

ПРОТОНЫ И ЭЛЕКТРОНЫ В БРАЗИЛЬСКОЙ МАГНИТНОЙ
АНОМАЛИИ НА ВЫСОТАХ 200-500 КМ

С. И. Никольский, В. Г. Сивичина

УДК 537.591

Приводятся дифференциальный и интегральный энергетические спектры вторичных электронов для области энергий 10-1000 МэВ в районе Бразильской магнитной аномалии.

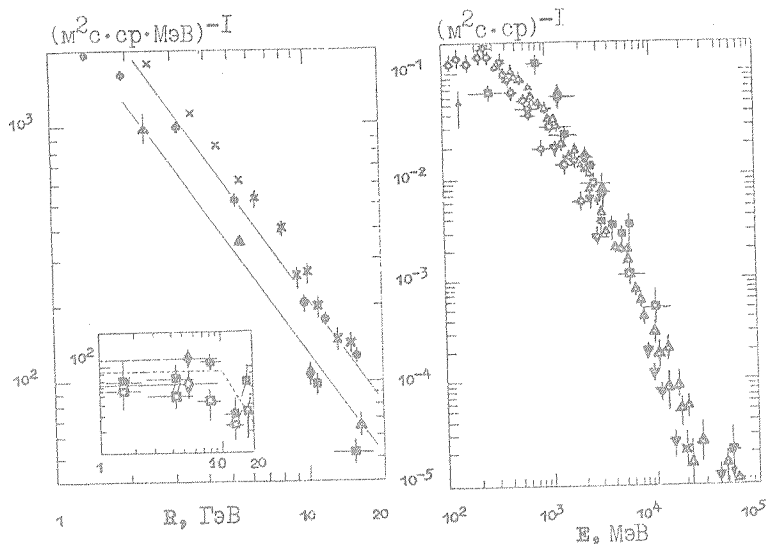
Исследования высокоэнергетичных электронов в околоземном космическом пространстве обычно не включают наблюдений в области Бразильской магнитной аномалии. Лишь в двух работах проводились измерения потоков высокоэнергетичных электронов в аномалии. На спутнике "Космос-490" при измерениях сцинтилляционно-черенковским прибором СЭЗ-II потоки электронов > 80 МэВ в районе Бразильской аномалии для значения параметра Мак-Илвайна L от 1,15 до 1,40 оказались равными потокам альбедных электронов той же энергии, измеренным в районе экватора ($R > 10$ ГэВ) вне Бразильской аномалии [1]. Однако в более поздней работе [2] зарегистрированы повышенные потоки электронов в области Бразильской магнитной аномалии. Сцинтилляционно-черенковский гамма-телескоп "Елена-Ф" на борту орбитального комплекса "Салют-6" - "Союз" - "Прогресс" в 1979 г. в нескольких сеансах измерений при пересечении аномалии показал увеличение темпа счета в каналах, регистрирующих электроны с энергией > 40 МэВ. Максимальная зарегистрированная в области Бразильской магнитной аномалии на высоте 340-350 км ($L = 1,1 - 1,2$) интенсивность электронов с энергией > 40 МэВ в 10-20 раз превышает величину

ну, полученную для приэкваториальной области и равную
 $\sim 200 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1} \text{ ср}^{-1}$.

В данной работе приводятся результаты исследования интенсивности космических лучей в области Бразильской магнитной аномалии на высотах 200–500 км на спутнике "Космос-225" и орбитальной станции "Салют". Проведена идентификация частиц, получены пространственные распределения и энергетические спектры. Измерения выполнены с помощью приборов, состоящих из черенковских и сцинтилляционных счетчиков, показанных на вставках рис. 2 и подробно описанных в /3,4/. Прибор спутника "Космос-225" ($\Gamma = 1,8 \text{ см}^2 \cdot \text{ср}$) состоял из телескопа счетчиков – двух сцинтилляционных С1, С4, твердого черенковского С2, газового черенковского С3 иливневой установки – три сцинтилляционных счетчика С5, С6, С7, каждый из которых располагался под слоем свинца толщиной 1,5 см – 17 г/см² или 2,7 радиационной единицы. Прибор градуировался по мюонам космических лучей и на электронных ускорителях. Градуировки показали, что созданная аппаратура может быть использована для выделения электронов на фоне протонов, измерения их потоков и энергетического спектра. Величина переходного эффекта свинец – сцинтиллятор, полученная в наших измерениях на ускорителе /3/, согласуется с результатами расчета /5/.

