

ГЕНЕРАЦИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ПРОТОНАМИ РАДИАЦИОННОГО ПОЯСА В ОБЛАСТИ БРАЗИЛЬСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

С.И. Никольский, В.Г. Сеницина

УДК 537.591

Обнаружено повышенное альbedo электронов с энергией ≥ 100 МэВ в районе Бразильской магнитной аномалии, которое служит источником для захвата и квазизахвата электронов указанной энергии магнитным полем Земли.

Опубликованные результаты [1,2] анализа экспериментальных данных показали повышенную интенсивность потока электронов с энергией ≥ 100 МэВ в радиационных поясах в районе Бразильской магнитной аномалии (рис.1), а также зависимость интенсивности потока электронов от географической долготы места наблюдения к востоку от района магнитной аномалии [5]. Поток электронов на высотах 200-500 км помимо первичных электронов космического излучения содержит вторичные электроны, которые в соответствии с характером их движения в магнитном поле Земли можно подразделить на электроны альbedo, квазизахваченные и захваченные электроны.

Если электроны удерживаются магнитным полем Земли и в своем движении вдоль силовой линии испытывают более одного отражения, но поглощаются при долготном дрейфе вокруг Земли, то их обычно называют квазизахваченными. Захваченные электроны при дрейфе по долготе могут совершить более одного оборота вокруг Земли [6]. Такая классификация вторичных электронов помогает понять механизм формирования их потока [7,8] и проявляется, прежде всего, в пространственных и питч-угловых распределениях.

На рис. 2 показана питч-угловая зависимость величины потока вторичных электронов с энергией ≥ 100 МэВ для внутреннего радиационного пояса Земли ($L=1,1-2,0$). Наблюдаемая полуширина максимума в питч-угловом распределении потока является суперпозицией реального питч-углового распределения и углового разрешения прибора (угол раствора $8,5^\circ$). Такое узкое распределение характерно для захваченных электронов, и расчет вы-

соты точек отражения электронов при дрейфе их вдоль магнитной силовой линии подтверждает это. Поток электронов приpitch-углах $<75^\circ$ представляет собой электроны альbedo. В 5-7 раз больший поток электронов альbedo в районе Бразильской магнитной аномалии означает появление здесь дополнительного потока электронов в результате взаимодействия с ядрами атомов воздуха остаточной атмосферы протонов радиационного пояса, "высыпаний" /9/ протонов в атмосферу.

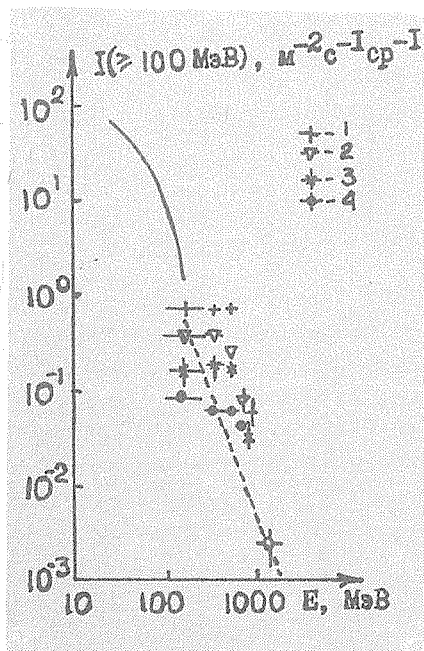


Рис. 1. Дифференциальный энергетический спектр вторичных электронов. Электроны радиационного пояса Земли: 1 – захваченные электроны, 2 – электроны альbedo. Электроны под радиационным поясом Земли: 3 – квазизахваченные электроны, 4 – электроны альbedo. Сплошная кривая – расчет /3/. Пунктир – экспериментальные данные /4/ о спектре вторичных электронов в экваториальной области под радиационными поясами.

Мягкий энергетический спектр захваченных протонов радиационных поясов приводит к эффективной генерации пионов вблизи порога их образования. Как показывает расчет /7/, основной поток электронов от π -м распада ожидается в области энергий ниже 100 МэВ (рис. 2). О большом потоке электронов с энергией ≥ 40 МэВ в районе Бразильской магнитной аномалии сообщалось в работах /10, 12/. В нашей области энергий (≥ 100 МэВ) проявляет себя поток электронов от гамма-квантов π^0 -мезонов, значительно меньший по своей интенсивности, так как помимо взаимодействия протонов в разреженной атмосфере необходимо еще и преобразование гамма-квантов в электронно-позитронные пары. Нестепенной, платообразный характер энергетического спектра электронов альbedo, как и за-

захваченных электронов в области энергий ≥ 100 МэВ (рис.1), как раз соответствует генерации нейтральных пионов вблизи энергетического порога их образования.

Аналогичная картина во внешнем радиационном поясе (рис.1,2), возможно, имеет нестационарный характер, так как использованные здесь экспериментальные данные были получены вслед за мощной солнечной вспышкой, сопровождавшейся возрастанием потоков частиц во внешнем радиационном поясе.

