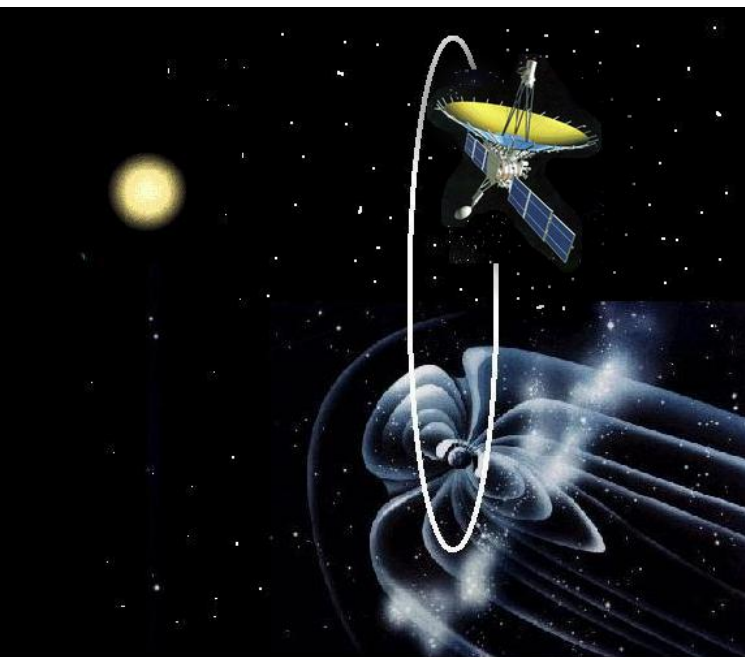


# **НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА «ПЛАЗМА-Ф»**

***Г. Н. Застенкер, А. А. Петрукович,  
Л. С. Чесалин, В. Н. Назаров  
ИКИ РАН***

***Доклад для Дня космической науки в ИКИ РАН  
4 октября 2013 г.***



## Научные задачи

- мониторинг межпланетной среды
- исследование вариаций солнечного ветра

с рекордным разрешением до 32 мсек  
на два порядка превосходит все прежние  
российские и зарубежные эксперименты

## Состав приборов

**БМСВ** – анализатор солнечного ветра

**МЭП** – детектор солнечных космических лучей

**ССНИ-2** – система сбора и хранения данных

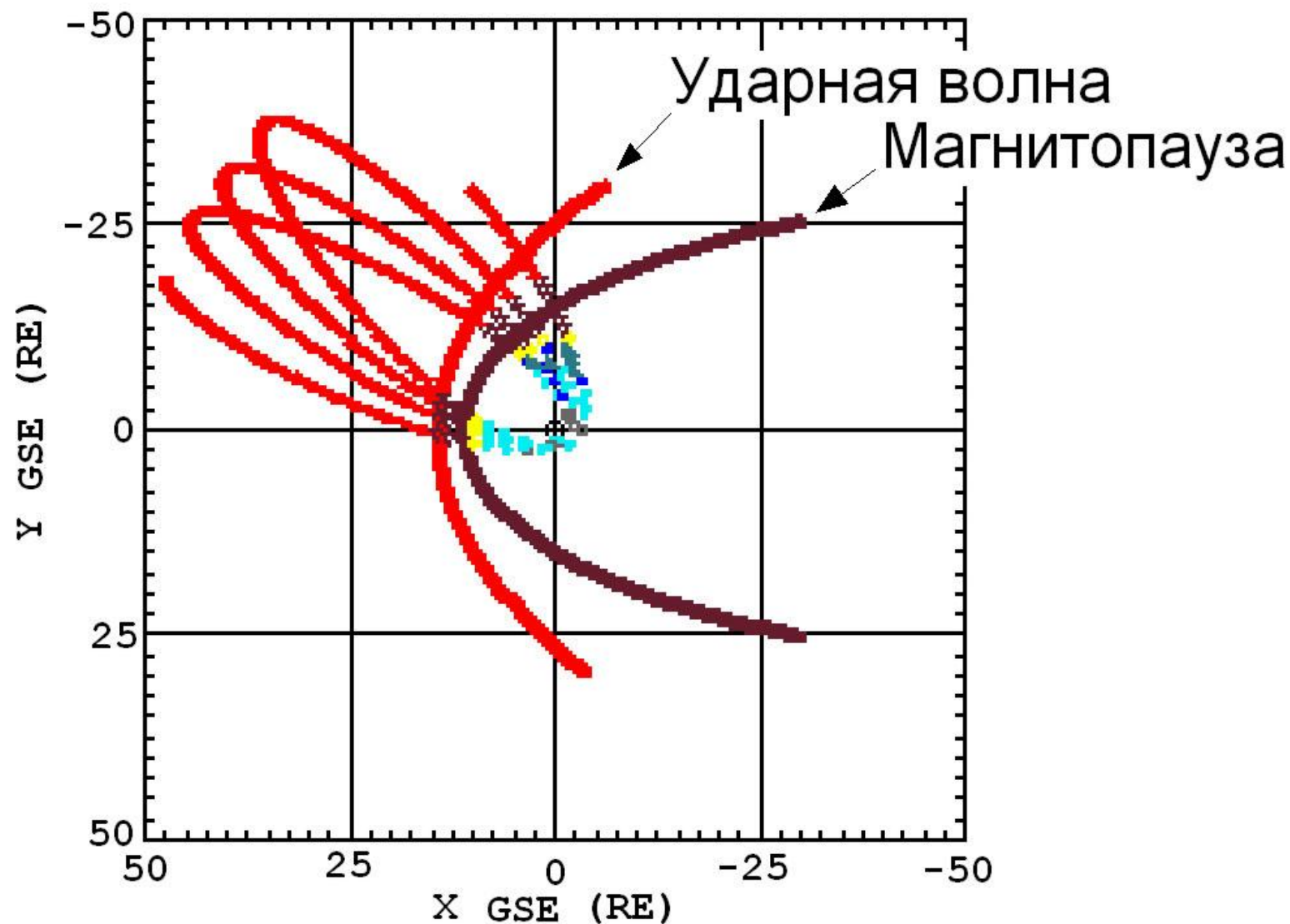
**Ведущий:** профессор Г.Н. Застенкер, ИКИ РАН

