

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

---

ИСКУССТВЕННЫЕ  
СПУТНИКИ  
ЗЕМЛИ

*Выпуск 15*

*(Отдельный оттиск)*

---

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

*Москва 1963*

*К. И. Грингауз, В. В. Безруких,  
С. М. Баландина, В. Д. Озеров, Р. Е. Рыбчинский*

**ПРЯМЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПОТОКОВ СОЛНЕЧНОЙ ПЛАЗМЫ  
НА РАССТОЯНИИ ПОРЯДКА 1 900 000 км ОТ ЗЕМЛИ**

**17 ФЕВРАЛЯ 1961 г.**

**И ОДНОВРЕМЕННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ<sup>1</sup>**

В докладе К. И. Грингауза на симпозиуме по изучению космического пространства в апреле 1961 г. во Флоренции [1] были приведены предварительные сведения о результатах опыта, проведенного с помощью ловушек заряженных частиц на советской космической ракете, запущенной 12 февраля 1961 г. в направлении к Венере. В настоящем сообщении приводятся окончательные, несколько исправленные результаты измерений; они сопоставляются с результатами одновременной регистрации вариаций геомагнитного поля на Земле.

Напомним, что на указанной ракете имелись две трехэлектродные ловушки. Они лишь конструктивно отличались от установленных на второй советской космической ракете ловушек, при помощи которых в 1959 г. были впервые зарегистрированы потоки солнечной плазмы вне геомагнитного поля [2]. Изменения, внесенные в конструкцию, были направлены на облегчение ее и дальнейшее уменьшение компоненты коллекторного тока, создаваемой фотоэлектронной и вторичной эмиссией с внутренней сетки ловушки.

Потенциалы внешних сеток ловушек на ракете, запущенной к Венере, были  $\phi'_{g2} = 0$  и  $\phi''_{g2} = +50$  в; во время измерений ловушки сохраняли определенную ориентацию относительно направления на Солнце и вектора скорости, вследствие чего изменения коллекторных токов из-за вращения корпуса, описанные в [2] и [1], не могли иметь места.

На опубликованном в [1] рис. 10 показаны результаты измерений коллекторных токов ловушек во время трех сеансов радиотелеметрической связи с космической ракетой (см. также верхнюю часть рис. 1). Время  $t$  (московское) начала каждого из этих сеансов и соответствующее началу сеанса удаление  $R$  ракеты от центра Земли даны в следующей таблице:

Номер сеанса	Дата	Время, ч. м.	$R$ , км
1	12.II 1961 г.	6.45	30 000
2	12.II 1961 г.	14.25	170 000
3	17.II 1961 г.	14.35	1 900 000

<sup>1</sup> Доклад на Международном симпозиуме по исследованию космического пространства (Вашингтон, 1—7 мая 1962 г.).

При рассмотрении упомянутых результатов следует иметь в виду, что усилитель коллекторного тока с потенциалом внешней сетки, равным 0 в, имел характеристику, состоявшую из двух линейных участков; крутизна верхнего участка была сравнительно мала, максимальный измеряемый ток был близок к  $8 \cdot 10^{-8}$  а. Усилитель коллекторного тока ловушки с  $\varphi_{g2} = +50$  в имел характеристику, близкую к линейной, максимальный измеряемый ток был равен  $2 \cdot 10^{-9}$  а. Как и следовало ожидать, модуляция коллекторных токов, имевшая место в предыдущих аналогичных опытах, в данном случае отсутствовала.

Заметим, что за счет токов, создаваемых эмиссией фотоэлектронов с внутренней сетки, зарегистрированные токи несколько меньше токов, определяемых потоками положительных ионов, попадающих в ловушку. Однако из материалов, приведенных в [1, 2], можно видеть, что фототок с внутренней сетки в ловушках на первых космических ракетах не превышал  $5 \cdot 10^{-10}$  а; в ловушках на ракете, запущенной в сторону Венеры, он был заведомо существенно меньше, так как прозрачность внутренней сетки была увеличена.

Во время первого сеанса токи в обеих ловушках колебались вблизи нулевых значений; при этом космическая ракета находилась на расстояниях 30 000—45 000 км от центра Земли, т. е. во внешней части второго радиационного пояса. Отсутствие значительных отрицательных коллекторных токов в ловушках при первом сеансе еще раз свидетельствует об отсутствии во втором радиационном поясе мягких электронов с потоком порядка  $10^{10}$  см<sup>-2</sup>·сек<sup>-1</sup>, постулированных большинством исследователей этого пояса в 1959—1961 гг. Более подробно этот вопрос рассматривается в докладе [3].

