

УДК 523.165

## ПОИСКИ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ВОЗРАСТАНИЙ ПОТОКА ТЯЖЕЛЫХ ЯДЕР КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ НА ИСЗ «ПРОГНОЗ»

Н. Н. Володичев, И. А. Савенко, А. А. Сулов

(НИИЯФ)

В теории хромосферных вспышек на Солнце значительное место занимает проблема зарядового состава частиц космических лучей, ускоренных во вспышке. Центральным в этой проблеме является вопрос о механизмах ускорения, реализующихся во вспышках.

Согласно теории Сыроватского [1] на Солнце в основном осуществляется кумулятивный механизм ускорения в сложных магнитных полях с нулевыми линиями, когда значительная часть магнитной и кинетической энергии плазмы трансформируется в энергию ускоренных частиц. В этом случае в области кумуляции все заряженные частицы ускоряются безинжекционно независимо от заряда и массы, и зарядовый состав ускоренных частиц отражает состав вещества, характерный для области ускорения. Такие результаты были получены с помощью фотоэмюльсий на баллонах для энергий  $E \geq 50$  МэВ/нуклон во время мощных хромосферных вспышек на Солнце [2].

С другой стороны, на магнитных неоднородностях может происходить статистическое ускорение частиц. При этом если скорость набора энергии частицами сравнима с ионизационными потерями, то не полностью ионизованные атомы оказываются в более благоприятной для ускорения ситуации, чем протоны и электроны. Именно такой механизм преимущественного ускорения тяжелых ядер был впервые предложен в работах [3, 4] для объяснения относительного избытка тяжелых ядер в галактических космических лучах.

Обогащенность тяжелыми элементами, свидетельствующая о реализации в ряде случаев преимущественного ускорения тяжелых ядер на Солнце, была обнаружена в экспериментах [5, 6].

В настоящей работе мы предприняли поиски кратковременных возрастных потоков тяжелых ядер в космических лучах с энергией  $E \geq 500$  МэВ/нуклон по данным измерений, выполненных нами на ИСЗ «Прогноз-2» и «Прогноз-3». Такие возрастания были обнаружены во время полетов первых космических ракет, кораблей-спутников, спутников «Электрон», «Молния-1». Возрастания имели длительность  $\Delta t \geq 10-40$  мин и коррелировали с проявлениями солнечной активности, что привело к предположению [7, 8], что эти возрастания являются результатом генерации ядер на Солнце. Следует, однако, отметить, что вследствие небольшой светосилы приборов [7, 8] амплитуда возрастаний в ряде случаев была настолько мала, что не позволяла считать эти случаи в достаточной мере статистически обеспеченными.

Для наблюдения за потоками протонов и ядер космических лучей с энергией  $E \geq 500$  МэВ/нуклон на ИСЗ «Прогноз-2» был установлен прибор СЭЗ-2, который представлял собой телескоп из двух сцинтилляционных и одного черенковского счетчиков, включенных на совпадения [10]. Телескоп был ориентирован на Солнце и измерял потоки протонов и групп ядер с зарядами  $Z \geq 1; 2; 6; 15$ . При этом для каналов регистрации заряженных частиц с  $Z \geq 1; 2; 6$  геометрический фактор

прибора Г составлял  $5 \text{ см}^2 \cdot \text{ср}$  (использовались тройные совпадения), а для канала  $Z \geq 15$   $\Gamma = 100 \text{ см}^2 \cdot \text{ср}$  (двойные совпадения). Последняя величина в 4—5 раз больше, чем соответствующая величина в экспериментах [7, 8], что, естественно, привело к лучшей статистической

