

**Д О К Л А Д Ы**  
**АКАДЕМИИ НАУК СССР**

---

**1965**

ТОМ 163, № 4

В. В. БЕЗРУКИХ, К. И. ГРИНГАУЗ, Л. С. МУСАТОВ,  
Р. Е. РЫБЧИНСКИЙ, М. З. ХОХЛОВ

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПОТОКОВ СОЛНЕЧНОЙ ПЛАЗМЫ  
НА МЕЖПЛАНЕТНОЙ СТАНЦИИ ЗОНД-2**

(Представлено академиком А. Л. Минцем 11 V 1965)

Среди опубликованных до настоящего времени сообщений, относящихся к прямым наблюдениям потоков солнечной плазмы в межпланетном пространстве на космических аппаратах Луна-2<sup>(1)</sup> и Луна-3<sup>(2)</sup> в 1959 г., Венера-1<sup>(2, 3)</sup> и Эксплорер-10<sup>(4)</sup> в 1961 г., Маринер-2<sup>(5, 6)</sup>, Марс-1<sup>(7)</sup> в 1962 г. и Эксплорер-18<sup>(8)</sup> в 1963—1964 гг., наиболее длительный период охватывают измерения, выполненные К. Снайдером и М. Нейгебауэр при помощи электростатического анализатора на станции Маринер-2, длившееся почти непрерывно 4 месяца. Авторы<sup>(5, 6)</sup> показали наличие хорошей корреляции между скоростями потоков солнечной плазмы и *Kp*-индексами, характеризующими геомагнитные возмущения. Однако в<sup>(5, 6)</sup> указывается на отсутствие удовлетворительной корреляции между величинами потоков солнечной плазмы и *Kp*-индексами (с оговоркой о том, что этот вывод предварителен). Результаты наших экспериментов говорят в пользу существования такой корреляции.

На межпланетной станции Зонд-2, запущенной 30 XI 1964 г., были установлены несколько ловушек заряженных частиц, предназначенных для измерений потоков заряженных частиц вблизи Земли и определения величин потоков солнечной плазмы и их энергетических спектров.

В настоящем сообщении приводятся предварительные данные измерений, проведенных на станции Зонд-2 с помощью модуляционной и одной из интегральных ловушек заряженных частиц в течение первой половины декабря 1964 г.

В конструкцию интегральной ловушки по сравнению с трехэлектродными ловушками с постоянными потенциалами на электродах, установленными на других советских космических ракетах<sup>(2, 7)</sup>, были внесены некоторые изменения. С ее помощью можно было регистрировать потоки электронов с энергией  $>70$  эв и потоки положительных ионов с энергией  $>50$  эв. Если говорить более строго, то таким образом могли быть зарегистрированы лишь разности этих потоков. Однако на отдельных участках траектории экспериментальные данные с очевидностью позволяют выделить те области, где преобладают потоки заряженных частиц одного знака.

Модуляционная ловушка, установленная на станции Зонд-2, отличалась от такой же ловушки, установленной на станции Марс-1<sup>(7)</sup>, несколько большим размером. Конструкция ловушки близка к конструкции, использованной Бриджем и др. на Эксплорере-10 (1961 г.)<sup>(4)</sup>. Напряжение на модуляционную сетку подавалось в виде суммы двух напряжений — постоянного, принимавшего последовательно 8 значений от  $\sim 230$  до  $\sim 3200$  в, и переменного напряжения прямоугольной формы с полным размахом  $\sim 450$  в (частота модуляции  $\sim 1000$  гц). Схема ловушки и диаграмма напряжений показаны на рис. 1. Система экранных сеток отделяет модуляционную сетку от коллектора. Эмиссия электронов с коллек-

тора подавлялась при помощи дополнительной сетки вблизи коллектора, имевшей потенциал  $-70$  в относительно корпуса станции. Переменная составляющая коллекторного тока, пропорциональная величине потока положительных частиц в соответствующем интервале энергий, регистрировалась резонансным усилителем, настроенным на частоту модуляции. Прибор мог регистрировать в каждом энергетическом интервале шириной  $\sim 450$  эв потоки положительных ионов в пределах от  $\sim 1 \cdot 10^7$  до  $\sim 2,5 \cdot 10^9$  см $^{-2}$ ·сек $^{-1}$ . Общий поток положительных ионов с энергиями  $< 3600$  эв примерно равен сумме потоков, зарегистрированных во всех энергетических интервалах. Время определения одного спектра (т. е. последовательных измерений в 8 интервалах)

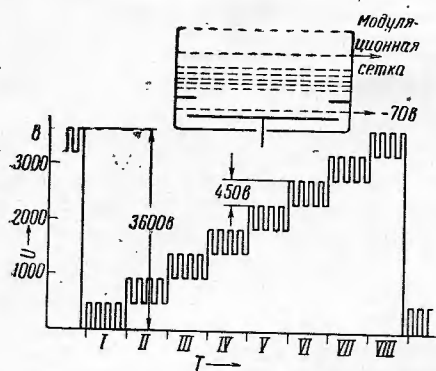


Рис. 1

составляло 4 мин. Кроме того, в цепь коллектора модуляционной ловушки был включен усилитель постоянного тока (на положительные и отрицательные токи), с помощью которого можно было оценить величину потока положительных ионов с энергией, превышающей 3600 эв, а также регистрировать потоки электронов с энергией  $> 70$  эв.

