Фаза спада событий в солнечных космических лучах, связанных с корональными выбросами вещества и межпланетными ударными волнами, по данным мультиспутниковых наблюдений

Е.И. Дайбог[1], В.Г. Столповский[1], С.В. Кэйлер[2], К. Кечкемети[3]

[1] Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В.Скобельцына
Московского государственного университета, Москва
[2] Air Force Research Laboratory, Hanscom, USA
[3] KFKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics, Budapest, Hungary

Рассматриваются временные профили интенсивности и спектры энергичных протонов и электронов на фазе спада событий в солнечных космических лучах (СКЛ), обусловленных солнечными вспышками в ассоциации с корональными выбросами вещества (CME) и межпланетными ударными волнами. База данных включает ~ 50 событий, каждое из которых наблюдалось одновременно в двух и более точках на расстояниях 0.3-1.5 а.е. в интервале гелиодолгот 90E-90W. Используются результаты измерений потоков СКЛ и параметров солнечного ветра и межпланетного магнитного поля на космических аппаратах Helios, IMP, Прогноз, Венера в 20 и 21 циклах солнечной активности. Обсуждаются обнаруженные особенности фазы спада в крупных продолжительных (от 3-5 суток до двух недель) событиях СКЛ. Установлено, что такие события всегда сопровождались высокоскоростными (>700-1000 км/с) CME и CME-поршневыми ударными волнами. В таких вспышках интенсивность СКЛ после максимума уменьшается экспоненциально с характерным временем $\sim$ 20-40 часов, практически одинаковым для протонов и электронов с энергиями 1-100 МэВ и 0.3-3 МэВ, соответственно, в широком интервале гелиодолгот. Аналогичная особенность во временном поведении интенсивности энергичных солнечных протонов с энергиями >1 МэВ рассматривалась ранее в работах (Reames et al, 1996, 1997) (т.н. свойство "пространственной и временной инвариантности в энергетических спектрах частиц", которое трудно объяснить в рамках процессов конвекции энергичных частиц солнечным ветром и их адиабатического охлаждения при диффузии в межпланетной среде в принятых моделях распространения СКЛ). Получено, что на западном фланге ударной волны свойство инвариантности проявляется после прохождения ударной волны через точку наблюдения, на восточном фланге - до ее прохождения. Величина такого запаздывания или опережения определяется азимутом точки наблюдения (относительно головной части волны) и скоростью ударной волны. Показано, что принятое ранее объяснение инвариантности энергетических спектров частиц на фазе спада вспышек СКЛ с помощью модели диффузионно-ударного ускорения на квази-параллельных CME-ударных волнах в солнечной короне и межпланетной среде должно учитывать зависимость скорости ударной волны от гелиодолготы и расстояния от Солнца, а также эффект отражения от фронта волны, удаляющейся от точки наблюдения.

Литература

Reames D.V.,Barbier L.M.,Ng C.K.,1996,Ap.J.,466,473;1997,491,414