

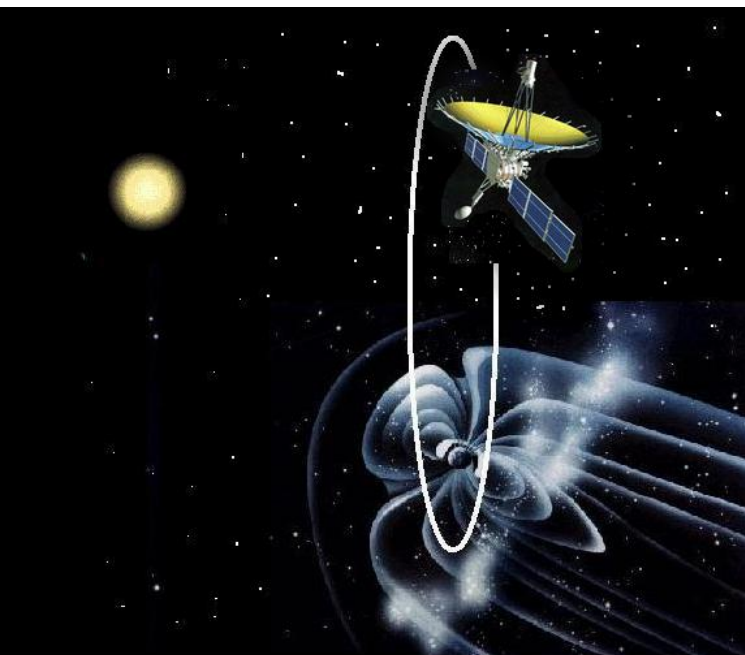


ПОВЕСТКА ДНЯ

заседания Совета РАН по космосу 29 января 2015 года
под председательством академика Л.М. Зеленого
(11.00. - конференц-зал Президиума РАН, Ленинский просп. 14)

1. Результаты летной программы мониторинга межпланетной среды и изучения турбулентности солнечного ветра с использованием научной аппаратуры «Плазма-Ф» на космическом аппарате «Спектр - Р»

**Докладчики: член-корреспондент РАН
Петрукович А.Е. и д.ф.-м.н. Застенкер Г.Н. (Институт
космических исследований РАН).**



Научные задачи

- мониторинг межпланетной среды
- исследование вариаций солнечного ветра с разрешением до 32 мсек, что на два порядка превосходит все прежние российские и зарубежные эксперименты

Состав приборов

БМСВ – анализатор солнечного ветра

МЭП – детектор энергичных ионов и электронов

ССНИ-2 – система сбора и хранения данных

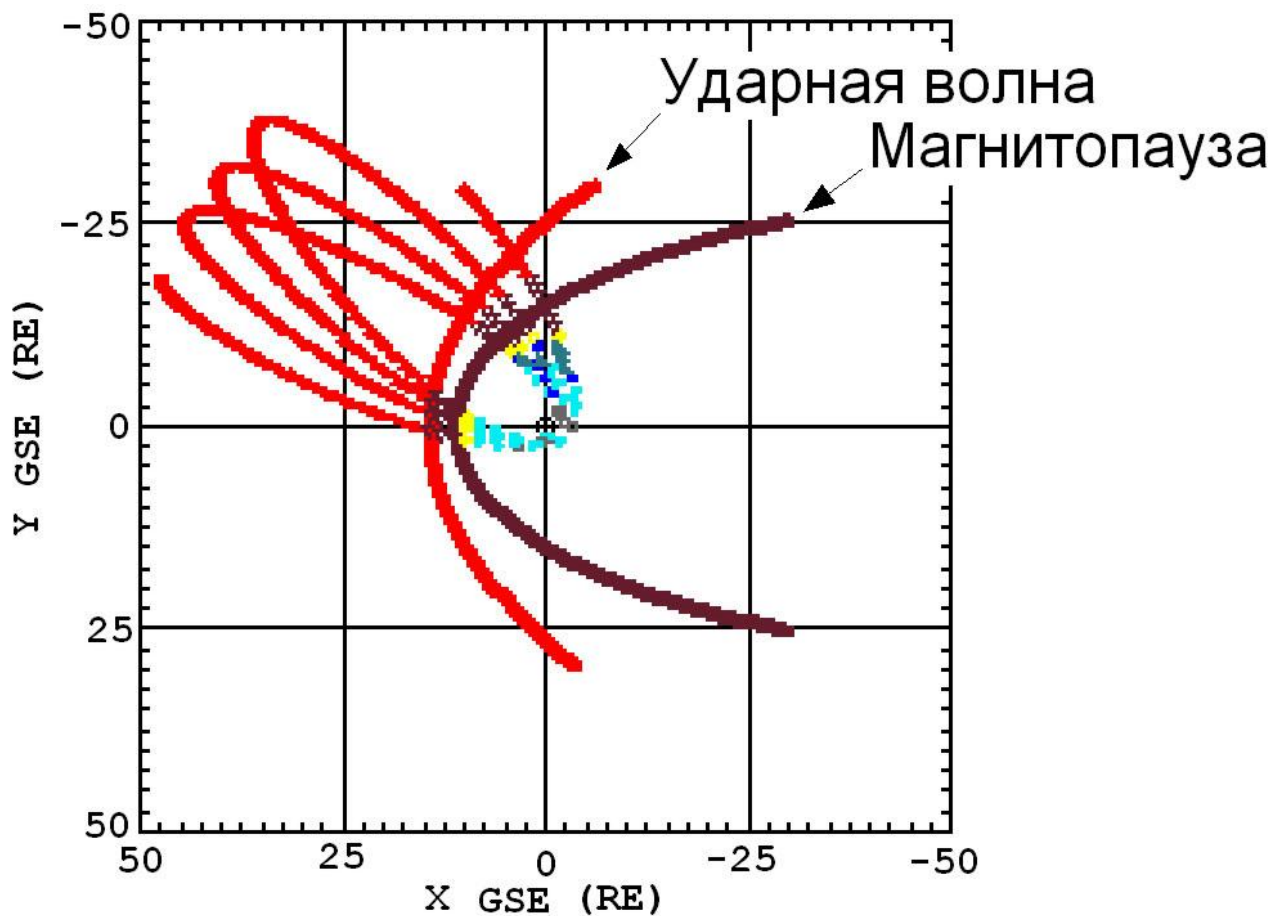
- Введен в состав НА 2004 г, ШО – 2009 г
- Сделано на индустриальной ЭКБ