При помощи модуляционной и интегральной ловушек заряженных частиц во время ряда сеансов связи со станцией Зонд-2 были проведены измерения потоков протонов солнечного ветра и их энергетических спектров.

Основным положением модуляционной ловушки является положение, при котором ее ось ориентирована на Солнце. При отклонении оси ловушки от этого направления в измеренные величины вносились поправки, основанные на изучении угловых характеристик ловушки в лаборатории.

В качестве примера результатов измерений на рис. 2 приводится ряд спектров солнечного ветра, полученных во время сеансов измерений 5 XII 1964 г., когда Зонд-2 находился на расстоянии  $\sim 1,7 \cdot 10^6$  км от Земли.

Величины потоков положительных ионов в диапазоне энергий до 900 эв сравнительно малы ( $\sim (3 \div 7) \cdot 10^7$  см $^{-2}$ ·сек $^{-1}$ ). Следует заметить, что день 5 XII 1964 г. является исключительно спокойным в магнитном отношении днем (например, по данным обсерватории в Caimbra сумма трехчасовых  $K$ -индексов за 5 XII 1964 г.  $\Sigma K = 2$ ).

Как и в предыдущих опытах на Венере-1 в 1961 г. (3) и на Марсе-1 в 1962 г., измерения показали, что увеличение геомагнитных возмущений связано с ростом интенсивности потоков солнечной плазмы. Так, 7 XII 1964 г., когда по данным той же обсерватории  $\Sigma K = 18$ , во время сеанса измерений в 21 час был зарегистрирован поток, интенсивность которого превосходила  $\sim 1,5 \cdot 10^9$  см $^{-2}$ ·сек $^{-1}$ . В последующие дни интенсивность потока снова снизилась до уровня  $\sim 10^8$  см $^{-2}$ ·сек $^{-1}$ . В связи с этим следует отметить, что 7 XII 1965 г. наблюдалась единственная в декабре магнитная буря с внезапным началом в 10 $^h$ 30 $^m$ .

Взаимное расположение станции Зонд-2 и Земли 7 XII 1964 г. было таково, что потоки солнечной плазмы вначале взаимодействовали с Землей, а затем с запаздыванием примерно 40 ÷ 120 мин (в зависимости от предположения о направлении движения фронта потока) с межпланетной станцией. Таким образом, наши наблюдения относятся, по-видимому, к моменту времени спустя примерно 10 час после прохождения фронта потока, ответственного за внезапное начало бури 7 XII 1964 г.