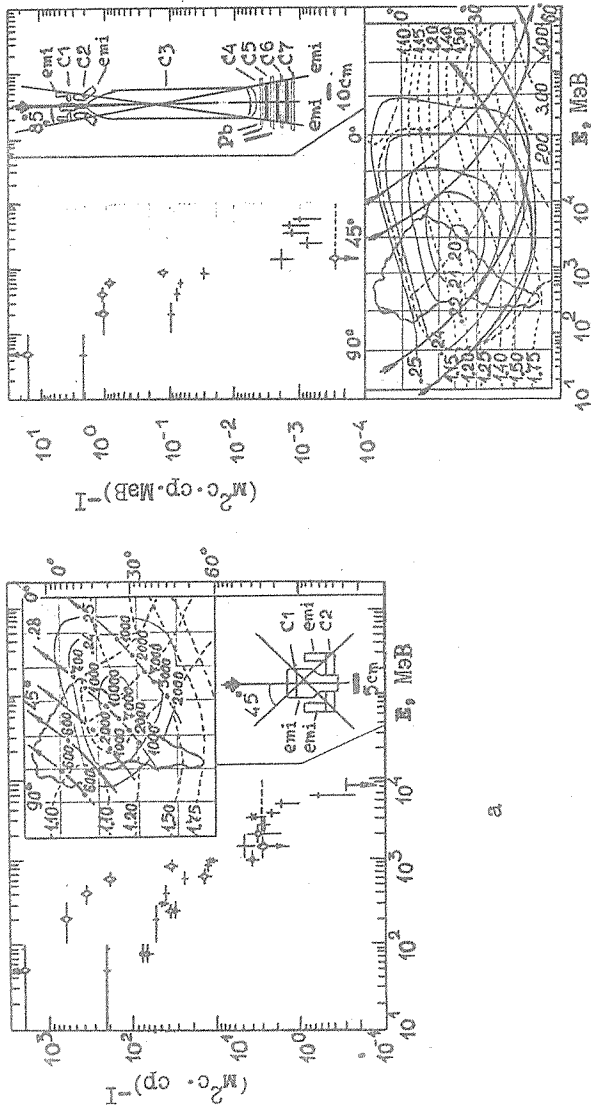
Первичные протоны, проходящие через управляющий телескоп С1, С3, С4 с отметкой о направлении прихода сверху в счетчике С2, должны давать в измерительных счетчиках С5, С6, С7 импульс, соответствующий однозарядной частице, за исключением случаев взаимодействия с веществом фильтра, причем взаимодействия равновероятны (9% от проходящего потока) во всех пластинках фильтра. Измеренный поток первичных протонов (рис. 1а) с $E \approx 11,5 \text{ ГэВ}$ (порог газового черенковского счетчика) составляет $96 \pm 13 \pm 13 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1} \text{ ср}^{-1}$ вне Бразильской магнитной аномалии /3/ и $106 \pm 16 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1} \text{ ср}^{-1}$ в Бразильской аномалии.

Полученный в нашей работе поток первичных протонов в аномалии и за ее пределами согласуется в пределах точности измерений с результатами работы /6/. Значения потоков, приведенных в работах /7,8/, превышают в два раза значение потока, полученное в данном эксперименте.



Р и с. 1 а) Зависимость потока протонов первичных космических лучей от жесткости геомагнитного обрезаия: \diamond "Космос-225" в Бразильской аномалии; \blacksquare "Космос-225" /3/, \triangle /6/, \circ /7/, \times /8/ вне аномалии. На вставке \diamond без учета, \diamond с учетом взаимодействий в фильтре ливневой установки в аномалии; \square без учета, \blacksquare с учетом взаимодействий в фильтре ливневой установки вне аномалии. б) Дифференциальный энергетический спектр электронов первичных космических лучей: \diamond "Космос-225" в Бразильской аномалии; \blacksquare "Космос-225" /3,10/; ∇ , \square , \circ , \times , \triangle , \blacktriangle , ∇ /9/ вне аномалии

