

О ГРУППОВОМ УСКОРЕНИИ ЧАСТИЦ В КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Л. В. Курносова, В. И. Логачев, Л. А. Разоренов,
В. Г. Синицина, М. И. Фрадкин, В. С. Чукин

Начиная с 1960 г. в ряде работ¹⁻⁴ регистрировалась повышенная интенсивность заряженных частиц на высотах 200 – 500 км в области пространства, лежащей ниже радиационных поясов. В настоящее время не выяснено, представляет ли этот фон заряженных частиц, превышающий по величине интенсивность космических лучей в несколько раз, пограничную область радиационного пояса, или имеет какое-либо другое происхождение. Нет полной ясности и в вопросе о роде частиц фона: имеются указания, на присутствие как электронов, так и протонов различных энергий. Согласно⁴ в составе фона имеются электроны с энергией $E > 300$ Мэв.

Если существуют механизмы ускорения заряженных частиц, приводящие к "накачке" частиц в радиационные пояса, то они могут обеспечивать также образование фона на высотах 200–500 км. В этом случае можно высказать гипотезу о возможности одновременного ускорения группы частиц в момент осуществления условий, благоприятствующих ускорению (образование сгустка ускоренных частиц – "банча").

Ниже описывается эксперимент, результаты которого можно рассматривать как указание на приемлемость этой гипотезы.

На спутнике "Космос-225" была поднята установка (рис. 1),*) позволяющая выделять электроны (по мощности ливня, развивающегося в свинцовых радиаторах). Анализу подвергались те события, которые соответствовали срабатыванию схемы совпадений СС-1 ($\tau, \approx 0,5$ мксек), т.е. пролету частицы в заданном телесном угле.

По тракту радиотелеметрии передавалась следующая информация: а) величина сигнала в каждом из трех измерительных сцинтилляторов; б) наличие в сц 1 импульса, большего, чем от двух заряженных частиц (α -отметка); в) наличие сигнала в твердом черенковском счетчике ТЧС ("прямые" события, т.е. движение частицы в направлении от Сц I к Сц II); г) полное число заряженных частиц (канал полного счета ПС), запустивших схему СС-2.

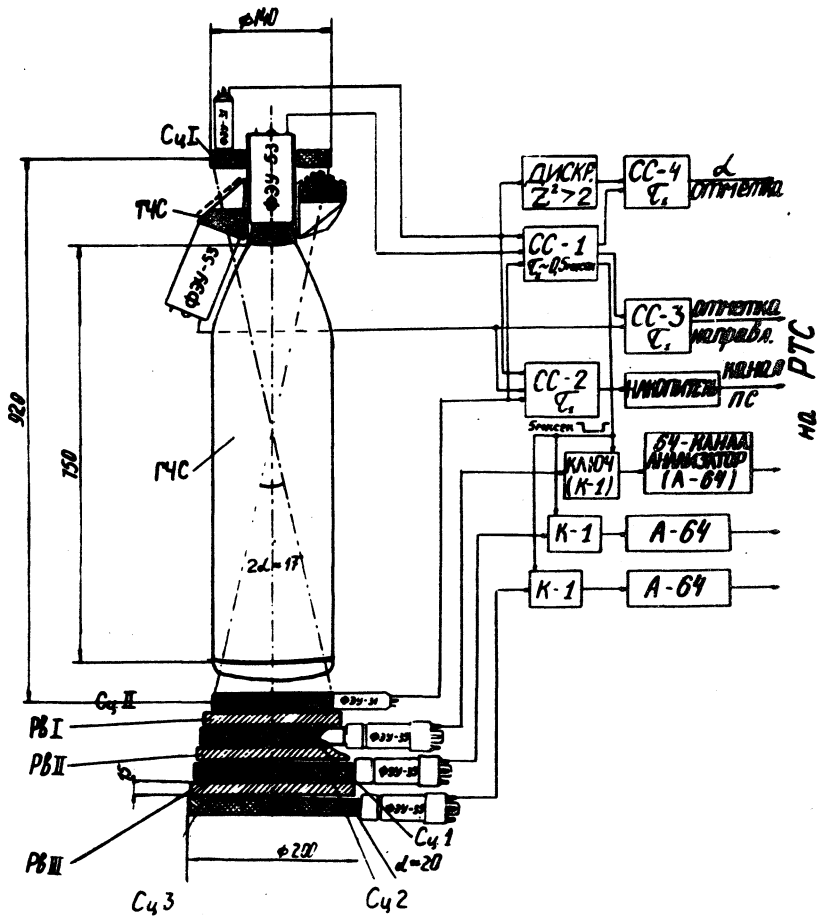
Схема СС-1 срабатывала при пролете электронов с $E_e > 40$ Мэв (пробег $L > 20$ г/см²) и протонов с $E_p > 10$ Гэв (пороговая энергия в газовом черенковском счетчике ГЧС). Схема СС-2 запускалась электронами с $E_e > 40$ Мэв (пробег $L \geq 20$ г/см²) и протонами с $E_p > 0,6$ Гэв (порог ТЧС).