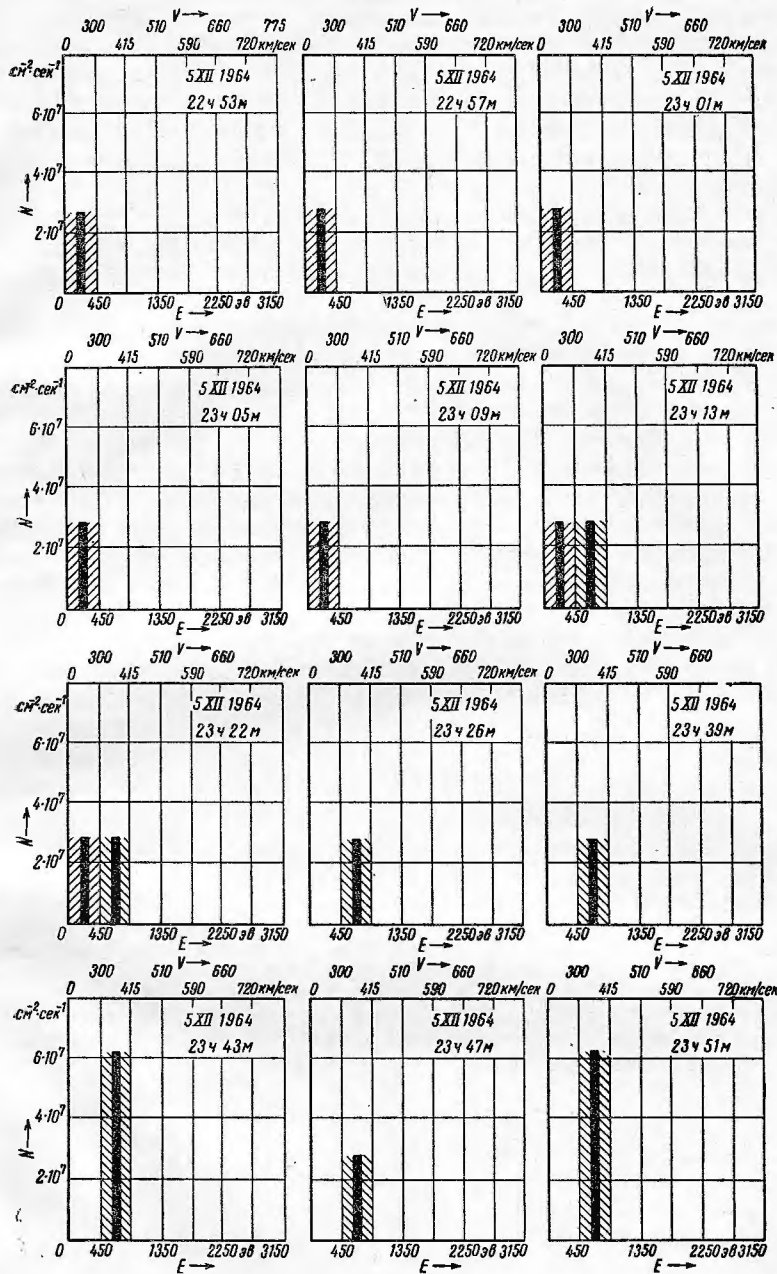


Рис. 2

Заметим, что во время сильных геомагнитных возмущений, на станции Марс-1 также наблюдались потоки солнечной плазмы  $\sim 10^9 \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$  (например, 22 XI 1962 г. в  $9^{\text{ч}}10^{\text{м}}$  и 30 XI 1962 г. в  $10^{\text{ч}}$ ).

Несмотря на то, что суммарное время наших наблюдений потоков солнечной плазмы значительно меньше, чем длительность наблюдений, выполненных на Маринере-2<sup>(5, 6)</sup>, данные наблюдений 1959 г. на Луне-3<sup>(2)</sup>, 1961 г. на Венере-1<sup>(3)</sup>, 1962 г. на Марсе-1, и 1964 г. на Зонде-2 позволяют говорить о том, что корреляция между величинами потоков солнечной плазмы и  $K_p$ -индексами существует. В частности, геомагнитные бури, которым соответствуют  $K_p \geq 5$ , вызываются потоками солнечной плазмы  $\sim 10^9$  протонов  $\cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ , значительно (на порядок) превышающими

величины потоков в магнитноспокойные периоды. Можно отметить, что даже спустя 10 час после внезапного начала магнитной бури 7 XII 1964 г. величина потока солнечной плазмы все еще в 10—15 раз превышала величину потока до начала бури. В то же время из данных, полученных на Маринере-2<sup>(5)</sup>, следует, что в аналогичной ситуации после прохождения ударного фронта, связываемого с началом магнитной бури (см. бурю 7 X 1962 г.), поток плазмы сравнительно быстро (в течение ~5 час) спадал до уровня, имевшего место до бури.

Таким образом, в отношении связи между величинами потоков солнечной плазмы и геомагнитными возмущениями, данные, полученные в результате наших опытов и в опытах на Маринере-2, отличаются друг от друга.

Можно предполагать, что неопределенность данных о корреляции между *K<sub>p</sub>*-индексами и величинами потоков солнечной плазмы, отмеченная в (5, 6), связана с особенностями методики наблюдений и интерпретации первичных экспериментальных данных, полученных на Маринере-2. Измерения при помощи электростатического анализатора, примененного на Маринере-2, позволяли с большой точностью определять скорости плазмы, однако для определения полного потока авторам (5, 6) приходилось делать предположения в виде энергетического спектра протонов, что, возможно, приводит к неопределенности в оценках величин потоков. С другой стороны, ловушки заряженных частиц позволяют непосредственно определять величину потока положительных ионов.

Изложенные данные свидетельствуют о необходимости дальнейшего изучения корреляционных зависимостей между характеристиками геомагнитных возмущений и характеристиками потоков солнечной плазмы.

Радиотехнический институт  
Академии наук СССР

Поступило  
29 IV 1965

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> К. И. Грингауз, В. В. Безруких и др., ДАН, 131, № 6, 1301 (1960). <sup>2</sup> К. И. Грингауз, Space Research, 2, Proceedings, Amsterdam, 1961, p. 539; Искусств. спутники Земли, в. 12, 1962, стр. 119. <sup>3</sup> К. И. Грингауз, В. В. Безруких и др., Space Research, 3, Proceedings, Amsterdam, 1962, p. 602; Искусств. спутники Земли, в. 15, 1963. <sup>4</sup> H. S. Bridge, A. J. Lazarus et al., Space Research, 3, Proceedings, Amsterdam, 1963, 1113. <sup>5</sup> C. W. Snyder, M. Neugebauer, Space Research, 4, Proceedings, Amsterdam, 1964, p. 89. <sup>6</sup> C. W. Snyder, M. Neugebauer, U. R. Rao, J. Geophys. Res. 68, 6361 (1963). <sup>7</sup> К. И. Грингауз, В. В. Безруких и др., Space Research, 4, Proceedings, Amsterdam, 1964, p. 621. <sup>8</sup> H. Bridge, A. Egidi et al., Space Research, 5, Proceedings, 1965.