велик, для объяснения наблюдений можно было бы привлечь более высокие моды, которые имеют меньшие периоды. Однако, если принять эту модель, то трудно понять, почему отсутствует основной период. В наших наблюдениях такой период был бы легко обнаружим, и его отсутствие не может быть приписано эффектам наблюдения. Другая возможность может иметь место при плотности 10^{13} *г·см*$^{-3}$, что соответствует нейтронной звезде. При такой плотности основной период будет порядка 1 *сек*, однако при плотностях, превышающих 10^{13} *г·см*$^{-3}$, период быстро убывает до 10^{-3} *сек*.

Если допустить, что излучение связано с радиальными колебаниями белых карликов или нейтронных звезд, то возможны несколько механизмов, с помощью которых можно объяснить радиоизлучение. Естественно предположить, что радиальные колебания генерируют на поверхности звезды гидромагнитные ударные фронты, которые должны сопровождаться всплесками рентгеновских лучей и энергичных электронов [2, 3]. В этом случае излучение будет напоминать радиовсплески от солнечных вспышек, которые будут охватывать всю поверхность звезды. Такая модель должна быть согласована с тем, что верхний предел размера источника $5\cdot10^3$ *км*, что не противоречит средней величине $9\cdot10^3$ *км*, приводимой для белых карликов Гринстейном [5]. Энергетические требования к такой модели могут быть легко определены, исходя из того, что полная энергия, излучаемая в полосе 1 *Мгц* солнечным всплеском III типа, вызывает требуемый радиопоток в том случае, когда источник удален на расстояние $\sim 10^3$ а.е. Если предположить, что энергия радиоизлучения связана с общей энергией выброса $\sim 10^{32}$ *эрг*[6] так же, как у солнечных всплесков, и предположить еще, что каждый импульс соответствует одному выбросу, то требуемая энергия будет равна $\sim10^{39}$ *эрг/год*. Для расстояния 65 *псек* соответствующая величина будет равна $\sim10^{47}$ *эрг/год*. Было установлено, что нейтронная звезда может содержать в модах колебания $\sim10^{51}$ *эрг*, так что требуемая энергия является, по-видимому, приемлемой, хотя, если учитывать время жизни источника[4], вероятно, должны играть важную роль другие механизмы.

Характерный дрейф частоты излучения напоминает солнечные всплески II и III типов, однако кажется маловероятным, чтобы он происходил таким же образом. Для белых карликов и нейтронных звезд масштаб высоты для любой атмосферы мал, и следует ожидать, что прохождение возмущения вызовет значительно более быстрый дрейф частоты, чем наблюдаемый в действительности. Как уже отмечалось, более вероятная возможность заключается в том, что импульсное излучение претерпевает дисперсию во время прохождения межзвездной среды.

Совершенно очевидно, что для бо́льшего понимания этого поразительного, нового класса радиоисточников, необходимо больше данных наблюдений. Если подтвердится предполагаемое происхождение излучения, то можно ожидать, что прольется свет на свойства компактных звезд, а также на свойства материи с огромной плотностью.

Маллардская радиоастрономическая обсерватория,
Кавендишская лаборатория,
Кембриджский университет, Великобритания

Э. Хьюиш, С. Белл,
Дж. Пилкингтон,
П. Скотт, Р. Коллинс

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. A. Hewish, P. F. Scott, D. Wills, Nature **203**, 1214 (1964).
2. A. G. W. Cameron, Nature **205**, 787 (1965).
3. A. Finzi, Phys. Rev. Lett. **15**, 599 (1965).
4. D. W. Meltzer, K. S. Thorne, Astrophys. J. **145**, 514 (1966).
5. J. L. Greenstein, Handb. Phys., **50**, 161 (1958).
6. C. E. Fichtel, F. B. McDonald, Ann. Rev. Astron. and Astrophys. **5**, 351 (1967).

523.038

НОВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О МЕЖПЛАНЕТНОМ ПОЛЕ И МАГНИТОСФЕРЕ

I. СТРУКТУРА МЕЖПЛАНЕТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ. РАЗРЫВЫ

Среди всех характеристик космической плазмы наиболее точно измеряется в настоящее время магнитное поле. И для количественного описания космической плазмы на уровне дифференциальных уравнений и их решений теория сопоставляется прежде всего с измерениями поля.

