

УДК 550.3

ГЕОФИЗИКА

К. И. ГРИНГАУЗ, В. А. ТРОИЦКАЯ, Э. К. СОЛОМАТИНА, Р. В. ЩЕПЕТНОВ

СВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА С ПЕРИОДАМИ УСТОЙЧИВЫХ МИКРОПУЛЬСАЦИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

(Представлено академиком А. Л. Минцем 31 III 1970)

Результаты измерений потоков ионов солнечного ветра, проведенные при помощи ловушек заряженных частиц на межпланетных станциях Венера-2 (¹) (в 1965 г.), Венера-4 (1967 г.) (¹, ²), а также Венера-5 и Венера-6 (³) (1969 г.), были сопоставлены с одновременными измерениями периодов T устойчивых микропульсаций электромагнитного поля Земли. Для сопоставления были выбраны интервалы наблюдений длительностью ~ 1 мес. с момента запуска каждой из межпланетных станций, когда они находились достаточно близко к Земле. При этом временной сдвиг между моментом измерения параметров потока солнечного ветра на космическом аппарате и воздействием этого потока на границу магнитосферы Земли можно было практически не

учитывать. На рис. 1 показаны усредненные по 3-часовым интервалам величины периодов T микропульсаций, определенные по данным регистрации земных токов на обсерваториях Борок ($\Phi = 52^\circ 53'$, $\Lambda = 123^\circ 20'$), Петропавловск ($\Phi = 44^\circ 24'$, $\Lambda = 218^\circ 14'$) и Сороа (Куба) ($\Phi = 33^\circ$, $\Lambda \sim 345^\circ$) в зависимости от потока ионов в солнечном ветре nv см⁻²·сек⁻¹ (n — концентрация ионов в солнечном ветре, v — скорость потока). Для всех четырех

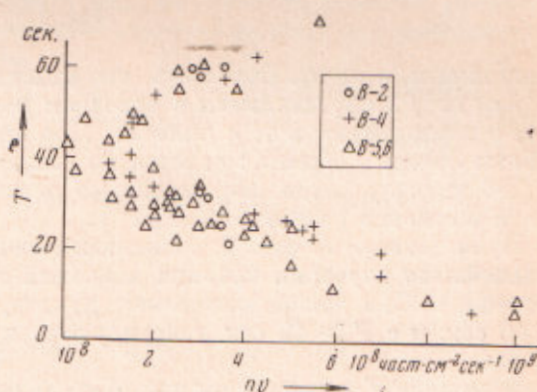


Рис. 1

космических зондов зависимости T от nv различны для двух диапазонов значений T ; при $T \leq 40$ сек. имеет место убывание T при увеличении nv , при $T \geq 40$ сек., наоборот, T растет при увеличении nv . Такая же закономерность наблюдается в отдельно взятых данных каждой обсерватории.

Для проверки этого явления, обнаруженного при различных фазах солнечной активности, и для выяснения влияния на величину T концентрации частиц n в солнечном ветре и скорости v в отдельности, были привлечены результаты измерений параметров солнечного ветра на американском спутнике Земли ИМП-1 в декабре 1963 г. — марте 1964 г. (³) (рис. 2). Величина T взята по данным обсерваторий Борок и Петропавловск. Рис. 2а полностью подтверждает существование различий зависимости T от nv для периодов $T \leq 40$ сек. и $T \geq 40$ сек., показанных на рис. 1.

Особый интерес представляет сравнение зависимостей $T(v)$ и $T(n)$ (рис. 2б и в), которое показывает, что T практически не зависит от скорости солнечного ветра, а определяется главным образом концентрацией частиц. На этих графиках в первом случае (2б) не фиксировано значение

n , а во втором случае (2в) — значение v . Авторы построили зависимости $T(v)$ при $n = 5 \div 10 \text{ см}^{-3}$ и $T(n)$ при $v = 300 \div 350 \text{ км} \cdot \text{сек}^{-1}$. Эти графики здесь не приводятся, но они носят характер, совершенно аналогичный рис. 2б и в.