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



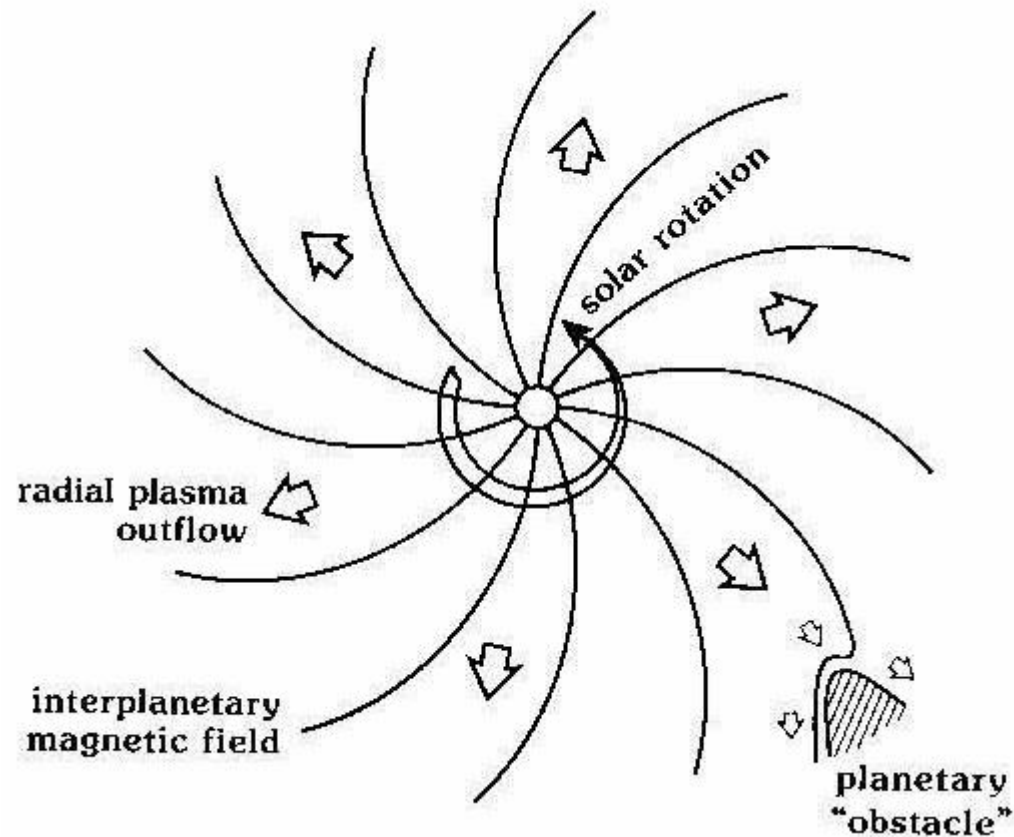
общая масса  
- 12 кг

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



# СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР как часть Солнечной системы

Поток солнечной плазмы и магнитного поля, вытесняющий межзвездное вещество из окрестностей солнца и образующий гелиосферу



Скорость ветра 400 км/с.

Расстояние от Земли до Солнца -  
150 млн км - проходит за три дня

Концентрация у Земли -  $5-10 \text{ см}^{-3}$ ,  
протон долетает от Солнца  
до Земли, ни разу не столкнувшись,  
«бесстолкновительная» среда

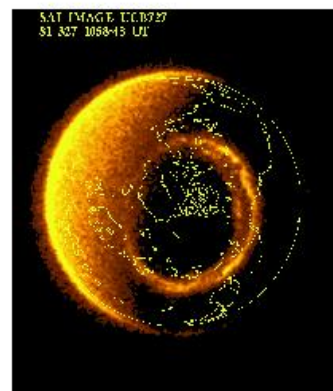
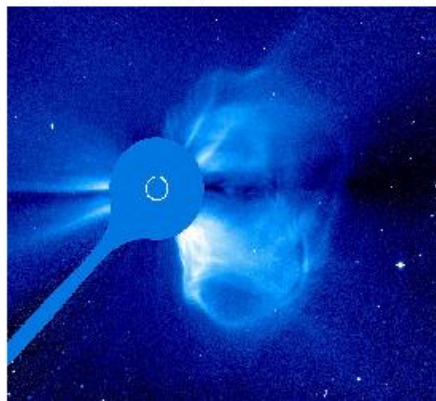
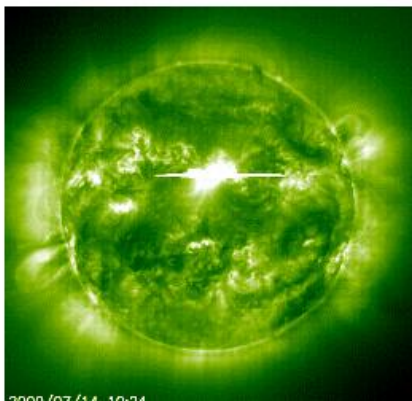
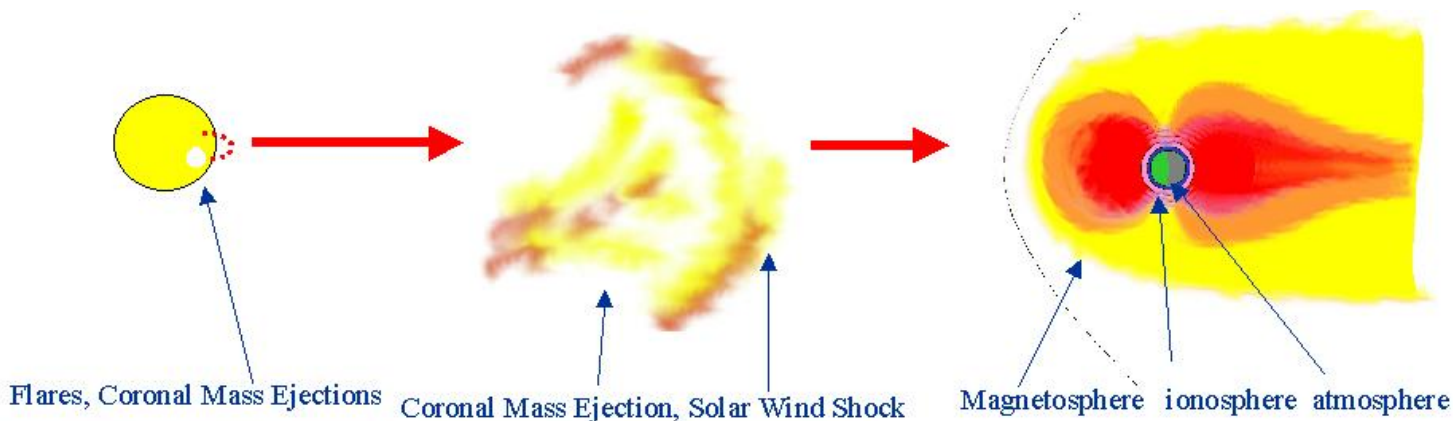
# СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР как элемент солнечно-земных связей