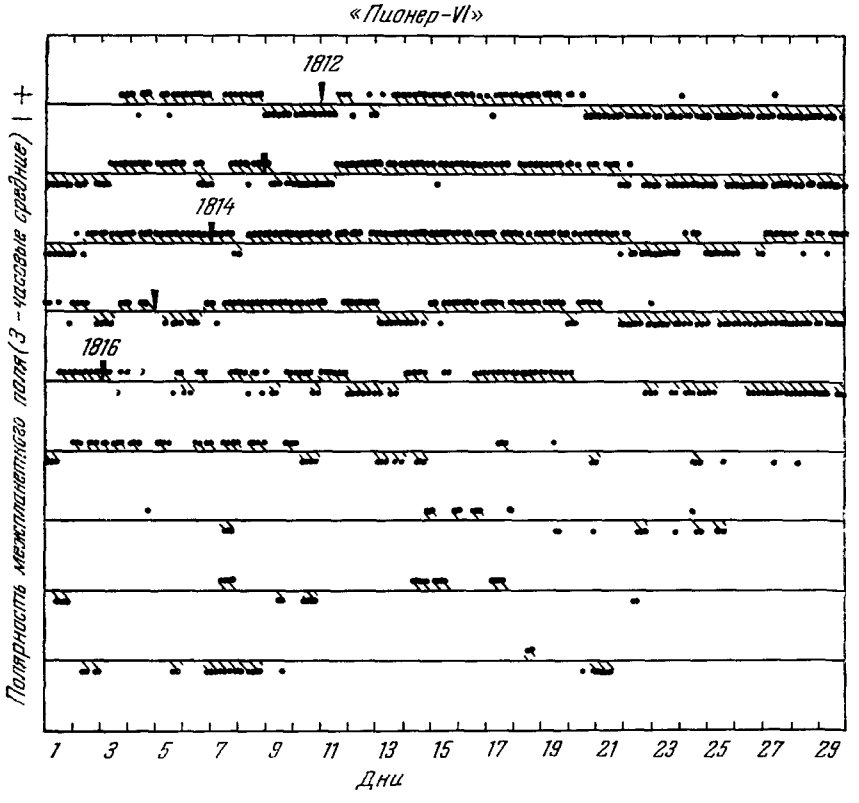
«Пионер-VI»
1812
1814
1816
Полярность межпланетного поля (З - часовые средние) | +
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29
Дни

Рис. 1.

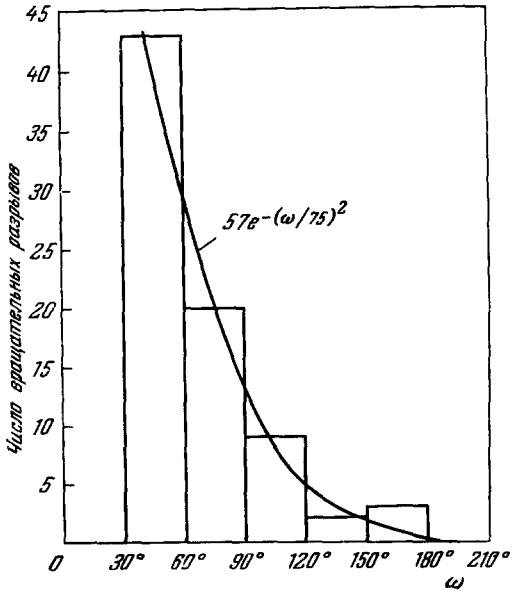
45
40
35
30
25
20
15
10
5
Число вращательных разрывов
$57e^{-(\omega/75)^2}$
0 30° 60° 90° 120° 150° 180° 210°
ω

Рис. 2.

