

с учетом разрешающей способности данной аппаратуры.) Экспериментальные материалы находятся в стадии обработки и анализа.

В планах отдела космических лучей на ближайшие годы предусмотрены повторные измерения зарядовых и энергетических спектров частиц первичного космического излучения в более широком интервале энергий, до $\sim 10^{15}$ эВ, получение информации о процессах взаимодействия ядер с ядрами при энергиях $E \geq 10$ ТэВ.

Для выяснения природы возможных отличий энергетических спектров отдельных компонент важным было бы изучение спектра электронов в области энергий 1—10 ТэВ. Электроны столь высокой энергии имеют сравнительно малое время жизни из-за потерь на обратный комптон-эффект и синхротронное излучение в магнитных полях Галактики. Поэтому присутствие электронов с энергией 5—10 ТэВ в космических лучах могло бы служить указанием на наличие источника космических лучей «близко» от Солнечной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Вернов С. Н. и др. ДАН СССР, 1949, 68, с. 253. [2] Григоров Н. Л. УФН, 1956, 58, с. 599. [3] Григоров Н. Л., Мурзин В. С., Рапопорт И. Д. ЖЭТФ, 1958, 34, с. 506. [4] Григоров Н. Л., Рапопорт И. Д., Шестоперов В. Я. Частицы высоких энергий в космических лучах. М.: Наука, 1973. [5] Григоров Н. Л. и др. Тр. Междунар. конф. по космич. лучам. Т. 1. М., 1960, с. 140. [6] Григоров Н. Л. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 1971, 35, с. 2434. [7] Григоров Н. Л. и др. Ядерная физика, 1970, 11, с. 1058. [8] Григоров Н. Л. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 1971, 35, с. 2443. [9] Григоров Н. Л. и др. Ядерная физика, 1970, 11, с. 814. [10] Григоров Н. Л., Рапопорт И. Д., Савенко И. А., Скуридин Г. А. Космические исследования, 1964, 11, с. 724; Григоров Н. Л. Ядерная физика, 1976, 23, с. 588. [11] Григоров Н. Л., Шестоперов В. Я. Изв. АН СССР, сер. физ., 1980, 44, с. 512. [12] Вернов С. Н., Григоров Н. Л., Чудаков А. Е. Ядерная физика, 1978, 28, с. 1021. [13] Verhov S. N. et al. Proc. 17th Intern. Cosmic Ray Conf., 1981, v. 8, p. 49. [14] Verhov S. N. et al. Proc. 19th Intern. Cosmic Ray Conf., 1985, v. 2, p. 52.

Поступила в редакцию
07.08.85

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1986, Т. 27, № 1

УДК 523.165

ПЛАНЕТАРНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ВНЕ РАДИАЦИОННЫХ ПОЯСОВ ЗЕМЛИ

Е. В. Горчаков, В. Г. Афанасьев, К. Г. Афанасьев, П. П. Игнатьев,
В. А. Иозенас, М. В. Терновская

В составе космического излучения, существующего вне радиационных поясов Земли, регистрируются вторичные заряженные частицы (в основном электроны и позитроны) с энергиями в десятки и сотни МэВ. Они возникают в веществе атмосферы под действием первичных космических лучей. Большое значение для выяснения механизмов их накопления и потери энергии имеет исследование пространственного распределения этих частиц.

На борту спутника «Космос-900», летавшего по практически круговой орбите на высоте около 500 км, был установлен глобальный счетчик Черенкова [1]. Большой геометрический фактор счетчика ($\sim 0,9$ м²·ср) и хорошее временное разрешение (~ 20 с) позволили с высокой точностью исследовать долготное и широтное распределения заряженных частиц. Прибор работал стабильно в течение всего периода активного существования спутника с марта 1977 г. по октябрь 1979 г., что дало возможность получить статистически обеспеченные результаты в широком диапазоне L -оболочек на различных долготах.

На рис. 1 представлены зависимости скорости счета N первого канала прибора, регистрирующего электроны с $E_e > 15$ МэВ и протоны с $E_p > 400$ МэВ (толстые ли-

нии) от географической долготы Φ для различных L -оболочек в северном полушарии. Для их построения была использована информация (всего было рассмотрено сто витков полета спутника), полученная в геомагнитно-спокойное время. Во всем интервале долгот высота зеркальных точек отражения дрейфовых траекторий была отрицательной и не превышала ~ 500 км, что исключало возможность регистрации захваченного излучения.

