

К ВОПРОСУ ОБ УСКОРЕНИИ МНОГОЗАРЯДНЫХ
ЯДЕР НА СОЛНЦЕ

Д. В. Кутюсова, В. И. Логачев,

Л. А. Разоренов, М. И. Фрадкин

УДК 537.591

Описаны случаи преимущественного ускорения релятивистских многозарядных ядер на Солнце, зарегистрированные во время полета спутника "Молния".

Первые указания на возможность генерации релятивистских многозарядных ядер во время хромосферных вспышек на Солнце были получены в сентябре 1959 г. во время полета второй космической ракеты к Луне /1/. Измерения проводились при помощи плексигласового черенковского счетчика, и энергия регистрируемых ядер превышала 500 Мэв/нуклон. Наблюдался случай увеличения измеряемого потока ядер, возможно, связанный со слабой хромосферной вспышкой. Характерная особенность этого события состояла в преимущественном увеличении потока более тяжелых ядер.

Позже наблюдался ряд таких случаев во время полетов космических кораблей и спутников "Электрон" /2/-/5/.

Наблюдавшиеся случаи сильно различались по амплитуде и по длительности. Некоторые из них сопровождалась хромосферными вспышками или другими проявлениями солнечной активности (например, всплесками радиоизлучения Солнца). Однако часть наблюдаемых событий проявлениями солнечной активности не сопровождалась. В дальнейшем наблюдались случаи генерации во время солнечных вспышек многозарядных ядер в диапазоне энергий 10-60 Мэв/нуклон /6/-/8/. Часто химический состав генерированных ядер повторяет химический состав солнечной атмосферы /6,7/, однако во время некоторых вспышек было обнаружено преимущественное увеличение потока тяжелых ядер.

С целью длительных наблюдений за потоками различных групп ядер на спутнике "Молния-1" был установлен черенковско-сцинтил-

ляционный телескоп. Наблюдения проводились с ноября 1973 г. по ноябрь 1975 г. Хотя в период низкой активности Солнца число всплесков мало, но зато даже случаи с малой амплитудой заметны. Регистрировались ядра с зарядами $Z \geq 1$, $Z \geq 2$, $Z \geq 3$, $Z \geq 8$, $Z \geq 14$ и $Z \geq 21$. Нестабильность работы прибора за год не превышала 10%.

При предварительном просмотре материала было найдено два события, когда интенсивность ядерной компоненты возросла. Одно из них (2 января 1974 г.) длилось около 40 мин. На Солнце в это время никаких видимых проявлений активности не наблюдалось. Прибор зарегистрировал увеличение потоков ядер с зарядом $Z \geq 3$, в то время как потоки протонов и α -частиц не увеличивались (возрастание скорости счета в канале $Z \geq 2$ практически полностью обусловлено вкладом более тяжелых ядер).

Вследствие переполнения каналов счета нельзя установить величину относительного возрастания потоков различных групп ядер. Можно лишь указать нижнюю границу их увеличения. Потоки ядер с $Z \geq 3$, $Z \geq 8$, $Z \geq 14$ и $Z \geq 21$ возросли более чем в 8, 5, 6 и 15 раз соответственно. Если сравнить увеличение регистрируемых потоков этих групп ядер на восходящем участке возрастания, до насыщения, то получим следующие отношения:

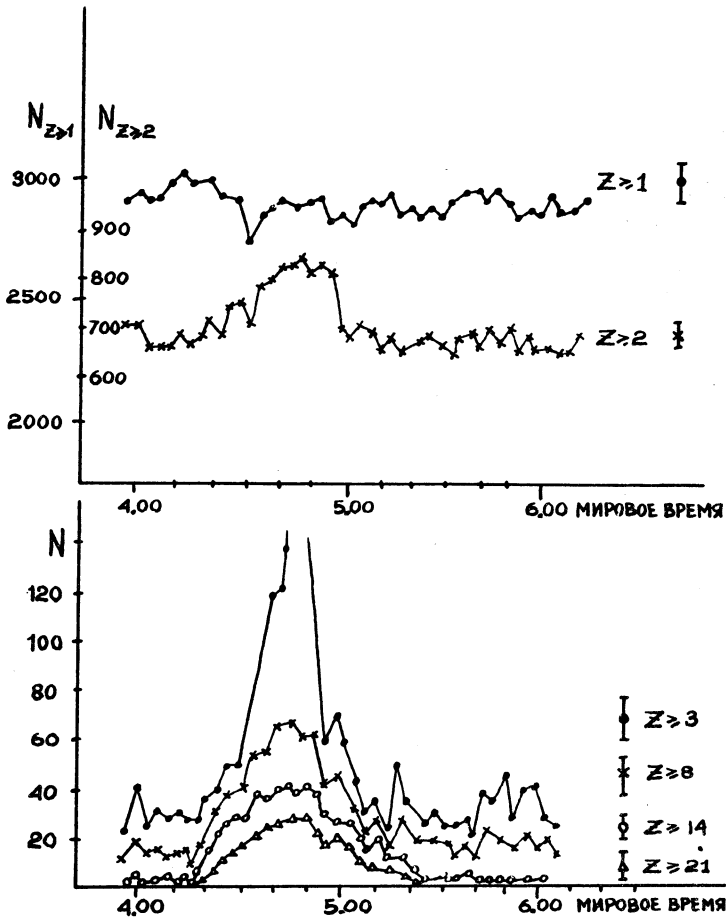
$$Z \geq 8 : Z \geq 14 : Z \geq 21 = 1 : 1,7 : 2,7.$$