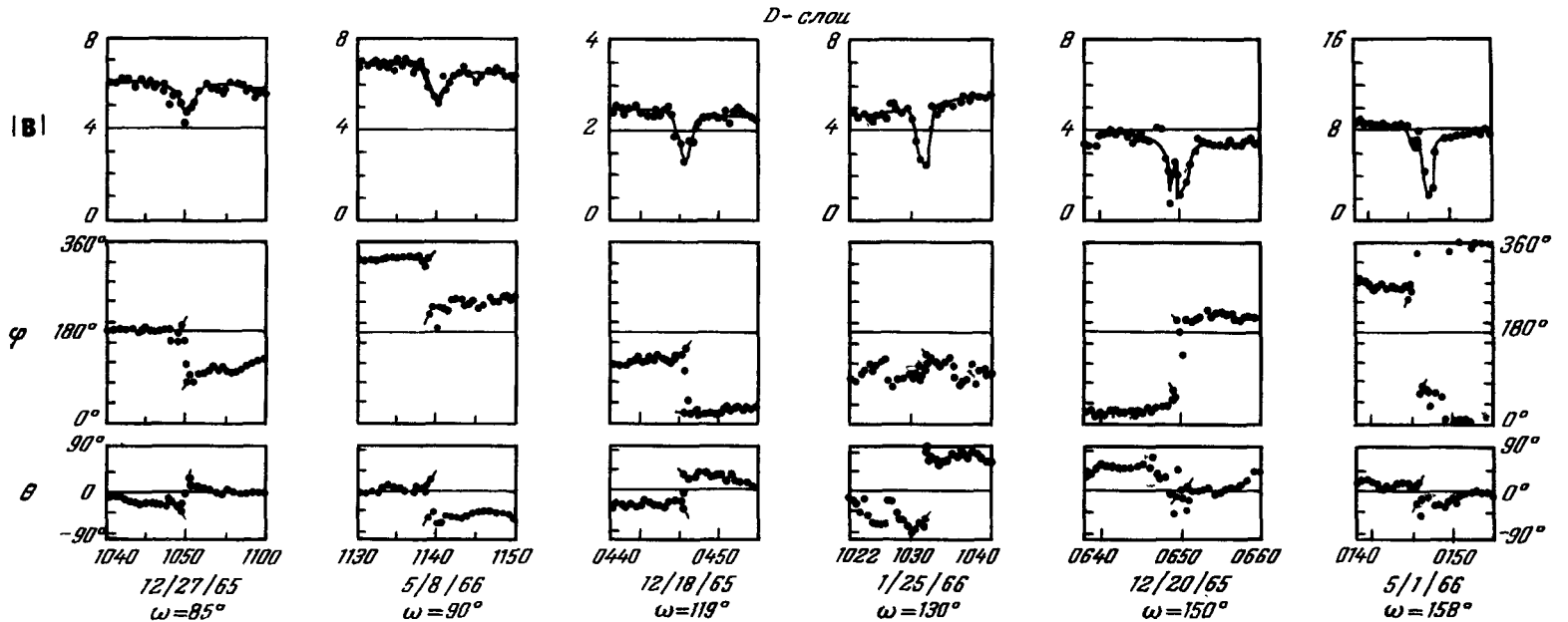
D-слой
|B|
φ
θ
12/27/65
ω=85°
5/8/66
ω=90°
12/18/65
ω=119°
1/25/66
ω=130°
12/20/65
ω=150°
5/1/66
ω=158°

Рис. 3.

В журнале УФН уже излагались экспериментальные данные по межпланетному полю: его секториальная структура [1], наличие неоднородностей [2]. В препринте [3] сообщаются новые принципиально важные особенности межпланетного поля (по результатам спутника «Пионер-VI»).

Спутник «Пионер-VI» был запущен к Солнцу 16/XII 1965 г. К середине мая 1966 г. он приблизился к Солнцу на расстояние 0,81 а.е. (120 млн. *км*), а затем стал удаляться от Солнца.

Аппаратура «Пионера-VI» превосходит по своим данным аппаратуру «ИМП-1», «ИМП-2» и других американских спутников: полное измерение всех трех компонент вектора магнитного поля осуществлялось каждые 1,5 *сек* (в «ИМП-1», «ИМП-2» соответственно каждые 20,5 *сек*).

1. Макроструктура межпланетного поля. Измерения «Пионера-VI» вновь подтвердили, что общий характер поля соответствует паркеровской спирали.

Если раньше о согласии эксперимента с паркеровской спиралью судили по направлению вектора магнитного поля, то на «Пионере-VI» измерены также градиенты радиальной и тангенциальной составляющих. Оказалось, что тангенциальная составляющая меняется как $1/r$, а радиальная — как $1/r^2$, в полном согласии с паркеровской спиралью. Существенно, что наблюдавшаяся в начале 1964 г. секториальная структура [1, 2] теперь существенно изменилась и перешла в некую сложную нестационарную структуру (рис. 1).

2. Микроструктура поля (характерные времена, меньшие 1 часа). «Пионером-VI» обнаружены два типа разрывов. В разрывах первого типа вектор поля меняет в основном направление, но не свою величину. Это могут быть либо вращательные разрывы (см. [4]), либо границы между соседними силовыми трубками поля [2]. Толщина этих разрывов $\sim 10^4$ *км* (440 *км/сек* $\times$ 30 *сек*). Любопытно, что они могут служить рассеивающими неоднородностями для космических лучей. Распределение по углам поворота ω магнитного вектора таково:

$$\frac{dN}{d\omega} = A \exp\{-(\omega/75)^2\}.$$

Оно показано на рис. 2.