Во время второго сеанса зарегистрированы небольшие положительные токи в обеих ловушках. Значительно большие токи регистрировались в ловушках во время третьего сеанса. Ток ловушки с потенциалом внешней сетки  $\varphi_{g2} = +50$  в равен  $2 \cdot 10^{-9}$  а, т. е. соответствует максимальному значению тока, который мог быть зарегистрирован усилителем коллекторного тока этой ловушки. Ток, регистрируемый одновременно в ловушке с нулевым потенциалом на внешней сетке, равен приблизительно  $3,3 \cdot 10^{-9}$  а. Это значение, очевидно, и определяет величину  $N^+$  потока положительных корпускул, падавшего на ловушку во время третьего сеанса радиосвязи,  $N^+ \sim 10^9$  см<sup>-2</sup>·сек<sup>-1</sup>. С точностью до погрешности измерений величина потока во время третьего сеанса была постоянной. Во время третьего сеанса на Земле была зарегистрирована магнитная буря с постепенным началом, которая началась 17 февраля около 12 час московского времени и длилась несколько суток.

На рис. 1 для каждого сеанса связи изображены в одном и том же масштабе времени графики коллекторных токов в ловушках и результаты одновременной регистрации параметров магнитного поля по данным Центральной магнитной обсерватории (Москва). Последние представляют собой записи самописцев магнитографа Лакура, регистрировавших горизонтальную компоненту напряженности геомагнитного поля  $H$  и угол магнитного склонения  $D$ .

Вопрос о том, в каком соответствии находятся вариации интенсивности солнечного корпускулярного потока, воздействующего на магнитосферу Земли, и вариации геомагнитного поля во время вызванной этим потоком магнитной бури, в настоящее время недостаточно ясен. Некоторые авторы считают, что в первые часы магнитной бури колебания геомагнитного поля соответствуют колебаниям корпускулярного потока, а затем это соответствие нарушается из-за действия систем электрических токов, возникших в ионосфере под влиянием корпускулярных потоков [4].

Это утверждение можно было бы проверить, имея одновременные длительные наблюдения вариаций корпускулярного потока в межпланетном пространстве вне геомагнитного поля и вариаций магнитного поля на Земле. Вследствие малой (получасовой) длительности третьего сеанса связи имеющиеся экспериментальные результаты, полученные с космической

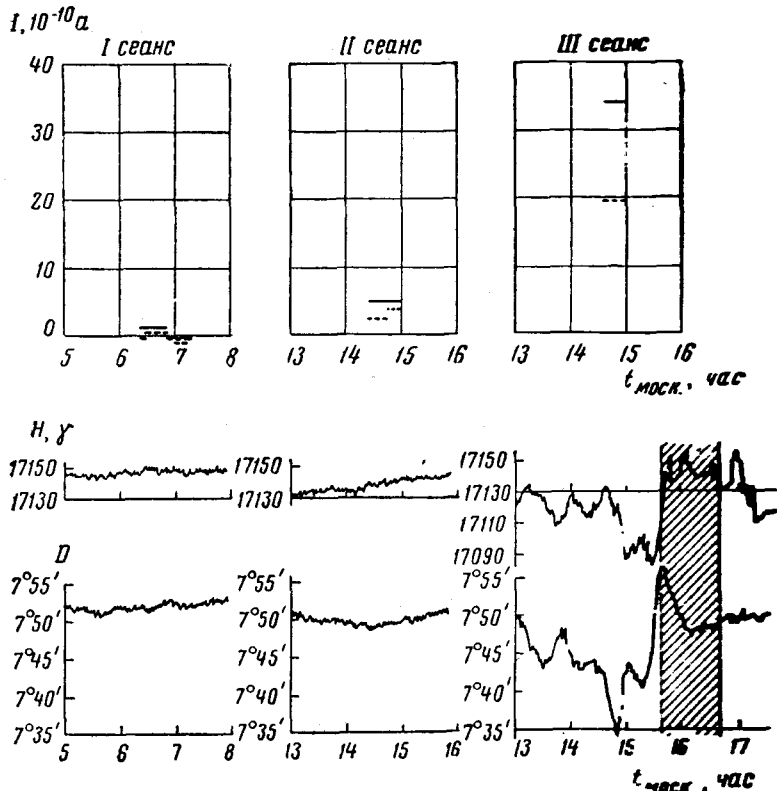


Рис. 1. Результаты измерения токов  $I$  в ионных ловушках и одновременных измерений горизонтальной составляющей  $H$  и угла магнитного склонения  $D$ .

