

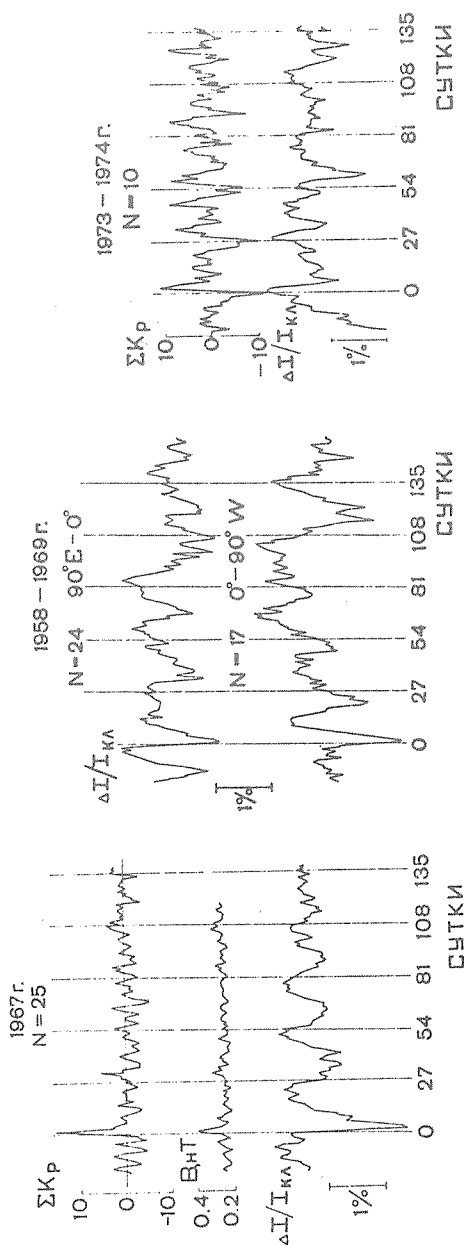
О РЕКУРРЕНТНОЙ МОДУЛЯЦИИ ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ МЕЖПЛАНЕТНЫМИ УДАРНЫМИ ВОЛНАМИ ВСПЫШЕЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Г.А.Базилевская, М.С.Григорян, А.И.Сладкова

УДК 523.165

Показано, что межпланетные ударные волны вызывают понижение интенсивности галактических космических лучей не только при прохождении через точку наблюдения, но и при последующем пересечении этой точки силовой линией магнитного поля, связанной с ударной волной.

До настоящего времени предполагалось, что изолированная вспышечная волна вызывает в интенсивности галактических космических лучей (ГКЛ) единичное понижение Форбуша, а при дальнейшем распространении в межпланетном пространстве эта волна может внести вклад в общее понижение уровня интенсивности ГКЛ при 11-летней модуляции /1-3/. Исследования на космических аппаратах *Пионер 10* и *11* показали, что ударные волны вспышечного происхождения могут существовать в межпланетном пространстве больше месяца, вызывая форбуш-понижения ГКЛ на расстояниях вплоть до 24 а.е. /4/. Длительное существование ударного фронта при условии малости поперечной составляющей коэффициента диффузии ГКЛ может привести к длительному существованию азимутального градиента ГКЛ в межпланетном пространстве. В этом случае после форбуш-эффекта можно ожидать появления рекуррентной вариации ГКЛ с периодом, близким к периоду вращения Солнца. Для проверки этого предположения методом наложения эпох были обработаны данные об интенсивности ГКЛ нейтронного монитора станции Дип Ривер за 1967 г., причем за нуль-дни были взяты даты прохождения ударных волн через орбиту Земли по данным /5/.



В

б

а

Р и с. 1. Результаты метода наложения эпох. N — число нуль-дней. а) Геомагнитный ΣK_p -индекс (вверху), напряженность ММП (в середине), интенсивность ГКЛ (внизу). Нуль-дни — даты прохождения через Землю ударных волн согласно /5/. б) Интенсивность ГКЛ. Нуль-дни — даты изолированных форбуш-понижений от всплесков восточного полушария Солнца (вверху) и западного полушария (внизу). в) ΣK_p -индекс и интенсивность ГКЛ. Нуль-дни — даты пересечения Земли силовыми линиями ММП, связанными с прямыми ударными волнами, образовавшимися за пределами орбиты Земли