В разрывах второго типа («*D*-слой» по терминологии авторов) абсолютная величина вектора поля, наоборот, не остается постоянной, но испытывает резкий провал (рис. 3). Авторы [3] связывают эти разрывы с аннигиляцией противоположно направленных магнитных полей, но это объяснение чисто качественное, количественной теории таких разрывов еще нет.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. М. Г., УФН **89** (1), 165 (1966).
2. М. Г., УФН **91** (2), 347 (1967).
3. L. Burlaga, N. Ness, Macro- and Microstructure of the Interplanetary Magnetic Field, Preprint X-612-67-278, June 1967; Solar Phys. **4**, 67 (1968).
4. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Электродинамика сплошных сред, М., Физматгиз, 1956.

II. ОДНОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ВОКРУГ ЗЕМЛИ НА ДВУХ СПУТНИКАХ

Одновременные измерения на двух спутниках, летящих в разных областях пространства, позволяют отделить пространственные изменения от временных и выяснить таким путем пространственную структуру космической плазмы.

Кроме того, когда эти измерения производятся в соседних, но различных по свойствам областях плазмы, удается также выяснить, как меняется поле при течении плазмы.

Пример таких двухспутниковых измерений — работа Фэрфилда — крупномасштабное (упорядоченное) поле магнитного переходного слоя по данным спутников «ИМП-1» и «ИМП-2».

Анализируемые данные относятся к ноябрю-декабрю 1964 г. На рис. 5 сплошной кривой показана (в меридиональной плоскости) орбита «ИМП-1», пунктиром — орбита «ИМП-2», т. е. «ИМП-1» летел в межпланетной среде, «ИМП-2» пересекал переходной слой между магнитосферой и межпланетной средой (так называемый магнитный переходной слой — magnetosheath).

На рис. 4 показаны результаты измерений (угол θ — эклиптическая широта, отсчитываемая от плоскости эклиптики, угол φ — эклиптическая долгота). Ясно

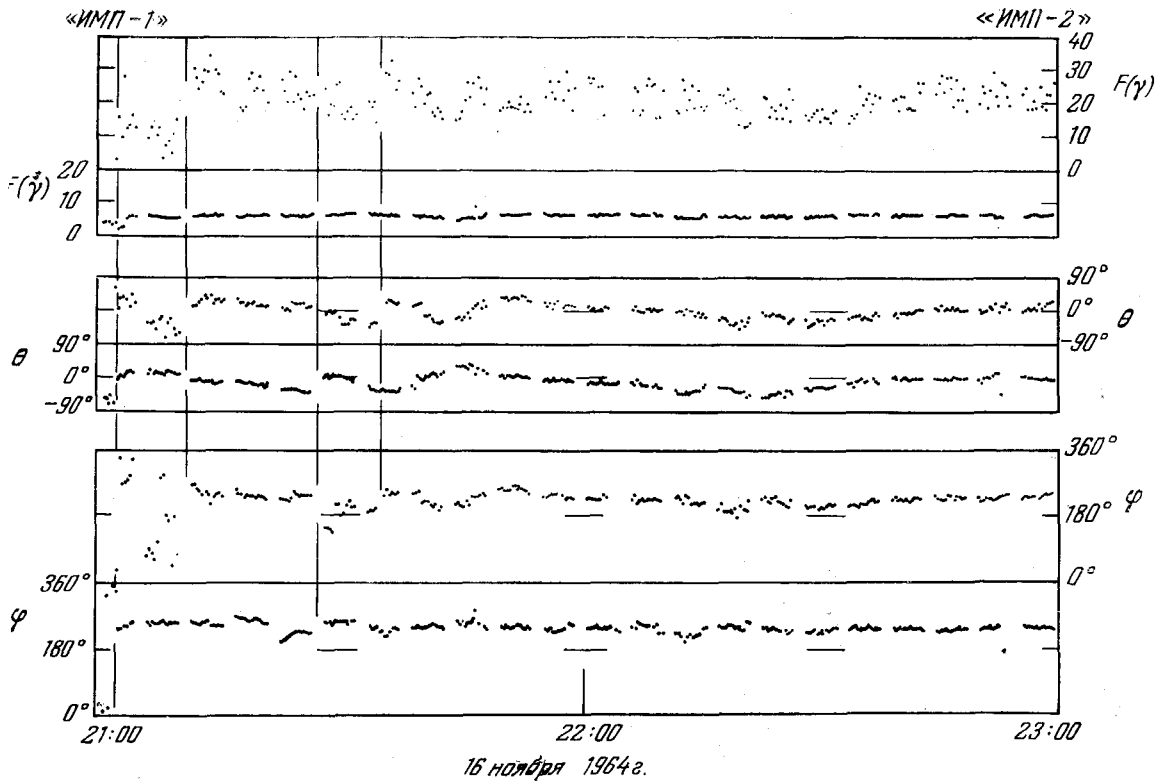
«ИМП-1»
«ИМП-2»
F(γ)
20
10
0
40
30
20
10
0
θ
90°
0°
-90°
90°
0°
-90°
φ
360°
180°
0°
360°
180°
0°
21:00
22:00
23:00
16 ноября 1964 г.