Сплошная линия — ловушка с  $\Phi_{g2} = 0$  в, пунктирная — ловушка с  $\Phi_{g2} = 50$  в; штриховкой отмечен период, когда могло произойти соприкосновение зарегистрированной ловушкой части потока с магнитосферой Земли

ракеты, запущенной к Венере, подобной возможности не дают. Тем не менее, предполагая, что величина геомагнитного возмущения определяется в данное время корпускулярным потоком, попадающим в магнитное поле Земли, интересно попытаться установить связь между этими величинами. При этом, очевидно, необходимо учесть, что между моментом регистрации плотности некоторой части корпускулярного потока на космической ракете и моментом соприкосновения этой же части потока с магнитосферой Земли проходит время, определяемое взаимным расположением и взаимными скоростями движения данной части корпускулярного потока, Земли и ракеты.

На рис. 2 изображено взаимное расположение космической ракеты и Земли во время третьего сеанса радиосвязи. Космическая ракета находилась на расстоянии 1,89 млн. км от Земли; расстояние от Солнца до нее было на 1,54 млн. км меньше, чем расстояние от Солнца до Земли. При этом косми-

ческая ракета несколько отставала от Земли в угловом движении вокруг Солнца. Следует иметь в виду, что тангенциальная скорость движения корпускулярного потока на расстоянии 1 *а. е.* в 14 раз превышает орбитальную скорость Земли.

Пытаясь оценить время запаздывания момента соприкосновения некоторой области потока с Землей относительно момента ее соприкосновения с ракетой, необходимо делать некоторые предположения о форме потока. Данная область потока может войти в соприкосновение с космической ракетой, а затем с Землей либо своим фронтом (при этом время запаздывания  $\tau$  указанных явлений будет определяться радиальной скоростью корпускул), либо боковой поверхностью (при этом  $\tau$  зависит также от тангенциальной скорости потока, равной примерно  $400 \text{ км} \cdot \text{сек}^{-1}$ ). Возможны также случаи, когда данная область потока соприкасается с космической ракетой фронтом, а с Землей — боковой поверхностью.

Радиальная скорость, грубо определенная по запаздыванию момента начала магнитной бури относительно момента прохождения активной области на Солнце через его центральный меридиан, для бури 17 февраля 1961 г. оказалась равной  $v_r \approx 400 \text{ км} \cdot \text{сек}^{-1}$ .

При указанных выше различных предположениях время  $\tau$  оказалось в пределах от 64 до 110 мин. Границы заштрихованной области на рис. 1 определяются моментами начала и конца третьего сеанса измерений с учетом соответственно наименьшего и наибольшего времени запаздывания. В этой области с ее ближайшими окрестностями колебания  $H$  достигали примерно 100  $\gamma$ .

Следует отметить, что измеренная нами величина  $N^+$  близка к максимальной величине  $N^+$ , полученной в опыте Бриджа, Дилуорта и др. [5] на спутнике «Эксплорер X», а определенная указанным косвенным путем скорость корпускул близка к соответствующей средней величине, непосредственно измеренной в опыте [5].

Авторы благодарят В. И. Афанасьеву, Ю. Д. Калинина и Э. Р. Мустьева за полезную дискуссию.

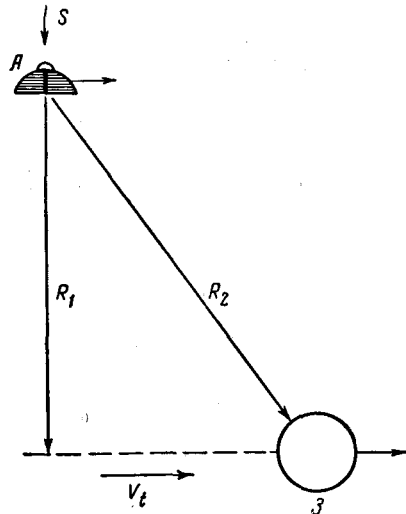


Рис. 2. Взаимное расположение космической ракеты *A* и Земли *Z* во время третьего сеанса радиосвязи:

*S* — направление от Солнца;  $V_t$  — скорость корпускулярного потока;  $R_1 = 1,54 \cdot 10^6 \text{ км}$ ;  $R_2 = 1,89 \cdot 10^6 \text{ км}$

Дата поступления  
20 апреля 1962 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. К. И. Грингауз. Space Res. II, North-Holland Publ. Co., Amsterdam, 1961, p. 539. Сб. «Искусственные спутники Земли», вып. 12. Изд-во АН СССР, 1962, стр. 119.
2. К. И. Грингауз, В. В. Безруких и др. Докл. АН СССР, 131, 1301, 1960.
3. К. И. Грингауз, С. М. Баландина и др. Сб. «Искусственные спутники Земли», наст. вып., стр. 92.
4. В. И. Афанасьева. Труды ИЗМИР АН СССР, 12, 63, 1957.
5. H. S. Bridge, C. Dilworth, A. J. Lazarus et al. Direct Observations of the Interplanetary Plasma. Contribution to 1961 Kyoto Conference.