

ДОКЛАДЫ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

1966

Том 168, № 4

Академик А. П. ВИНОГРАДОВ, А. Л. ДЕВИРЦ, Э. И. ДОБКИНА

КОНЦЕНТРАЦИЯ C^{14} В АТМОСФЕРЕ ВО ВРЕМЯ ТУНГУССКОЙ КАТАСТРОФЫ И АНТИВЕЩЕСТВО

Уникальное явление природы — Тунгусская катастрофа, происшедшая 30 VI 1908 г. в Сибири, в районе р. Подкаменной Тунгуски (координаты эпицентра взрыва $60^{\circ}55'$ с. ш., $101^{\circ}57'$ в. д.), до сих пор привлекает внимание ученых всего мира. За срок более чем 50 лет, прошедший после Тунгусской катастрофы, был высказан ряд гипотез об этом явлении.

В 1965 г. Cowan, Atlury и Libby (¹) рассмотрели следующие гипотезы о причинах Тунгусской катастрофы: кометную, метеоритную, ядерную, химическую и антивещества. Они отдают предпочтение гипотезе антивещества, так как, по их мнению, ни одна из других теорий не может объяснить количество высвободившейся энергии, равное 10^{24} эргов. Ими было подсчитано, что в результате аннигиляции антивещества, которым мог быть Тунгусский метеорит, в атмосфере Земли образовалось добавочное количество нейтронов, а именно $(2,7 \pm 1,4) \cdot 10^{27}$. Это количество нейтронов должно привести к образованию по реакции $N^{14}(n, p)C^{14}$ добавочного количества радиосуглерода (7%). Такой большой прирост активности не трудно измерить при существующих методах счета C^{14} . Например, ранее нами проводилось определение концентрации радиоактивного изотопа углерода в атмосфере путем измерения его активности в древесных тканях годовых колец дерева (²). Годовые приросты древесины являются подходящим материалом для выяснения годичных флуктуаций радиоуглерода в атмосфере как в настоящее время, так и в далеком прошлом.

Американские исследователи использовали в своих экспериментах деревья (дуб и ель) из штата Аризона. Полученные результаты не дали, однако, ожидаемого увеличения C^{14} на 7%. Максимальное увеличение активности наблюдалось ими в 1909 г. и составило $+0,26 \pm 0,5\%$ по отношению к стандарту современного углерода. В качестве такового при измерении C^{14} принимают содержание его в древесине конца XIX в. (годовое кольцо 1890 г.), когда влияние промышленного эффекта было незначительным. Для удобства в качестве современного стандарта по решению Международного Симпозиума по C^{14} применяется щавелевая кислота Национального Бюро Стандартов США (NBS), активность которой с коэффициентом 0,95 соответствует концентрации C^{14} в древесине XIX в. Результаты исследований Cowan и др. приведены на рис. 1, где кривая 1 показывает концентрацию C^{14} без учета изотопного фракционирования и промышленного эффекта; влияние последнего — значительнее. С учетом обеих поправок прирост радиоуглерода в 1909 г. составил $+0,6 \pm 0,5\%$ (на рис. 1 кривая 2).

В связи с рассматриваемой задачей нами были проведены исследования по определению содержания C^{14} в годовых приростах дерева из района Тунгусской катастрофы, о чем предварительно было сообщено (³). Образцы древесины непосредственно из зоны разрушения имели в интересовавшие нас годы рыхлые слои. Поэтому взятый на анализ по C^{14} образец отобран из гункта, находящегося в 60 км. к югу от эпицентра взрыва. Объектом нашего исследования служила 140-летняя лиственница, срубленная осенью 1961 г. и предоставленная нам К. П. Флоренским (⁴). Вегетативный период этого вида дерева в указанных широтах длится с конца мая до середины сентября; таким образом, влияние Тунгусского ме-

теорита, если таковое имело место, могло сказаться в увеличении концентрации C^{14} уже на годовом приросте за 1908 г. В выбранном материале после соответствующей подготовки отчетливо просматривались годовые приросты древесины, из которых были отобраны в первую очередь кольца следующих лет: объединенные слои 1885—1890, 1894, 1901, 1907, 1908,