Участники: Россия, Украина, Чехия, Словакия, Греция, Киргизия, Китай



общая масса 12 кг

Высокоапогейная орбита спутника «Спектр-Р» удобна для исследования солнечного ветра и магнитосферы Земли



Информация эксперимента Плазма-Ф

- Сеансов связи совершенно недостаточно для полного сброса данных - примерно в 5 – 10 раз
- Измерения производятся непрерывно и записываются в память ССНИ-2.
- Производится усреднение на борту в 8-16 раз
- Сбрасывается сжатая информация, а по ней производится заказ сброса интервалов полной информации. Сейчас сброшено 50% сжатых и 10% полных данных.
Без такой схемы успех эксперимента был бы невозможен
- Память ССНИ-2 ~100 ГБ сейчас хранит почти 3.5 года наблюдений
- Есть проблемы с одиночными сбоями в памяти ССНИ-2, но они обходятся программным путем

Изготовитель ССНИ-2: ИКИ РАН, Л.С. Чесалин

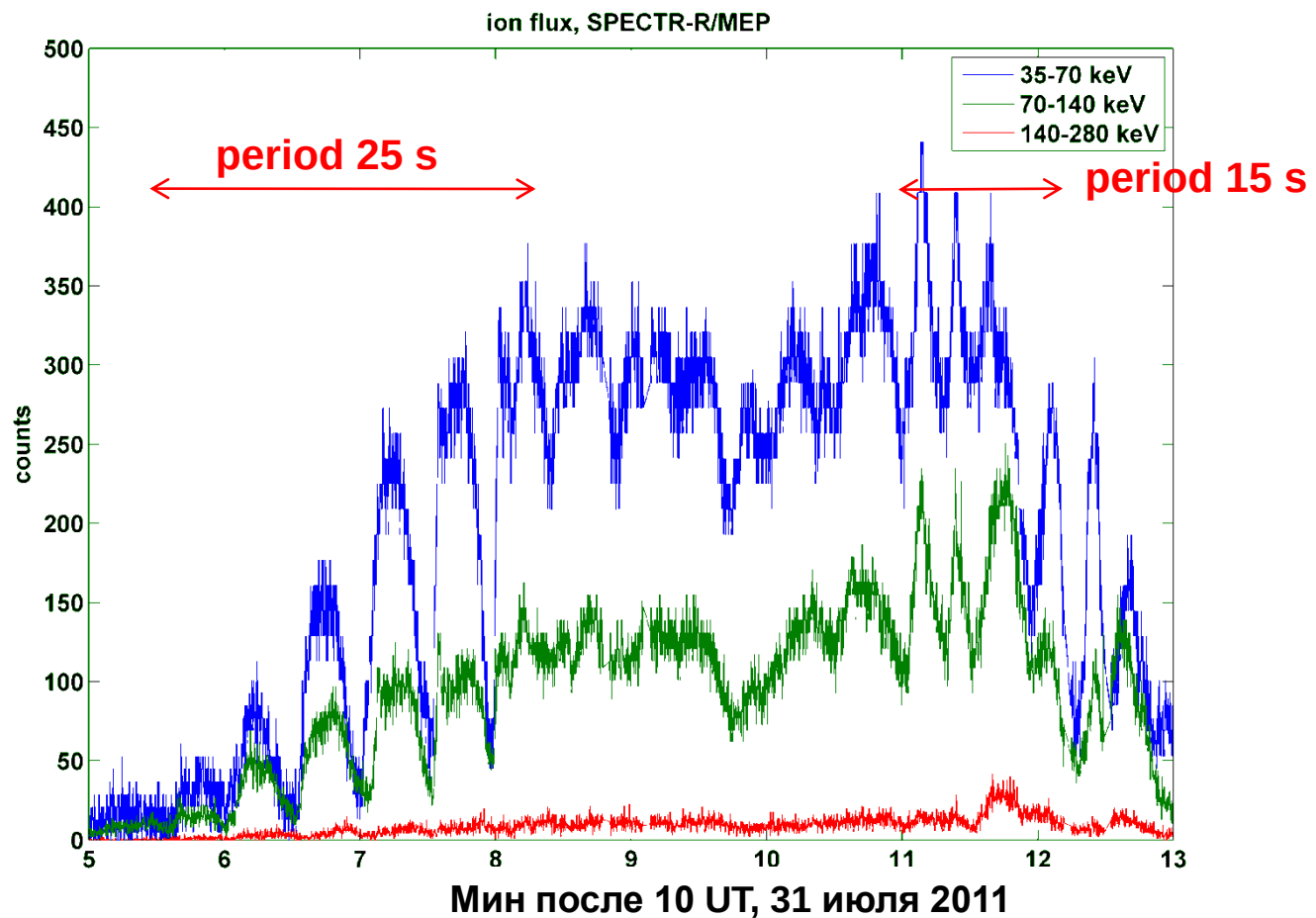
МЭП

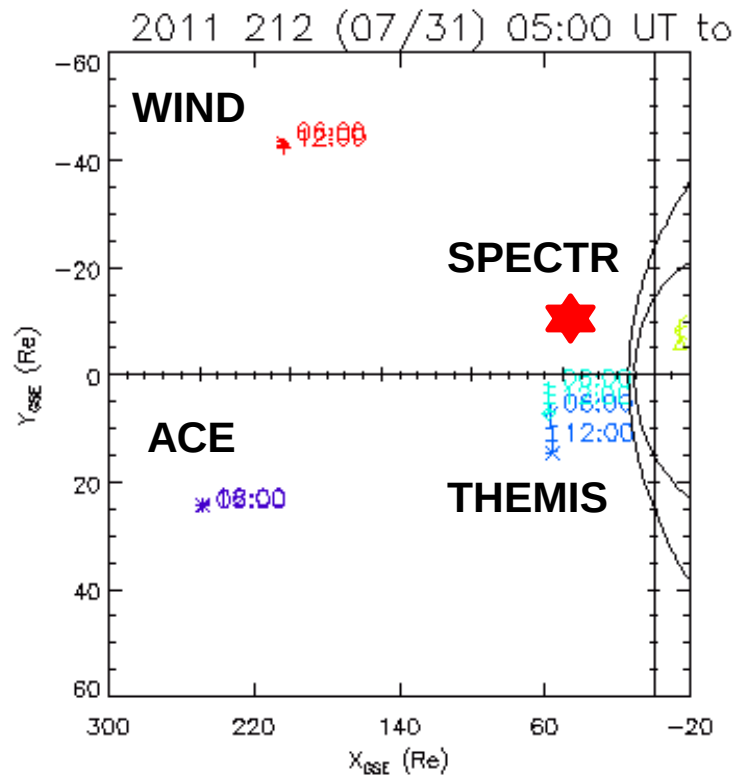
рук. эксперимента К.Кудела, ИЭФ, Словакия

электроны 15-350 кэВ

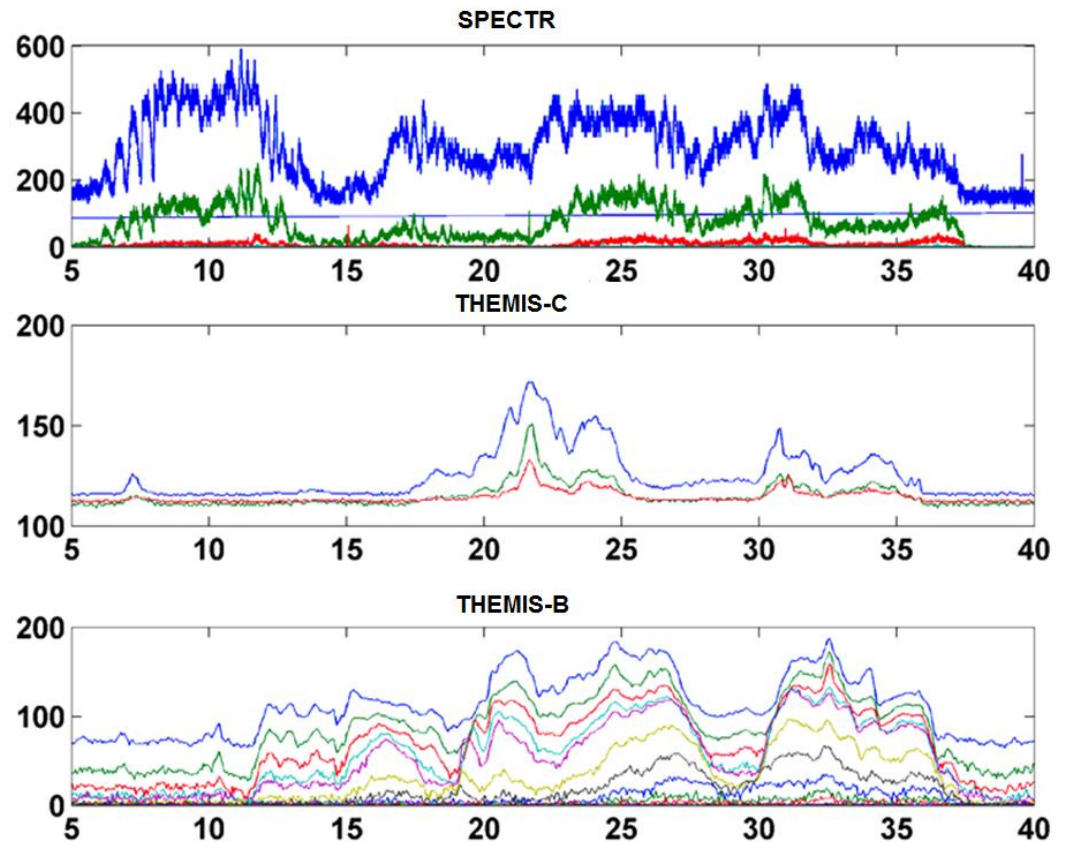
ионы 15-3200 кэВ

разрешение 1 s – 1/32 s

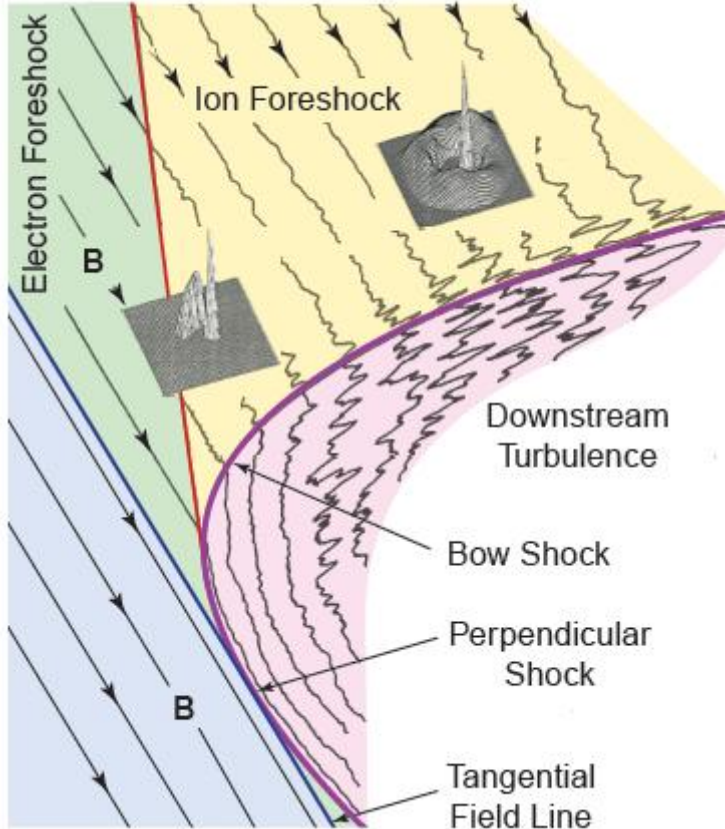




Наблюдения ионов форшока околоземной ударной волны



Колебания энергичных ионов форшока



Колебания в форшоке хорошо известны по магнитному полю и низкоэнергичным отраженным ионам

вызваны резонансным взаимодействием падающих и отраженных потоков ионов с магнитным полем.