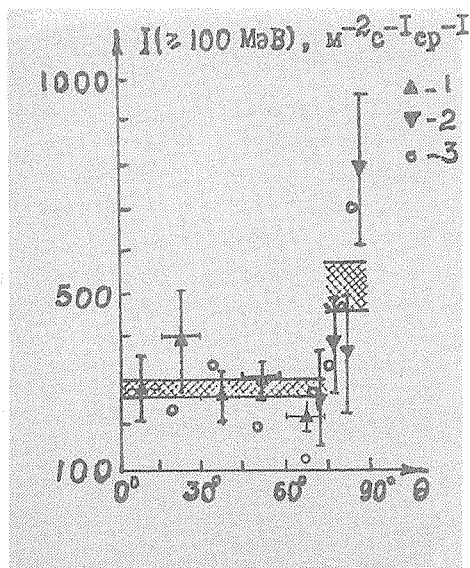


Рис. 2. Питч-угловая зависимость потока вторичных электронов в радиационном поясе Земли. Внутренний пояс: 1 — электроны альbedo, 2 — захваченные электроны. Внешний пояс: 3 — захваченные электроны альbedo.

Повышенный поток электронов альbedo в области Бразильской магнитной аномалии должен отразиться не только на интенсивности потока захваченных электронов в радиационном поясе Земли, но и на потоке квазизахваченных электронов, долготной зависимости интенсивности потока /5/. При этом поток квазизахваченных электронов максимален к востоку от Бразильской магнитной аномалии (рис.3). При своем дальнейшем долготном дрейфе избыток потока квазизахваченных электронов, образованный большим потоком электронов альbedo от протонов радиационного пояса в области Бразильской магнитной аномалии, поглощается, и интенсивность квазизахваченных электронов становится близкой к интенсивности потока электронов альbedo вне области Бразильской аномалии $(50 \pm 5) \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1} \text{ ср}^{-1}$.

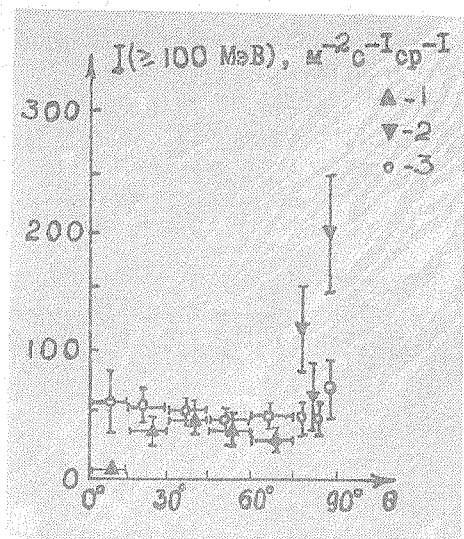


Рис. 3. Питч-угловая зависимость потока вторичных электронов под радиационным поясом Земли 200-500 км. К востоку от аномалии для долгот 70-160°: 1 — электроны альbedo, 2 — квазизахваченные электроны. Все остальные долготы (область аномалии исключена) — 3.

Таким образом, наш анализ экспериментальных данных о потоках вторичных электронов высокой энергии (≥ 100 МэВ) вне радиационных поясов Земли и вдали от Бразильской магнитной аномалии не противоречит как ранее опубликованным данным об альbedo и квазизахвате таких электронов на высотах ниже радиационных поясов, так и предполагаемому механизму их образования [7,8,11].

В районе Бразильской магнитной аномалии, где возможен сток протонов радиационного пояса в атмосферу, вторичные электроны могут образовываться не только первичными космическими лучами, но и протонами радиационного пояса [7], интенсивность потока которых выше, чем космических лучей. Вторичные электроны, образованные в районе магнитной аномалии с соответствующими захвату питч-углами, при своем долготном дрейфе в радиационном поясе уходят из района магнитной аномалии. Их возвращение на высоты с остаточной атмосферой, где они были образованы, происходит лишь после полного оборота вокруг Земли.

Поступила в редакцию 19 сентября 1984 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никольский С. И., Синицина В. Г., Краткие сообщения по физике ФИАН, № 11, 21 (1983).

2. Никольский С. И., Синицина В. Г., Краткие сообщения по физике ФИАН, № 11, 25 (1983).
3. Гусев А. А. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 48, 11, 21 (1984).
4. Курносова Л. В. и др. Труды ФИАН, 88, 143 (1976).
5. Аверин С. А. и др. Препринт ФИАН № 297 (1983).
6. Тверской Б. А. Динамика радиационных поясов Земли, М., Наука 1968.
7. Гусев А. А., Пугачева Г. И. Геомагнетизм и астрономия, 22, № 6, 912 (1982).
8. Григоров Н. Л. Докл. АН СССР, сер. физ., 234, № 4, 810 (1977).
9. Курносова Л. В. и др. Искусственные спутники Земли, вып. 8, 90 (1961).
10. Гальпер А. М. и др. Космические исследования, т. 19, вып. 4, 645 (1981).
11. Григоров Н. Л. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 64, 1672 (1982).
12. Гальпер А. М. и др. Письма в ЖЭТФ, 38, вып. 8, 409 (1983).