Солнечный ветер и межпланетное магнитное поле взаимодействуют с магнитосферой Земли, передавая ей энергию

$$\varepsilon \sim VB^2 \sin(\theta)$$

Эффективность определяется межпланетным магнитным полем, несущим всего 2% энергии ветра

Магнитные бури – периоды аномально сильного воздействия, связанные с вспышками и выбросами плазмы на Солнце

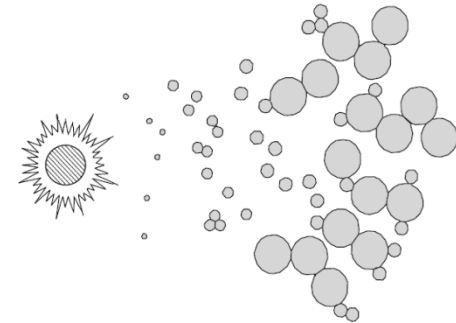
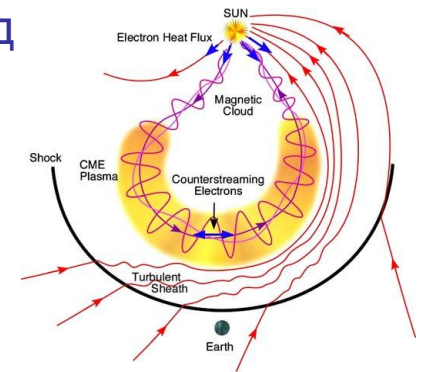
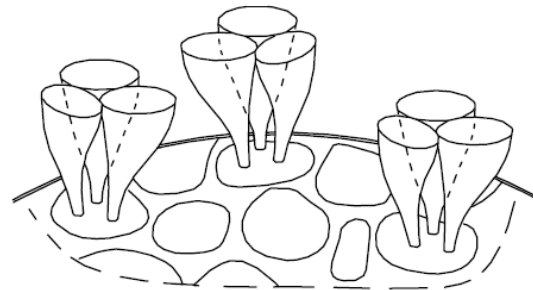


# СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР как лаборатория турбулентности

В бесстолкновительной плазме взаимодействие между частицами осуществляется электромагнитными полями – плазменными волнами  
иерархия волн на разных масштабах – турбулентный каскад

Энергия поступает в систему на больших масштабах млн км (выбросы Солнечной плазмы)

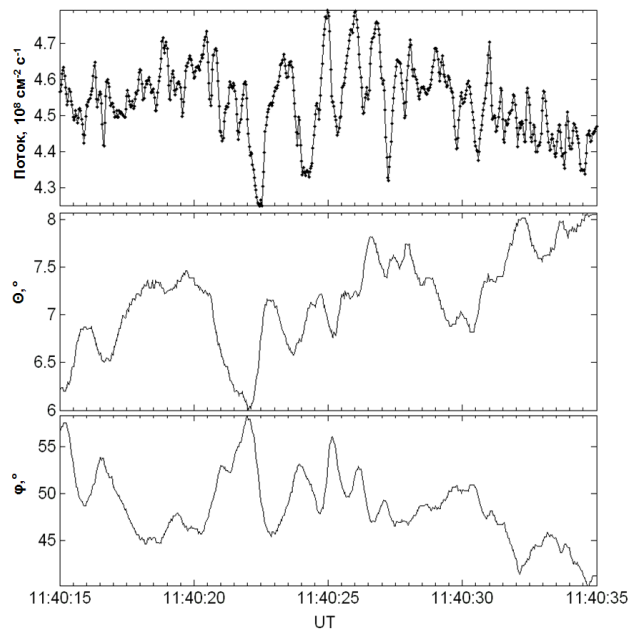
Средние масштабы заполнены остатками магнитных структур солнечной фотосферы



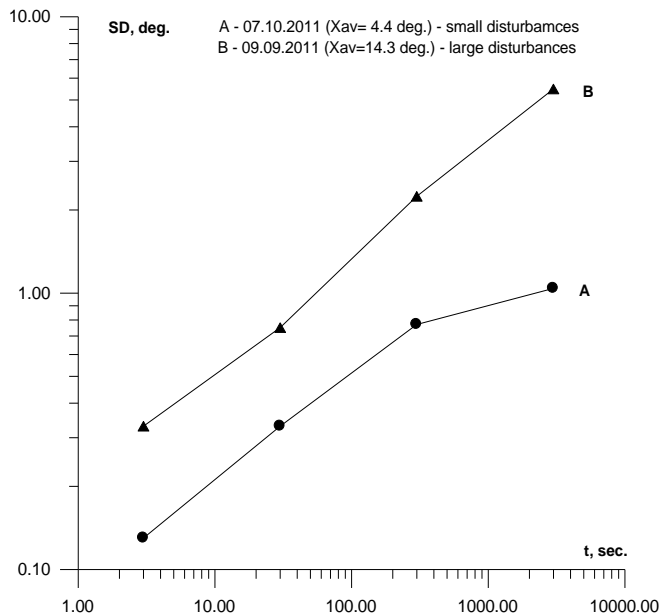
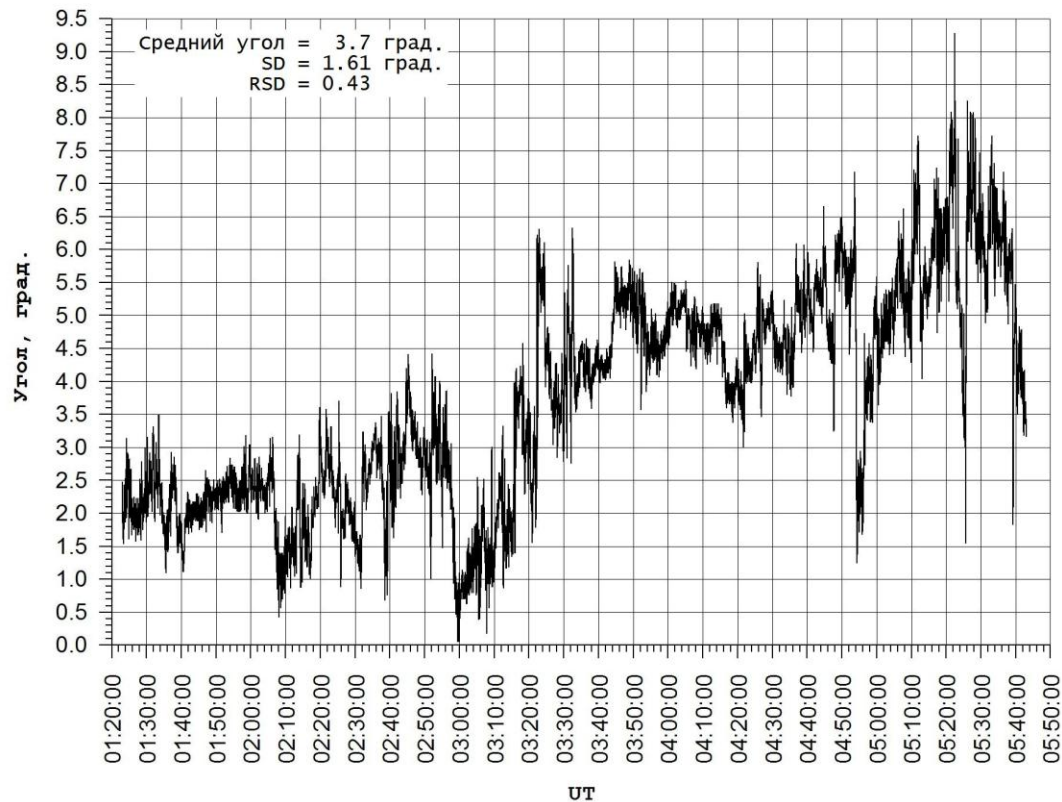
Диссипация (нагрев и ускорение плазмы) происходит на малых масштабах (десятки и сотни км) меньших гирорадиуса ионов и электронов

