

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ПРОБЛЕМЫ  
СОЛНЕЧНОЙ  
АКТИВНОСТИ  
И КОСМИЧЕСКАЯ  
СИСТЕМА  
«ПРОГНОЗ»



---

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА» МОСКВА 1977

В заключение авторы приносят благодарность С. Столбоушину за предоставление данных по протонам с энергией 28—53 кэВ, Г. Н. Застенкеру — за данные о положении магнитопаузы и фронта стоячей ударной волны, полученные с помощью детекторов плазмы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Frank L. A., VanAllen J. A.— J. Geophys. Res., 1964, 69, 4923.
2. Fan C. Y., Gloeckler G., Simpson J. A.— Phys. Rev. Letters, 1964, 13, 149.
3. Meng C. I., Anderson K. A.— J. Geophys. Res., 1970, 75, 1827.
4. Meng C. I., Anderson K. A.— J. Geophys. Res., 1975, 80, 4237.
5. Anderson K. A.— J. Geophys. Res., 1969, 74, 95.
6. Anderson K. A.— J. Geophys. Res., 1968, 73, 2387.
7. Григоров Н. Л., Купт В. Г. и др.— Космические исследования, 1974, 12, вып. 1.
8. Sarris E. T., Krimigis S. M., Armstrong T. P.— J. Geophys. Res., 1976, 81, 2341.
9. Anderson K. A., Binsack J. H., Fairfield D. H.— J. Geophys. Res., 1968, 73, 3271.
10. Anderson K. A.— Proc. Ninth Intern. Conf. Cosmic Rays. London, Publ. Inst. Phys. and Phys. Soc., 1966, 520.
11. Fan G. Y., Gloeckler G., Simpson J. A.— J. Geophys. Res., 1966, 71, 1837.
12. Jokipii J. R.— J. Geophys. Res., 1968, 73, 931.
13. Fredricks R. W., Searf F. L., Bernstein W.— J. Geophys. Res., 1965, 70, 21.
14. Бедняков А. А., Логачев Ю. И. и др.— Космические исследования, 1974, 12, вып. 2.

### ЗАВИСИМОСТЬ ПОЛОЖЕНИЯ ФРОНТА ОКОЛОЗЕМНОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ И МАГНИТОПАУЗЫ ОТ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА И ПЛАЗМЕННАЯ СТРУКТУРА МАГНИТОПАУЗЫ ПО ДАННЫМ ЛОВУШЕК ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НА СТАНЦИЯХ «ПРОГНОЗ» И «ПРОГНОЗ-2»

В. В. Безруких, Т. К. Бреус, М. И. Веригин, П. А. Майсурадзе,  
А. П. Ремизов, Э. К. Соломатина

На станциях «Прогноз» и «Прогноз-2» для измерения характеристик ионов в солнечном ветре и магнитосфере Земли были установлены комплекты ионных ловушек, в каждый из которых входила модуляционная ловушка, измерявшая дифференциальный спектр ионов в диапазоне энергий 0—3,85 кэВ, и три интегральных ловушки. Модуляционная и две интегральные ловушки

были ориентированы на Солнце, одна интегральная ловушка — в антисолнечном направлении. Измерения потоков ионов при помощи модуляционной ловушки производились в 8 энергетических интервалах (0—0,03; 0—0,22; 0,22—0,36; 0,36—0,58; 0,62—0,94; 1,0—1,48; 1,58—2,53; 2,8—3,85 кэВ). Промежуток времени между опросом энергетических интервалов составлял ~40,8 с, поэтому полный спектр ионов снимался за 5,44 мин. Интегральные ловушки регистрировали сумму потока ионов с энергией  $E > \max(0, e\phi_k)$ , где  $\phi_k$  — потенциал станции, и потока электронов с энергией  $> 70$  эВ; опрашивались они также один раз в 40,8 с. Подробное описание аппаратуры и датчиков приведено в [1].

В настоящей статье анализируются результаты измерений при помощи модуляционных ловушек в области ударной волны и магнитопаузы на станциях «Прогноз» и «Прогноз-2» за апрель — октябрь 1972 г. (с 29 июля по 17 сентября — результаты одно-временных измерений). Данные интегральных ионных ловушек привлекаются только для уточнения моментов пересечений магнитопаузы и фронта ударной волны, поскольку они получены с большим временным разрешением, чем данные модуляционных ловушек.

#### 1. Исследование вариаций положения фронта ударной волны и магнитопаузы

Одновременные измерения в солнечном ветре и магнитосфере на двух или нескольких аппаратах представляют интересную и пока еще сравнительно редкую возможность изучения корреляции различных процессов. Поэтому для исследования вариаций положения фронта ударной волны и магнитопаузы использовались именно данные одновременных измерений на станциях «Прогноз» и «Прогноз-2».

Пересечения этими станциями фронта ударной волны и магнитопаузы регистрировались по характерному изменению вида спектров модуляционной ловушки и изменениям тока, регистрируемого интегральными ловушками. В переходной области модуляционные ловушки регистрируют расширение спектра ионов по сравнению с солнечным ветром и смещение максимума спектра к более низким энергиям. Термализация (и, следовательно, увеличение потока) электронов и уменьшение переносной скорости ионов приводит к тому, что в переходной области токи интегральных ловушек становятся отрицательными. В магнитосфере Земли вблизи ее границы уровень токов, регистрируемых как модуляционной, так и интегральными ловушками, резко падает и близок к порогу чувствительности ловушек [2].