Рис. 4.

видно, как одни и те же неоднородности поля (отмечены на рисунке вертикальной чертой) проходят сначала через «ИМП-1», а затем, через 2 часа, и через «ИМП-2».

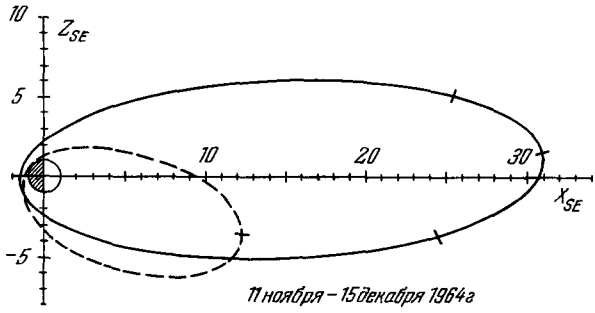

Рис. 5.

Первое важное следствие из рис. 4 — межпланетное магнитное поле с его неоднородностями переносится сквозь головную ударную волну из межпланетной среды в магнитный переходной слой. И неоднородности, разрывы, поля служат своего рода метками, позволяющими отождествить один и тот же участок плазмы как в межпланетной среде, так и в переходном слое.

Второй результат измерений — направление магнитного поля в магнитном переходном слое становится касательным к магнитосфере (рис. 6), причем малому изменению направления межпланетного поля соответствует, как это видно из рисунка, значительное изменение структуры поля в переходном слое.

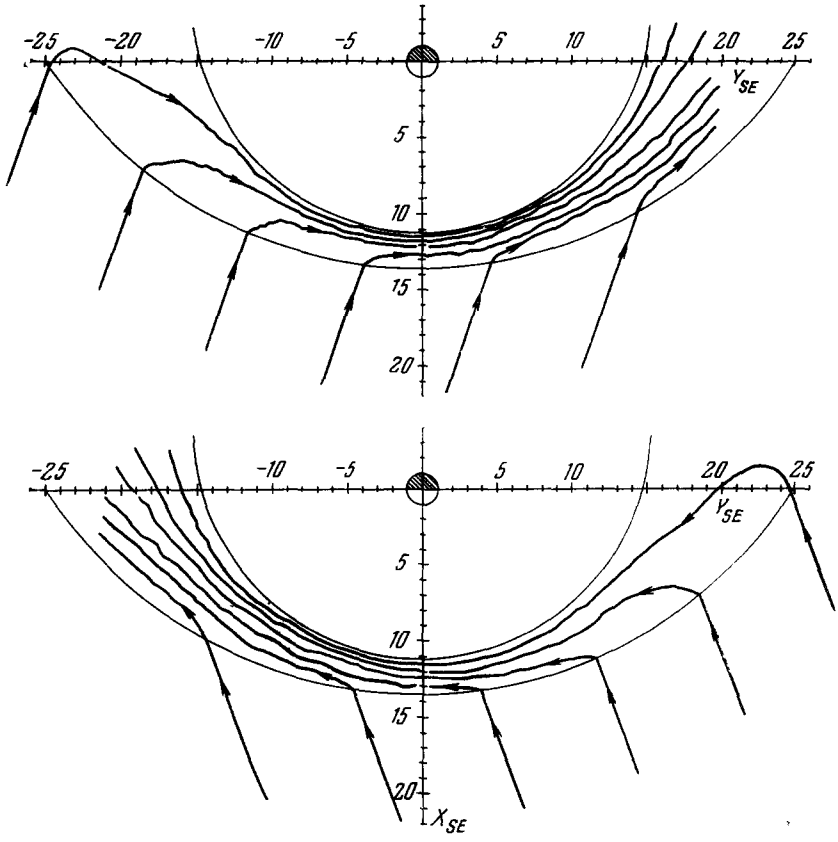

Рис. 6.

Полученный результат — эволюция поля в плазме при подходе к границе магнитосферы—является новым и весьма интересным. И его удалось получить с помощью одновременных измерений на двух спутниках.

ЛИТЕРАТУРА

1. D. Fairfield, J. Geophys. Res. **72**, 5865 (1967).

М. Г.