаружено еще несколько почти «девственных» пятен катастрофного сухостоя, вполне пригодных для соответствующих исследований. Ниже приведены результаты обследования одного из таких районов в 2,5—3 км к западу от горы Острой.

На рис. 1 штриховой линией показана поверхностная плотность (в шт. на площади $50 \times 50$ м$^2$) «игл» сухостоя в сечении указанного пятна по азимуту 290—295° от особой точки вывала леса (по В. Г. Фасту [6, 7]). Хорошо виден экстремальный характер указанной зависимости с острым максимумом в центре пятна (точка 0) и быстрым спадом до фона уже на расстоянии 0,5—0,7 км от него. Азимуты-векторы (от комля к вершине) поваленных деревьев («выворотней») в некоторых точках на периферии обследованного пятна сухостоя показаны на рис. 2. На фоне преобладающего западно-северо-западного направления вершин «выворотней» достаточно четко проявляется радиальная структура локального вывала леса с центром, примерно отвечающим максимальной встречаемости «игл». Вероятно, она несколько ослаблена разрежением тайги после первого (основного) воздействия баллистической волны, а возможно, и высотного взрыва. При азимутальной съемке вывала в этом районе учитывались только катастрофные «выворотни» с датировкой как по специфическим внешним признакам, так и по возрасту «молодой» поросли в

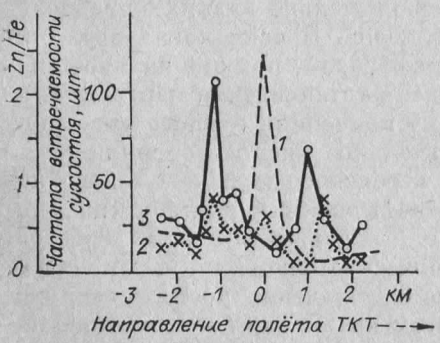


*Рис. 1.* Частота встречаемости «игл» (кривая 1), «столбов» и «стояков» (кривая 2) катастрофного сухостоя, а также — отношения концентраций Zn/Fe в древесине вершинок «игл» (кривая 3) по сечению II—II (см. рис. 2) обследованного участка.