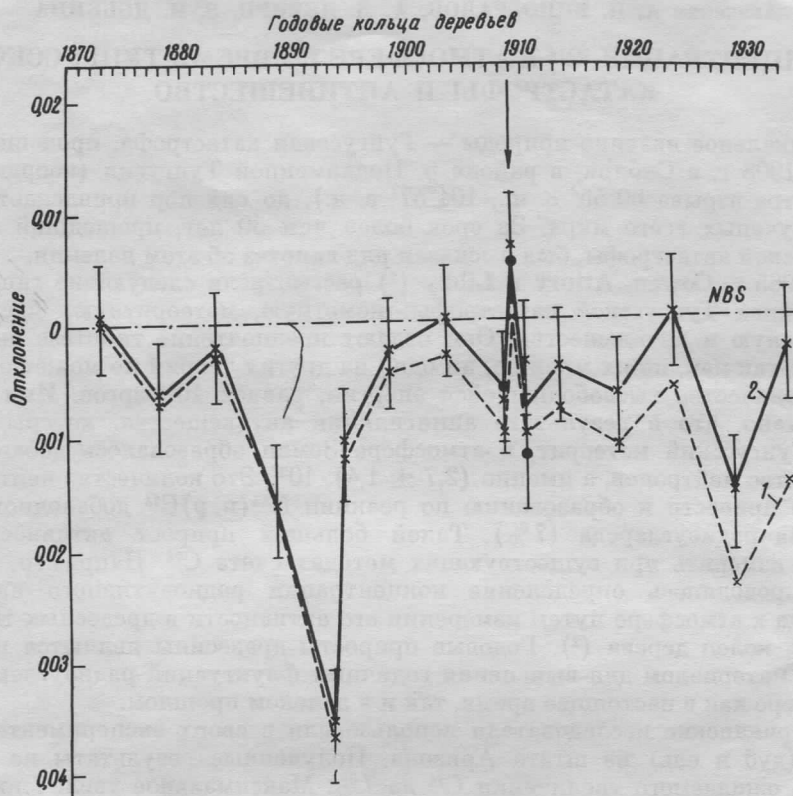


Рис. 1. Отклонения концентрации C^{14} от 0,95 активности щавелевой кислоты NBS (или 1890 г.)

1909, 1910, 1913. Прирост древесины за 1885—1890 гг. служил современным стандартом.

Методика проведения анализов описана ранее (^{5, 6}). Счет активности C^{14} проводился в CO_2 -пропорциональном счетчике с рабочим объемом 1,5 л. Чистый счет современного углерода в этом счетчике при давлении CO_2 2 атм. давал 16,2 имп/мин. Фон счетчика 6,3 имп/мин при том же давлении. Все измерения приведенных образцов сделаны с точностью $\pm 0,5\%$, т. е. с такой же точностью, как в цитированной выше работе (¹). Результаты приведены на рис. 2, где в верхней части показано изменение активности C^{14} в годовых приростах для дерева из района Тунгусской катастрофы. Как видно из полученных данных, нами также не обнаружено увеличения содержания C^{14} в 1908 и 1909 гг. на расчетные 7%. Флуктуации активности C^{14} в атмосфере в 1907—1910 гг. относительно выбранного стандарта находятся в пределах около $\pm 1\%$, причем максимальное отклонение относится к 1908 г. Чтобы наши данные можно было сопоставлять с данными любой радиоуглеродной лаборатории, на рисунке нанесена измеренная нами активность щавелевой кислоты NBS.

Для этой серии образцов были выполнены масс-спектральные измерения отношений стабильных изотопов углерода *. Современный эталон по C^{14} в нашей лаборатории — береза конца XIX в. — при сравнении со стандартом для стабильных изотопов углерода (PDB) показал величину $\delta C^{13} - 2,59\%$. Для годовых колец 1885—1890, 1907, 1908, 1909 и 1910 гг. δC^{13} соответственно имели отклонения $+0,04, +0,02, -0,06, +0,06, -0,07\%$ относительно δC^{13} лабораторного эталона (березы). Активность годовых колец 1894, 1901 и 1913 гг. на рис. 2 не приводится, так как для них не было проведено масс-спектральных определений, однако следует указать, что концентрация C^{14} в эти годы не превышала уровня 1909 г. Отсутствие значительных отклонений в изотопном составе стабильных изотопов позволило заключить, что изотопное фракционирование не может быть причиной увеличения активности C^{14} в 1908 г.