Электроны, проходящие через управляющий телескоп С1, С3, С4 с отметкой о направлении прихода сверху в счетчике С2, идентифицируются по электромагнитным каскадам в ливневой установке, соответствующим каскадным кривым в счетчиках С5, С6, С7, полученным при калибровках на ускорителях. Полагалось, что первичными являются частицы, магнитная жесткость которых выше пороговой жесткости геомагнитного обрезаия места измерения. На рис. 1б представлены полученные нами потоки первичных электронов по измерениям в Бразильской магнитной аномалии и вне ее /3,10,11/ совместно с данными других авторов /9/. Потоки первичных электронов данного



Р и с. 2. Интегральный (а) и дифференциальный (б) энергетические спектры вторичных электронов: \diamond "Космос-225", "Салют-1" в Бразильской аномалии; + "Космос-225", "Салют-1" / 3, 10 /, \circ "Космос-490", \bullet "Протон-3", \times "Протон-4" / II / вне аномалии. На вставках показаны трассы пересечения аномалии во время полета спутника "Космос-225", распределение линий равных I и. В и границы $E_{\text{гид}}$ 100 км для высоты 500 км (а) и 220 км (б)

эксперимента согласуются в пределах точности измерений с результатами работ /9/, что свидетельствует о правильности работы прибора и обработки результатов.

На рис. 2 показаны дифференциальный и интегральный энергетические спектры вторичных электронов с энергией 10 - 1000 МэВ в Бразильской магнитной аномалии ($L = 1,1 - 2,0$ и $B = 0,22 - 0,27$) и вне Бразильской магнитной аномалии /3, 10, 11/. Нижний предел значения потоков в интервале энергий 10-100 МэВ получен на основании измерений с черенковско-сцинтилляционным телескопом на борту орбитального комплекса "Союз-1" в 1971 г. Обращает внимание неоднородный вид спектра вторичных электронов в Бразильской магнитной аномалии и резкий обрыв спектра при $E > 1$ ГэВ в отличие от спектра вторичных электронов вне аномалии, где вид спектра спектра определяется спектром электронов альbedo. Полный поток вторичных электронов в диапазоне энергий 100 - 1000 МэВ в Бразильской магнитной аномалии составляет $620 \pm 50 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1} \text{ ср}^{-1}$ и превышает потоки вне Бразильской аномалии в 10 раз.

Авторы благодарят Г. И. Пугачеву за расчетную проверку траекторий захваченных электронов.

Поступила в редакцию
25 апреля 1983 г.

Л и т е р а т у р а

1. Р. Н. Басилова и др., Космические исследования, 12, № 4, 632 (1974).
2. А. М. Гальпер и др., Космические исследования, 19, № 4, 645 (1981).
3. В. Г. Сеницина, Краткие сообщения по физике ФИАН № 5, 32 (1974); Диссертация, ФИАН, 1975 г., В. И. Логачев, В. Г. Сеницина, Изв. АН СССР, сер. физ., 32, 508 (1968)., В. И. Логачев, В. Г. Сеницина, В. С. Чукин, Препринт ФИАН, 1966 г.; Сб. статей "Космические лучи", "Наука", М., 1973 г., с. 207.
4. В. А. Большев и др., Препринт ФИАН, М., 1966 г.
5. А. М. Кольчужкин и др., Изв. АН СССР, сер. физ., 34, 2019 (1970); 35, 2171 (1971).

6. А. Н. Чарахчян, Т. Н. Чарахчян, Геомagnetизм и астрономия, I, № 2, 240 (1970).
7. W. R. Webber, I. F. Ormes, Phys. Rev., 138, 2B, 416 (1975); Proc. Int. Conf. Cosmic Rays, London, 1965, p. 349.
8. Р. Н. Басилова и др., Геомagnetизм и астрономия, I4, 360 (1974).
9. P. Meyer, Ann. Rev. Astron. & Astrophys., 7, 1 (1969); В. И. Зацепин, В. И. Рубцов, Геомagnetизм и астрономия, II, № 3, 417 (1971).
10. В. В. Антоненко и др., Препринт ФИАН № 127, М., 1976 г.
11. Г. И. Пугачева, Диссертация, НИИЯФ МГУ, 1973 г.