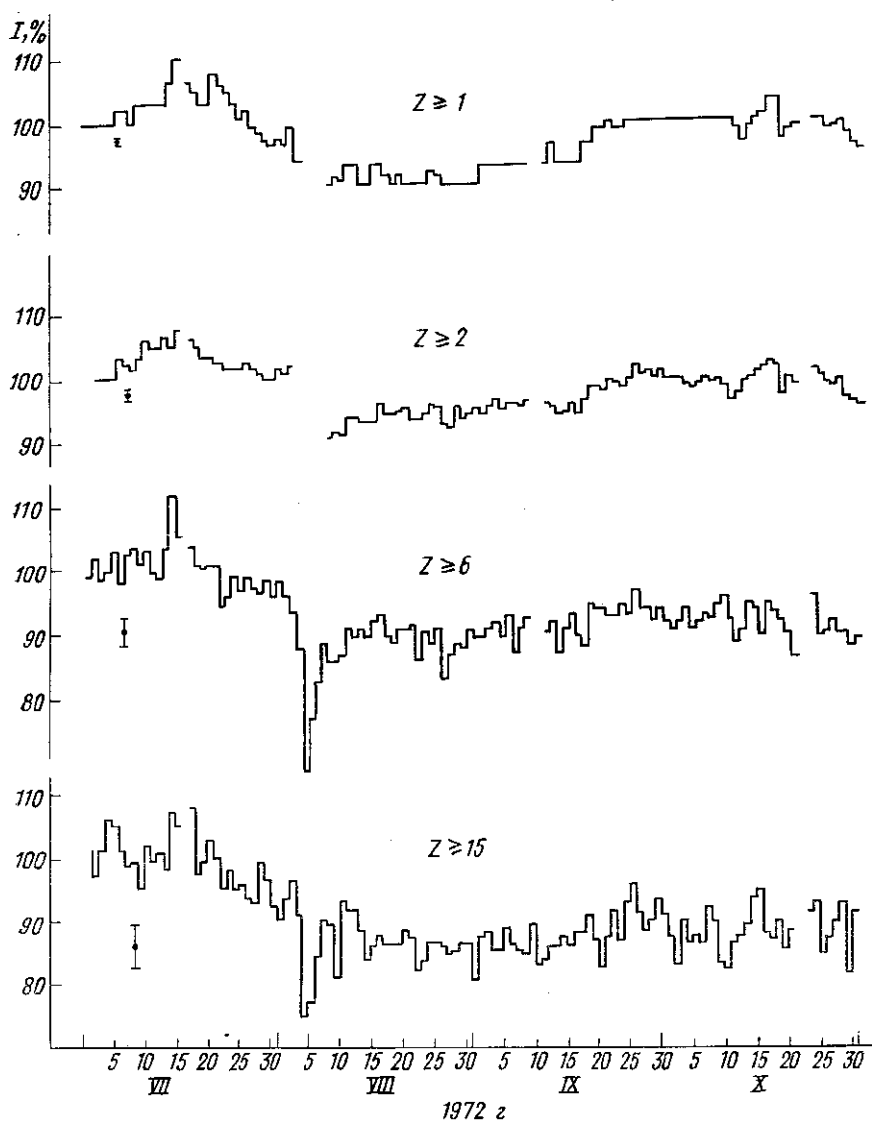


Рис. 1. Вариации среднесуточных значений потоков протонов ( $Z \geq 1$ ) и групп ядер ( $Z \geq 2; 6; 15$ ) по данным измерений на ИСЗ «Прогноз-2»

обеспеченности результатов измерений на ИСЗ «Прогноз» по сравнению с данными [7].

На рис. 1 представлен временной ход среднесуточных значений потоков  $I$  протонов ( $Z \geq 1$ ) и групп ядер ( $Z \geq 2; 6; 15$ ), выраженных в процентах к соответствующим величинам измерений 2—4 VII 1972 г. Приведенные данные охватывают промежуток времени VII—X 1972 г. и показывают, что модуляция протонов и ядер космических лучей происходит одинаково с возможной разницей не более 10%.