Солнечный ветер – единственное место где с помощью спутника мы можем заглянуть «внутри» процесса диссипации в горячей плазме  
Проблема важна для астрофизических объектов  
Для изучения стабильности плазмы в термоядерных установках

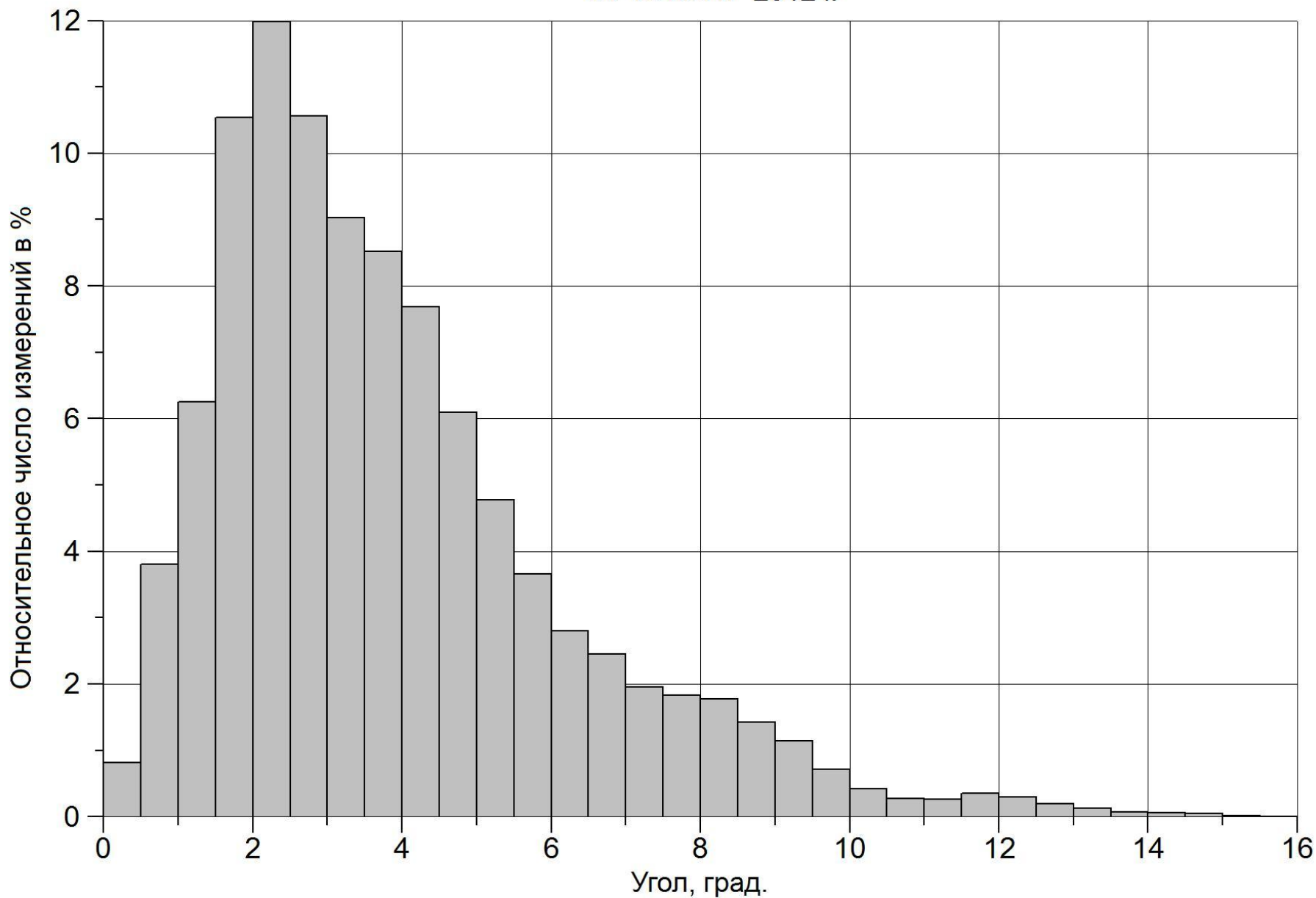
# Струйный характер солнечного ветра



Угол между направлением на Солнце и направлением на поток. 14.07.12 г.



