

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ПИСЬМА
В
АСТРОНОМИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

МОСКВА • 1976

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ПЛАЗМЫ ВБЛИЗИ ВЕНЕРЫ ПРИ ПОМОЩИ СПУТНИКА «ВЕНЕРА-9»

**К. И. ГРИНГАУЗ, В. В. БЕЗРУКИХ, Т. К. БРЕУС,
М. И. ВЕРИГИН, Г. И. ВОЛКОВ, А. П. РЕМИЗОВ
и Г. Ф. СЛУЧЕНКОВ**

По данным прямых плазменных измерений оценена толщина фронта околопланетной ударной волны у Венеры; впервые получены одновременные данные о потоках и температурах электронов и ионов по обе стороны фронта и данные о потоках и энергиях электронов в оптической тени планеты.

PRELIMINARY DATA OF NEAR VENUS PLASMA MEASUREMENTS BY MEANS OF «VENERA-9» SATELLITE, by K. I. Gringauz, V. V. Bezrukikh, T. K. Breus, M. I. Verigin, G. I. Volkov, A. P. Remizov and G. F. Sluchenkov. The bow shock front thickness near Venus is estimated on the basis of direct plasma measurements. For the first time simultaneous data on electron and ion fluxes and temperatures on both sides of the bow shock and data on electron fluxes and temperatures in the optical shadow of the planet are given.

На спутнике Венеры «Венера-9» были установлены приборы для изучения электронной и ионной компонент межпланетной и околопланетной плазмы — анализатор электронов с тормозящим потенциалом и модуляционная ионная ловушка, почти не отличающиеся от приборов, установленных на аппаратах «Марс-2, -5», описанных в работе Грингауза и др. (1974). Ионная ловушка была ориентирована в направлении Солнца, а электронная ловушка — в антисолнечном направлении.

Отличием эксперимента на спутнике Венеры от описанных в работе Грингауза и др. (1974) является лучшее разрешение измерений по времени, хотя продолжительность каждого спектра увеличена и составляет 160 сек, но измерения спектра ведутся непрерывно; в каждом энергетическом интервале измерения проводятся на протяжении 10 сек ежесекундно.

Орбита «Венеры-9» имела перицентр в оптической тени планеты на высоте ~1500 км, апоцентр ~112000 км и наклонение ~34°.

Первые возмущения солнечного ветра вблизи Венеры (околопланетная ударная волна) наблюдались при помощи ионных ловушек и магнитометров 18.X 1967 г. на аппарате

«Венера-4» (Грингауз и др., 1968; Долгинов и др., 1968; Бреус и Грингауз, 1972) и 19.X 1967 г. на аппарате «Маринер-5» (Бридж и др., 1967). Позднее ударная волна около Венеры была зарегистрирована 17.V 1969 г. на аппарате «Венера-6» (Грингауз и др., 1970) и 5.II 1974 г. на аппарате «Маринер-10» (Бридж и др., 1974; Несс и др., 1974).

В ряде случаев моменты пересечения фронта ударной волны по различным причинам устанавливались со значительной не-

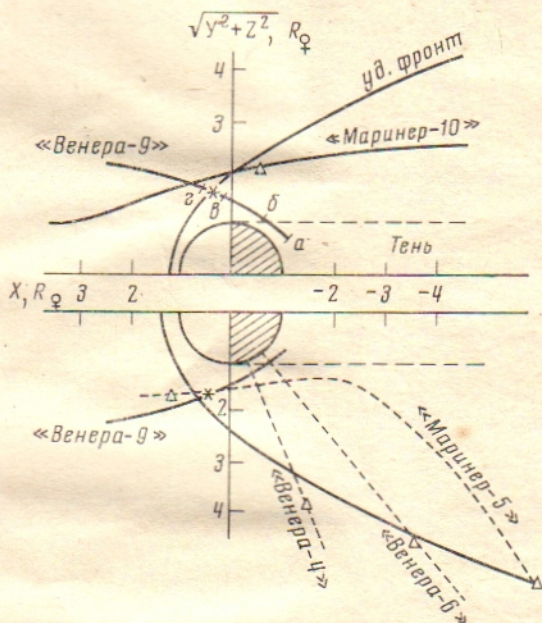


Рис. 1. Траектории космических аппаратов, на которых в окрестности Венеры проводились измерения малоэнергичной плазмы: Δ — регистрация аппаратами фронта ударной волны; * — фронт ударной волны по данным «Венеры-9» 26.X 1975 г.

