

КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ, СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И ПОТОК НЕЙТРИНО ИЗ СОЛНЦА

Г.А.Базилевская, Ю.И.Стойков, Т.Н.Чаряхчян

Найдена значимая корреляционная связь между потоком нейтрино, ν , в установке Дэвиса, солнечной активностью и космическими лучами. Из наличия этой связи следует, что в 1981 – 1982 гг. должен наблюдаться малый поток ν с ростом в последующие годы. В октябре 1981 г. могло наблюдаться повышение потока ν в связи с мощной вспышкой космических лучей на Солнце.

1. С начала эксперимента Дэвиса по детектированию потока ν из Солнца прошло более 10 лет^{1,2}. Средняя за этот период величина скорости образования атомов ^{37}Ar за сутки (в результате реакции $^{37}\text{Cl}(\nu, e^-)^{37}\text{Ar}$) равна $Q = 0,40 \pm 0,06$, что примерно в три раза ниже ожидаемой согласно расчетам из стандартных моделей Солнца².

В работе^{1,2} приведены значения Q за 1970 – 1980 гг. Интересно рассмотреть крупномасштабные по времени изменения этой величины и ее возможную связь с солнечной активностью и космическими лучами. В качестве параметров солнечной активности и интенсивности космических лучей были выбраны число групп пятен на Солнце, η , и поток космических лучей в максимуме кривой поглощения в стратосфере, N_m ^{3,4}. Усредненные годовые значения Q , η и N_m , изображены на рис. 1. Значения Q находились по формуле $Q = \frac{\sum_i Q_i t_i}{\sum_i t_i}$, где

Q_i – значение Q в i -ом сеансе согласно^{1,2}, t_i – длительность сеанса. Можно видеть, что временной ход этих величин подобен. Для выявления связи между Q , η и N_m рассчитывались взаимные коэффициенты корреляции r между годовыми средними этих величин, причем массив данных Q был взят за период 1970 – 1980 гг., а коррелируемые с ним массивы данных η и N_m сдвигались по времени. На рис. 2, а, б показаны рассчитанные значения r в зависимости от величины временного сдвига. Максимальные значения r следующие: $r(Q, \eta) = -0,65 \pm 0,17$ при запаздывании временных изменений Q по сравнению с η на $\Delta T = 0,5 \div 1$ год (рис. 2, а); $r(Q, N_m) = 0,67 \pm 0,17$ при $\Delta T = 0$ (рис. 2, б); $r(N_m, \eta) = -0,75 \pm 0,13$ при запаздывании временных изменений N_m по сравнению с η на $\Delta T = 0,5 \div 1$ год.

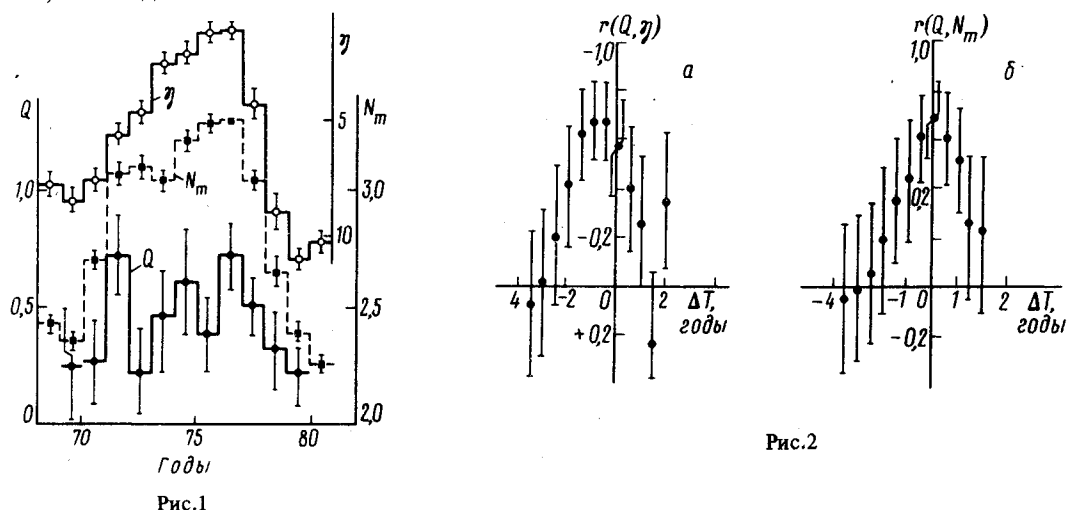


Рис. 1. Временной ход годовых значений скорости образования атомов ^{37}Ar за сутки, Q (темные кружки), среднесуточного числа групп солнечных пятен, η (светлые кружки, масштаб обратный), среднесуточного потока галактических космических лучей, N_m (квадратики); ошибки – среднеквадратичные.