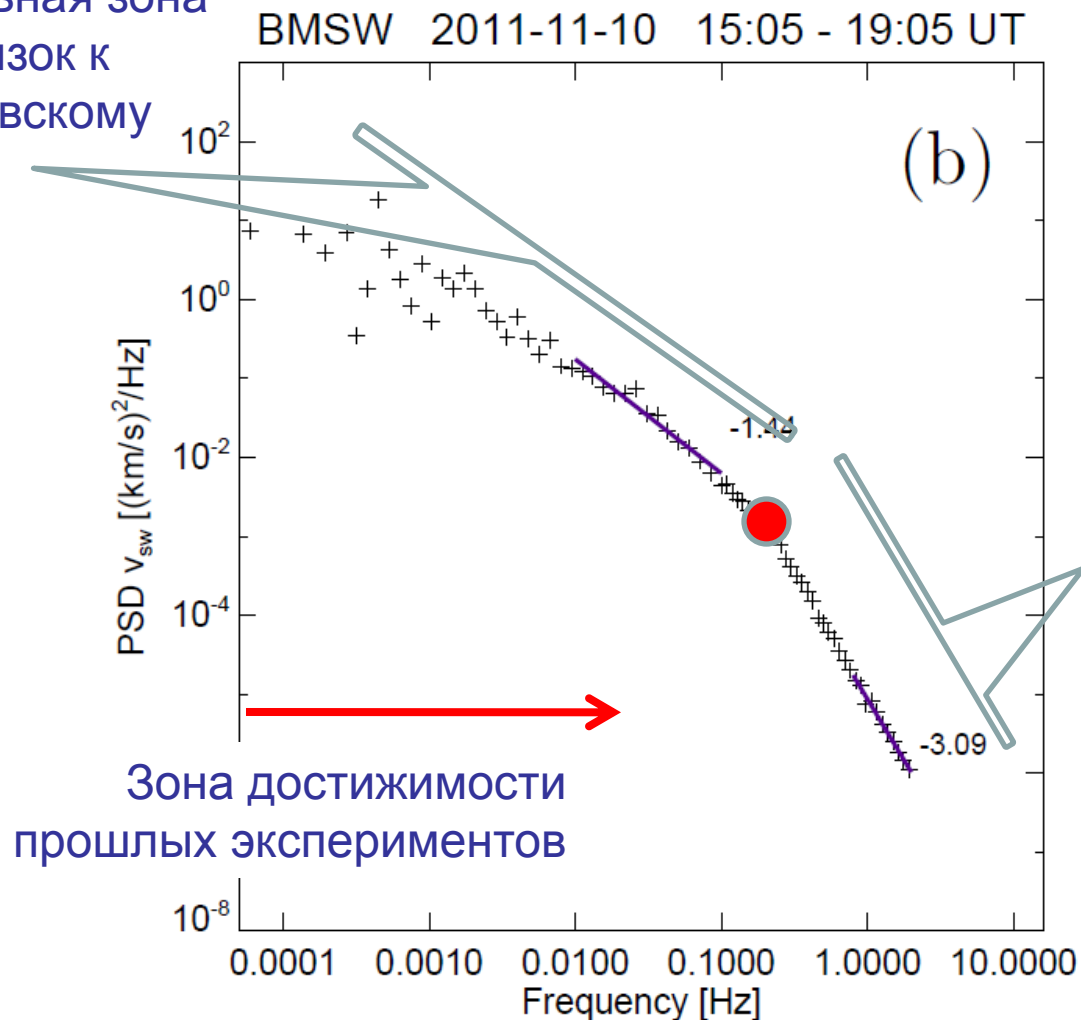
Гистограмма угла между направлением на поток и направлением на Солнце,  
01-12 июня 2012 г.





Впервые измерены свойства турбулентности в кинетическом диапазоне  
обнаружена частота излома 0.3 Гц, соответствующая  
масштабу размагничивания протонов (1000 км)  
и разделяющая инерциальный и диссипативный режимы турбулентности

Инерциальная зона  
спектр близок к  
колмогоровскому

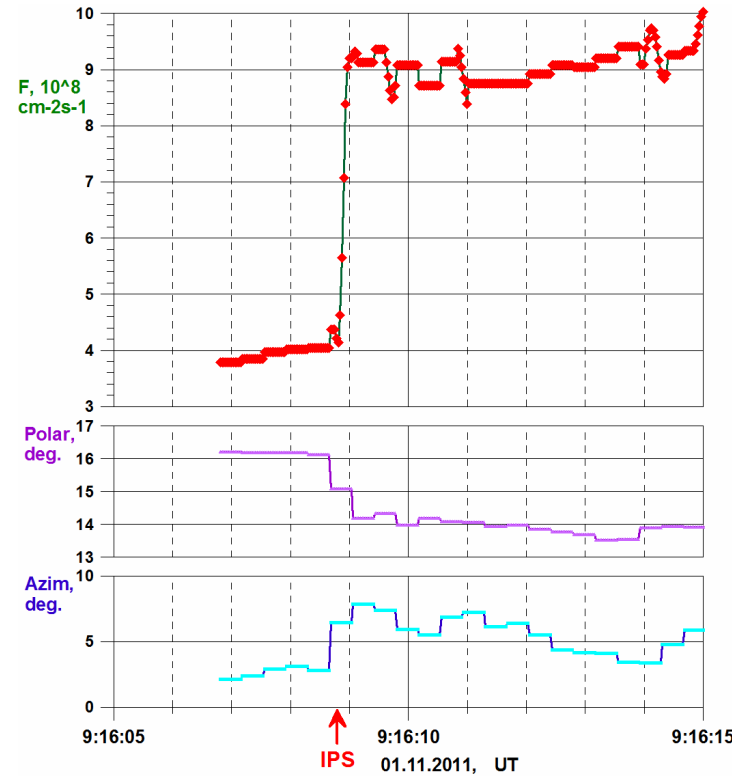
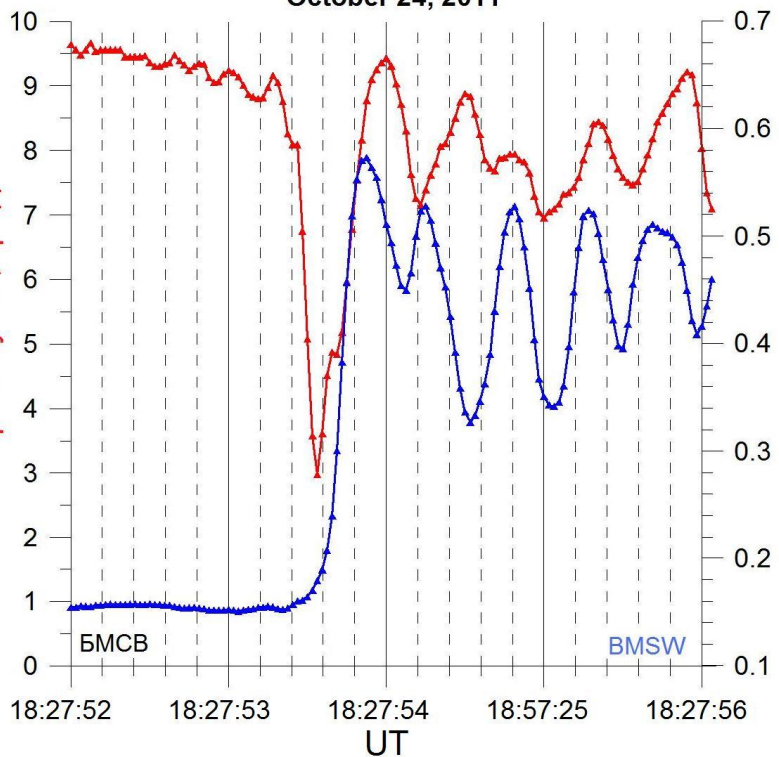