До полета установка калибровалась**) электронами с энергией 600 и 1000 Мэв. Калибровочные кривые и теоретические каскадные кривые показаны на рис. 2.

В таблице 1 приведены основные результаты обработки данных, относящихся к экваториальным районам, за суммарное время 103 мин. Из таблицы 1 видно, что скорость счета в канале ПС примерно в четыре

*) Более подробные сведения об установке содержатся в⁵. Начальные параметры орбиты "Космос-225": апогей 531 км, перигей 275 км, период обращения 92 мин, наклонение $48,5^\circ$, запущен 13 июня 1968 г.

**) Калибровка осуществлялась на ускорителях ФИАН и ХФТИ АН УССР, сотрудникам которых авторы глубоко благодарны.



Р и с. 1. Схема детектирующей части установки и упрощенная блок - схема электронной части.

раза превышает ожидаемую скорость счета протонов космических лучей. Скорость счета "ливневых" событий также в несколько раз выше скорости счета протонов.

На рис.2 нанесены экспериментальные данные о величине энерговыделения δ , под каждым слоем свинца для нескольких групп событий. В группы объединялись события, для которых сумма энерговыделений

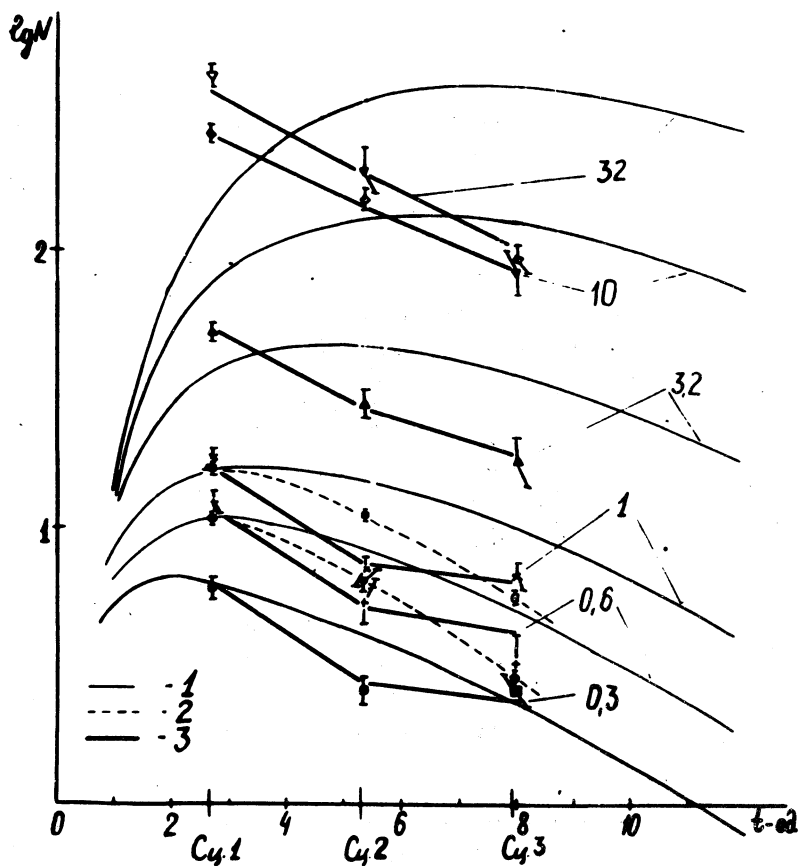
Таблица 1

Скорость счета (имп/мин) в экваториальной области*) на высотах 250 - 500 км.

	В ливневой части				В канале ПС
	"ливневые"		одиночные	Всего	
	полное число	из них α -отм.			
"Прямые" (сигнал в ТЧС)	5,24± 0,91	2,90± 0,22	2,26± 0,20	7,5± 0,4	
"Обратные" (отсутствие сигнала в ТЧС)	3,80± 0,26	1,76± 0,18	1,30± 0,15	5,1± 0,3	
Все события	9,04± 0,40	4,66± 0,29	3,56± 0,25	12,6± 0,5	9,7± 0,3

Максимальная ожидаемая от протонов
(при $j = 200 \text{ м}^{-2} \text{ сек}^{-1} \text{ стер}^{-1}$) - 2,16

ж) Обработка отдельных участков траектории, проходящих в более высоких широтах, обнаружила лишь незначительный широтный эффект.



Р и с. 2. Сравнение экспериментальных результатов с теоретическими каскадными кривыми.

- 1 - каскадные кривые (цифры - энергия первичного электрона E_e , Гэв);
- 2 - данные калибровки;
- 3 - экспериментальные данные (цифры - энергия электрона, соответствующая зарегистрированному суммарному энерговыделению $\Sigma\delta_e$, Гэв).