Обращает на себя внимание характерный вид полученных долготных зависимостей при $L \geq 1,5$ с двумя максимумами на долготах $80-100^\circ$ и $240-260^\circ$, в то время как на оболочке $L=1,1$ долготная зависимость практически отсутствует. Долготный эффект, определяемый как отношение максимальной скорости счета к минимальной, при $L=1,5$ составляет около 1,2, достигает величины 1,3 при $L=2$ и уменьшается с ростом L до 1,1 при $L=4$.

Отметим особенности долготного распределения интенсивности зарегистрированной радиации. Как оказалось, в северном полушарии величина скорости счета увеличивается с ростом индукции магнитного поля Земли (см. рис. 1, тонкие линии),

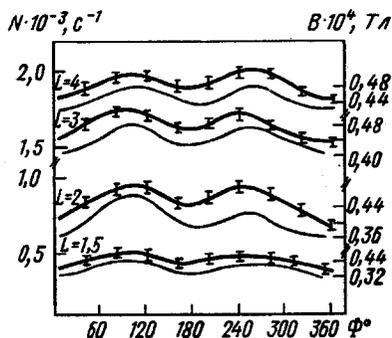


Рис. 1

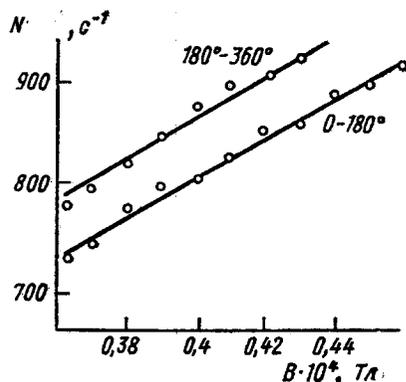


Рис. 2

г. е. зарегистрированная интенсивность имеет обратный высотный ход по отношению к интенсивности в радиационных поясах Земли.

Глобальный счетчик Черенкова на ИСЗ «Космос-900» регистрировал как частицы первичных космических лучей, так и вторичные частицы. Для определения долготного хода вторичного излучения необходимо учитывать вклад первичных космических лучей в общую интенсивность [2]. В первом приближении поток первичных космических лучей на фиксированной L -оболочке не зависит от долготы. В таком предположении долготный эффект для вторичных частиц в северном полушарии при $L=1,5$ составляет $\sim 1,5$, достигает максимума $\sim 1,9$ при $L=2$ и уменьшается до 1,3 к $L=4$.

В общем случае необходимо учитывать изменение интенсивности первичных космических лучей, регистрируемых на каждой долготе при фиксированных значениях L , которое связано с изменениями пороговой жесткости обрезания геомагнитного поля. Оказалось, что на фиксированной ($L=2$) оболочке изменение вертикальной жесткости обрезания может достигать 15% [3].

При учете этого обстоятельства долготный эффект вторичного излучения уменьшается и составляет $\sim 1,2$; $\sim 1,5$ и $\sim 1,3$ для $L=1,5$; 2 и 4. Характер долготного распределения при этом не меняется.

Интенсивность вторичного излучения, зарегистрированная в южном полушарии в интервале долгот $60-300^\circ$, соответствующих $H_{\min} \leq 0$, зависит от долготы в меньшей степени, чем в северном полушарии. Долготный эффект без вычета первичных космических частиц составляет 1,05 на $L=1,5$ и 2,5 и $\sim 1,1$ на $L=2$. Вид долготного распределения, если не учитывать Бразильскую аномалию, аналогичен его виду в северном полушарии.

Отметим, что подобные зависимости интенсивности заряженных частиц от долготы исследовались в работах [4, 5]. Приведенные в них данные о долготном распределении заряженных частиц на малых высотах относятся к электронам с $E_e > 2,5$ МэВ и к протонам с $E_p > 30$ МэВ.

Интенсивность вторичного излучения, вычисленная в предположениях его изотропного распределения и геометрического экранирования первичных космических

лучей Землей, составила ~ 200 ($\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{ср}$) $^{-1}$ для $L=1,1$ и $300-400$ ($\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{ср}$) $^{-1}$ для $L=2$. Сравнение приведенных данных с результатами работ [6, 7] свидетельствует в пользу того, что в состав вторичного излучения, зарегистрированного на спутнике «Космос-900», входят в основном электроны высоких энергий, причем интенсивность протонов с энергией более 400 МэВ и электронов с энергией от 15 до 70 МэВ невелика.

