

ВРЕМЕННОЕ ПОВЕДЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ВТОРИЧНЫХ КОМПОНЕНТ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ВО ВРЕМЯ МАГНИТНОЙ БУРИ 20 АВГУСТА 1979 ГОДА

А.Ф.Июдин, В.Г.Кириллов-Угрюмов, Ю.Д.Котов

Ю.В.Смирнов, В.Н.Юров

Во время полета на высотном аэростате на 46° с.ш. γ -телескопа "Наталия-1" наблюдались квазипериодические пульсации интенсивности электронов, протонов и γ -излучения с периодами $\sim 1,10$ и 30 минут. Одновременно регистрировались резкие всплески интенсивности тех же компонент. В докладе обсуждается временное поведение этих явлений и их связь с процессами в возмущенной магнитосфере.

В течение полета на высотном аэростате в августе 1979 года производились измерения интенсивностей γ -излучения с энергией > 5 МэВ, а также электронов с энергией > 20 МэВ и протонов с энергиями больше 100 и 500 МэВ с помощью γ -телескопа "Наталия-1". Широта измерений соответствует 46° с.ш., а высота полета – 7 г/см^2 остаточной атмосферы.

γ -телескоп "Наталия-1" подробно описан в работе ¹. В течение полета 20 августа 1979 года телескоп работал в двух режимах регистрации γ -квантов. Соответствующие критерии регистрации могут быть записаны следующим образом:

$$M1 = \left(\sum_{i=1}^5 A_i + \bar{C}A_6 \right) (S_{12} \cdot S_{34} \cdot S_{56}),$$

$$M2 = M1 \cdot \check{C},$$

где $S_{12} = C1 + C2$; $S_{34} = C3 + C4$; $S_{56} = C5 + C6$; A_i – антисовпадательные счетчики, $i = 1, 2, \dots, 6$; C_j – пропорциональные счетчики; $j = 1, 2, \dots, 6$; \check{C} – черенковский счетчик. Переключение режимов регистрации осуществлялось в полете в среднем через 8 минут.

Одновременно с γ -излучением регистрировались интенсивности заряженной компоненты космического излучения по трем каналам и число запусков γ -телескопа за время считывания информации с искровых камер.

Загрузки по каналам определяются следующими частицами космического излучения:

I 1 канал: совпадения $A_1 \cdot A_6$ выделяют идущие сверху и снизу электроны с $E_e > 20$ МэВ, протоны с $E_p > 100$ МэВ;

I 2 канал: совпадения $A_1 \cdot A_6 \cdot \check{C}$ выделяют идущие сверху электроны с $E_e > 20$ МэВ и протоны с $E_p > 500$ МэВ;

I 3 канал: загрузка определяется потоками электронов с $E_e > 1,5$ МэВ и протонов с $E_p > 12$ МэВ через поверхность счетчиков A_i , $i = 1, 2, \dots, 6$;

I 4 канал: число γ -событий за время около 2 сек, после каждого срабатывания прибора.

Временные зависимости темпов счета по всем четырем каналам приведены на рис. 1, а для полета 20 августа 1979 г.

Эти данные показывают рост скорости счета по каналам *I* 1, *I* 2, *I* 3 для полета 20 августа. На плавный рост счета по каналам наложены резкие скачки интенсивности. При этом высота полета на плато оставалась постоянной ($7,0 \pm 0,3$) г/см^2 , а геомагнитное обрезание не менялось (смещение аэростата от точки старта за время полета составило 15 км).

Систематические изменения характеристик прибора замечены не были.

Мы думаем, что это повышение интенсивности, связано с активным периодом магнитной бури 19 – 21 августа 1979 ⁴.

По данным магнитных станций Москвы, Тбилиси, Днепропетровска геомагнитная активность 20 августа характеризовалась $\Sigma K = 33; 36$ и 46 соответственно. Магнитограмма показывает резкое уменьшение горизонтальной составляющей магнитного поля (H) для Моск-

вы на величину -180γ в 17.00 UT, затем восстановление значения H , а в 21.00 новое изменение на величину $+60 \gamma$.