Колебания ускоренных ионов до 400 кэВ ранее не описаны.

- широкий диапазон энергий 4-400 кэВ
- наблюдения далеко от ударной волны

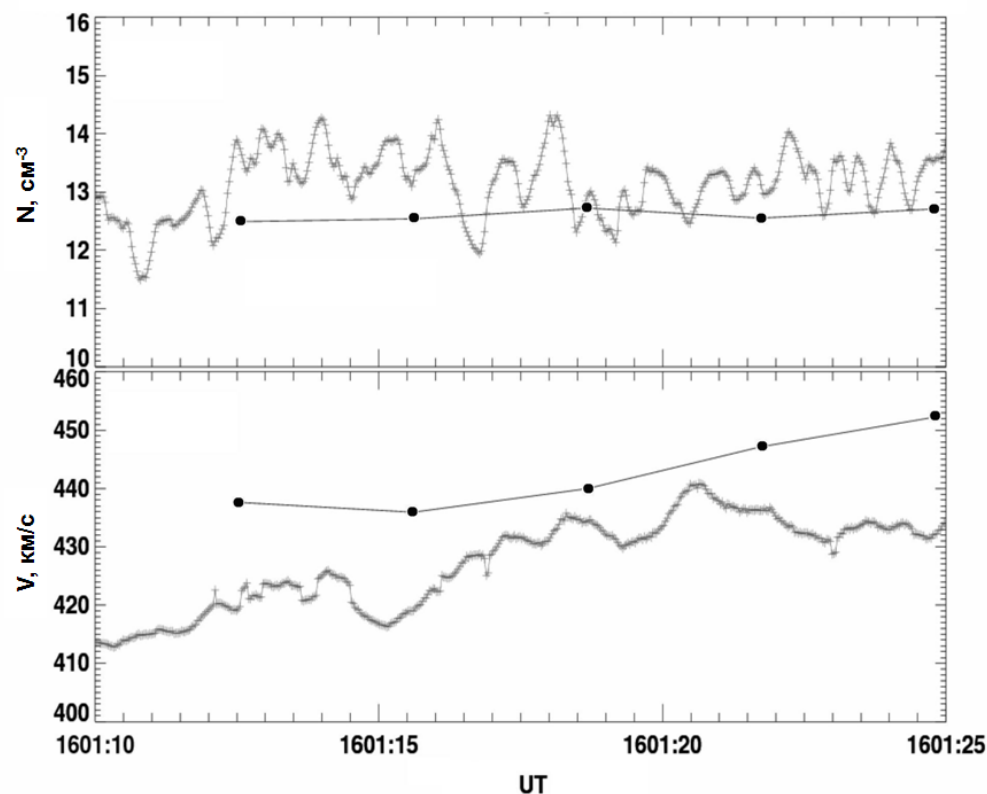
предполагает нерезонансный механизм, такой как колебания границы потока.

В настоящее время идет дополнительный анализ с привлечением данных других спутников по определению типа плазменной неустойчивости



Прибор БМСВ – быстрый монитор солнечного ветра, включающий в себя 6 разнонаправленных цилиндров Фарадея, позволяющих измерять вектор потока ионов (величину и направление) с разрешением 30 мсек. и энергетический спектр потока ионов в диапазоне 100 эВ - 3.7 КэВ с периодом 3 сек. Из этого спектра определяются параметры солнечного ветра – скорость, плотность, температура и содержание ионов гелия.