Пересечения фронта ударной волны и магнитопаузы, наблюдавшиеся на одной из станций, были сопоставлены с изменениями этих границ, рассчитанными по данным о динамическом дав-

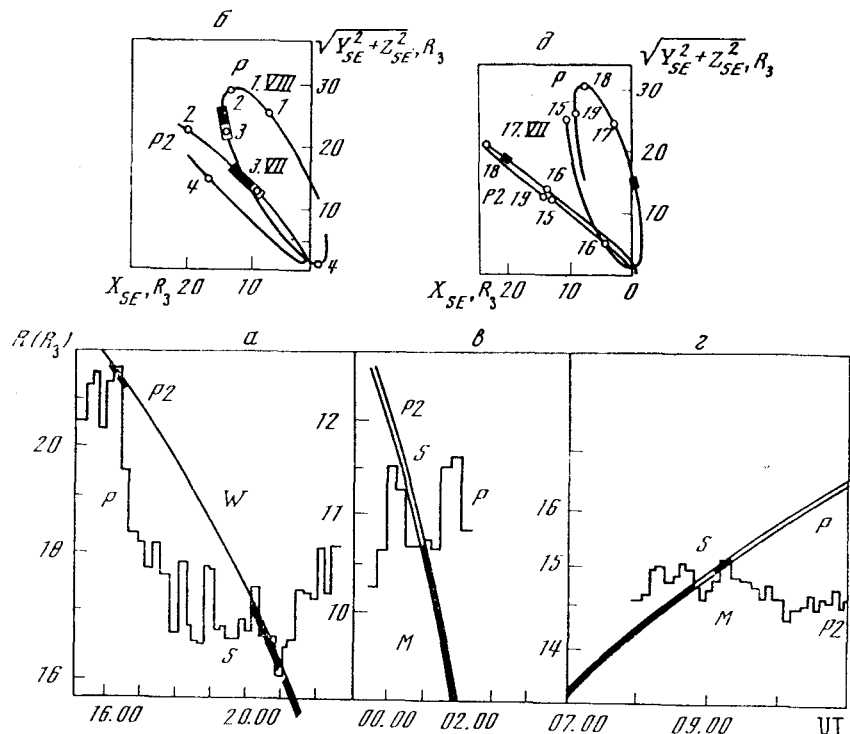


Рис. 1. Сопоставление пересечений фронта ударной волны и магнитопаузы, наблюдавшихся на одной из станций «Прогноз» в июле 1972 г., с положениями этих границ (ступенчатая кривая), рассчитанными по усредненным данным о динамическом давлении солнечного ветра, полученным на другой станции (а, б и в)

Показано взаимное расположение «Прогноза» (P) и «Прогноза-2» (P2). Приведены также значения углов  $\varphi$  (Солнце — Земля — аппарат) в моменты пересечений

а — 2.VII,  $\varphi = 57^\circ$ ; б — 3.VII; в — 16.VII,  $\varphi = 90-95^\circ$

ления солнечного ветра, полученным на другой станции; результаты сопоставлений показаны на рис. 1—3. Описания рисунков приводятся дальше. Ниже обсуждается, как проводилось сопоставление.

Из газодинамических расчетов [3] следует, что при достаточно больших значениях чисел Маха расстояние до фронта ударной волны  $R_S$  и магнитопаузы  $R_M$  (при не слишком большом угловом расстоянии  $\varphi$  текущей точки от направления на Солнце) можно приближенно записать в следующем виде:

$$R_{S, M} = C_{S, M} (\rho V^2)^{-1/2} f_{S, M}(\varphi), \quad (1)$$

где  $C = \text{const}$ ,  $\rho$  — плотность и  $V$  — скорость солнечного ветра, а  $f(\varphi)$  — множитель, описывающий форму фронта или магнито-

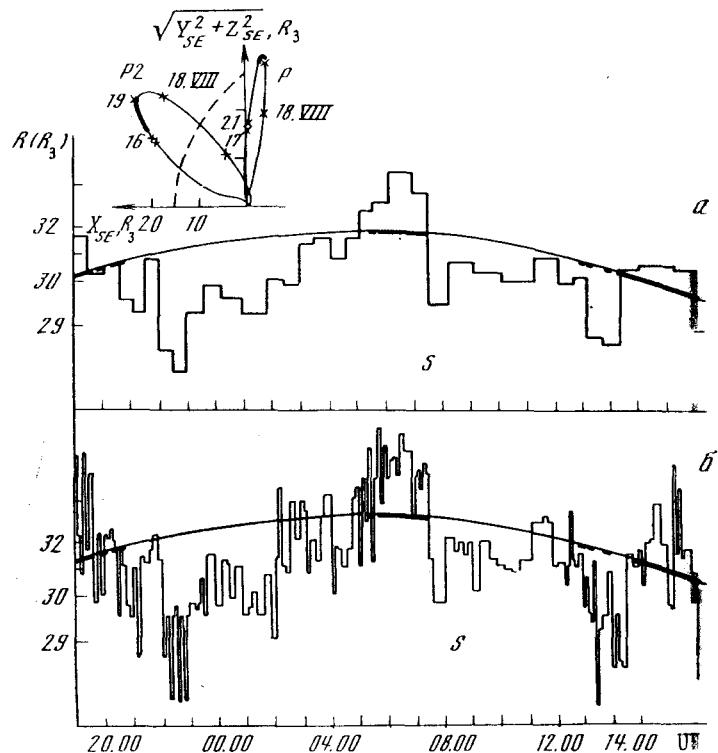


Рис. 2. Сопоставление наблюдавшихся на станции «Прогноз» положений фронта ударной волны с положениями фронта, рассчитанными по усредненным (а) и усредненным (б) данным о динамическом давлении солнечного ветра, полученным на станции «Прогноз-2» 19 августа 1972 г. ( $\varphi = 98^\circ$ )