На рис. 1а внизу показаны результаты этого анализа для 25 ударных фронтов, промежутки между которыми не были кратны 27 дням. Видно, что в первый день наблюдается понижение Форбуша, а затем в течение по крайней мере трех оборотов Солнца наблюдается 27-дневная волна с постепенно спадающей амплитудой. Согласно /6/, 80% наблюдаемых понижений интенсивности ГКЛ связано с прохождением через точку наблюдения областей с повышенной напряженностью межпланетного магнитного поля (ММП). Чтобы выяснить, не связана ли рекуррентная вариация ГКЛ на рис. 1а с рекуррентной вариацией магнитного поля, соответствующая обработка была проделана для модуля напряженности ММП /7/. Результат оказался отрицательным, как это видно из средней части рис. 1а. В верхней части рис. 1а приведены результаты аналогичной обработки для геомагнитного ΣK_p -индекса. Всплеск в нулевой день подтверждает факт прохождения через Землю ударного фронта, вызвавшего геомагнитную бурю. В последующее время не наблюдается рекуррентных возмущений индекса, что означает единичность вошедших в анализ геомагнитных бурь. Отсюда следует, что 27-дневная волна в космических лучах была откликом на условия, существовавшие в межпланетном пространстве за орбитой Земли. Очевидно, ударная волна в среднем за этот год могла существовать в пространстве вплоть до 30 а.е., а может быть и далее, так как затухание волны в КЛ может быть связано с поперечной диффузией ГКЛ.

Далее были рассмотрены изолированные понижения Форбуша, фаза восстановления которых не была возмущена последующими понижениями ГКЛ /8/. Эти события были разделены на две группы по долготам солнечных вспышек, породивших ударную волну. В верхней части рис. 1б представлен результат обработки методом наложения эпох для понижений, вызванных вспышками восточного полушария Солнца, в нижней части рисунка - вспышками западного полушария. Даты нулевых дней, включенных в анализ, отстояли на промежутки, не кратные 27 дням, а их средние значения равнялись ~ 200 и ~ 250 суток для верхней и нижней частей рис. 1б. В обоих случаях наблюдается рекуррентность в течение приблизительно трех оборотов Солнца.

Обращает на себя внимание то, что амплитуда понижений уменьшается от оборота к обороту очень слабо. Этот факт, а также довольно узкий профиль повторных понижений заставляют предположить, что могли наблюдаться повторные вспышки в этих же активных областях, которые поддерживали ударную волну на данной долготе. Продолжительный характер воздействия вспышечной ударной волны на ГКЛ объяснил бы в таком

случае рекуррентные понижения Форбуша, хотя вспышки, рождающие ударные волны, вовсе не обладают рекуррентностью.

Если предположение об отклике интенсивности ГКЛ, наблюдаемой на Земле, на условия в далеком космосе справедливо, то ударные волны, связанные с межпланетными коротящими потоками /9, 10/ тоже могут вносить вклад в модуляцию ГКЛ. В работе /11/ были найдены даты прохождения через Землю силовых линий межпланетного магнитного поля, для которых на расстояниях 1,4 — 4,5 а.е. наблюдались прямые и обратные ударные волны, образовавшиеся за счет взаимодействия двух высокоскоростных потоков солнечного ветра. На рис. 1в показаны результаты обработки интенсивности ГКЛ и геомагнитного индекса для нуль-дней, связанных с прямыми волнами. Наблюдаемая волна ГКЛ проявляет отрицательную корреляцию с ΣK_p , повторяемость которого свидетельствует о наличии долгоживущего высокоскоростного потока солнечного ветра. Однако известно, что далеко не все высокоскоростные потоки солнечного ветра вызывают 27-дневную модуляцию ГКЛ /12/. Обработка нулевых дней, связанных с обратной волной, не дала положительного результата.

Таким образом, можно утверждать, что межпланетные ударные волны модулируют ГКЛ не только в момент прохождения через точку наблюдения, но также и при последующем пересечении этой точки силовой линией магнитного поля, связанной с ударной волной. Высокоскоростные потоки солнечного ветра модулируют ГКЛ в том случае, если в результате своей эволюции они образуют ударный фронт на границе взаимодействия.

Поступила в редакцию 28 сентября 1983 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л.И.Дорман, Вариации космических лучей, Гостехиздат, М., 1957 г.
2. Г.П. Любимов, Изв. АН СССР, сер. физ. 44, 2588 (1980).
3. J.A. Lockwood, Phys.Rev., 112, 1750 (1958).
4. F.B. McDonald, J.H. Trainor, W.R. Webber, Proc. 17 ICRC, Paris, 10, 147 (1981).
5. G.D. Parker, Journ.Geophys.Res., 81, 3825 (1976).
6. E.Baruch, L.F. Burlaga, Journ.Geophys.Res., 80, 449 (1975).
7. J.H. King, Interplanetary medium data book, NASA, Greenbelt, 1977.
8. N. Iucci et al., Preprint LPS-77-2, 1977.

9. А. Хундхаузен, Расширение короны и солнечный ветер, "Мир", М., 1976г.
10. S.P. Christon, Journ.Geophys.Res., 86, 8852 (1981).
11. M.Scholer, G.Morfill, M.Van Hollebeke, Journ.Geophys.Res., 85, 1743 (1980).
12. A.Altukhov et al., Proc. 15 ICRC, Plovdiv, 3, 247 (1977).