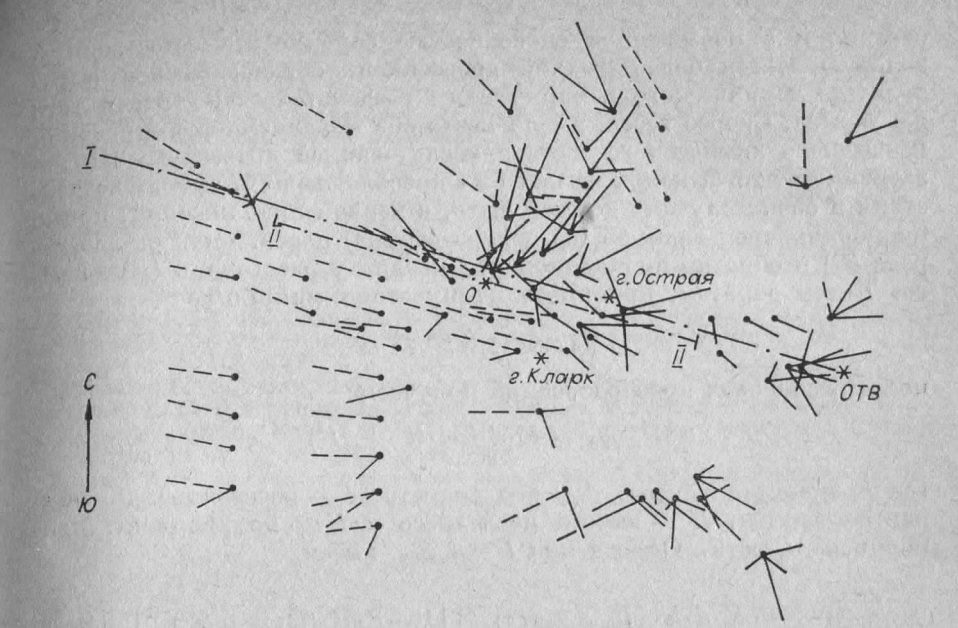


*Рис. 2.* Поле азимутов-векторов катастрофных «выворотных» вокруг обследованного участка. Штриховые линии — направления преимущественного повала деревьев («Куликовский вывал»). Длина сплошных векторов пропорциональна числу деревьев, поваленных в данном направлении. I — проекция предполагаемой траектории ТКТ (траекторная просека); II—II — исследованное сечение участка; ОТВ — особая точка вывала леса (по В. Г. Фасту [7]).

корневых ямах некоторых «выворотней». Отбраковка азимутов по каким-либо формальным признакам (как, например, $\pm 3\sigma$ [7]) не производилась. При таком подходе существенно снижается фон направленных ветровалов и «диффузного» повала сгнивших на корню старых деревьев. Полученная картина является, таким образом, менее зашумленной. Более детальное рассмотрение вывала леса в центральной части района Тунгусского падения 1908 г. является темой самостоятельной работы и потому здесь опущено.

Сплошной линией на рис. 1 представлено отношение концентраций Zn/Fe в древесине 3-метровых вершин «игл» сухостоя, отобранных в том же сечении с интервалом 200—500 м. Хорошо видны два максимума указанного отношения: по обе стороны от пика встречаемости «игл» на одинаковых (1, 2 км) расстояниях от него.

Высокое значение указанного отношения является одной из основных отличительных особенностей химического состава минеральной части вещества ТКТ [1—4]. Поэтому отмеченные выше максимумы отношения Zn/Fe могут быть связаны с прямым импрегнированием в древесину продуктов локального взрыва одного из фрагментов ТКТ. С другой стороны, высокие значения этого отношения характерны и для глобальных атмосферных выпадений [1]. Поэтому накопление избыточного цинка в древесине сухостоя может быть

связано и с повышенной способностью сорбировать естественную золовую взвесь более рыхлой древесиной, образовавшейся в результате термического и барического воздействия на деревья того же взрыва. Скорее всего, имели место оба механизма формирования необычного химического состава исследованной древесины. Но независимо от того, какой из них был преобладающим, эффект воздействия в обоих случаях должен быть, в первом приближении, прямо пропорционален видимой (из центра взрыва) поверхности ствола дерева ($S$) и обратно пропорционален квадрату расстояния ($R$) до него. Таким образом, приняв величину отношения Zn/Fe

$$P_{\mathrm{Zn/Fe}} = K \cdot S/R^2,$$

после несложных преобразований получаем

$$P_{\mathrm{Zn/Fe}} = K \cdot d \cdot h \cdot l \cdot (l^2 + H^2)^{-3/2},$$

где $h$ — высота дерева, $d$ — его диаметр, $l$ — расстояние до эпицентра взрыва, $H$ — высота последнего и $K$ — коэффициент пропорциональности. Отсюда при $l = l_{\text{макс}}$ имеем

$$\frac{dP_{\mathrm{Zn/Fe}}}{dl} = K \cdot d \cdot h \cdot \left(l^2_{\text{макс}} + H^2\right)^{-\frac{3}{2}} \cdot \left[1 - 3 \cdot R \cdot (l^2_{\text{макс}} + H^2)^{-1}\right] = 0,$$

откуда $H = \sqrt{l \cdot (3 - 1)} \simeq 1{,}4$—$1{,}5$ км при $l_{\text{макс}} = 1{,}0$—$1{,}2$ км (см. рис. 1).