паузы. Из формулы (1) видно, что при  $\varphi = \text{const}$  изменение расстояния до границы зависит только от изменения динамического давления солнечного ветра  $\rho V^2$ .

Чтобы исключить относительное изменение положений исследуемых границ и станций, связанное с изменением угла  $\varphi$ , происходящим при движении станций по орбите, в каждом из анализируемых интервалов времени участки орбит станций приводились к одному и тому же значению угла. Для этого использовались формы  $f_{S, M}(\varphi)$  среднего фронта ударной волны и магнитопаузы, рассчитанные по всем зарегистрированным пересечениям (рис. 4). Аналогичное преобразование траектории ранее использовалось авторами работы [4], которые по данным наблюдений на трех спутниках впервые получили подтверждение зависимости положения фронта от динамического давления солнечного ветра.

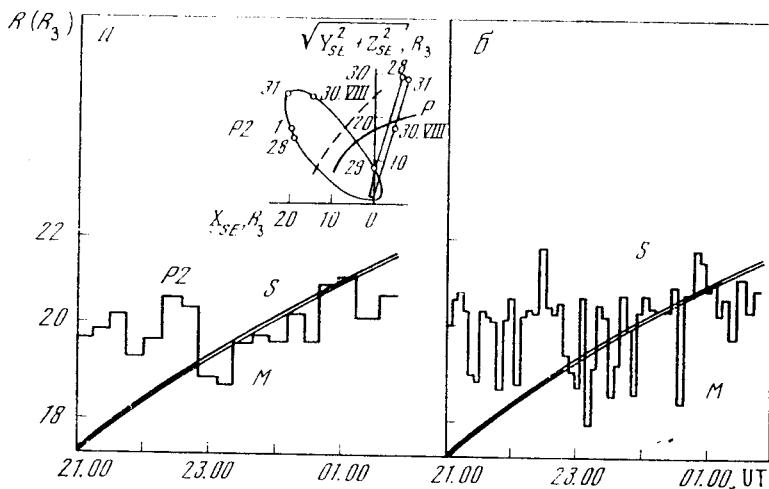


Рис. 3. То же, что на рис. 2, для положений магнитопаузы 29—30 августа 1972 г. ( $\varphi = 105^\circ$ )

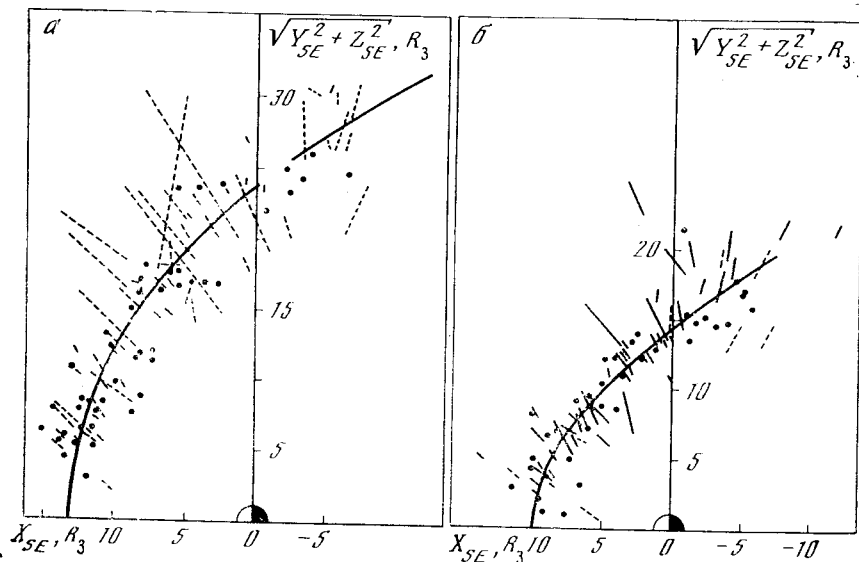


Рис. 4. Средние положения фронта ударной волны (а) и магнитопаузы (б), полученные по данным о пересечениях этих границ на обеих станциях за период апрель — октябрь 1972 г.

На рис. 4 в солнечно-эклиптических координатах (ось  $X_{SE}$  проходит через центр Земли и направлена на Солнце) представлены положения станций «Прогноз» и «Прогноз-2» в моменты пересечения ими фронта ударной волны (рис. 4, а) и магнитопаузы (рис. 4, б): точки соответствуют однократным пересечениям границ, отрезки штриховых линий — многократным пересечениям, сплошными отрезками прямых на рис. 4, б показан нерезкий переход из переходной области в магнитосферу (см. разд 2). Границы аппроксимировались произвольными осесимметричными (относительно оси  $X_{SE}$ ) кривыми второго порядка. Минимизировались по трем параметрам среднеквадратичные расстояния по нормали к границе приведенных на рис. 4 пересечений.