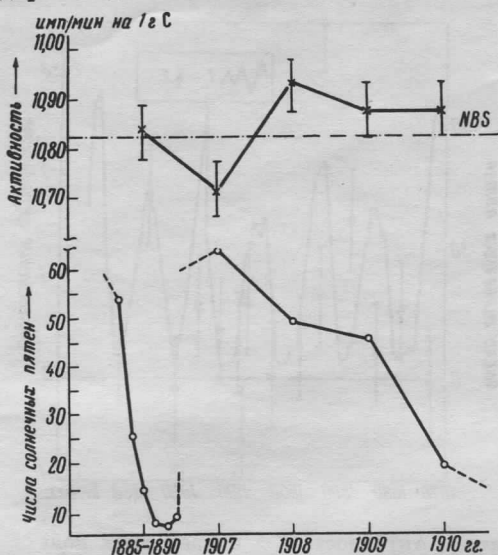


Рис. 2. Изменение концентрации C^{14} в годовых приростах листовницы из района Тунгусской катастрофы

и др., то количество C^{14} в 1907—1910 гг. возрастет на $0,3\%$ относительно 1885—1890 гг.

Исследования последних лет годовых приростов в деревьях возраста от нескольких тысячелетий до времени начала ядерных испытаний показали, что вариации концентраций C^{14} в атмосфере достигали даже нескольких процентов. Kigoshi и Tomikura (7) изучали концентрацию C^{14} за период с 1782 по 1950 гг. и нашли, что количество радиоуглерода за эти 170 лет было постоянным в пределах 2% . Аналогичные исследования проводились одновременно тремя радиоуглеродными лабораториями (Англия, Дания, ФРГ) на одном материале — древесных кольцах секвой — за период 1300 лет. Концентрация C^{14} относительно 1859 г. колебалась в пределах $\pm 2\%$ (8). Наконец, исследования Suess (9), охватывающие интервал времени около 3000 лет, обнаружили колебания в концентрации C^{14} вплоть до 4% .

Увеличения концентрации C^{14} в 1909 г., полученные в исследованиях американских ученых, и в 1908—1909 гг. — в наших исследованиях, — укладываются в пределы флуктуаций в рассмотренных выше работах. Поэтому, по-видимому, нет оснований связывать такие увеличения, имевшие место многократно на протяжении последних 3000 лет, с происхождением Тунгусского метеорита как антитела.

De Vries и Stuiver (10-13) указали на существование связи между изменением концентрации C^{14} в атмосфере и солнечной активностью. Эту зависимость удобно изучать за последние 200—300 лет, когда после изобретения телескопа появились записи числа солнечных пятен. Итогом исследований этих ученых явился вывод о существовании антикорреляции между числом солнечных пятен и концентрацией C^{14} : в периоды максимальной деятельности солнца обнаруживается уменьшение концентрации C^{14} , а в

* Масс-спектральные определения C^{13}/C^{12} выполнялись В. А. Гриненко.

периоды спокойного солнца, наоборот, увеличение его. Последнее обстоятельство связано с изменением потока космических лучей в зависимости от магнитного поля Солнца — Земля. Учитывая антикорреляцию между числом солнечных пятен и количеством C^{14} в атмосфере и годовых приростах древесины, в нижней части рис. 2 нанесены числа солнечных пятен в исследуемые годы (14). Никаких резких нарушений в деятельности солнца в эти годы не отмечалось, поэтому ожидать резкого изменения концентрации C^{14} в связи с солнечной активностью не следует.