Пунктирной кривой на рис. 1 показана частота встречаемости «столбов» и «стояков» катастрофного сухостоя в том же сечении. Сравнительно четко проявляются три максимума: центральный, совпадающий с пиком встречаемости «игл», и два по обе стороны от него, практически совпадающие с максимумами отношения Zn/Fe. Наличие последних максимумов становится понятным, если учесть, что вероятность слома ствола дерева взрывной волной при боковом воздействии должна в принципе зависеть от положения источника взрыва так же, как и величина отношения Zn/Fe. Появление центрального максимума может быть связано некоторым отношением сечения II—II от центра обследованного участка и (или) объемным характером взрыва.

Таким образом, рассмотренная выше картина аномалий в частоте встречаемости «игл» и «столбов» катастрофного сухостоя и отношения в них концентраций Zr/Fe может быть связана с локальным взрывом над тайгой некоторой массы кометного вещества (точнее, одного из фрагментов ТКТ) на высоте порядка 1,5 км. Следует отметить еще раз, что полученные результаты оценки $H$ не зависят от механизма возникновения в древесине сухостоя аномальных величин отношения Zn/Fe, хотя второй вариант (разрыхление древесины взрывом с последующей сорбцией в ней золовой взвеси) кажется нам более вероятным.

Авторы благодарят академика Н. В. Васильева за постоянный интерес к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Голенецкий С. П., Малахов С. Г., Степанок В. В.** О природе глобальных атмосферных аэрозолей.— Астроном. вестник, 1981, т. 15, вып. 4, с. 226—233.
2. **Голенецкий С. П., Степанок В. В.** К поискам вещества Тунгусского космического тела.— В кн.: Взаимодействие метеоритного вещества с Землей. Новосибирск: Наука, 1980, с. 102—115.
3. **Голенецкий С. П., Степанок В. В., Колесников Е. М., Мурашов Д. А.** К вопросу о химическом составе и природе Тунгусского космического тела. — Астроном. вестник, 1977, т. 11, вып. 3, с. 126—136.
4. **Голенецкий С. П., Степанок В. В., Мурашов Д. А.** К оценке докатастрофного состава Тунгусского космического тела.— Астроном. вестник, 1981, т. 15, вып. 3, с. 167—173.
5. **Кринов Е. Л.** Тунгусский метеорит. М.— Л.: Изд-во АН СССР, 1949. 196 с.
6. **Фаст В. Г.** К определению эпицентра взрыва Тунгусского метеорита по характеру вывала леса.— В кн.: Проблема Тунгусского метеорита. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1963, с. 97—104.
7. **Фаст В. Г.** Статистический анализ параметров Тунгусского вывала.— В кн.: Проблема Тунгусского метеорита. Вып. 2. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1967, с. 40—61.

**Л. В. Фирсов, В. К. Журавлев, В. А. Панычев**

# РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗОВ КОНЦЕНТРАЦИИ РАДИОУГЛЕРОДА В СЛОЯХ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ ИЗ РАЙОНА ТУНГУССКОГО ПАДЕНИЯ

Локальные вариации содержания $^{14}C$ в древесной растительности, превышающие ошибки анализа, не раз отмечались исследователями [10, 11]. Вопрос о причинах возникновения этих вариаций до сих пор является дискуссионным. По-видимому, они связаны как с локализацией источников и стоков изотопов углерода, так и с экологическими факторами. Представляло интерес определить масштабы и характер подобных вариаций в районе разрушения Тунгусского метеорита и установить наличие или отсутствие зависимости вариаций от местоположения пробных деревьев относительно особых точек траектории космического тела, которая установлена с высокой точностью. Полученные данные могут быть применены при моделировании общей картины уникального явления 1908 г., а также для проверки гипотезы аннигиляционного механизма взрыва Тунгусского тела, рассмотренной К. Коуэном, К. Атлури и В. Либби [9].

Небольшое превышение содержания $^{14}C$ в кольцах древесины 1909 г. американских деревьев авторы [9] связали с глобальным загрязнением атмосферы радиоуглеродом, добавленным в воздушный резервуар Земли гипотетическим нейтронным потоком, действовавшим в Сибири 30 июня 1908 г. Уровень этого превышения над условным фоном, за который была принята удельная активность радио-