В табл. 1 приведены параметры, характеризующие среднее положение фронта и магнитопаузы, рассчитанные в указанном выше приближении.

Таблица 1. Характеристики фронта и магнитопаузы

Вид границы	Эксцентриситет $\epsilon$	Лобовое расстояние $R_S, M, R_3$	Параметр кривой $p, R_3$	Положение фокуса $X_F, R_3$
Фронт	0,85	13,1	23,4	0,5
Магнитопауза	1	9,9	10,1	4,5

Следует отметить, что в работе [5] по данным электростатических анализаторов на станции «Прогноз» также рассчитывалось среднее положение фронта. Отличие полученных в работе [5] параметров среднего фронта (гипербола с  $\epsilon = 1,09$ ,  $p = 28,6 R_3$ ,  $R_S = 13,7 R_3$ ) от полученных в настоящей работе может быть связано как с использованием в [5] меньшего количества экспериментальных точек, так и с тем, что в этой работе минимизировались среднеквадратичные радиальные отклонения этих точек от осесимметричной кривой второго порядка с фокусом в центре Земли.

На рис. 1—3 зачерненные отрезки орбит соответствуют времени нахождения станций в переходной области  $S$  и в магнитосфере  $M$ , тонкие и незачерненные отрезки — нахождению станций в солнечном ветре  $W$  и в переходной области  $S$ . На этих рисунках траектории станций приведены к некоторым фиксированным углам  $\varphi$  (см. выше); шкала расстояний (по оси ординат) — логарифмическая, что позволило сопоставить расчетный график  $-\frac{1}{6} \lg(\rho V^2)$  (ступенчатую линию) с наблюдавшимися пересечениями фронта и магнитопаузы путем сдвига этого графика параллельно оси ординат. Тем самым оказалось возможным избавиться от использования неточного эмпирического коэффициента  $C_{S,M}$  в формуле (1) и постоянного множителя при рас-

чете  $\rho V^2$  по измеренным спектрам. Отметим, что при расчете динамического давления солнечного ветра наибольший вклад вносят энергетические интервалы с максимальными отсчетами (один-два интервала в спектре). Поэтому рассчитанные значения  $\rho V^2$  фактически представляют собой средние значения за период времени  $\approx 1-1,5$  мин.

Расчетные положения фронта и магнитопаузы на рис. 1, 2, а и 3, а определялись по значениям динамического давления солнечного ветра  $\rho V^2$ , усредненным на два-три спектра, т. е. (с учетом сказанного выше) за 5-10 мин, а на рис. 2, б и 3, б — по значениям  $\rho V^2$  для каждого спектра ( $\approx 1-1,5$  мин.).

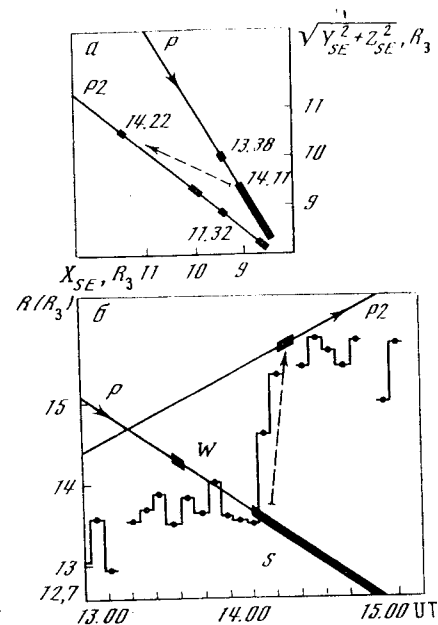
Из рис. 1, 2, а и 3, а видно, что имеется довольно хорошее соответствие между положениями рассчитанных и наблюдавшихся границ. Сравнение этих рисунков с рис. 2, б и 3, б показывает, что соответствие существенно ухудшается для неусредненных данных. Отсюда можно заключить, что характерное время установления квазистационарных положений как фронта ударной волны, так и магнитопаузы при изменениях давления солнечного ветра равно  $\sim 5-10$  мин. Отметим, что это время по порядку величины согласуется с временем распространения быстрых магнитозвуковых волн ( $\sim 70-100$  км/с), передающих «информацию» от фронта ударной волны к магнитопаузе и обратно (на расстояние  $\Delta \sim 3 \div 5 R_3$ ).

Статистическое исследование зависимости положений фронта и магнитопаузы от динамического давления солнечного ветра, проведенное по большому массиву данных, полученных на одном спутнике ИМП-4, было сделано в работе [6]. Автор пришел к заключению, что положение магнитопаузы удавалось предсказать по динамическому давлению солнечного ветра хуже, чем положение фронта. По-видимому, это было связано с большим разрывом по времени между моментами пересечения спутником магнитопаузы и периодом нахождения его в невозмущенном солнечном ветре, для которого определялось динамическое давление.

