

Статья "Dynamics of Plasma Turbulence at Earth's Bow Shock and through the Magnetosheath"

Номинация "Лучшая научная работа или цикл работ молодого ученого"

Авторы: Рахманова Л.С., Рязанцева М.О., Застенкер Г.Н., Ермолаев Ю.И., Лодкина И.Г.

Название: Dynamics of Plasma Turbulence at Earth's Bow Shock and through the Magnetosheath

Ссылка на публикацию: Rakhmanova, L., Riazantseva, M., Zastenker, G., Yermolaev, Yu., & Lodkina, I.: Dynamics of Plasma Turbulence at Earth's Bow Shock and through the Magnetosheath, The Astrophysical Journal, V. 901, № 1. DOI: 10.3847/1538-4357/abae00.

Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность:

В статье анализируется, как характеристики турбулентного каскада за околоземной ударной волной (ОЗУВ) зависят от области, в которой проводятся измерения, а также от параметров набегающего потока солнечного ветра. Рассматриваются характеристики турбулентности на масштабах, соответствующих переходу от инерционной области каскада к диссипативной, на которых, как принято считать, важную роль приобретают процессы диссипации энергии и происходит нагрев плазмы. Исследуется компрессионная компонента флуктуаций, которая, как было показано в последние годы, может быть сопоставима по вкладу в спектр с несжимаемой альфвеновской компонентой.

Конкретная решаемая в работе задача и ее значение:

В работе рассматриваются два случая одновременных быстрых измерений параметров плазмы и/или магнитного поля в двух разнесенных (на $\sim 10-30 R_E$) точках внутри магнитослоя, и проводится сравнение характеристик турбулентности на двух космических аппаратах с учетом времени распространения плазмы между ними. Используются измерения потока ионов на спутнике Спектр-Р с разрешением 0.031 с и модуля магнитного поля на спутниках Themis-B/-D с разрешением 0.25 с. В одном случае рассматривается фланговый магнитослой, и проводится сравнение характеристик турбулентности вблизи ОЗУВ и в центральной части магнитослоя. Во втором случае проводится сравнение характеристик турбулентности вблизи ОЗУВ, но на различных расстояниях от ее носовой части, т.е. вблизи подсолнечной области и на фланге. Помимо исследования отдельных случаев были представлены предварительные результаты статистического анализа влияния взаимной ориентации межпланетного магнитного поля и ОЗУВ на характеристики турбулентности за ней. Сравнение одновременно измеренных характеристик турбулентности позволяет непосредственно проследить, как развивается турбулентный каскад при распространении плазмы за ОЗУВ и какое влияние оказывает ОЗУВ на характеристики турбулентности в различных областях магнитослоя.

Используемый подход, его новизна и актуальность:

Сравнение характеристик плазмы, измеренных одновременно в нескольких точках пространства, часто используется для анализа динамики параметров межпланетной среды. Фурье-анализ, используемый для получения характеристик турбулентности плазмы, является универсальным и широко используемым для исследования турбулентности методом. Однако сравнение Фурье-спектров, измеренных одновременно в нескольких областях пространства, крайне редко

применялось ранее в магнитослое и впервые позволило непосредственно проследить развитие компрессионной компоненты турбулентного каскада за ОЗУВ.

Полученные результаты и их значимость:

Проведенное исследование позволило получить следующие результаты:

- 1) Наиболее сильное изменение турбулентного каскада при пересечении плазмой ОЗУВ наблюдается вблизи носовой части ОЗУВ;
- 2) Процессы, определяющие диссипацию энергии, являются локальными и вовлеченными в поток плазмы, что приводит к одинаково нетипичным формам спектров на кинетических масштабах, наблюдаемым на расстояниях порядка $\sim 30 R_E$.
- 3) Наиболее часто спектры, отличные от типичного вида на МГД масштабах (т.е. от Колмогоровского спектра, описываемого степенной функцией $\sim f^{-5.3}$), наблюдаются за квази перпендикулярной ОЗУВ, тогда как за квази параллельной ОЗУВ спектры чаще имеют Колмогоровский вид.
- 4) Наименьшие изменения в характеристиках турбулентного каскада на МГД масштабах при пересечении плазмой ОЗУВ наблюдаются в периоды, когда набегающий поток солнечного ветра относится к медленному невозмущенному типу; при этом для кинетических масштабов в такой ситуации характерно сильное подавление компрессионной компоненты флуктуаций за ОЗУВ.

Таким образом, проведенное исследование впервые позволило непосредственно проследить динамику турбулентного каскада при пересечении плазмой ОЗУВ и дальнейшем движении в магнитослое, а также выявило различие в динамике турбулентности в магнитослое для различных условий в солнечном ветре и при различной ориентации межпланетного магнитного поля относительно ОЗУВ.