Этот результат является до некоторой степени неожиданным, так как до сих пор в литературе часто рассматривались зависимости различных геофизических явлений от скорости солнечного ветра (начиная с ⁽⁸⁾), в то время как влиянию концентрации ионов солнечного ветра n на явления в околоземном пространстве уделялось мало внимания (хотя, например, в ⁽⁷⁾ описан случай сильной геомагнитной бури, вызванной именно воз-

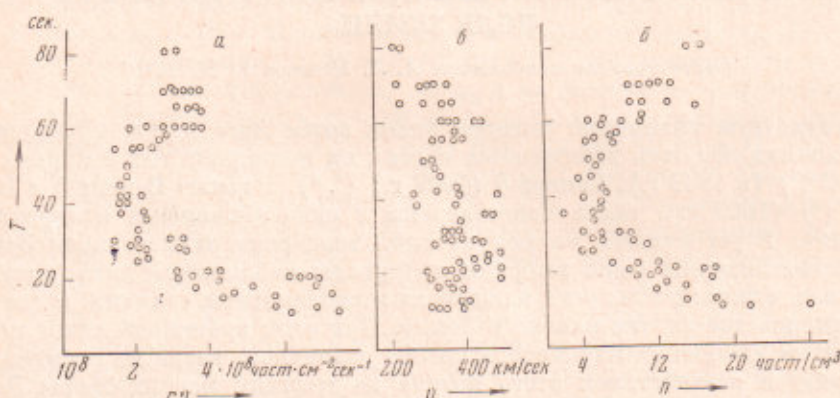


Рис. 2

растанием n , а не v). Считалось, что изменения давления солнечного ветра $p = nv^2/2$ определяются в основном изменениями v , ибо зависимость p от v квадратична, а от n линейна. При этом не учитывалось, что вблизи орбиты Земли v обычно меняется не более, чем в 3 раза (от ~ 250 до $\sim 750 \text{ км/сек}$), тогда как изменения n могут превышать 2 порядка (от долей частицы в 1 см^3 до $\sim 100 \text{ см}^{-3}$).

Приведенные на рис. 2 зависимости свидетельствуют о необходимости дальнейшего изучения влияния вариаций величины n на явления в магнитосфере. Они также заставляют думать, что микропульсации с $T < 40 \text{ сек.}$ и с $T > 40 \text{ сек.}$ генерируются в различных областях магнитосферы.

Убывание T с ростом nv при $T < 40 \text{ сек.}$ хорошо согласуется с представлениями о генерации микропульсаций этой группы (Pc-2—3) внутри холодной плазменной оболочки Земли (плазмосферы), ибо, как известно (^{8, 9}), ее граница — плазмопауза приближается при возрастании геомагнитной активности со сжатием магнитосферы и удаляется от нее при уменьшении давления на магнитосферу. Уменьшение размера резонатора, наружной стенкой которого служит плазмопауза, а внутренней — нижняя граница ионосферы, естественно уменьшает период колебаний, возникающих в этом резонаторе. Аргументы в пользу того, что пульсации типа Pc-2, Pc-3 (с периодом $T < 40 \text{ сек.}$) образуются именно в плазмосфере, приводились также ранее в ⁽¹⁰⁾. Не исключена, однако, и возможность генерации этих колебаний во всем меняющемся под влиянием воздействия солнечного ветра объеме магнитосферы.

Труднее объяснить возрастание величины T с увеличением nv для периодов $T > 40 \text{ сек.}$, соответствующих колебаниям типов Pc-4. Согласно имеющимся представлениям, эти пульсации могут генерироваться в сравнительно узкой силовой трубке, опирающейся на зону полярных сияний (¹¹), и представляют собой альвеновские волны, распространяющиеся вдоль

этой трубки. Если это так, то период пульсаций должен быть связан с концентрацией плазмы n в вершине силовой трубки следующим образом: $T \sim \sqrt{n} / \cos^2 \Phi_0$ ⁽¹²⁾, где Φ_0 — геомагнитная широта, на которую опирается трубка.