Одновременные измерения на двух разнесенных в пространстве космических аппаратах удобно использовать для непосредственной оценки скорости движения фронта ударной волны. На рис. 5 показан случай, когда станции «Прогноз» и «Прогноз-2», летевшие навстречу друг другу, на участках орбит, находившихся в подсолнечной области околоземного пространства, зарегистрировали многократное пересечение фронта ударной волны. В 14.11 UT «Прогноз» пересек фронт ударной волны и вошел в переходный слой. В это время «Прогноз-2», находившийся в солнечном ветре, начал регистрировать монотонный спад  $\rho V^2$ , т. е. фронт ударной волны должен был плавно удаляться от Земли (не совершая возвратно-поступательных движений) (рис. 5, б). Действительно, в 14.22 UT фронт догнал «Прогноз-2», также удалявшийся от Земли. Таким образом, за 10 мин фронт ударной

рис. 5. К определению скорости движения фронта ударной волны по данным одновременных наблюдений на двух станциях 3 июля 1972 г.

\*Обозначения те же, что на рис. 1



волны прошел  $\sim 2R_3$  по нормали к его средней поверхности, и его средняя скорость, следовательно, составляла  $\sim 20$  км/с.

В другом проанализированном аналогичном образе случае (31 июля 1972 г.) скорость перемещения фронта составляла  $\sim 10$  км/с. Эти оценки по порядку величины согласуются с ранее полученными экспериментальными оценками средней скорости движения фронта  $\sim 10 \div 20$  км/с [7-9] и с теоретическими расчетами [10, 11].

В работе [12], в которой скорость движения фронта рассчитывалась с использованием соотношений Ренкина — Гюгонно, было получено среднее значение скорости  $\sim 85$  км/с. Такие оценки связаны со значительными трудностями в определении концентрации и вектора переносной скорости ионов в переходной области, для которой трудно подобрать подходящий вид функции распределения (см., например, [13]).

По-видимому, можно согласиться с авторами работы [10] в том, что высокие скорости движения фронта, полученные в некоторых работах [12, 14], могут быть связаны с экстремальными условиями в солнечном ветре (чрезвычайно малыми значениями чисел Маха, тангенциальными разрывами со скачками концентрации  $> 4$  или  $< 1/3$ , ударными волнами и т. д.), которые реализуются довольно редко.

## 2. Исследование плазменной структуры магнитопаузы

Анализ пересечений станциями «Прогноз» и «Прогноз-2» магнитопаузы показал, что в 49 из 93 рассмотренных случаев происходило постепенное изменение характера спектров, продолжавшееся от 10 мин до (в некоторых случаях) нескольких часов. Соответствующую таким пересечениям магнитопаузу далее будем называть диффузной, как, например, в работах [15, 16].

На рис. 6, а показан пример характерного изменения первичных ионных спектров и токов в интегральной ловушке, ориентированной на Солнце, при пересечении резкой магнитопаузы