Интервал диссипации  
Наклон спектра  
возрастает

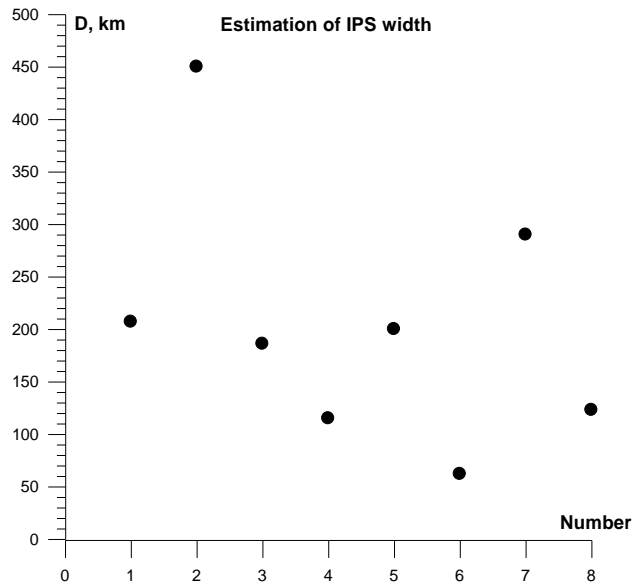
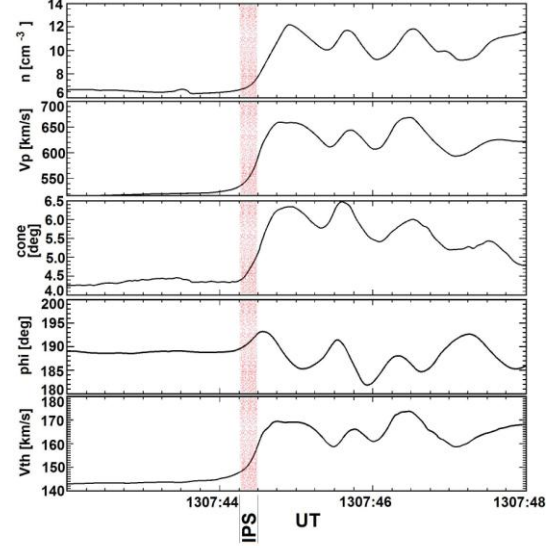
October 24, 2011

МУВ

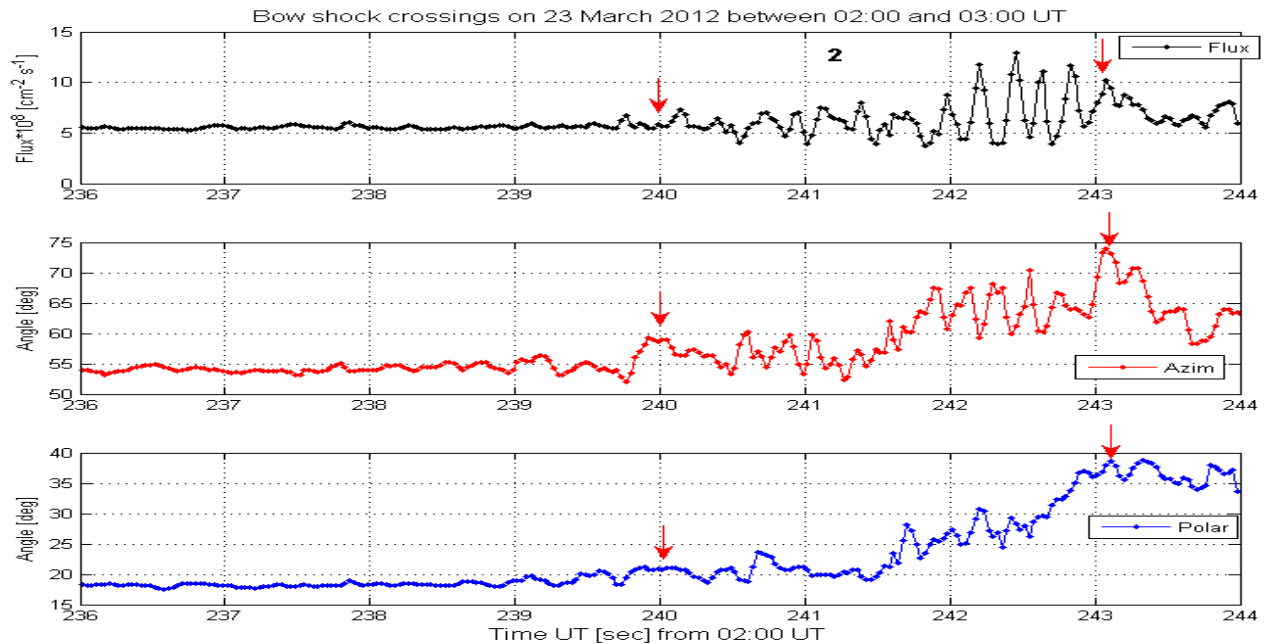
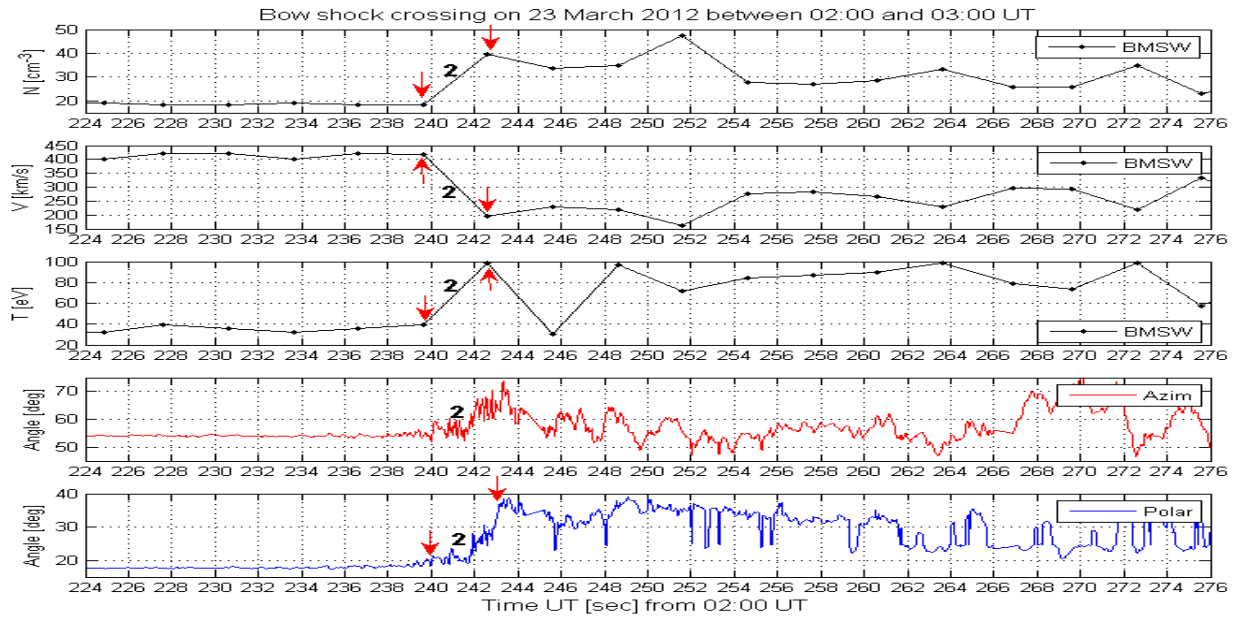
Полярный угол, град.



