523.14

ПЕРВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СПЕКТРЫ ЭНЕРГИЙ МЯГКИХ ЭЛЕКТРОНОВ В «ХВОСТЕ» ЗЕМЛИ

Ниже описываются результаты измерений на спутниках «Вела» (основная цель запуска спутников этой серии — контроль за ядерными взрывами на больших высотах) и «ОГО-3».

Спутники «Вела» 2А и 2В запущены в июле 1964 г. Их орбита почти круговая ((15 ÷ 20)$R_З$; $R_З$ — радиус Земли), но наклонена к эклиптике под углом 60°, так что в хвостовой части орбиты траектория выходит за пределы магнитосферы Земли. Спектры снимались электростатическим анализатором. Принцип действия прибора — различие в угле отклонения частиц неоднородным полем криволинейного (изогнутого) конденсатора в зависимости от их энергии. Анализатор имел 64 ступени и полный диапазон по энергии от 100 *эв* до 18 *кэв*.

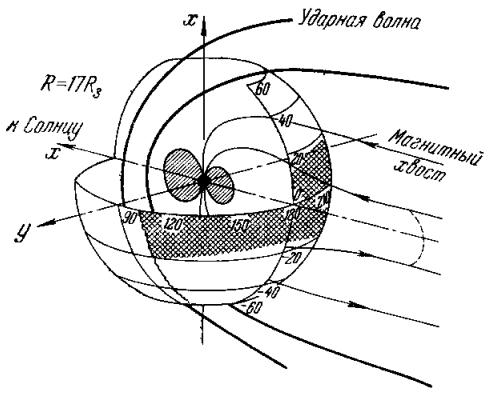

Рис. 1.

Принципиальное значение этих измерений заключается в следующем. Вся совокупность наших сведений о мягких ($E = 1 \div 10$ *кэв*) электронах, полученных из спутниковых измерений последних четырех лет, свидетельствует, что эти частицы ускоряются каким-то механизмом от 10 до $10^3 \div 10^4$ *эв*. Однако разгадать этот механизм пока не удалось, существуют лишь гипотезы и совокупность спектров, полученных на спутниках «Вела» и «ОГО-3»,— наиболее достоверные данные, которым должна удовлетворять будущая теория этого ускорительного процесса.

Первый результат, полученный на спутниках «Вела» (предварительное сообщение [1], более полная статья [2]), таков: в хвосте магнитосферы существует слой плазмы

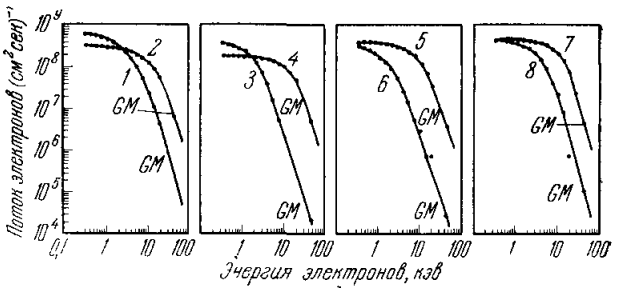

Рис. 2.

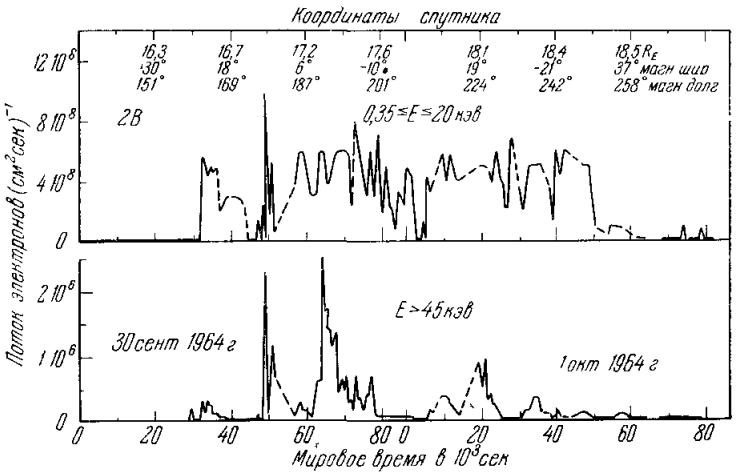

Рис. 3.

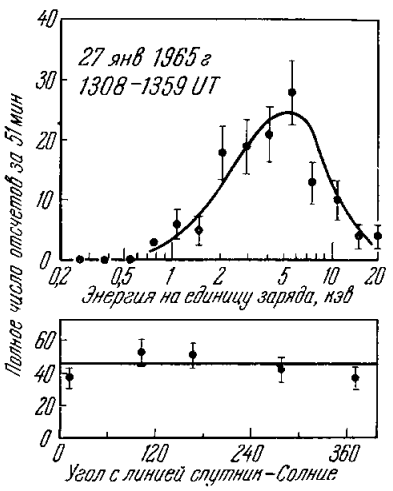

Рис. 4.