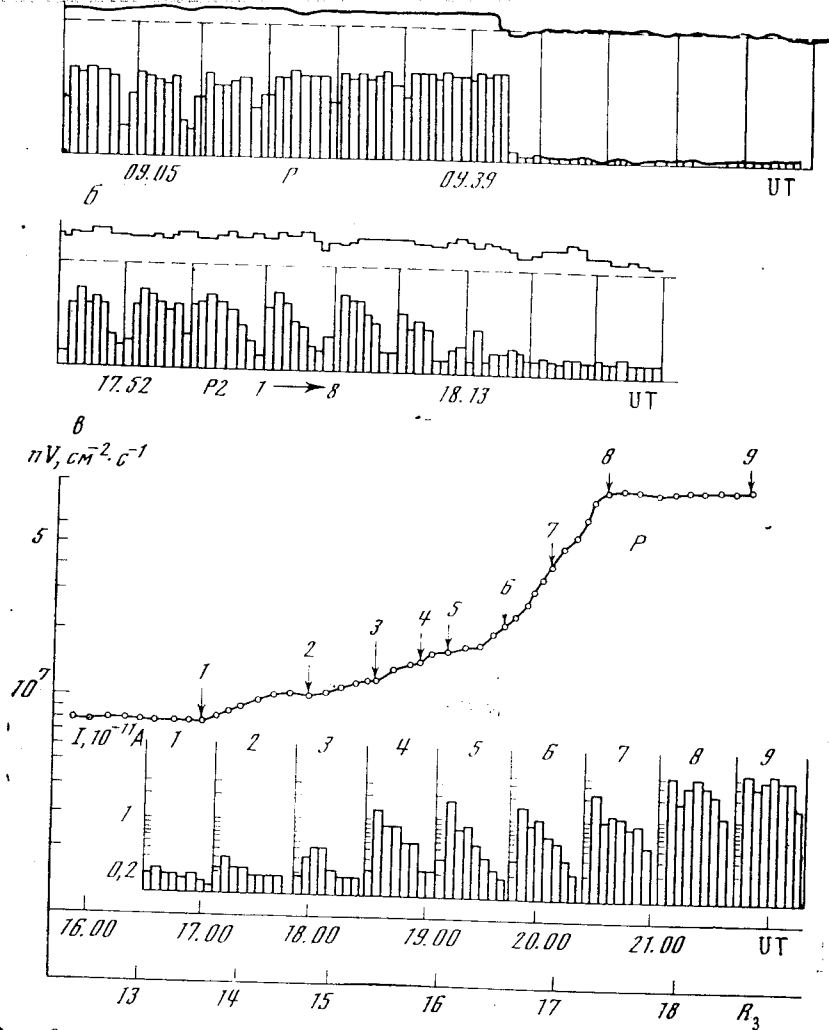


Рис. 6. Характерные изменения вида ионных спектров модуляционных ловушек (верхние кривые на а и б — токи интегральной ловушки) при пересечении: резкой магнитопаузы 28.V 1972 г. при  $\varphi = 6^\circ$  и  $K_p = 3$  (а) и диффузной магнитопаузы 9.IX 1972 г. при  $\varphi = 30^\circ$ ,  $K_p = 0$ ;  $\varphi_{GSM} = 49^\circ$ ,  $\lambda_{GSM} = -56^\circ$  (б) и 16.V 1972 г. при  $\varphi = 73^\circ$ ,  $K_p = 1$ ;  $\varphi_{GSM} = 25^\circ$ ,  $\lambda_{GSM} = -1^\circ$  (в). Изменения потока ионов  $nV$  при пересечении диффузной границы 16.V 1972 г. (в) показано кривой. Стрелками с цифрами обозначены моменты времени UT, которым соответствуют спектры, приведенные под кривыми: 1 — 17.00; 2 — 18.00; 3 — 18.35; 4 — 19.00; 5 — 19.11; 6 — 19.38; 7 — 20.06; 8 — 20.38; 9 — 21.55

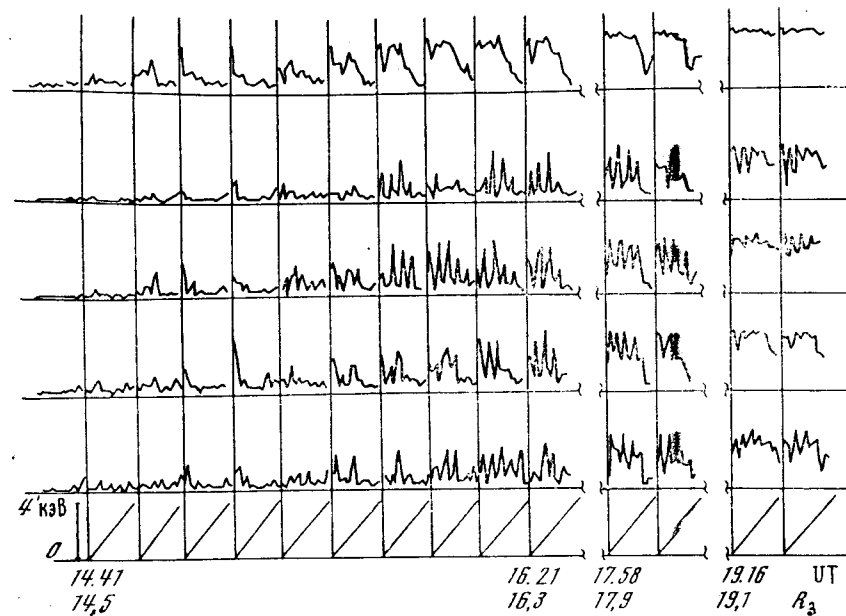


Рис. 7. Первичные ионные спектры, полученные с помощью пяти идентичных модуляционных ионных ловушек на станции «Прогноз-3» 4 апреля 1973 г. ( $\varphi_{SE} = 88^\circ$ ,  $\lambda_{SE} = 110^\circ$ ,  $\varphi = 90^\circ$ ) при пересечении диффузной магнитопаузы

28.V 1972 г., а на рис. 6, б — при пересечении диффузной магнитопаузы 9.IX 1972 г. В первом случае резкое изменение характера спектра модуляционной и тока интегральной ловушек произошло за время, меньшее 40,8 с. На рис. 6, в, иллюстрирующем пересечение станцией «Прогноз» диффузной магнитопаузы

16.V 1972 г., показаны изменения потока ионов  $nV = 3,67 \cdot 10^{17} \sum_{i=1}^{\infty} I_i$

(где  $I_i$  — ток в амперах, регистрируемый в  $i$ -м энергетическом интервале) и ряд спектров, соответствующих моментам времени, отмеченным на кривой  $nV$  стрелками с цифрами 1, 2, ... и т. д.; приведены также углы  $\varphi$  (Солнце — Земля — станция) и  $K_p$  — индексы, относящиеся к периоду пересечения станциями магнитопаузы. Как видно из рис. 6, б, в, при переходе из переходной области в магнитосферу происходит плавное изменение (уменьшение) потока ионов и постепенное смягчение спектров (относительное уменьшение токов в энергетических интервалах, соответствующих большим энергиям) на расстоянии  $\sim 2R_3$ . Максимальный градиент потока ионов наблюдался на расстоянии  $\sim 1R_3$ .