На рис. 2 дана более подробная развертка изменения потока ядер с зарядом  $Z \geq 15$  во времени для одного из витков полета ИСЗ «Прогноз-2» за 25—28.VIII 1972 г. При вычислении потока ядер в качестве масштабной длины по временной оси выбирался интервал времени,

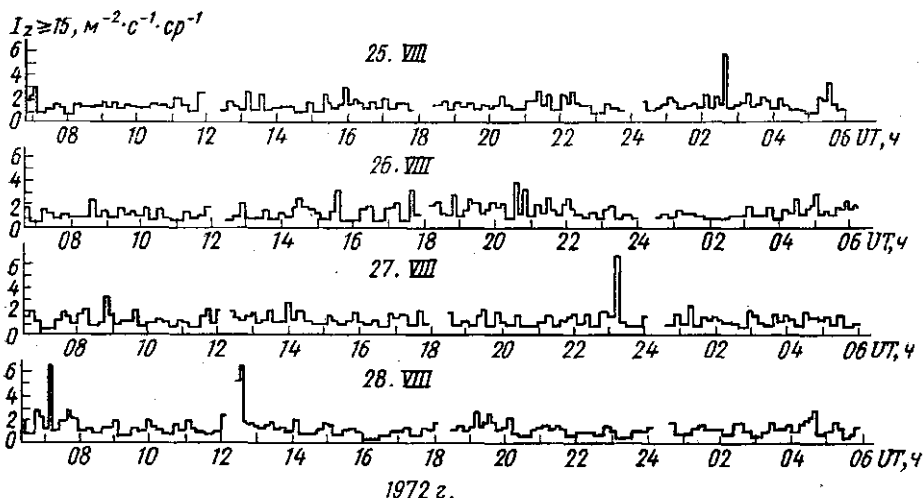


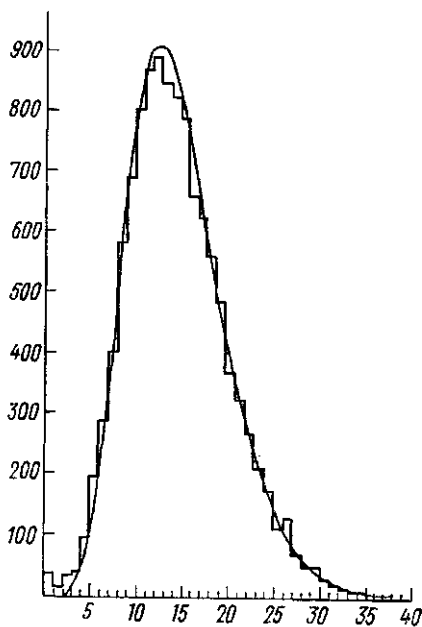
Рис. 2. Изменение потока ядер с  $Z \geq 15$  во времени для одного из витков полета ИСЗ «Прогноз-2»

соответствующий сосчитыванию прибором 8 ядер. Таким же способом были обработаны данные измерений за все время работы прибора ( $\Delta T \approx 4$  месяца). Возрастаний потока преимущественно тяжелых ядер с  $Z \geq 15$ , подобных возрастаниям [7, 8], обнаружено не было.

Расчитанное теоретически согласно [10] ожидаемое распределение временных интервалов за все время полета спутника «Прогноз-2» представлено на рис. 3 сплошной линией.

Особый интерес с точки зрения вопроса о природе кратковременных возрастаний интенсивности преимущественно тяжелых ядер представляют такие события, когда наблюдения проводятся на различных космических аппаратах одновременно. Такой случай представился при полете спутников «Молния-1» [8] и «Прогноз-3» [9]. Установленные на этих спутниках приборы были аналогичны прибору на ИСЗ «Прогноз-2». Время работы спутника «Молния-1» — XI 1973—XI 1974 гг., время работы «Прогноза-3» — II 1973—II 1974 гг.