определенностью. Так, например, на «Маринере-10» из-за сильных флуктуаций магнитного поля и плазмы вблизи фронта ударной волны момент пересечения определялся в интервале 4–5 мин, что соответствовало неопределенности положения фронта ударной волны ~ 3000 км — величине, сравнимой с размерами пренебрежия, создающего ударную волну (Бридж и др., 1975). Ни на одном из упомянутых выше аппаратов не были измерены характеристики плазмы в оптической тени планеты.

Измерения на спутнике «Венера-9» 26.X 1975 г. позволили определить положение фронта околопланетной ударной волны и его толщину с существенно большим разрешением, чем в прежних экспериментах, а также измерить характеристики плазмы

в области оптической тени. В настоящем сообщении приводятся только первые предварительные данные, полученные с околопланетного участка орбиты спутника 26.X 1975 г.

На рис. 1 в системе координат $X, \sqrt{Y^2 + Z^2}$ (ось X направлена на Солнце) показаны орбиты спутников «Венера-4, -6»,

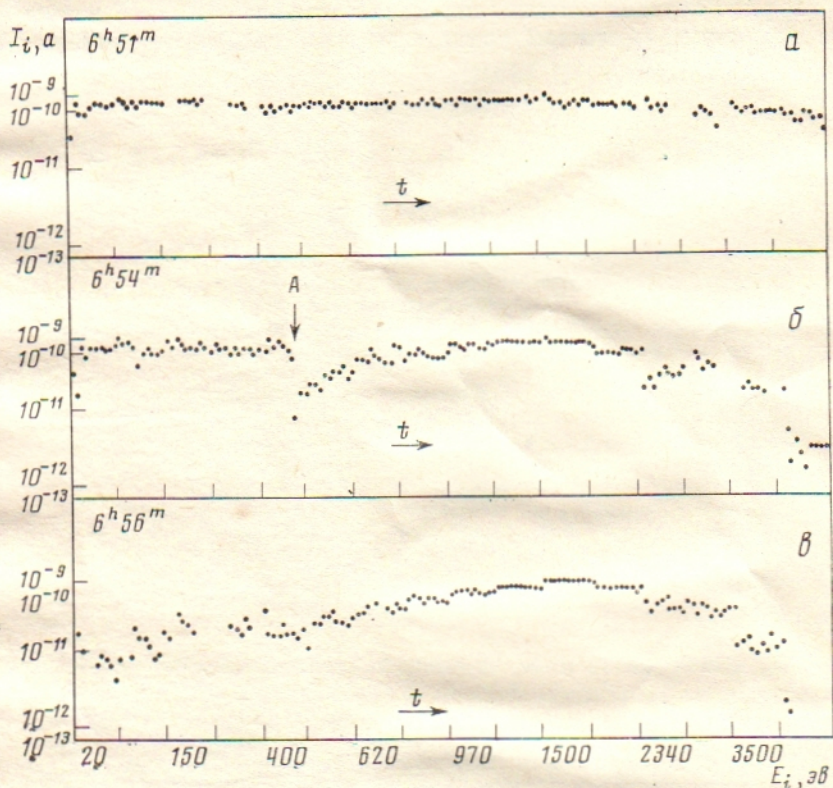


Рис. 2. Первичные записи трех последовательных ионных спектров, полученные 26.X 1975 г. Спектр *a* получен в переходной области, спектр *б* — в солнечном ветре. В момент, отмеченный на спектре *б* буквой *A*, «Венера-9» пересекала фронт ударной волны. Время московское

«Маринер-5» (в нижней части), «Маринер-10» (в верхней части рисунка), а также участок орбиты «Венеры-9» в рассматриваемом случае.