Доказательством того, что наблюдавшееся смягчение спектров не является результатом отворота потока плазмы от ловушки при движении станции в магнитосферу, могут служить резуль-

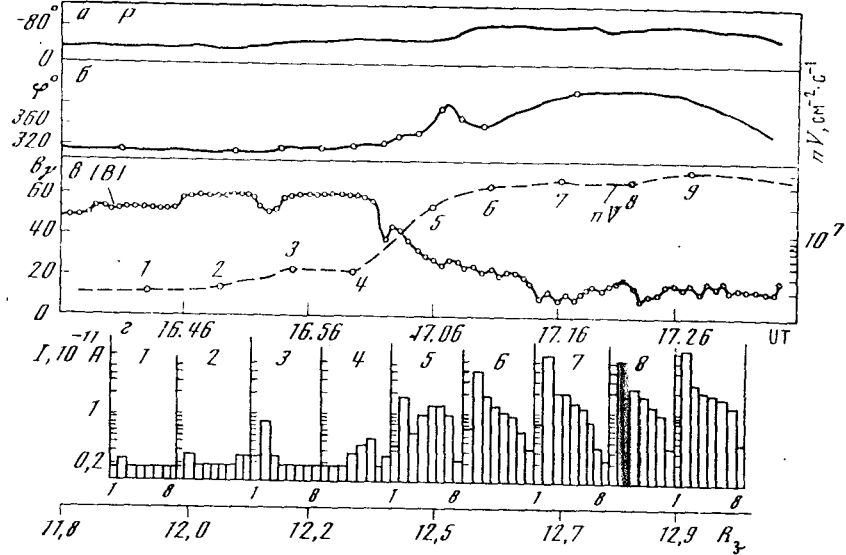


Рис. 8. Сопоставление данных одновременных измерений характеристик ионосов и магнитного поля на станции «Прогноз» 8 мая 1972 г. при пересечении диффузной магнитопаузы ( $\varphi_{SE} = 70^\circ$ ;  $\lambda_{SE} = -41^\circ$ )

таты измерений ионных спектров при помощи пяти аналогичных модуляционных ловушек на станции «Прогноз-3» в 1973 г. (рис. 7). Оси четырех из этих ловушек составляли угол  $30^\circ$  с осью центральной ловушки, ориентированной на Солнце; ионный спектр в диапазоне энергий 0—4 кэВ снимался на 10 мин в 16 энергетических интервалах.

При отвороте потока ионов от центральной ловушки на угол  $\alpha$  будет наблюдаться модуляция токов в боковых ловушках из-за вращения станции вокруг оси центральной ловушки, причем при  $\alpha > 15^\circ$  максимальный поток будет попадать в одну из боковых ловушек. На рис. 7 показаны токи во всех пяти ловушках: на верхнем графике показаны токи в центральной ловушке, на нижнем графике — направление увеличения энергии в каждом спектре. Из рис. 7 видно, что при пересечении диффузной магнитопаузы во всех энергетических интервалах потоки в центральной ловушке превышают максимальный поток в остальных, т. е. отклонение направления потока ионов от направления оси центральной ловушки составляет угол  $< 15^\circ$ .

На рис. 8 приведены данные одновременных измерений полярного угла  $\theta$  (рис. 8, а), азимутального угла  $\varphi$  (рис. 8, б), абсолютной величины  $|V|$  (рис. 8, в) вектора магнитного поля при пересечении диффузной магнитопаузы; показаны также изменения потока ионов (пунктир на рис. 8, в) и отдельные спектры (рис. 8, г), соответствующие моментам времени, отмеченным

цифрами 1—9 на кривой  $nV$ . Данные магнитных измерений любезно предоставлены нам Ш. П. Долгиновым и Е. Г. Ерошенко. Из рис. 8 видно, что при плавном изменении спектров и потока ионов на расстоянии  $\sim 0,5R_3$  во время пересечения диффузной магнитопаузы все характеристики магнитного поля также не обнаруживают резких скачков.

Из рис. 4, б, на котором отрезками прямых показаны положения станции при пересечении диффузной магнитопаузы, можно видеть, что она часто наблюдалась при достаточно малых углах  $\varphi$  и что ее толщина в среднем увеличивается с ростом  $\varphi$ .

Таблица 2. Широтное распределение числа случаев наблюдения диффузной и резкой магнитопаузы

Факл. град	Магнитопауза		Всего	%
	диффузная	резкая		
0—30	24	23	47	51
30—50	8	14	22	36
50—70	17	7	24	71

В табл. 2 показаны числа случаев регистрации диффузной и резкой магнитопаузы, общее число пересечений магнитопаузы и процентное число наблюдений диффузной магнитопаузы в указанных интервалах солнечно-эклиптических широт.

Из табл. 2 видно, что наиболее часто диффузная граница наблюдалась в широтном поясе  $50-70^\circ$  и  $0-30^\circ$ . Однако к наблюдающейся тенденции в широтном распределении диффузной магнитопаузы следует относиться с осторожностью из-за сравнительно небольшого числа данных.

Сопоставление наблюдений диффузной границы с данными одновременных измерений межпланетного магнитного поля на спутнике «Геос-2» [17] показало, что в присутствии северной компоненты  $B_N$  межпланетного магнитного поля средняя толщина диффузной магнитопаузы была  $\sim 0,8R_3$ , а в присутствии южной компоненты  $B_S$  она возрастала до  $\sim 2R_3$ .

Из обзора литературных данных можно заключить, что в настоящее время сложились представления о магнитопаузе, по крайней мере в подсолнечной области, как о резкой границе (тангенциальной или вращательном разрыве) с толщиной порядка ларморовского радиуса ионов  $\sim 100$  км (см., например, [7, 8, 16, 18, 19]). Диффузная граница наблюдалась в хвосте магнитосферы на аппаратах «Пионер-8» (на расстояниях  $\sim 30-40R_3$ ) [15], «Эксплорер-35» (вблизи орбиты Луны  $\sim 60R_3$ ) [20], а также на спутниках «Вела» (на расстоянии  $\sim 18R_3$ ) [21, 22]. Упоминается отсутствие наблюдений резкой границы (диффузной магнитопаузы)

по магнитным данным на аппарате ИМП-1 [23, 24], ОГО-1 (вблизи плоскости экватора в утреннем и вечернем секторах магнитосферы) [8], по плазменным и магнитным данным на аппарате ИМП-2 [16] в подсолнечной области магнитосферы.