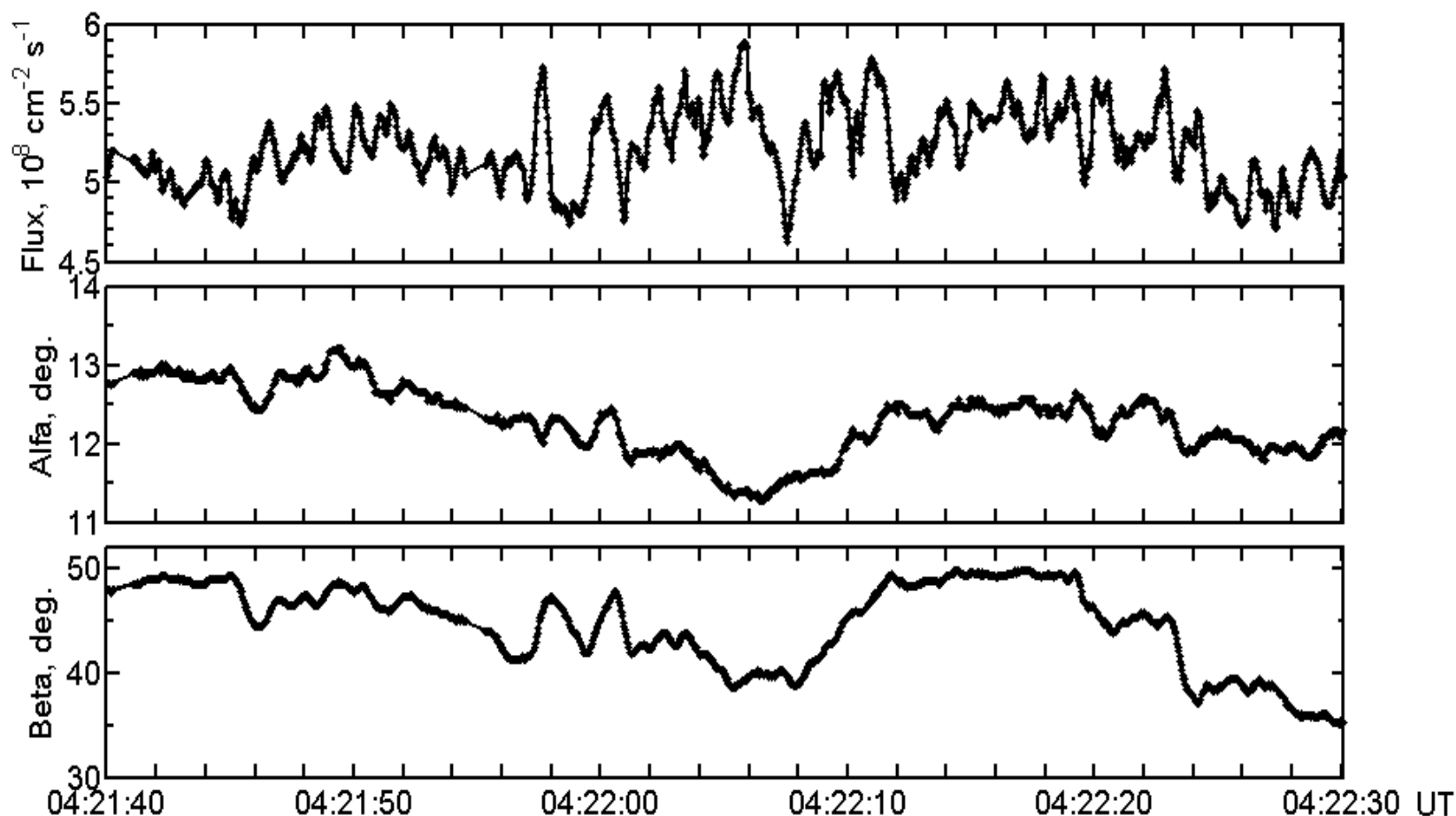
Сравнение быстродействия прибора БМСВ с прибором 3DP на КА WIND при измерении вариаций параметров СВ



Сравнение временного разрешения: точки – для прибора 3DP на КА WIND, крестики – для прибора БМСВ на КА СПЕКТР-Р

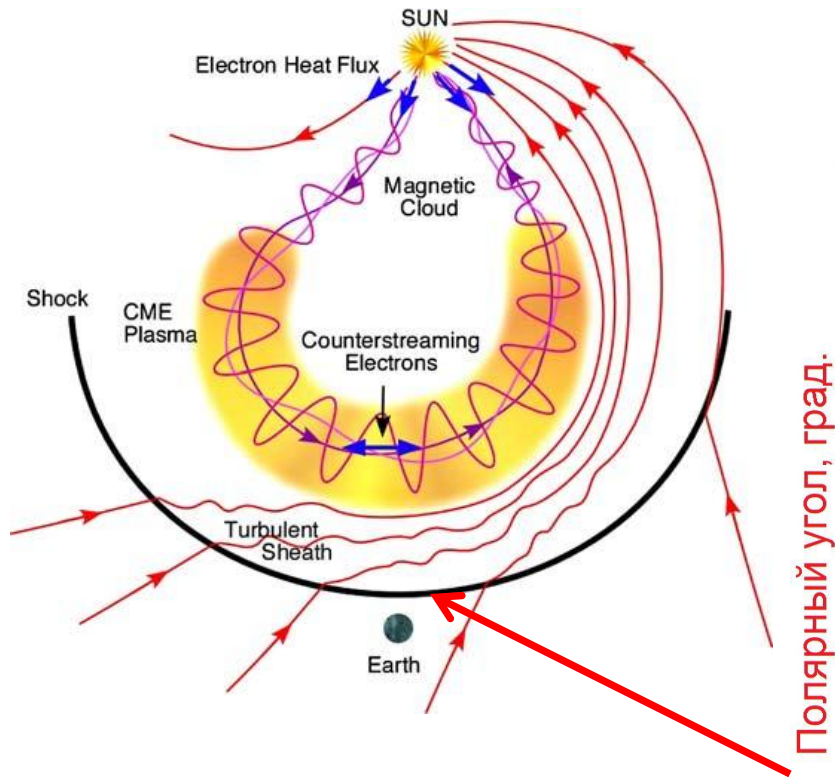
Разрешение прибора БМСВ **в 100 раз выше**, что позволяет видеть быстрые флуктуации плотности и скорости солнечного ветра

Результаты прибора БМСВ - пример вариаций потока ионов солнечного ветра (величины и направления) для 28.09.2011