Из рис. 2в видно, что периоды пульсаций с $T > 40$ сек. растут с увеличением концентрации плазмы n в межпланетном пространстве. Если допустить, что увеличение концентрации плазмы, действующей на границу магнитосферы, может вызвать увеличение концентрации плазмы в дневной части внешней области магнитосферы (например, за счет крупномасштабных перемещений (конвекции) магнитосферной плазмы или посредством проникновения солнечного ветра в магнитосферу с помощью какого-либо механизма), то, исходя из ⁽¹²⁾, можно качественно объяснить верхнюю часть графиков рис. 1 и рис. 2а и в (для $T > 40$ сек.). Заметим, что по данным измерений, проведенных на американском геостационарном спутнике АТС-1, именно в этой области магнитосферы (на геоцентрическом расстоянии $R = 6,6 R_E$, вблизи местного полудия) во время сжатия магнитосферы 13 I 1967 г. концентрация ионов менялась от $n = 1,8 \text{ см}^{-3}$ до $n = 14,8 \text{ см}^{-3}$ ⁽¹³⁾.

Таким образом, представленные результаты свидетельствуют о том, что основным параметром солнечного ветра, влияющим на характер возбуждаемых на земной поверхности колебательных режимов электромагнитного поля, является концентрация протонной компоненты потока. При этом, с одной стороны, изменение плотности солнечного ветра определяет изменение объема резонатора в магнитосфере, в котором формируются колебания $Pc-2-3$. С другой стороны, характер зависимости периодов устойчивых колебаний типа $Pc-4$, формируемых во внешних областях магнитосферы, может являться свидетельством увеличения концентрации плазмы на дневной стороне магнитосферы.

Рис. 1 и рис. 2а и в позволяют предположить, что могут одновременно существовать (при воздействии на магнитосферу одного и того же потока солнечного ветра) устойчивые микропульсации с двумя различными периодами (соответствующими двум ветвям графиков); однако эти периоды должны находиться в соотношениях, определяемых указанными графиками.

Поступило
17 III 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ К. И. Грингауз, Э. К. Соломатина, *Космич. исслед.*, 6, № 4, 586 (1968).
- ² К. И. Грингауз, В. В. Безруких и др., Там же, 6, № 3, 411 (1968).
- ³ К. И. Грингауз, В. И. Троицкая и др., *Геомагнитизм и аэрономия*, 10, № 4, 569 (1970).
- ⁴ В. А. Троицкая, А. В. Гульельми, *УФН*, 97, в. 3 (1969).
- ⁵ S. Olibert, Preprint Summary of Experimental Results from MIT Detector on IMP-1, 1968; N. F. Ness, *Annual Rev. of Astron. and Astrophys.*, 6, 79 (1968).
- ⁶ C. W. Snyder, M. Neugebauer, *Space Res.*, 4, 89 (1963).
- ⁷ К. И. Грингауз, В. В. Безруких, Л. С. Мусатов, *Космич. исслед.*, 5, 251 (1967).
- ⁸ D. L. Carpenter, *J. Geophys. Res.*, 71, 693 (1966).
- ⁹ К. И. Грингауз, *Изв. высш. учебн. завед., Радиофизика*, 12, 1275 (1969).
- ¹⁰ Ю. А. Копытенко, О. М. Распопов, *Фам Ван Чи, Космич. исслед.*, 7, № 2, 266 (1969).
- ¹¹ Ю. А. Копытенко, О. М. Распопов, Там же, 6, № 4, 617 (1968).
- ¹² А. И. Оль, Диссертация, Н.-п. инст. Арктики и Антарктики, Л., 1964.
- ¹³ C. S. Warren, Structure of the Dayside Equatorial Magnetospheric Boundary as Deduced from Plasma Flow, A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, Houston, Texas, 1969.