Рис. 3. Теоретическое (кривая) и экспериментальное (гистограмма) распределения временных интервалов, соответствующих сосчитыванию прибором СЭЗ-2 («Прогноз-2») 8 ядер с  $Z \geq 15$ . По оси ординат — число событий, по оси абсцисс — число циклов длительностью 41 с каждый



Прибор на ИСЗ «Молния-1» 2.I 1974 г. зарегистрировал случай, когда значительно возросли потоки многоядерных ядер, в то время как потоки протонов и  $\alpha$ -частиц не увеличились. Эти результаты, взятые из работы [8], представлены на рис. 4, а, б. Возрастание продолжалось около 40 мин, на Солнце в это время никаких видимых проявлений активности не наблюдалось. В каналах  $Z \geq 3; 8; 14; 21$  скорость счета увеличилась более чем в 8, 5,

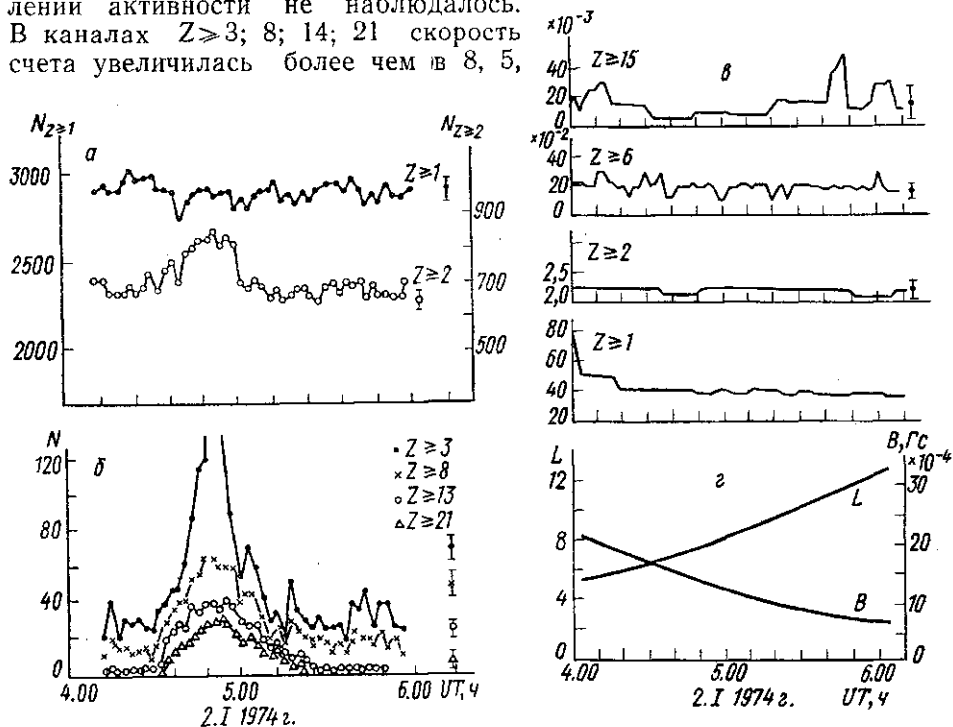


Рис. 4. Изменения потоков протонов и групп ядер по данным ИСЗ «Молния-1» и «Прогноз-3» 2.I 74 г.: а, б — темп счета  $N$  за 3 мин («Молния-1»), в — темп счета за 1 с («Прогноз-2»)

6 и 15 раз соответственно. Анализируя это событие, авторы [8] пришли к заключению, что оно является результатом ускорения преимущественно тяжелых ядер на Солнце.

На рис. 4, в ( $Z \geq 1; 2; 6; 15$ ) приведены результаты измерений потока ядер галактических космических лучей на ИСЗ «Прогноз-3», которые показывают, что никакого возрастания по данным прибора СЭЗ-2 в это время не наблюдалось. На рис. 4, г даны  $LB$ -координаты для ИСЗ «Прогноз-3». Ниже приведены для 04<sup>h</sup>50<sup>m</sup> UT 2.I 1974 г. географические координаты ( $H$  — высота,  $\varphi$  — долгота,  $\lambda$  — широта), местное время  $LT$  и  $LB$ -координаты спутников в момент времени, соответствующий максимуму возрастания по данным ИСЗ «Молния-1».