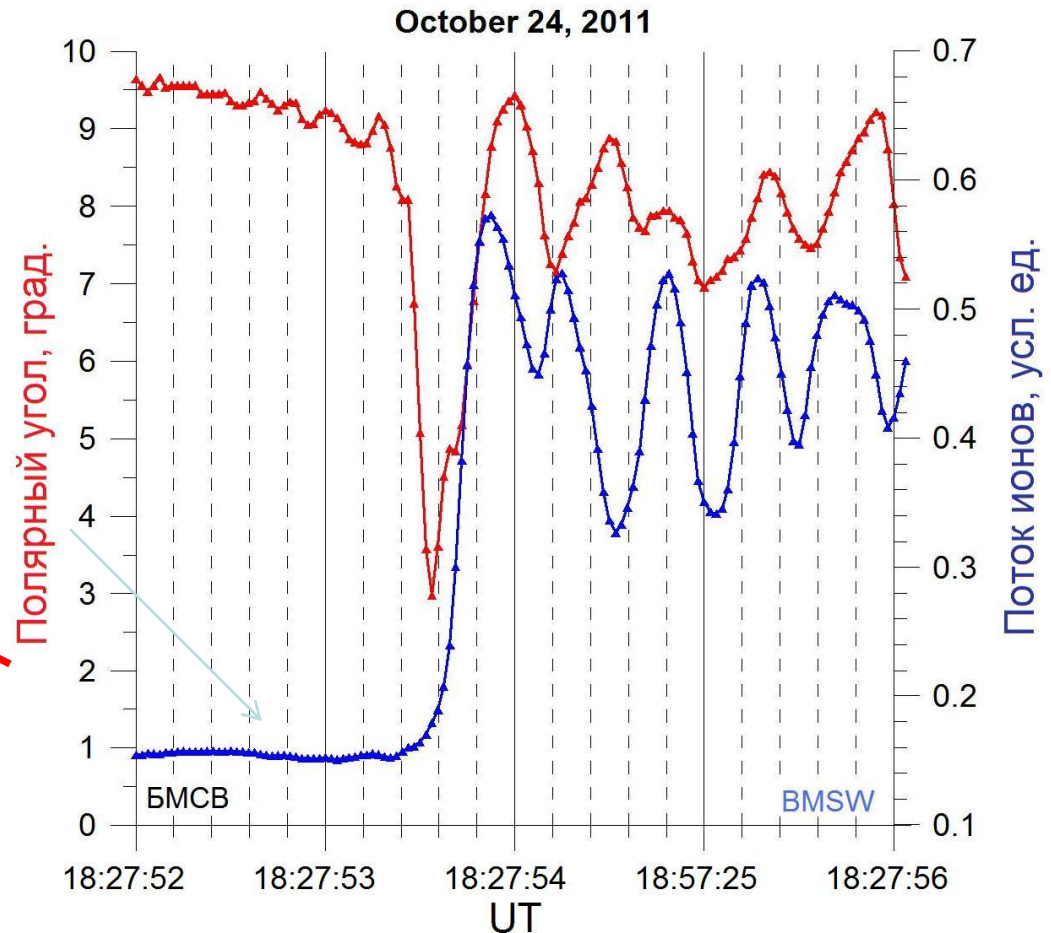
Проведено систематическое изучение отклонения солнечного ветра от радиального направления - оно составляет, в среднем, ± 4 град.

Результаты прибора БМСВ – впервые измерена толщина фронта межпланетной ударной волны (около 100-200 км)

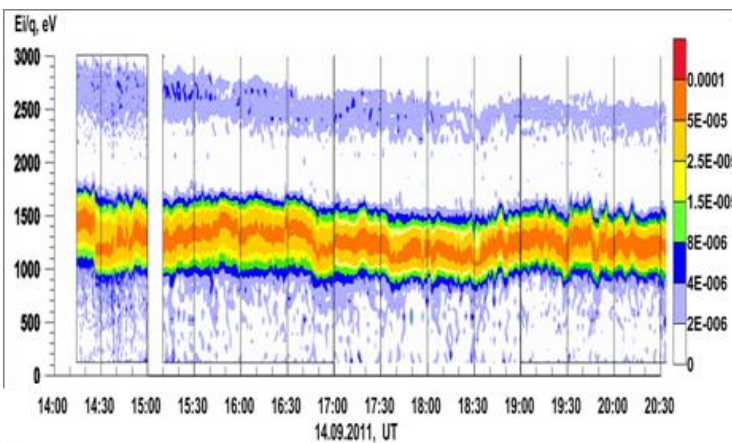


Толщина ударной волны в бесстолкновительной плазме определяется гирорадиусом ионов

