

Д О К Л А Д Ы

АКАДЕМИИ НАУК СССР

1966

т. 170, № 3

шения и возрастания скоростей счета, в частности 5 V показания всех счетчиков уменьшились почти до уровня космического фона. Максимальная скорость счета в этот период составляла (за вычетом фона космических лучей) ≈ 50 имп·см⁻²·сек⁻¹·стер. для счетчика СБТ-9 и ≈ 40 имп·см⁻²·сек⁻¹·стер. для счетчиков СФ. После 7 V показания всех счетчиков уменьшились до уровня фона космических лучей.

Повышенные 3 и 8—9 IV, а также 2—3 и 7 V показания счетчиков естественно интерпретировать как регистрацию, по-видимому, изотропных по направлению потоков частиц, вероятнее всего электронов с энергиями $E \geq 40$ кэв в областях предполагаемой границы магнитосферы. Эти потоки электронов хорошо коррелируют с потоками более мягких электронов с энергией $E > 70$ эв по измерениям К. И. Грингауза и др., публикуемым в настоящем номере журнала.

Эти данные делают весьма вероятным существование в антисолнечном направлении хвоста магнитосферы Земли на расстоянии до 60 радиусов Земли. Следует, однако, отметить, что измерения магнитного поля Ш. Ш. Долганова и др., публикуемые в настоящем номере журнала, по-видимому, не дают прямых указаний на пересечение Луной области хвоста магнитосферы, хотя 4 V наблюдалось небольшое увеличение модуля магнитного поля по сравнению с периодом 7—11 и 18—21 IV. Следует также отметить, что регистрация электронов с энергией 40—50 кэв и, тем более, совсем мягких электронов свидетельствует о том, что магнитное поле не образует замкнутых линий вокруг Луны.

Обращает на себя внимание, что зарегистрированные К. И. Грингаузом потоки электронов малых энергий ($E > 70$ эв) являются направленными, в то время как частицы существенно больших энергий квазиизотропны.

Физический институт им. П. Н. Лебедева
Академии наук СССР

Поступило
28 VI 1966

К. И. ГРИНГАУЗ, В. В. БЕЗРУКИХ, М. З. ХОХЛОВ,
Л. С. МУСАТОВ, А. П. РЕМИЗОВ

**ПРИЗНАКИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ЛУНОЙ ХВОСТА МАГНИТОСФЕРЫ
ЗЕМЛИ ПО ДАННЫМ ЛОВУШЕК ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
НА ПЕРВОМ ИСКУССТВЕННОМ СПУТНИКЕ ЛУНЫ**

(Представлено академиком А. Л. Минцем 11 V 1966)

Космический аппарат Луна-10 был запущен 31 III 1966 г. и выведен на окололунную орбиту 3 IV 1966 г., став первым искусственным спутником Луны. Наряду с другими научными приборами, на Луна-10 были установлены четыре ловушки заряженных частиц (Л), размещенные указанным на рис. 1 образом.

В их числе были две плоских четырехэлектродных ловушки, регистрировавшие суммарные потоки электронов с энергиями $> E_e = 70$ эв и положительных ионов с энергиями $> E_p$. Величина E_p определялась напряжением на второй сетке ловушки, которое менялось один раз в 2 мин. от 0 до +50 в. Соответственно изменялась и величина E_p от значения, определяемого потенциалом спутника ϕ_s , до ~ 50 эв. Угол между нормальными к коллекторам ловушек составлял 156° . Эти ловушки представляли собою модификацию тех, при помощи которых были зарегистрированы потоки мягких электронов в околоземном пространстве

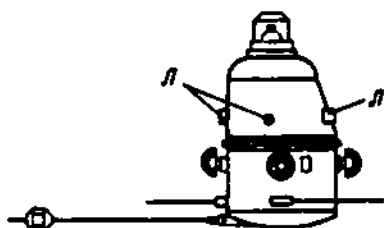


Рис. 1.

и потоки солнечной плазмы в межпланетном пространстве на первых лунных ракетах в 1959 г. (1).

Третья ловушка, модуляционного типа, была предназначена для положительных ионов малых энергий; четвертая регистрировала суммарный ток, создаваемый электронами и положительными ионами, в тех случаях, когда этот ток был отрицателен; в ней регистрировались электроны всех энергий при $\phi_s \geq 0$ и с энергиями $E \geq |\phi_s|$ при $\phi_s < 0$; на коллектор ловушки могли попадать положительные ионы с энергиями более 20 эв.

В настоящем сообщении используются только предварительные результаты измерений, проведенных при помощи двух первых ловушек.