Venkatavaradan (15) сопоставил данные, приведенные на рис. 1, по концентрации C^{14} в годовых кольцах, с числом солнечных пятен. Эта взаимосвязь показана на рис. 3. Здесь рассмотрен более широкий интервал времени, чем на рис. 2, поэтому антикорреляция видна отчетливее. Но даже в этом случае наблюдается несоответствие между максимальной концентрацией C^{14} в 1909 г. и числом солнечных пятен, которое не было минимальным. Рост количества C^{14} в 1908 и 1909 гг. может быть связан либо с вековым циклом изменений солнечных пятен, либо с изменением скоростей обмена в природных резервуарах и другими (16) природными явлениями.

Если признать, что увеличение концентрации C^{14} обязано аннигиляции антивещества, то избыток числа атомов C^{14} будет наблюдаться и в последующие годы, поскольку период полувыведения CO_2 из атмосферы $t_{1/2} = \tau \ln 2$, где τ — среднее время жизни молекулы CO_2 ($\tau = 6$ лет). Это значит, что через ~ 4 года в атмосфере должна остаться половина количества C^{14} от уровня 1909 г. Однако уже в 1910 г. американские ученые обнаружили резкое уменьшение концентрации C^{14} .

На основе всех приведенных данных и обсуждений было бы неосторожно утверждать, что Тунгусская катастрофа связана с вторжением антивещества в атмосферу Земли.

Институт геохимии и аналитической химии
им. В. И. Вернадского
Академии наук СССР

Поступило
15 III 1966

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 С. Cowan, С. R. Atluri, W. F. Libby, Nature, 206, № 4987, 861 (1965).
- 2 А. П. Виноградов, А. Л. Девирц, Э. И. Добкина, ДАН, 137, № 3, 688 (1961).
- 3 А. П. Виноградов, Изв. АН СССР, сер. геол., № 1, 7 (1966).
- 4 К. П. Флоренский, Метеоритика, № 23, 3 (1963).
- 5 А. П. Виноградов, А. Л. Девирц др., Геохимия, № 5, 387 (1962).
- 6 А. Л. Девирц, Э. И. Добкина, Н. Г. Маркова, В кн.: Палеогеография и хронология верхнего плейстоцена и голоцена по данным радиоуглеродного метода, «Наука», 1965, стр. 132.
- 7 К. Kigoshi, Y. Tomikura, Bull. Chem. Soc. Japan, 33, № 11, 1576 (1960).
- 8 Е. Н. Willis, H. Tauber, K. O. Münnich, Radiocarbon Suppl., 2, 1 (1960).
- 9 Н. E. Suess, J. Geophys. Res., 70, № 23, 5937 (1965).
- 10 H. de Vries, Proc. Koninkl. Ned. Akad. Wetenschap, B-61, № 2, 1 (1958).
- 11 Г. Фриз, В кн. Геохимические исследования, М., 1961.
- 12 M. Stuiver, J. Geophys. Res., 66, № 1, 273 (1961).
- 13 M. Stuiver, Science, 149, № 3683, 533 (1965).
- 14 Д. Г. Мензел, Наше Солнце, М., 1963.
- 15 V. S. Venkatavaradan, Nature, 208, № 5012, 772 (1965).
- 16 Б. П. Константинов, Г. Е. Кочаров, ДАН, 165, № 1, 63 (1965).

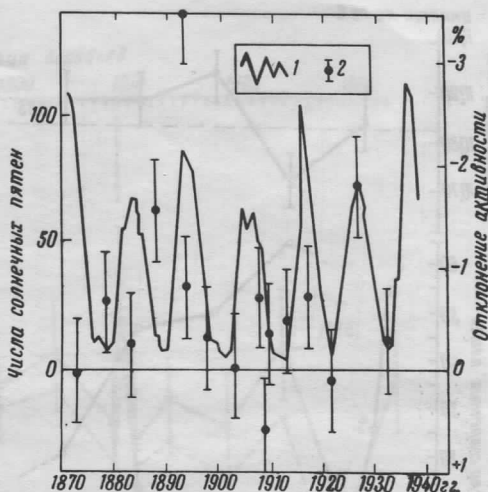


Рис. 3. Активность C^{14} в древесных кольцах (2) и числа солнечных пятен (1)