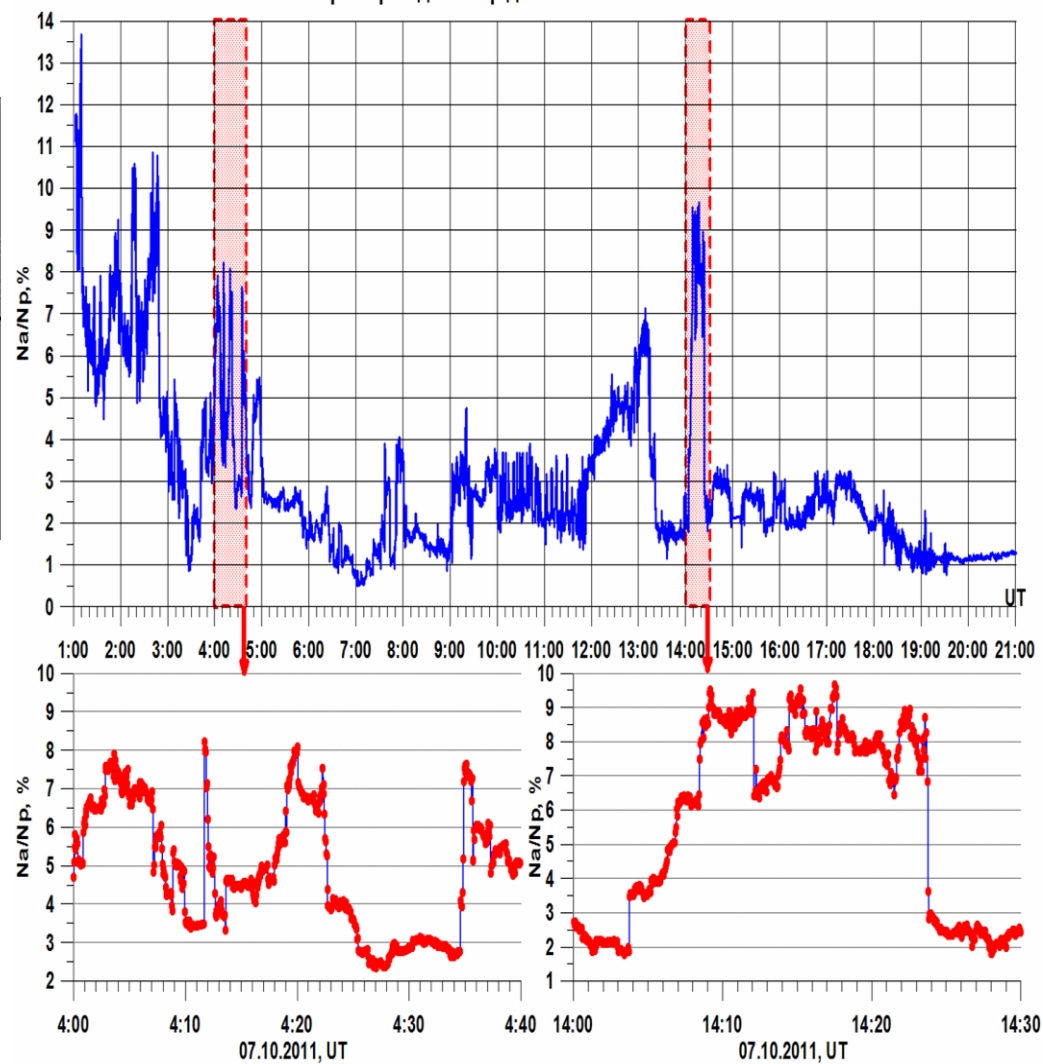
1 сек, ~ 400 км



Результаты прибора БМСВ – впервые обнаружены быстрые (~ 3 сек.) вариации содержания ионов гелия в солнечном ветре



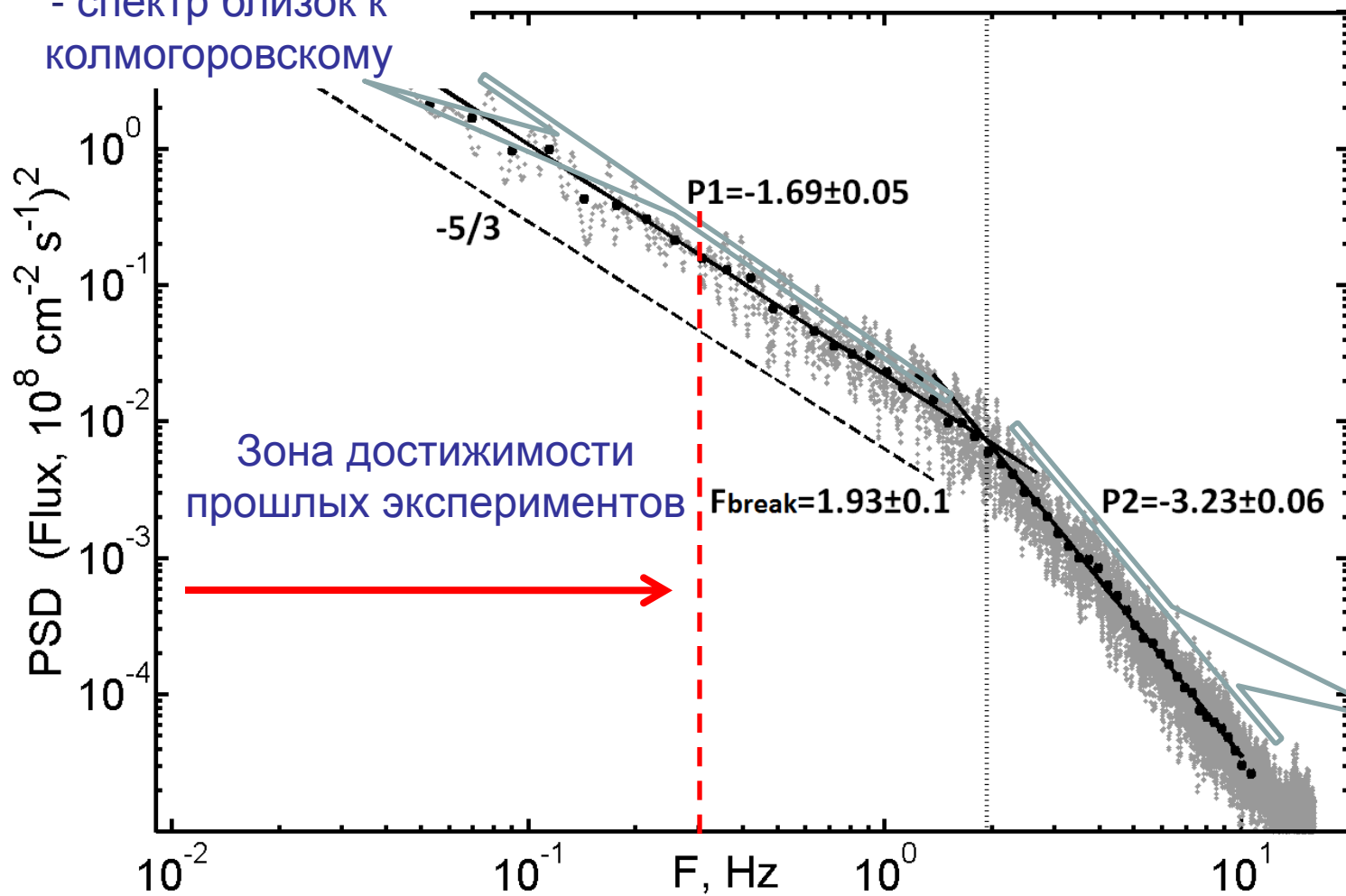
Пример хода Na/Np для события 07.10.2011



Результаты прибора БМСВ - впервые измерены частотные спектры вариаций потока ионов солнечного ветра в кинетическом диапазоне - определена частота излома около 1-2 Гц, разделяющая так называемые инерционный и диссипативный масштабы турбулентности плазмы солнечного ветра