$\Gamma\delta$, в трех измерительных сцинтилляторах лежала в заранее определенных пределах. Сравнение с каскадными кривыми, соответствующими тем же $\Gamma\delta$, показывает, что при малых энергиях (300 – 600 Мэв) имеет место удовлетворительное согласие, а при больших энергиях наблюдается резкое различие.

Если все кривые снормировать по суммарному энергосделению $\Gamma\delta$ к кривой для $E_e \approx 300$ Мэв, то все экспериментальные кривые лягут близко друг к другу, а теоретические существенно разойдутся. Итак, можно указать на два основных следствия проведенного эксперимента:

1. Относительно высокая скорость счета событий;
2. Несоответствие вида наблюдаемых кривых теоретическим каскадным и сходство наблюдаемых кривых между собой.

Анализ вклада в регистрируемые события продуктов взаимодействия протонов в теле спутника и в веществе ливневой части показывает, что ни количество зарегистрированных событий, ни их характер не могут быть объяснены такого рода процессами.

В качестве одного из возможных объяснений наблюдаемых эффектов мы рассматриваем гипотезу о структурном характере избыточного излучения*) на высотах 200–500 км: заряженные частицы (электроны с $E_e \sim 300$ –600 Мэв, а возможно и с меньшими E_e) движутся в виде некоторого сгустка частиц, названного нами "банчем".

Гипотеза банчей позволяет объяснить полученные результаты следующим образом. Одна из частиц бан-

*) Альтернативная гипотеза – приход на Землю частиц (большой энергии или нейтральных) с весьма малым пробегом для взаимодействия и дающих при этом в одном акте большое число частиц (электронов с $E_e \sim 300$ –600 Мэв) – требует далеко идущих предположений, для чего имеющихся фактов явно недостаточно. Других объяснений наблюдаемых эффектов мы не видим.

ча, пройдя Сц I, ГЧС, Сц II, запускает схему СС-1 и открывает измерительную схему ливневой части на время $\tau_{изм} \approx 5$ мксек $\gg \tau_c$. В результате за время $\tau_{изм}$ на ливневую часть установки могут попасть n , электронов банча, которые создадут n , ливней. Такие "одновременные" ливни сложатся и дадут суммарный сигнал в трех сцинтилляторах, соответствующий одному электрону большой энергии. Однако ясно, что при этом соотношение между сигналами под каждым из слоев Рь будет такое же, как в случае электрона умеренной энергии. Казалось бы, что в случае попадания на установку банча в верхнем сцинтилляторе Сц I также должен был бы возникать сигнал, соответствующий α -отметке. Однако поскольку для формирования α -отметки разрешающее время $\tau_r = 0,5$ мксек, то даже мощный банч не всегда будет сопровождаться α -отметкой. Оценка размеров банча: протяженность более 1500 м, радиус поперечного сечения 10 - 60 км (определяется кривизной электронов в магнитном поле Земли). Плотность частиц в банче $n \approx 3 \cdot 10^{-7} \text{ см}^{-3}$.

Таким образом, гипотеза банчей находится в согласии с результатами эксперимента на спутнике "Космос - 225", и в то же время мы не видим других объяснений совокупности наблюдаемых фактов. Нам представляется, что с точки зрения гипотезы банчей можно объяснить и ряд других результатов измерений на высотах 200 - 300 км, которые не находят объяснения в рамках обычных представлений. Возможно, что процесс группового ускорения частиц характерен вообще для всех областей радиационного пояса. Для проверки этой гипотезы необходимо проведение опыта с аппаратурой, позволяющей анализировать распределение регистрируемых частиц сгустка во времени.

В разработке электронной части прибора принимали участие сотрудники Полярного Геофизического института Кольского филиала АН СССР, которым авторы выражают глубокую благодарность.

Мы благодарны всем принимавшим участие в изготовлении, наладке и проверке приборов, проведении эксперимента и обработке полученной информации.

Авторы также считают своим долгом поблагодарить В. Л. Гинзбурга, Н. А. Добротина, Г. Т. Зацепина, И. И. Иваненко, А. Е. Чудакова за обсуждение результатов и Н. Г. Басова, М. А. Маркова за помощь в реализации эксперимента.

Поступила в редакцию
19 марта 1970 г.

Л и т е р а т у р а

1. Курносова Л. В., Колобянина Т. Н., Логачев В. И. и др. Сб. Искусств. спутники Земли, вып.8, стр. 90, М, 1961.
2. Савенко И. А., Писаренко Н. Ф., Шаврин П. И. Сб. Искусств. спутники Земли. вып.9, стр. 71, М. 1961.
3. Савун О. И. Геомагнетизм и Аэрономия, 9, 145 (1969).
4. Григоров Н. Л., Клинцов Ю. С., Нестеров В. Е. и др. Изв. АН СССР, сер. физ. 30, 1773 (1968).
5. Большев В. А., Капустин И. Н., Курносова Л. В. и др. Препринт ФИАН, 1966.