Как показал ряд исследований последних лет, и особенно магнитные измерения Н. Ф. Несса, выполненные в 1963—1964 гг. на спутнике IMP-1 (2), область регулярного геомагнитного поля (магнитосфера) в антисолнечном направлении чрезвычайно сильно вытянута в результате взаимодействия потоков солнечной плазмы (солнечного ветра) с геомагнитным диполем. Измерения Несса показали, что вытянутая в антисолнечном направлении часть магнитосферы («хвост магнитосферы») тянется, во всяком случае, до расстояний от Земли $\sim 30 R_E$ (R_E — радиус Земли). Несмотря на то, что различные авторы высказывали разные предположения о протяженности хвоста магнитосферы (в том числе имелись предположения, что длина хвоста магнитосферы достигает нескольких десятков астрономических единиц (3)), до последнего времени отсут-

ствовали какие-либо прямые эксперименты, дающие доказательства существования хвоста магнитосферы на расстояниях от Земли, превышающих $30 R_E$.

Таковыми экспериментами могут явиться не только прямые измерения магнитного поля в области, являющейся продолжением обследованной ранее части хвоста магнитосферы, но и измерения потоков заряженных частиц в этой области. В хвосте магнитосферы должны иметься потоки плазмы, ибо наблюдаемая в хвосте конфигурация магнитного поля, совершенно отличная от поля диполя, может быть создана только системой токов, для существования которой требуется наличие заряженных частиц. Только благодаря потокам плазмы эта область магнитосферы может быть устойчива; отметим, что, как показал Несс (2), величины потоков электронов с энергиями $E_e > 200$ эв, измеренных вблизи Земли на Луна-2 (1), согласуются с данными магнитных измерений на IMP-1. Однако невозмущенный солнечный ветер не может проникать внутрь маг-

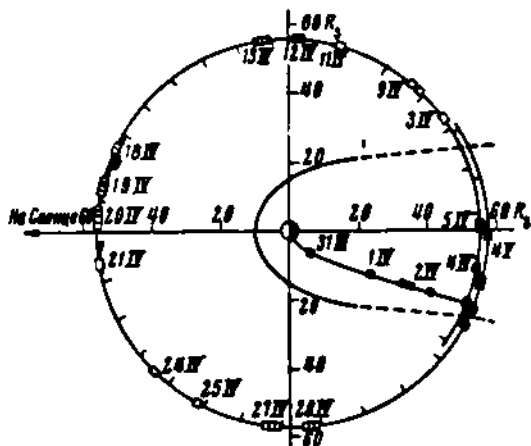


Рис. 2.

нитосферы, с другой стороны, одна из особенностей невозмущенного солнечного ветра состоит в том, что электроны с энергиями, превышающими 20—30 эв, в нем практически отсутствуют. Следовательно, в невозмущенном межпланетном пространстве ловушки, в которых электроны с энергиями менее 70 эв тормозятся, не должны регистрировать электронные потоки. Вместе с тем можно ожидать, что в хвосте магнитосферы потоки электронов с энергиями $E_e > 70$ эв существуют и могут такими ловушками регистрироваться. Это можно использовать для того, чтобы определить по данным ловушек, где находится космический аппарат — в магнитосфере Земли или вне ее.

Луна-10 была запущена 31 III 1966 г. — в период, близкий к полнолуннию. На рис. 2 схематически показана проекция ее траектории на плоскость эклиптики, а также границы магнитосферы Земли по Нессу (2); магнитосфера показана симметричной относительно линии Солнце — Земля. Пунктиром изображено предполагаемое продолжение границы магнитосферы в области, в которой прямые магнитные и плазменные измерения ранее отсутствовали; прямоугольниками отмечены некоторые сеансы радиосвязи с Луной-10, измерения проводились только во время таких сеансов. Из рис. 2 видно, что вся траектория Луны-10 на пути Земля — Луна пролегла в хвосте магнитосферы Земли и в его продолжении.

Предварительное изучение результатов измерений потоков в двух ловушках, регистрирующих разности потоков положительных ионов с $E_p > 50$ эв и электронов с $E_e > 70$ эв, за период с 31 III по 5 V показало, что все сеансы измерений могут быть отчетливо разделены на две группы. В сеансах первой группы по крайней мере в одной из двух рассматриваемых ловушек регистрируются отрицательные токи; в сеансах второй группы в обеих ловушках регистрируются только положительные токи.

К первой группе относятся все сеансы измерений, проведенные, когда аппарат Луна-10 находился внутри либо ранее известной области хвоста магнитосферы, либо ее продолжения (границы которого отмечены пунктиром на рис. 2). На рис. 3 светлыми кружками для одной ловушки и чер-

ными — для другой показаны токи во время части трех сеансов этой группы; сеанс 2 IV проведен на пути от Земли к Луне (см. рис. 2); сеанс 5 IV — на окололунной орбите в период, близкий к полнолуннию, сеанс 4—5 V — в период, близкий к следующему полнолуннию, после того, как Луна совершила полный оборот вокруг Земли. Разброс значений токов связан с изменениями ориентации спутника. По-видимому, отрицательные токи в этих сеансах соответствуют реально существующим пото-

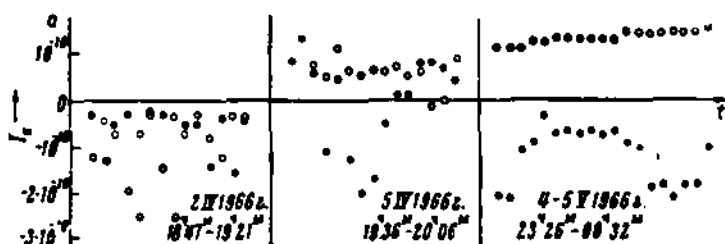


Рис. 3.