Как уже было отмечено, скорость счета прибора возрастает при увеличении индукции геомагнитного поля. Сказанное иллюстрируется рис. 2, на котором представлена скорость счета первого канала прибора в северном полушарии в различных интервалах долгот при $L=2$ в зависимости от индукции магнитного поля Земли B . Такая зависимость свидетельствует в пользу того, что источником вторичных частиц является земная атмосфера. Подобная закономерность характерна для всех магнитных оболочек, на которых был зарегистрирован долготный ход, причем зависимость интенсивности вторичного излучения от B усиливается с ростом широты для $L=1-4$.

Отсутствие зависимости характера долготного хода на различных магнитных оболочках от местного времени указывает на пространственную природу изучаемого явления. Так как в северном полушарии представленные данные соответствуют дрейфовым траекториям, проходящим через Землю, то регистрируемые частицы не относятся к захваченным. Поскольку источник вторичного излучения находится в атмосфере вблизи Земли, то естественно, что интенсивность этого излучения должна быть максимальной на тех долготах, где наблюдается максимальная величина индукции магнитного поля B на данной высоте. Именно в этих районах дрейфовые траектории поднимаются наиболее высоко, а на соседних долготах (слева и справа) опускаются в более плотные слои атмосферы. Если вторичные частицы (электроны и позитроны) генерируются в атмосфере, то за счет дрейфа по долготе они увеличат интенсивность в районах с максимальным B (при благоприятных условиях в сопряженных точках). Подробно этот механизм обсуждается в работах [4-6].

На рис. 3 представлена широтная зависимость скорости счета первого канала прибора в северном полушарии на различных долготах. При полете спутника в области L -оболочек 3,5-4,5 почти на каждом витке наблюдается максимум (до $\sim 10\%$ от регистрируемого потока [8]), который невозможно объяснить с точки зрения регистрации потока первичных частиц при уменьшающемся пороге геомагнитного обреза. Этот максимум почти всегда отмечается по первому каналу прибора, но когда его величина на определенных долготах возрастает, он становится заметным и в показаниях третьего и пятого каналов аппаратуры. Таким образом можно получить сведения о спектре этих частиц. В случае регистрации электронов интегральный спектр в степенном представлении имеет показатель $\gamma = -0,6 \pm 0,2$, а для протонов $\gamma = -0,3 \pm 0,3$. Пространственное распределение этого излучения аналогично распределению квазизахваченных электронов. Не исключена также возможность регистрации частиц, выпадающих из внешнего радиационного пояса.

Отметим, что протоны от солнечной вспышки 22.XI 1977 г. по данным того же прибора образовывали относительный максимум в этой же области пространства, так что, вообще говоря, причастными к образованию данного максимума могут быть как протоны с энергиями от 400 до 1000 МэВ, приходящие из межпланетного пространства, так и протоны альбеда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Горчаков Е. В. и др. Космич. исслед., 1981, 19, с. 310. [2] Evenson P. et al. In: Proc. 18th Intern. Cosmic Ray Conf., 1983, v. 3, p. 27. [3] Shea M. A. et al. Tables of asymptotic directions and vertical cutoff rigidities. Report air force. Cambridge, 1975. [4] Александров Ю. А. и др. Космич. исслед., 1977, 15, с. 223. [5] Александров Ю. А. и др. Там же, 1980, 18, с. 946. [6] Аверин С. А. и др. Геомагнетизм и аэрономия, 1984, 24, с. 495. [7] Григоров Н. Л. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 1984, с. 2208. [8] Горчаков Е. В. и др. Космич. исслед., 1981, 19, с. 778.

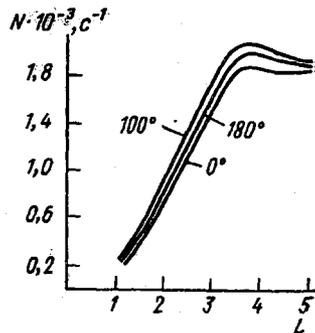


Рис. 3

Поступила в редакцию
24.06.85