Рис. 2. Коэффициент корреляции r между Q и η (а), и между Q и N_m (б) в зависимости от временного сдвига между массивами данных.

Если увеличение потока ν из Солнца с уменьшением солнечной активности можно каким-либо образом связать с процессами внутри Солнца, связь величины Q с потоком космических лучей N_m трудно понять, так как атмосферных ν явно недостаточно для образования измеряемого в эксперименте числа атомов ^{37}Ag . Согласно ⁵ среднее число мюонов, образующихся во всей атмосфере на широте с геомагнитным порогом обрезания $R_k = 2,5$ ГВ, равно $3,6 \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Их средняя энергия $\bar{E}_\mu \approx 470$ МэВ. Отсюда поток ν ($\bar{E}_\nu \approx 200$ МэВ), проходящих через установку Дэвиса: $\phi_\nu = 4\pi \cdot 3,6 = 45,2 \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Даже с учетом роста сечения $\sigma(\nu, n)$ как E_ν^2 вклад в величину Q от атмосферных нейтрино должен быть на $1,5 \div 2$ порядка ниже, чем от солнечных ν .

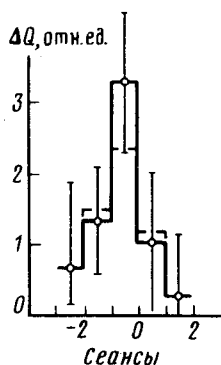


Рис. 3. Эффект возрастания потока солнечных нейтрино во время мощных солнечных вспышек. Пунктир – результат исключения сеанса №27, который дал самое большое возрастание за 1970 – 1976 гг.

2. Для выявления эффекта солнечных вспышек на поток ν экспериментальные значения Q были подвергнуты скользящему сглаживанию по 5 сеансам. Отклонения от сглаженных значений ΔQ_i были обработаны методом наложения эпох. За нулевой интервал были приняты сеансы №19, 21, 27, 30, 42, 51, 52, 54, 55 (нумерация по ^{1,2}), во время которых на Солнце произошли мощные вспышки, генерировавшие протоны с $E_p \gtrsim 500$ МэВ. В приведенной на рис. 3 гистограмме наблюдается пик, приходящийся на нулевой интервал, который включает в себя вспышки солнечных космических лучей.

Этот результат указывает на возможность увеличения потока ν из Солнца во время генерации частиц в мощных хромосферных вспышках и их взаимодействия с солнечным веществом.

3. Выводы: а) поток ν изменяется в противофазе с циклом солнечной активности и запаздывает относительно последней на $0,5 \div 1$ год; б) мощные вспышки космических лучей на Солнце дают увеличение регистрируемого потока ν ; в) наблюдается синфазная корреляционная связь потока ν с интегральным потоком первичных космических лучей ($E_p \approx 1$ ГэВ), которую в настоящее время трудно объяснить; г) согласно установленным закономерностям в 1981 г. величина Q должна быть малой, $Q \approx 0,2 \div 0,3$ атомов ^{37}Ag /сутки, так как солнечная активность была велика. В последующие годы должен наблюдаться спад солнечной активности, рост потока космических лучей и рост потока солнечных ν ; д) величина Q в октябре 1981 г. может быть увеличена так как на Солнце в октябре 1981 г. произошла мощная вспышка космических лучей, генерировавшая протоны с $E_p \gtrsim 1,5$ ГэВ.

Авторы приносят глубокую благодарность И.М.Железным, Г.Т.Зацепину, С.И.Никольскому, А.Е.Чудакову за полезные обсуждения этой работы.

Литература

1. Дэвис Р. Эванс Дж. Труды VI Ленинградского международного семинара "Ускорение частиц и ядерные реакции в космосе", Ленинград, 91, 1974.
2. I.N.Bahcall. v '81 Intern. conf. on neutrino physics and astrophysics, Hawaii, USA, 5; 1981.

3. Солнечные данные. Л.: изд-во Наука; 1968 – 1980.
4. Космические данные. М.: изд-во Наука, 1968 – 1980.
5. *Агешин П.Н., Чарахчьян Т.Н.* Вестник МГУ, 1956, №2, 77.

Физический институт
Академии наук СССР
им. П.Н.Лебедева

Поступила в редакцию
12 февраля 1982 г.