В лабораторных экспериментах [25] наблюдалось затекание плазмы в области полярных каспов (так же как и в экспериментах на космических аппаратах [26, 27]) и в экваториальную щель, начинающуюся на дневной стороне искусственной магнитосферы примерно в 14.UT и уходящую в хвост магнитосферы. Наконец, в ряде теоретических работ обсуждается взаимодействие плазмы переходной области с магнитосферой (вязкоподобное взаимодействие [28], пересоединение силовых линий межпланетного магнитного поля, имеющего южную компоненту, с земным дипольным полем [29], развитие на границе различных плазменных неустойчивостей, например, [24, 30]), которое может привести к размыванию резкой границы магнитосферы.

Как можно заключить из описанных в настоящей работе характеристик диффузной магнитопаузы, наблюдавшейся на станциях «Прогноз» и «Прогноз-2», она напоминает пограничный слой, обнаруженный в хвосте магнитосферы на спутниках «Вела» [21, 22].

Широтное распределение диффузной границы имеет тенденцию, сходную с данными наблюдений [8, 26, 27] и лабораторных экспериментов [25], свидетельствующую о возможном затекании плазмы в полярные и экваториальные щели и неустойчивости магнитопаузы на этих широтах. Это сходство, а также некоторая зависимость толщины диффузной магнитопаузы, регистрировавшейся на «Прогнозе» и «Прогнозе-2», от наличия южной компоненты межпланетного магнитного поля могут обсуждаться в связи с механизмами происхождения диффузной магнитопаузы и требуют дальнейшего исследования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Безруких В. В., Беляшин А. П., Волков Г. И. и др.— Геомagnetизм и аэрономия, 1974, 14, № 3, 400.
2. Грингауз К. И., Застенкер Г. Н., Хохлов М. З. Космические исследования, 1974, 12, вып. 6, 899.
3. Spreiter J. R., Summers A. L., Alksne A. Y.— Planet. Space Sci., 1966, 14, 223.
4. Binsack J. H., Vasyliunas V. M.— J. Geophys. Res., 1968, 73, 429.
5. Вайсберг О. Л., Зерцалов А. А., Темный В. В., Березин Ю. Е. Космические исследования, 1974, 12, вып. 1, 80.
6. Fairfield D. H. J. Geophys. Res., 1971, 76, 6700.
7. Holzer R. E., McLeod M. G., Smith E. J.— J. Geophys. Res., 1966, 71, 148.
8. Heppner J. P., Sugiura M., Skillman T. L. e. a.— J. Geophys. Res., 1967, 72, 5417.
9. Kaufmann R. L.— J. Geophys. Res., 1967, 72, 2323.
10. Völk H. J., Auer R. D.— J. Geophys. Res., 1974, 79, 40.
11. Auer R. D.— J. Geophys. Res., 1974, 79, 34, 5122.
12. Formisano V., Hedgecock P. C. Moreno G. e. a.— J. Geophys. Res. 1973, 78, 3731.

13. Formisano V., Moreno G., Palmiotti F., Hedgecock P. C.— J. Geophys. Res., 1973, 78, 3714.
14. Grinstadt H. W., Hedgecock P. C., Russell C. T.— J. Geophys. Res., 1972, 77, 1116.
15. Intriligator D. S., Wolf J. H.— J. Geophys. Res., 1972, 77, 5480.
16. Fairfield D. H., Ness N. F.— J. Geophys. Res., 1967, 72, 2379.
17. Hedgecock P. C.— Heos interplanetary field measurement. S. Preprint. London, S. W. 7, Imper. College Phys. Dept, 1973.
18. Cahill L. J., Patel V. L. Jr.— Planet. Space Sci., 1967, 15, 997.
19. Aubry M. P., Kivelson M. G., Russell C. T.— J. Geophys. Res., 1971, 76, 1673.
20. Howe C. H., Siscoe G. L.— J. Geophys. Res., 1972, 77, 6071.
21. Hones E. W. Jr. Asbridge J. R., Bame S. J. e. a.— J. Geophys. Res., 1972, 77, 5503.
22. Akasofu S. I., Hones E. W. Jr., Bame S. J. e. a.— J. Geophys. Res., 1973, 78, 7257.
23. Ness N. F., Scarce C. S., Seak J. B.— J. Geophys. Res., 1964, 69, 3531.
24. Boller B. R., Stolov H. L.— J. Geophys. Res., 1973, 78, 8078.
25. Dubinin E. M., Podgorny L. M.— J. Geophys. Res., 1974, 79, 1926.
26. Frank L. A.— J. Geophys. Res., 1971, 76, 5202.
27. Russell C. T., Chappel C. R., Montgomery M. D. e. a.— J. Geophys. Res., 1971, 76, 6743.
28. Axford W. I.— Planet. Space Sci., 1964, 12, 45.
29. Dungey J. M.— Phys. Rev. Letters., 1961, 6, 47.
30. Southwood D. J.— Planet. Space Sci., 1968, 16, 587.