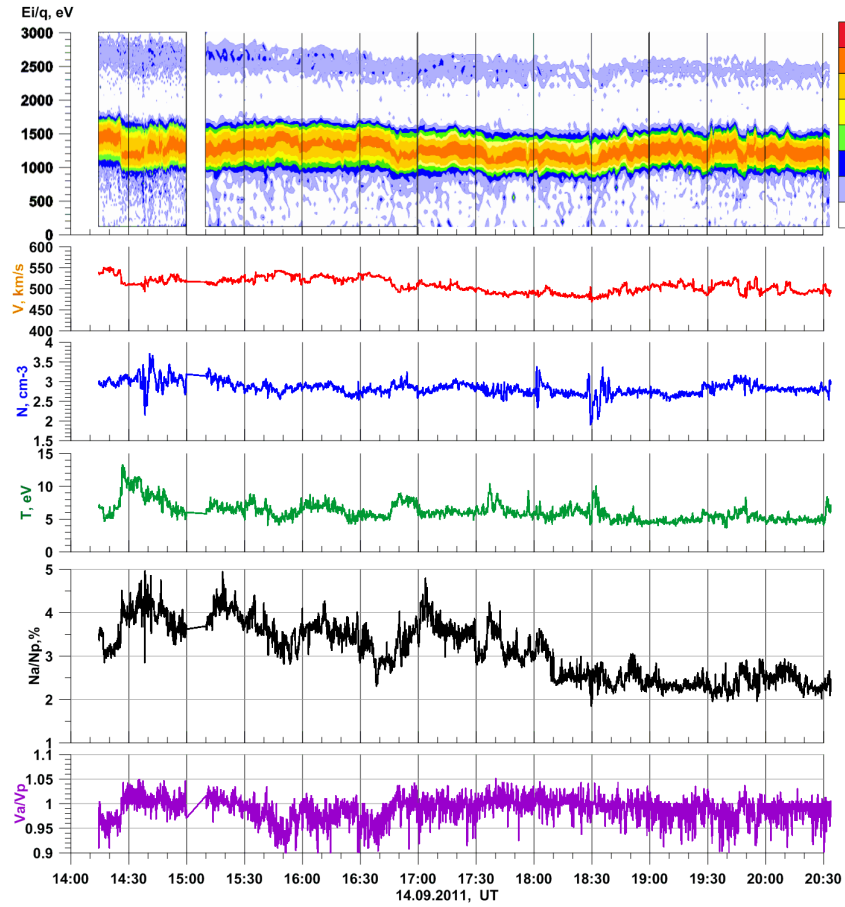
SPECTR-R/BMSW 15-Mar-2012



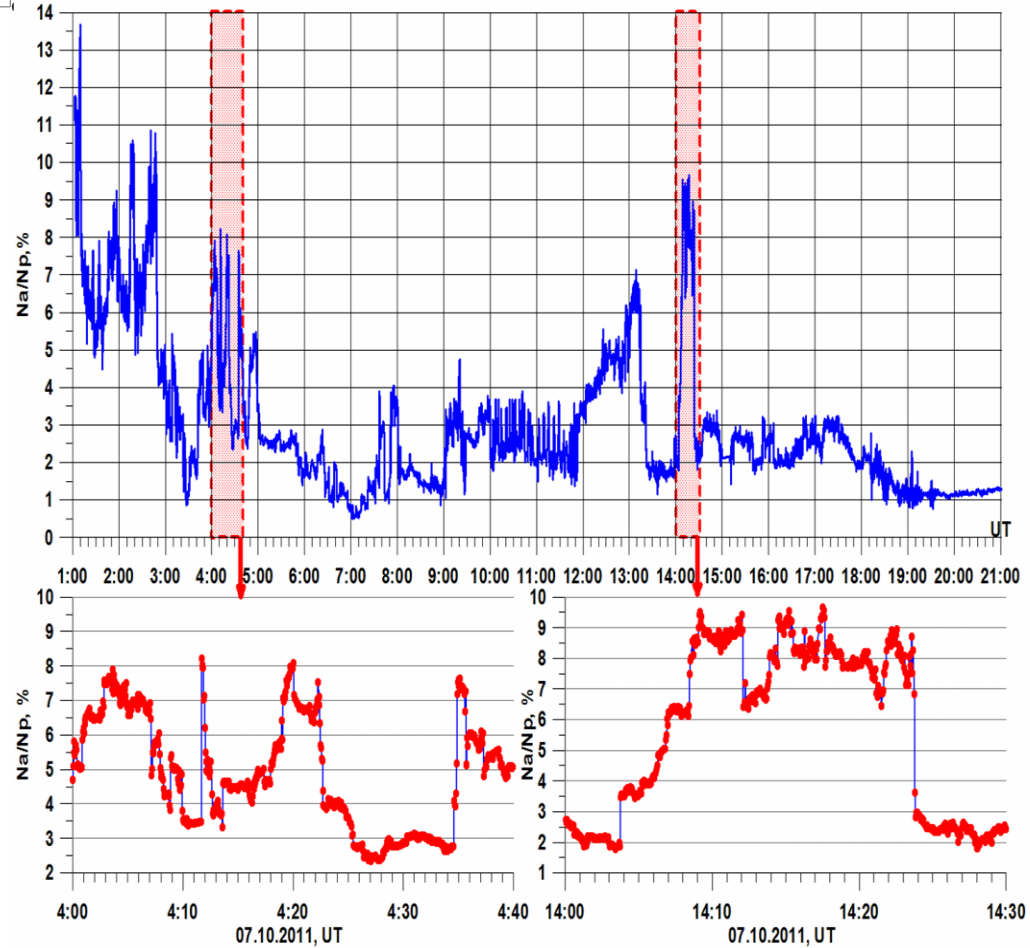
# O3YB



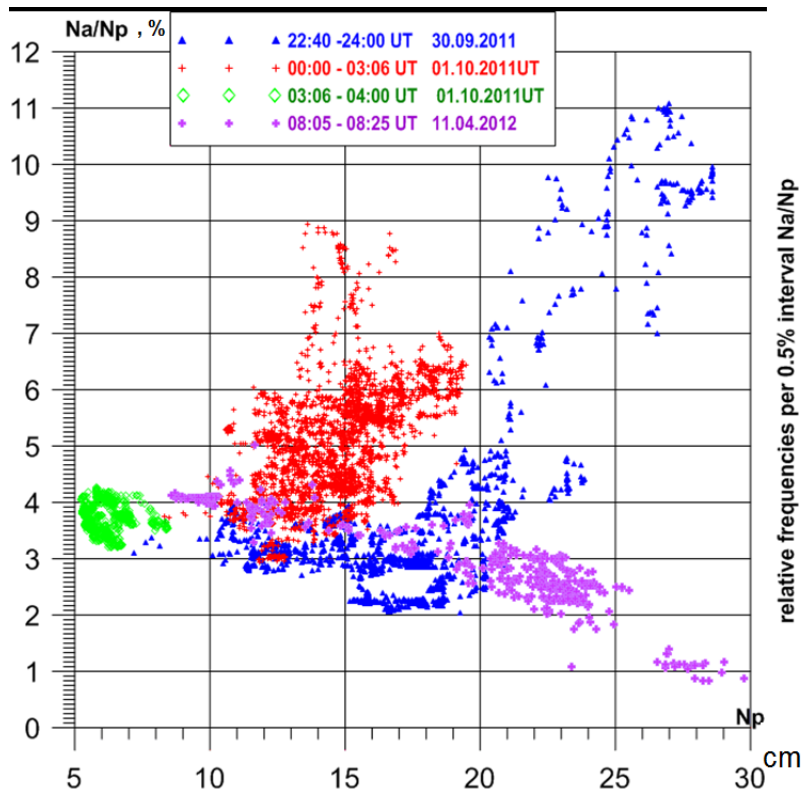