Сплошной кривой показаны положения фронта ударной волны, рассчитанные Нессом и др. (1974) в соответствии с работой Спрейтера и др. (1970) и наилучшим образом согласующиеся с экспериментальными пересечениями фронта (значки Δ на рис. 1).

На рис. 2 приведены три последовательных первичных ионных спектра, зарегистрированных на «Венере-9» при пролете

из переходной области (спектр *a*) в невозмущенный солнечный ветер (спектр *e*). Указаны времена, примерно соответствующие началу измерений каждого спектра. На спектре *б* буквой *A* отмечен момент пересечения спутником фронта ударной волны.

На рис. 3 показаны коллекторные токи ионной ловушки и анализатора электронов в 30-сек интервале времени вблизи точки *A* на рис. 2, *б*, включающем в себя момент пересечения

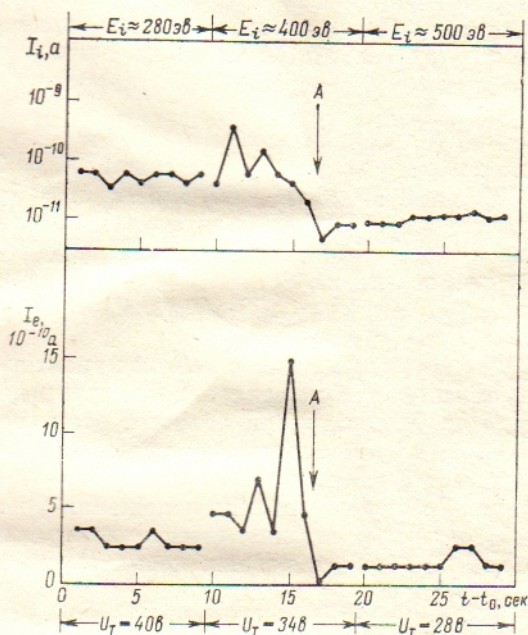


Рис. 3. Электронные и ионные токи, зарегистрированные ловушками при пересечении фронта ударной волны *A* 26.X 1975 г.

фронта ударной волны. Ионные токи измерялись в энергетических интервалах 280, 400 и 500 эв, а электронные токи — при потенциалах торможения 40, 34 и 28 в. Из рисунка видно, что пересечение фронта зарегистрировано одновременно обоими датчиками как уменьшение токов за период времени в 1—2 сек. Таким образом, в рассматриваемом случае фронт ударной волны был весьма резким; с учетом скорости спутника и в предположении, что фронт не двигался, его толщину можно определить как 10—15 км.

На рис. 1 момент пересечения фронта ударной волны аппаратом «Венера-9» отмечен звездочкой на рассматриваемом участке орбиты. Как можно видеть из рисунка, положение фронта по данным «Венеры-9» хорошо согласуется с ранее полученными результатами.

В публикации, посвященной первым результатам исследований Венеры на аппаратах «Венера-9» и «Венера-10» (Вайсберг и др. 1976) приведены примеры ионных спектров и кривых торможения электронов, полученных 26.X 1975 г. на различных участках орбиты спутника «Венера-9», и первые предварительные оценки параметров плазмы по данным этих спектров. В настоящее время эти оценки уточнены. Оказалось, что плазма в областях околосолнечного пространства, которым соответствуют упомянутые спектры (рис. 1, точки *a*, *б*, *в*, *г*) характеризуется следующими значениями электронной (T_e), ионной (T_i) температур, направленной скорости (V_i) и концентрации (n):

- а) в оптической тени планеты: $T_e = 150 \cdot 10^3$ К, $n = 2$ см $^{-3}$;
- б) в переходном слое вблизи препятствия: $T_e = 200 \cdot 10^3$ К, $T_i = (3 \pm 1) \cdot 10^6$ К, $V_i = (300 \pm 50)$ км/сек, $n = 7 \pm 2$ см $^{-3}$;
- в) в переходном слое вблизи фронта ударной волны: $T_e = (300 \pm 100) \cdot 10^3$ К, $T_i = (1,4 \pm 0,2) \cdot 10^6$ К; $V_i = 490 \pm 20$ км/сек, $n = 60 \pm 20$ см $^{-3}$;
- г) в солнечном ветре: $T_e = 150 \cdot 10^3$ К, $T_i = 2 \cdot 10^5$ К, $V_i = 570$ км/сек, $n = 15 \pm 5$ см $^{-3}$.