На рис. I показана зависимость регистрируемых потоков различных групп ядер от времени.

Химический состав ядер (определенный по восходящему участку) близок к составу, зарегистрированному в /8/.

Другой случай возрастания потоков ядер был зарегистрирован 5 июля 1974 г. Начальный участок события не регистрировался из-за дискретности сеансов связи. Была отмечена повышенная интенсивность ядер в течение часа и резкий спад к нормальному уровню. Скорость счета в каналах $Z \geq 1$, $Z \geq 2$, $Z \geq 3$ увеличилась по сравнению с нормальным уровнем в 2,5; 3 и 5,8 раза соответственно. Каналы регистрации ядер с $Z \geq 8$, $Z \geq 14$ и $Z \geq 21$ переполнились.

По данным аппаратуры, размещенной на спутниках NOAA-2 и NOAA-3, наблюдалось увеличение потоков протонов с энергиями



Р и с.1. Возрастание потоков различных групп ядер, зарегистрированное 2 января 1974 г. В правой части рисунка показаны максимальные ошибки измерений для соответствующих групп ядер, N - скорость счета за опрос (3 мин)

$E \geq 10$, $E \geq 30$, $E \geq 60$ Мэв/нуклон /9/. В то же время на Солнце наблюдалась вспышка класса 2В и всплеск радиоизлучения на частоте 8800 МГц, амплитуда которого достигала $2270 \cdot 10^{-22}$ Вт/м²Гц.

Используя данные /9/ (увеличение потока протонов с $E \geq 30$ Мэв/нуклон примерно в 40 раз) и принимая во внимание возрастание потока протонов с энергией $E \geq 300$ Мэв в 2,5 раза по данным спутника "Молния", можно оценить показатель энергетического спектра протонов во вспышке $\gamma = 1,4$.

Таким образом за годичный интервал времени наблюдались два случая заметного увеличения потоков ядер по сравнению с нормальным уровнем, причем оба события характеризовались преимущественным возрастанием потоков более тяжелых ядер.

Необходимо дальнейшее накопление материала по генерации быстрых ядер на Солнце в различные астрономические периоды и о сопровождающих такие события явлениях (хромосферных вспышках и т.д.)

Обогащенность солнечных космических лучей тяжелыми ядрами может означать или преимущественный выход таких ядер из солнечной атмосферы, или же их преимущественное ускорение /10/.

Поступила в редакцию
13 мая 1975 г.

Л и т е р а т у р а

1. В. Л. Гинзбург, Л. В. Курносова, В. И. Логачев, Л. А. Разоренов, М. И. Фрадкин. Изв. АН СССР, XXVI, № 6, 782 (1962).
2. В. Л. Гинзбург, Л. В. Курносова, В. И. Логачев, Л. А. Разоренов, М. И. Фрадкин. Изв. АН СССР, XXVIII, № 12, 2039 (1964).
3. Л. В. Курносова, Л. А. Разоренов, М. И. Фрадкин. ИСЗ, вып. 12, 31 (1962).
4. Л. В. Курносова, В. И. Логачев, Л. А. Разоренов, А. А. Суслотов, С. И. Сыроватский, М. И. Фрадкин. Космические лучи и ядерные взаимодействия высокой энергии. Труды ФИАН, 46, 226 (1970).
5. С. С. Коняхина, Л. В. Курносова, В. И. Логачев, Л. А. Разоренов, В. Г. Силицына, М. И. Фрадкин. Изв. АН СССР, XXXV, № 12, 2446 (1971).

6. S. Biswas, C. E. Fichtel. Space Sci. Rev., 4, 709 (1965).
7. D. L. Bertsch, C. E. Fichtel, D. V. Reames. GSPC preprint N X-662-71-210 (1974).
8. A. Mogro-Campero, I. A. Simpson. Enrico Fermi Institute Preprint N 71-67 (1971).
9. Solar Geophys. Data N 360-I p. 33 (1974).
10. А. А. Корчак, С. И. Сыроватский. Труды Международной конференции по космическим лучам, т.Ш, Изд-во АН СССР, 1960 г., стр. 216