Инерционная область

- спектр близок к колмогоровскому



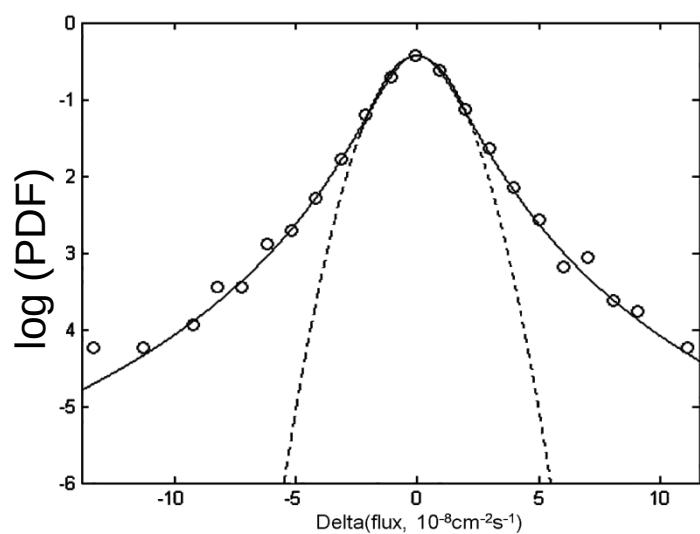
На статистике в
~400 спектров:

$$\langle P_1 \rangle = -1.6 \pm 0.2$$

$$\langle P_2 \rangle = -2.9 \pm 0.2$$

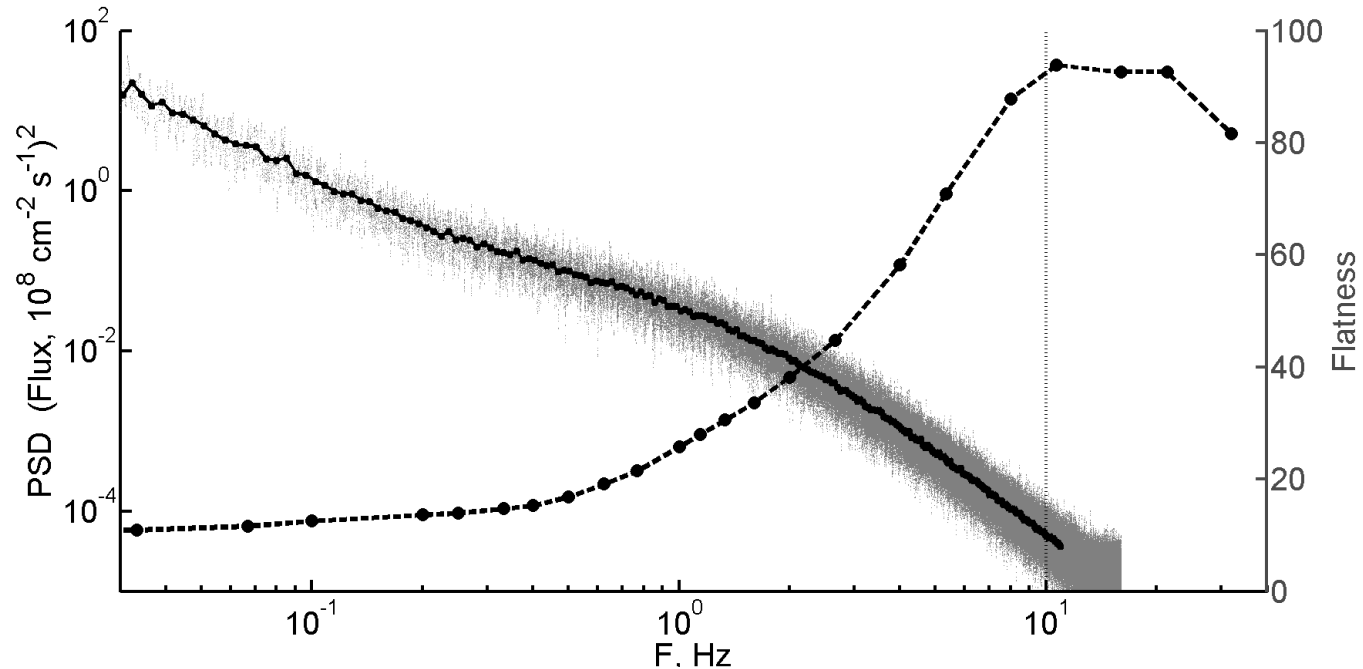
$$\langle F_b \rangle = 1.9 \pm 0.8 \text{ Hz}$$

Наклон
спектра
возрастает на
диссипативных
масштабах



Обнаружен негауссовский характер функций распределения флуктуаций потока ионов на высоких частотах, свидетельствующий о высоком уровне перемежаемости турбулентности солнечного ветра.

Функция распределения флуктуаций потока ионов



Спектр флуктуаций и поведение эксцесса (4-го момента) на различных масштабах

Оценка объема научной информации, полученного в эксперименте «Плазма-Ф»:

**- по прибору БМСВ получено около
29 тысяч часов измерений параметров солнечного ветра с рекордно
высоким временным разрешением,**

Публикации по эксперименту «Плазма-Ф»:

- а) в российских научных и научно-технических журналах уже
опубликовано 7 статей и ряд статей находится в печати;**
- б) в зарубежных научных журналах совместно с чешскими
коллегами уже опубликовано 5 статей.**

Выводы

Эксперимент «ПЛАЗМА-Ф» проходит успешно.

Проводятся уникальные измерения параметров солнечного ветра и потоков энергичных частиц с высоким временным разрешением (до 30 мсек.)

Получены новые важные результаты по тонкой структуре солнечного ветра и потоков энергичных частиц, которые ранее не наблюдались

Удачный пример оптимизации относительно малобюджетного и простого попутного эксперимента, позволившего получить уникальные и важные результаты.

Уже опубликовано 7 статей в российских и 5 в зарубежных журналах.

В ближайшие 5 лет аналогичных зарубежных экспериментов не предвидится.

Наш следующий улучшенный эксперимент – это на «Страннике» (МКА-4).

Совет рекомендует

- продолжать проведение этого эксперимента.
- использовать наработки и опыт его проведения в будущих экспериментах