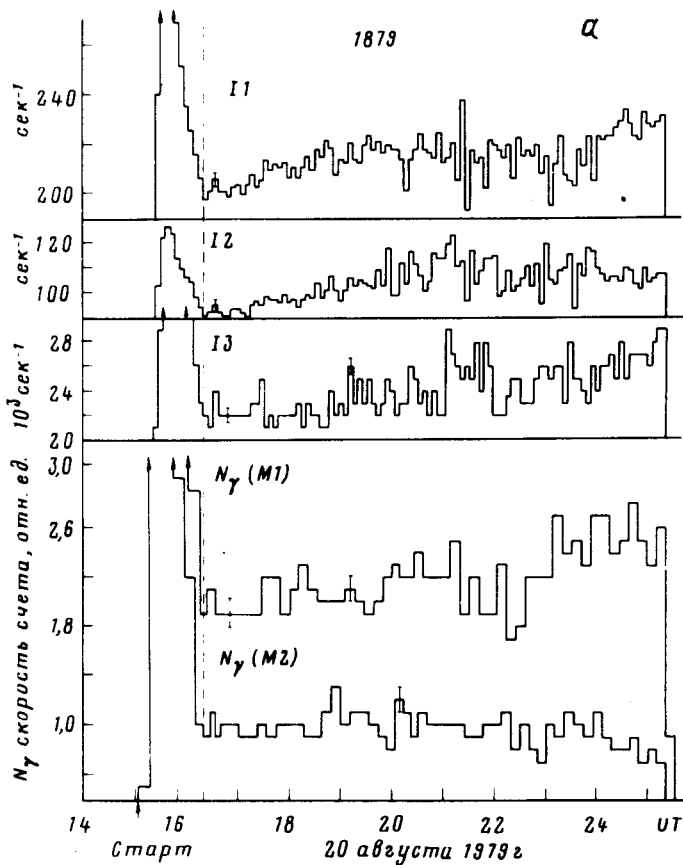
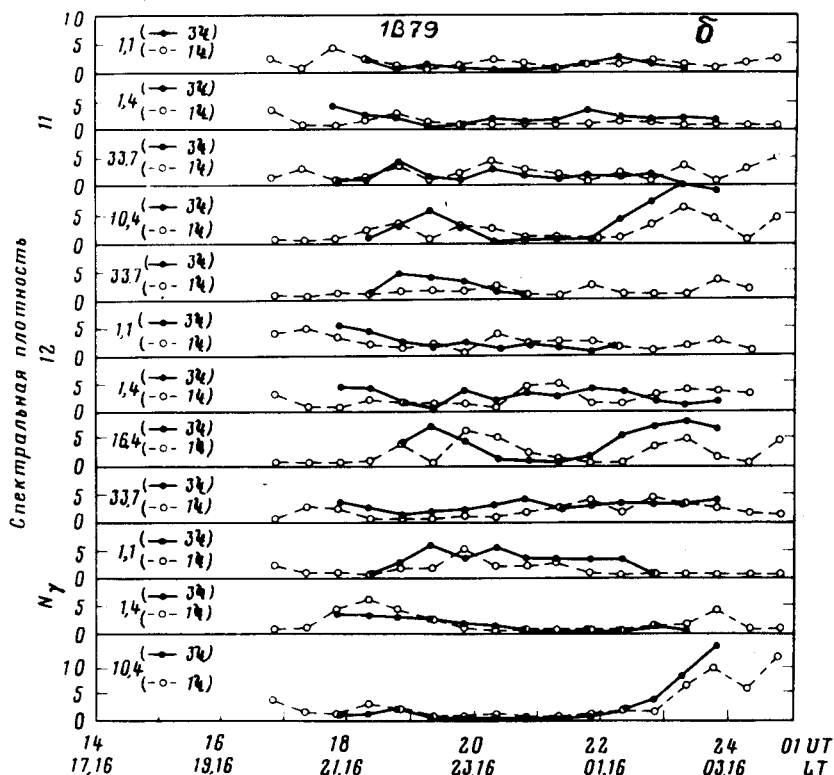


Рис. 1. а – Временная зависимость темпа счета в каналах I_1 , I_2 , I_3 и I_4 (N_γ); б – динамика спектральной плотности квазипериодических пульсаций с периодами 1,1; 1,4; 10,4 и 33,7 мин в каналах интенсивностей I_1 , I_2 и I_4 (N_γ)