Параметры плазмы рассчитаны с учетом характеристик приборов в предположении максвелловского распределения частиц по скоростям. В переходной области, где потоки частиц сильно флуктуируют, оценки температуры и концентраций могли быть сделаны с неопределенностью $\sim 30-40\%$.

Сравнительно хорошее совпадение положений фронта околосолнечной ударной волны, определенных по измерениям, проведенным в различные годы на разных космических аппаратах, по-видимому, характерно для создающей ударную волну препятствия немагнитной (ионосферной) природы. Около Земли (Фэйрфилд, 1971, Безруких и др., 1975) и Марса (Грингауз и др., 1975; Грингауз, 1975) положения околосолнечных ударных волн значительно более изменчивы.

Ин-т космических исследований
АН СССР, Москва

Поступила в редакцию
1 декабря 1975 г

ЛИТЕРАТУРА

- Безруких В. В., Бреус Т. К., Веригин М. И., Майсурадзе П. А., Ремизов А. П. и Соломатина Э. К., 1975. Препринт ИКИ АН СССР, Д-492. Доклад на 18-й сессии КОСПАР в Варне, 1975; Space Res., 15, в печати.
- Бреус Т. К. и Грингауз К. И., 1972. В сб.: Физика Луны и планет. «Наука», М., 279.
- Бридж и др. (Bridge H. S., Lazarus A. J., Snyder S. W., Smith E. J., Davis L., Jr. Coleman P. J., Jones D. E.), 1967. Science, 158, 1669.
- Бридж и др. (Bridge H. S., Lazarus A. J., Scudder J. D., Ogilvie K. W., Hartle R. E., Asbridge J. R., Bame S. J., Feldman W. C., Siscoe G. L.), 1974. Science, 183, 1293.
- Бридж и др. (Bridge H. S., Hartle R. E., Lazarus A. J., Ogilvie K. W., Scudder J. D., Siscoe G. L., Yeates C. M.), 1975. Preprint of Paper presented at USA — USSR Bilateral Seminar, Moscow, November 1975.

- Вайсберг О. Л., Валидов М. О., Грингауз К. И., Долгинов Ш. Ш., Краснопольский В. А., Ксанфомалити Л. В., Курт В. Г., Миурьяну С. О. и Мороз В. И. 1976. Письма в АЖ, 2, 3.
- Грингауз К. И., 1975. Препринт ИКИ АН СССР. Д-220; Sympos. IAGA S-18, Grenoble, August 1975.
- Грингауз К. И., Безруких В. В., Мусатов Л. С. и Бреус Т. К., 1968. Космич. исследования, 6, 412.
- Грингауз К. И., Безруких В. В., Волков Г. И., Мусатов Л. С. и Бреус Т. К., 1970. Космич. исследования, 8, 431.
- Грингауз К. И., Безруких В. В., Волков Г. И., Веригин М. И., Давытаев Л. Н., Копылов В. Ф., Мусатов Л. С. и Слуценков Г. Ф., 1974. Космич. исследования, 12, 430.
- Грингауз К. И., Безруких В. В., Веригин М. И., Денищикова Л. И., Карпов В. И., Копылов В. Ф., Крисилов Ю. И., Ремизов А. П., 1975. Препринт ИКИ АН СССР, Д-194, Space Res., 15, в печати.
- Долгинов Ш. Ш., Жузгов Л. Н. и Ерошенко Е. Г., 1968. Космич. исследования, 6, 561.
- Несс и др. (Ness N. F., Behannon L. W., Schatten K. H.), 1974. Science, 183, 1301.
- Спрейтер и др. (Spreiter J. R., Summers A. L., Rizzi A. W.), 1970. Planet. and Space Sci., 18, 1281.
- Фэйрфилд (Fairfield D. H.), 1971. J. Geophys. Res., 76, 6700.