Спутник	Координаты					
	$H$ , км	$\varphi$ , °	$\lambda$ , °	$LT$ , ч	$L$	$B$ , Гс
«Молния-1»	28000	+94	+61	23	20	0,004
«Прогноз-3»	36300	+34	+28	7	8,1	0,0013

Существенно отметить, что оба спутника: и «Молния-1», и «Прогноз-3» — находились в областях космического пространства, где геомагнитным обрезанием для регистрируемых приборами протонов и ядер космических лучей ( $E \geq 500$  МэВ/нуклон) можно пренебречь. Поэтому возрастание 2.I 1974 г., зарегистрированное на ИСЗ «Молния-1», не может быть связано с генерацией тяжелых ядер на Солнце, и вопрос о его природе остается открытым.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Сыроватский С. И. Астрон. журн., 1966, 43, с. 340; ЖЭТФ, 1966, 50, с. 1133. [2] Biswas S., Fichtel C. E. Space Sci. Rev., 1965, N 4, p. 15. [3] Корчак А. А., Сыроватский С. И. ДАН СССР, 1958, 122, с. 792. [4] Сыроватский С. И. В кн.: Ядерная химия. М.: Наука, 1965, с. 74. [5] Mogro-Campero A., Simpson J. A. Ap. J. 1972a, 157, L 5; Ap. J. 1972b, 177, L 39. [6] Dietrich W. F., Simpson J. A. Ap. J., 1978, 225, L 41. [7] Курносова Л. В. и др. Тр. ФИАН, 1970, 46, с. 226. [8] Курносова Л. В. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 1976, 40, № 3, с. 565. [9] Гольданский В. И., Куценко А. В., Подгорецкий М. И. Статистика отсчетов при регистрации ядерных частиц. М.: Физматгиз, 1959. [10] Блюдов В. А. и др. Геомагнетизм и аэрономия, 1973, 13, № 6, с. 1029.

Поступила в редакцию  
24.09.82

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1983, Т. 24, № 2

УДК 535.417

#### СПЕКТРАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗЕРКАЛ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОДЛОЖКЕ

А. В. Тихонравов

(кафедра математики)

Диэлектрические зеркала на металлической подложке широко используются на практике [1—3]. Однако подробного теоретического исследования их до сих пор не было сделано. В данной работе проводится исследование таких зеркал вблизи центральной длины волны зеркала с учетом поглощения в диэлектрических слоях; показано, что кроме традиционного использования в качестве высокоотражающих покрытий такие системы могут быть применены для решения и другой чрезвычайно важной задачи — создания селективных поглотителей волновой энергии.

Рассмотрим сначала в общем виде систему, состоящую из многослойного диэлектрического покрытия, нанесенного на поверхность металлической подложки с комплексным показателем преломления  $\tilde{n} = n + ik$ . Показатель преломления внешней среды, из которой падает волна, обозначим  $n_0$ . Пусть  $r_1, t_1, r_1', t_1'$  — амплитудные коэффициенты отражения и пропускания диэлектрического покрытия, рассчитанные в предположении, что обе обрамляющие его среды имеют одинаковые показатели преломления  $n_0$  (штрихи относятся к амплитудным коэффициентам для волны, падающей на покрытие в обратном направлении),  $r, t$  — амплитудные коэффициенты этого же покрытия на металлической подложке. Используя общие свойства спектральных коэффициентов [4], нетрудно показать, что

$$r = \frac{r_1 + \rho(t_1 t_1' - r_1 r_1')}{1 - \rho r_1'} \quad (1)$$