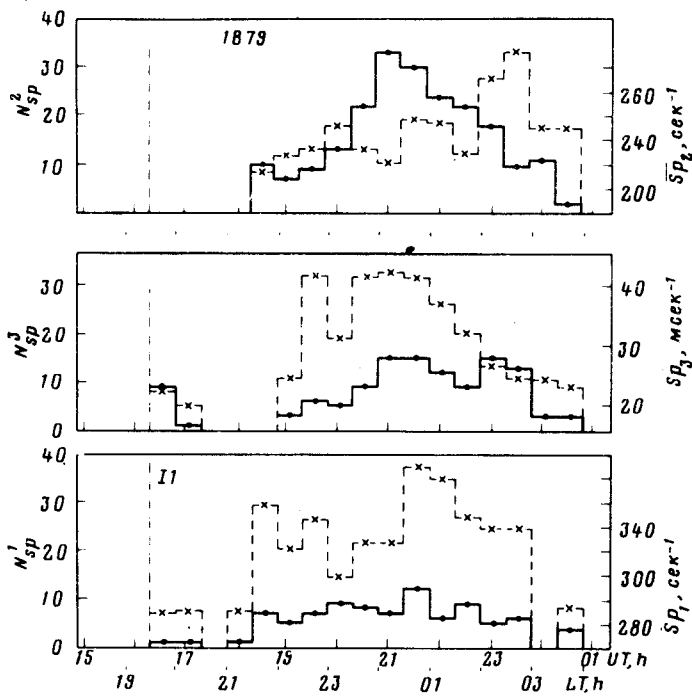


Рис. 2. Зависимость от времени частоты регистрации всплесков интенсивности заряженных частиц (сплошная линия) и их средней амплитуды (пунктирная линия); N_{Sp}^1 , N_{Sp}^2 , N_{Sp}^3 — частота всплесков темпа счета в каналах интенсивметров I1, I2, и I3 соответственно; Sp_1 , Sp_2 , Sp_3 — амплитуда всплеска темпа счета в каналах интенсивметров I1, I2, и I3

Результаты измерений интенсивностей по всем каналам были подвергнуты анализу на наличие периодических по времени пульсаций по методике аналогичной ^{2, 3}. Все данные суммировались по 30 секундным или 20 секундным интервалам в зависимости от того, анализировались ли трехчасовые куски всей экспозиции или одночасовые. Полученные значения подвергались низкочастотной фильтрации и по ним определялась спектральная плотность J_K , как для обычного дискретного фурье-преобразования. Для оценки достоверности результатов использовался метод, предложенный в работе ². Поиск периодических пульсаций проводился в частотном интервале от $1,2 \cdot 10^{-4}$ до $1,6 \cdot 10^{-2}$ Гц.

Для более подробного анализа динамики пульсаций отбирались периоды, для которых спектральная плотность превышала значение 3 более 2,5 часов непрерывно, для двух и более каналов интенсивметров. Такими периодами оказались периоды 1,1; 1,4; 10,4 и 33 мин. Динамика изменений амплитуд пульсаций для отобранных периодов может быть прослежена на рис. 1, б, на котором приведены значения спектральной плотности указанных периодов для интервалов времени 3 часа или 1 час, которые затем последовательным сдвигом на 0,5 часа перекрывают все время экспозиции.

Период 10,4 минуты имеет особенно высокую достоверность и далее мы будем анализировать подробно поведение пульсаций с этим периодом. Для периода 10,4 мин, может быть, существует корреляция с изменением величины горизонтальной составляющей магнитного поля Земли по времени для главной фазы магнитной бури для каналов I1, I2, I3. Повторный рост спектральной плотности для пульсаций с тем же периодом 10,4 мин проявился снова в каналах I1, I2 и в канале I4.

Резонно предположить, что пульсации для 18 — 20 UT объясняются высыпаниями протонов с энергиями $E_p > 500$ МэВ. Количественные оценки дают одинаковые значения для дополнительного пульсирующего потока с периодом 10,4 в каналах I1, и I2 ($\sim 10^2$ част./м² · сек · стерад). Отсутствие в этом случае пульсаций с таким же периодом в γ -канале говорит, что пульсирующая компонента не является электронами с $E_e > 20$ МэВ, а представляет собой, в основном, протоны. Поведение канала I3 не противоречит этому предположению.

Пульсации с тем же периодом, проявившиеся, начиная с 22.00 UT, и максимальные по интенсивности в 24.00 UT, связаны, скорее всего, с высыпанием электронов, носящим перио-

дический характер, поскольку такие же пульсации проявляются в I4 (γ -канале). При этом учитывается, что γ -излучение с $E_\gamma > 5$ МэВ в верхних слоях атмосферы образуется в результате тормозного излучения электронов.

Суммарный поток электронов в магнитоспокойной обстановке на геомагнитной широте 46° с.ш. состоит из электронов повторного альбеда и вторичных электронов, образовавшихся в толще остаточной атмосферы (7 г/см^2 для наших измерений) первичными космическими лучами. В случае магнитного возмущения появляется дополнительный источник электронов, связанный с высыпанием "квазизахваченных" электронов^{5, 6}.

