

К. И. Грингауз. Характеристики, пространственное распределение и связь с геомагнитными бурями малоэнергичной плазмы в магнитосфере

В обзорном докладе, посвященном малоэнергичной плазме в магнитосфере Земли (с энергиями частиц $\sim 200 \text{ эв} < E < 50 \text{ кэв}$), отмечалось, что развитие экспериментальных исследований магнитосферных частиц малых энергий в 1959—1963 гг. значительно отставало от исследований частиц с субрелятивистскими и релятивистскими скоростями, захваченных в радиационных поясах (на сотни публикаций о радиационных поясах приходилось единицы работ о малоэнергичной плазме, главным образом советских). Сейчас положение существенно изменилось.

Современный этап исследований в области физики магнитосферы Земли (1966—1969 гг.) характеризуется применением на спутниках новых высокочувствительных детекторов для регистрации заряженных частиц малых энергий (каналотронных умножителей) и резким увеличением объема информации, полученной в результате прямых экспериментов в магнитосфере. Эти эксперименты убедительно показали, что как основные особенности структуры магнитосферы, так и такие явления, как магнитные бури и полярные сияния, определяются именно малоэнергичной магнитосферной плазмой и ее конвекцией (крупномасштабными движениями). Частицы, образующие радиационные пояса, являются лишь весьма малой частью заряженных частиц, населяющих магнитосферу, и на структуру магнитного поля в околоземном пространстве влияют мало.

Магнитосфера обладает вытянутым в антисолнечном направлении хвостом с квазистабильной структурой, занимающим область с диаметром $\sim 40 R_E$ земных радиусов и протяженностью, измеряемой миллионами км. Магнитное поле в хвосте, существенно отличное от межпланетного, является результатом наложения на магнитное поле земного диполя магнитных полей, создаваемых достаточно стабильной системой электрических токов, которые могут быть образованы только частицами малоэнергичной плазмы.

Исследования Василюаса (Массачусетский технологический институт, США), проведенные на спутниках ОГО-1 и ОГО-3, подтвердили, что в экваториальной плоскости области существования малоэнергичной плазмы в дневной и ночной частях магнитосферы смыкаются, образуя единую зону (рис. 1). В меридиональной плоскости вблизи Земли слой малоэнергичной плазмы, внутри которого расположен магнитно-нейтральный слой хвоста магнитосферы, по «открытым» (незамкнутым) силовым трубкам попадает в полярные районы ночной части верхней атмосферы (рис. 2).

Обработка энергетических спектров электронов, полученных на спутниках ОГО и «Вела», позволила Василюасу следующим образом определить средние параметры квазизотропных потоков электронов в центре плазменного слоя хвоста магнитосферы:

энергия электронов ~ 1 кэв, концентрация $\sim 0,1-0,3$ см $^{-3}$. Индивидуальные значения энергии электронов и их концентрации могут меняться в несколько десятков раз. Сумма магнитного и плазменного давлений во сечении хвоста магнитосферы постоянна и соответствует давлению солнечного ветра на магнитопаузу (границу магнитосферы).

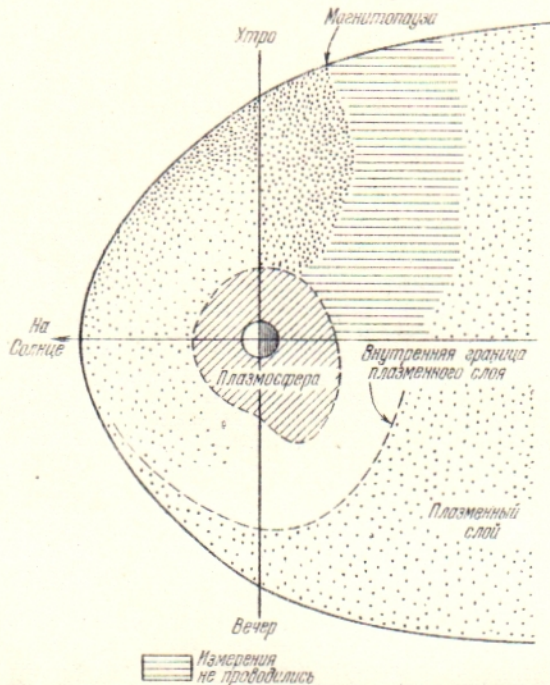


Рис. 1.

Принципиально важным является обнаружение малоэнергичных протонов в магнитосфере Л. Франком (Университет штата Айова, США) в 1966 г. при помощи электростатического анализатора с каналотроном на спутнике ОГО-3. Франк показал, что при геомагнитной буре резко возрастают потоки протонов с энергией < 50 кэв на геоцентрических расстояниях $3-5 R_E$ в экваториальной плоскости, образуя токовое кольцо, создающее бурю.

Ракетные измерения Чейза (США), проведенные непосредственно в полярных сияниях, показали, что энергетические спектры и потоки электронов, создающих сияние, весьма близки к спектрам электронов в плазменном слое хвоста магнитосферы. Василюнас (1969 г.), проектируя на верхнюю атмосферу плазменный слой магнитосферного хвоста вдоль геомагнитных силовых линий, пришел к выводу, что эта проекция совпадает

с овалом полярных сияний Фельдштейна — Старкова.

После доклада были продемонстрированы фильмы с результатами измерений энергетических спектров электронов и протонов с $E < 50$ кэв, проведенных Л. Франком на спутниках ОГО-3 и ИМП-4. Объем научной информации, полученной в этих экспериментах, столь велик, что он не может быть представлен с необходимой степенью

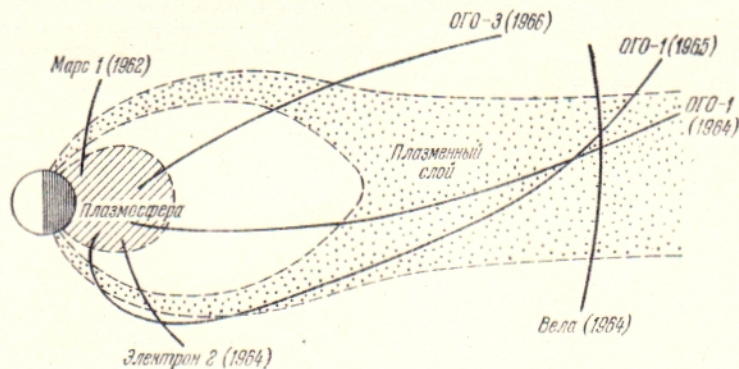


Рис. 2.

детальности и наглядности в общепринятых формах научных работ (например, в виде статьи или отчета). Поэтому результаты упомянутых экспериментов приведены в виде мультипликационного фильма, что позволило отобразить динамику изучавшихся явлений. Для фильма с результатами, полученными на ОГО-3 на одном из оборотов спутника с 13^h30^m UI 14.7.1966 до 15^h21^m UI 16.7.1966 г., использовано 18 000 кадров, отображающих (со скважностью) ~ 550 000 отдельных измерений. На каждом из кадров

приведены положение спутника относительно границ магнитосферы и два одновременно полученных энергетических спектра: электронов и протонов. Скорость передачи информации во время полета ОГО-3 достигала 160 килобит/сек.

Основные материалы доклада опубликованы в журнале «Радиофизика» (Известия высших учебных заведений, т. XII, № 9, стр. 1276 в статье К. И. Грингауза «Мало-энергичная плазма в магнитосфере Земли»).