кам электронов с $E_e > 70$ эв, а не вызваны, например, фотоэмиссией, так как наблюдаются случаи одновременной регистрации почти одинаковых отрицательных токов в обеих ловушках (в сеансе 2 IV в обеих ловушках регистрировались только отрицательные токи). Однако значительно чаще

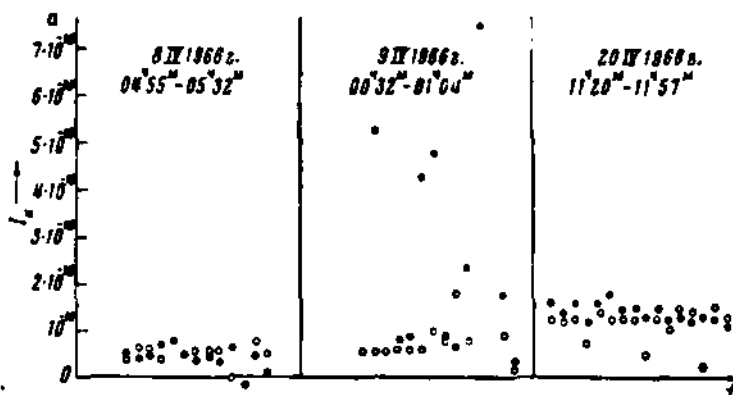


Рис. 4.

в этих сеансах в рассматриваемых ловушках наблюдались токи противоположных знаков. Поскольку нормали к коллекторам этих ловушек составляют угол 156° , т. е. ловушки расположены почти диаметрально противоположно, можно думать, что это обстоятельство свидетельствует о наличии в этой области электрического тока.

Ко второй группе относятся сеансы измерений, проведенные когда Луна (а следовательно, и ее спутник) находилась заведомо вне магнитосферы Земли (светлые прямоугольники на рис. 2). Положительные токи, регистрируемые ловушками в этих сеансах, в среднем возрастают по сравнению с сеансами первой группы, причем в некоторых случаях (например в сеансе 9 IV на рис. 4) возрастание достигает порядка величины.

В этих сеансах, как уже отмечалось, в рассматриваемых ловушках практически не регистрируются отрицательные токи, создаваемые электронами с $E_e > 70$ эв, как и должно быть в невозмущенном солнечном ветре. Однако в почти противоположно направленных ловушках одновременно наблюдаются потоки положительных ионов с $E_p > 50$ эв. Это не

может происходить в невозмущенных потоках плазмы, радиально распространяющихся от Солнца. По-видимому, вблизи Луны, когда она находится вне хвоста магнитосферы Земли, образуется возмущенная зона, в которой имеются потоки положительных ионов с энергиями $E_p > 50$ эв, движущиеся в направлении, не совпадающем с направлением солнечного ветра, и орбита первого спутника Луны проходит внутри этой возмущенной зоны.

Как показало ознакомление с наземными магнитограммами геомагнитного поля (Москва, Красная Пахра), все дни за период с 31 III по 15 IV были в равной степени магнитоспокойными, и поэтому нет оснований связывать изменения в характере токов, регистрируемых в ловушках, с изменением структурных параметров потоков солнечной плазмы в районе орбиты Луны.

Все измерения, относящиеся к первой группе сеансов, выполнены либо в ранее известной части хвоста магнитосферы (31 III), либо в ее продолжении (3, 4 и 5 IV, 4 и 5 V); все измерения сеансов второй группы, как уже отмечалось, проведены заведомо вне магнитосферы Земли. Это свидетельствует в пользу того, что во время проведенных экспериментов Луна (вместе с ее спутником) вышла на хвост магнитосферы Земли, в котором существуют потоки электронов с $E_e > 70$ эв, а затем при приближении майского полнолуния вновь вошла в хвост магнитосферы Земли. Таким образом, расстояние от Земли в антисолнечном направлении, на протяжении которого по обсуждаемым измерениям наблюдаются признаки существования магнитосферы, увеличилось с $\sim 200\,000$ км по данным IMP-1 до $\sim 380\,000$ км по данным Луны-10.

Следует иметь в виду, что измерения еще не закончены. Более полный анализ результатов измерений, выполненных при помощи этих двух ловушек (включая данные, которые будут получены после составления этого предварительного сообщения), а также результаты измерений, проведенных при помощи двух других ловушек, будут опубликованы в дальнейшем.

Поступило
11 V 1966

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ К. И. Гриягауз, В. В. Безруких и др., ДАН, 131, № 6, 1301 (1960).
² N. P. Ness, J. Geophys. Res., 70, 2989 (1965). ³ A. J. Dessler, J. Geophys. Res., 69, 3913 (1964).