Разделение во времени двух фаз возникновения пульсаций с периодом 10,4 мин — первое проявление 18.00 — 21.00 UT (21.00 — 24.00 LT) и второе 23.00 — 24.00 UT (02.00—04.00 LT) связываемые с протонами и электронами, соответственно, согласуется с гипотезой о разделении в пространстве областей высыпаний. Временная последовательность регистрации связана тогда с вращением Земли. Обращает на себя внимание также симметрия областей пульсаций относительно полуночного меридиана.

Другие наиболее значительные пульсации, зарегистрированные в том же полете, имеют периоды ~ 30 мин и $60 \div 90$ сек. Такой набор периодов — $60 \div 90$ сек, 10 и 30 мин часто регистрируется во время или после магнитных бурь^{11 — 12} в магнитосфере.

Согласно модели Сиско¹³ период 10,4 мин отвечает $P_{\text{сб}}$ типу и имеет максимум амплитуды в плазменном слое, т. е. должен быть наиболее заметен в низких широтах. Полученные нами результаты являются, по-видимому, первыми наблюдениями пульсирующего высыпания электронов с $E_e > 20$ МэВ в средних широтах. Наблюдения высыпаний электронов с $E_e > 7,5$ МэВ в районе Бразильской аномалии приведены в работах^{8, 9} с предположительной периодичностью $25 \div 30$ мин по предварительным данным. Интересно, что высыпанию также предшествовало магнитное возмущение.

Характерный период пульсаций (10,4 мин) близок к наблюдавшимся в магнитосфере после магнитного возмущения в работе¹⁰ и поэтому мы склоняемся к мнению, что наблюдаемые пульсирующие высыпания электронов связаны с возбуждением стоячих резонирующих волн в магнитосфере, на которых происходит рассеяние по питч-углам квазизахваченных электронов в конус потерь.

В том же полете мы наблюдали также узкие $\lesssim 5$ сек и интенсивные всплески в темпе счета I1, I2, I3. Время их появления связано с прохождением полуночного меридиана. Частота появления всплесков от времени приведена на рис. 2. Отношение интенсивности в всплеске к среднему значению $3 \div 6$. Максимум частоты регистрации этих всплесков смещен в утренний сектор. Длительность этих всплесков и локализация их около полуночного меридиана наталкивает на мысль о их связи с ускорением, носящим взрывчатый, импульсный характер.

По-видимому, оба процесса: — импульсное ускорение и квазипериодическое высыпание частиц обусловлены возмущенностью магнитосферы.

Литература

1. Гальпер А.М., Кириллов-Угрюмов В.Г., Котов Ю.Д. и др. "Система для изучения свойств космического γ -излучения с энергией более 1 МэВ". Изв. АН СССР, сер. физ., 1976, 40, 671.
2. Серебрянников М. Г., Первозванский А.А. "Выявление скрытых периодичностей", М.: Наука, 1965.
3. Дженкинс Г.М., Ваттс Д.Г. "Спектральный анализ и его применение", М.: Мир, 1970.
4. Космические данные, месячный обзор №9, август 1979 г. М.: Наука, 1979 г.
5. Гальпер А.М., Дмитренко В.В., Кириллов-Угрюмов В.Г. и др. Труды международного семинара "Генерация космических лучей на Солнце", М.: 1971 г., стр. 456.
6. Воронов С.А., Гальпер А.М., Кириллов-Угрюмов В.Г. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 1974, 38, 1966.
7. Володичев Н.Н., Савенко И.А., Сараева М.А., Сурова Г.М., Шаврин П.И. Космические исследования, 1980, XVIII, 796.
8. Martin I.M., Ray D.B., J.M. da Costa, Palmeira R., Trivedi N.B. Nature.Phys., Sci., 1972, 240, 84.
9. Martin I.M., Ray D.B., Palmeira R., Trivedi N., Abdu M., J.M. da Costa. Nature, 1974, 252, 25.

10. *Fahleson U., Grard R., Madsen M.M. et al.* Pres. at First Intern. Symp. on IMS Results, IAGA Bulletin, №42, 10, 1979.
11. *Cornilleau-Wehrlin N. et al.* Sp. Sci. Rev., 1978, 22, 371.
12. *Perraut S. et al.* Sp. Sci. Rev., 1978, 22, 347.
13. *Siscoe G.L.* Journ. Geophys Res., 1969, 24, 6482.

Московский
инженерно-физический институт

Поступила в редакцию
18 января 1982 г.