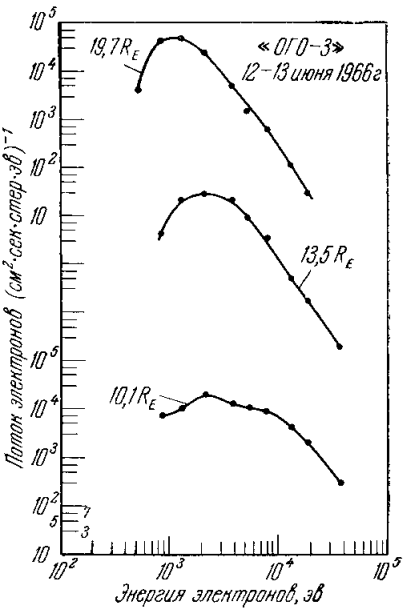

Рис. 5.

высокой энергии (электроны с энергией 1 ÷ 10 *кэв*). Его толщина (4 ÷ 6)R_3. Авторы назвали его «плазменным слоем». Конечно, плазма заполняет собой и все остальные области хвоста, но там ее плотность и энергия меньше, и чувствительности анализатора для ее обнаружения на хватало.

На рис. 1 область, занимаемая плазменным слоем, заштрихована. На рис. 2 показаны интегральные спектры энергий электронов плазменного слоя. Точка *GM* нанесена по показаниям счетчиков Гейгера, регистрировавших электроны с энергиями $\gtrsim$ 45 *кэв*.

Спектры имеют следующие особенности:

1. Чем выше энергия, соответствующая максимуму числа частиц на функции распределения мягких электронов, тем больше также и жестких электронов (с энергиями $\gtrsim$ 45 *кэв*).

2. Когда нет мягких электронов, то отсутствуют также и более жесткие. Обратное неверно — мягкие частицы могут присутствовать и без жестких.

3. Спектры электронов похожи на тепловые, однако термализация не полная: кривая распределения шире максвелловской и имеет, кроме того, немаксвелловский хвост быстрых частиц.

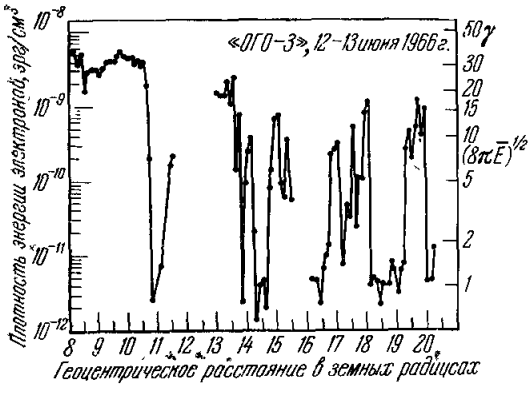

Рис. 6.

4. Поток электронов специфическим образом зависит от времени: он имеет вид «всплесков», аналогичных всплескам энергичных электронов ($E \gtrsim 45$ *кэв*), впервые обнаруженным Андерсоном [3].

На рис. 3 показана временна́я зависимость потока мягких электронов $0{,}35 < E < 20$ *кэв* (вверху) и жестких электронов $E > 45$ *кэв* (внизу). Геоцентрические расстояния в земных радиусах, внизу — мировое время (в 10^3 *сек*). Пунктиром показаны участки траектории, где данных по электронам нет (анализатор фиксировал протоны).

Скорости протонов при тех же энергиях много меньше, чем у электронов, и поток протонов много меньше электронного. Соответственно бо́льшую часть времени анализатор работал в «электронном» режиме. На рис. 4 показан типичный спектр протонов. Как видно, средние энергии электронов и протонов одинаковы ($\sim$ 10 *кэв*).

Измерения на спутниках «Вела» проводит Лос-Аламосская лаборатория Калифорнийского университета. Измерения на спутнике «ОГО-3» проводятся университетом в Айове, где также накоплен большой опыт в измерениях быстрых частиц (с 1958 г. эксперименты Ван-Аллена, Франка). Спутник «ОГО-3» запущен в июне 1966 г. на орбиту с апогеем 128 500 *км* и перигеем 6700 *км*. На нем установлен электростатический анализатор для частиц в диапазоне энергий 500—50 000 *эв* (число ступеней — 30). На рис. 5 показаны спектры с «ОГО-3». Результаты «ОГО-3» дополняют измерения спутников «Вела» в следующем:

1. «Всплеск» на 19,5R_3, спектр которого показан на рис. 6, происходил на расстоянии 12R_3 над нейтральным слоем. Следовательно, нельзя однозначно утверждать, что источником энергии служит аннигиляция геомагнитного поля.

2. За малые интервалы времени (0,1—1 *сек*) поток мягких электронов успевал нарасти не более чем вдвое. Авторы предполагают анализ этих колебаний высокой частоты дать в следующей публикации. Характерное время нарастания флуктуаций — от нескольких секунд до нескольких минут.

М. Г.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. S. Bame et al., Phys. Rev. Letts **16**, 138 (1966).
2. S. Bame et al., J. Geophys. Res. **72**, 113 (1967).
3. K. Anderson, J. Geophys. Res. **70**, 4741 (1965).
4. L. Frank, J. Geophys. Res. **72**, 185 (1967).