# Протоны и гелий



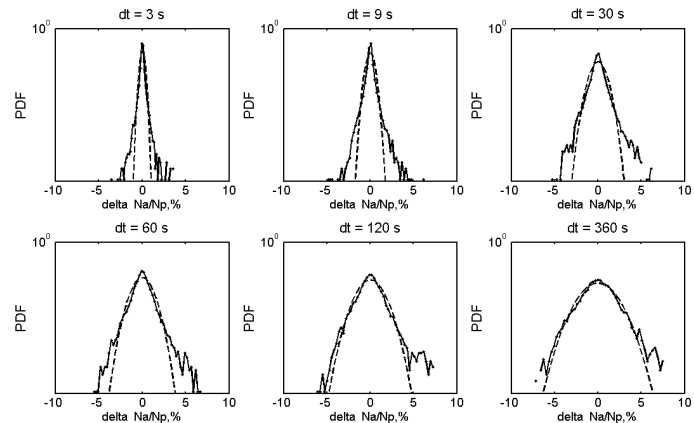
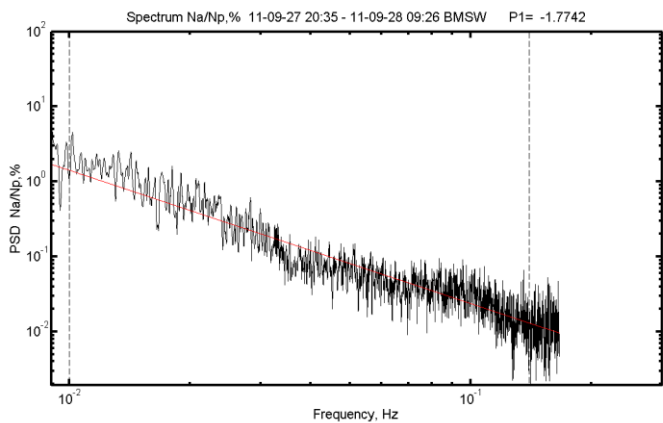
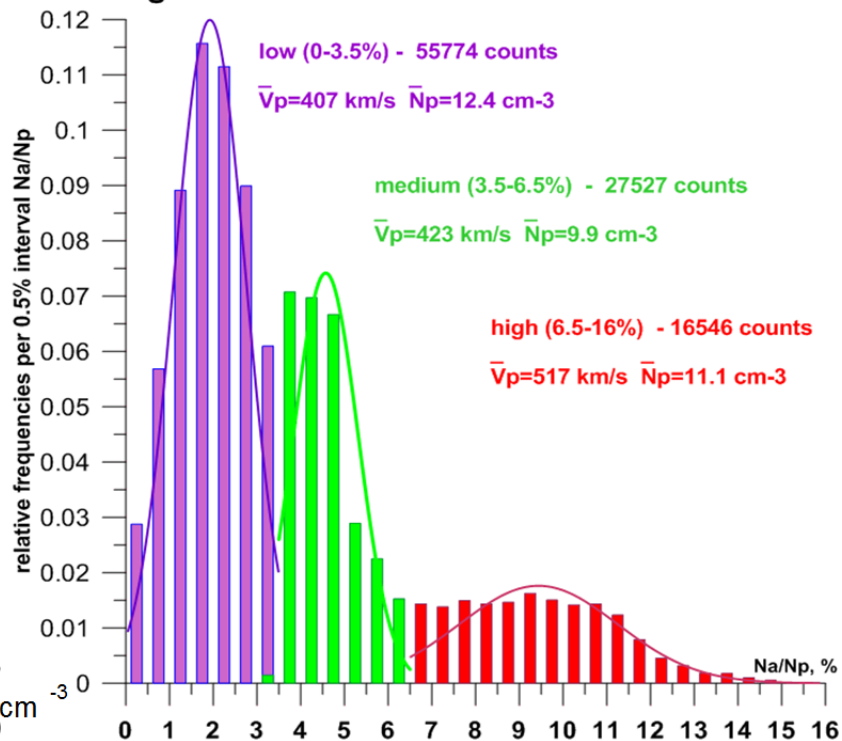
Пример хода  $Na/Np$  для события 07.10.2011

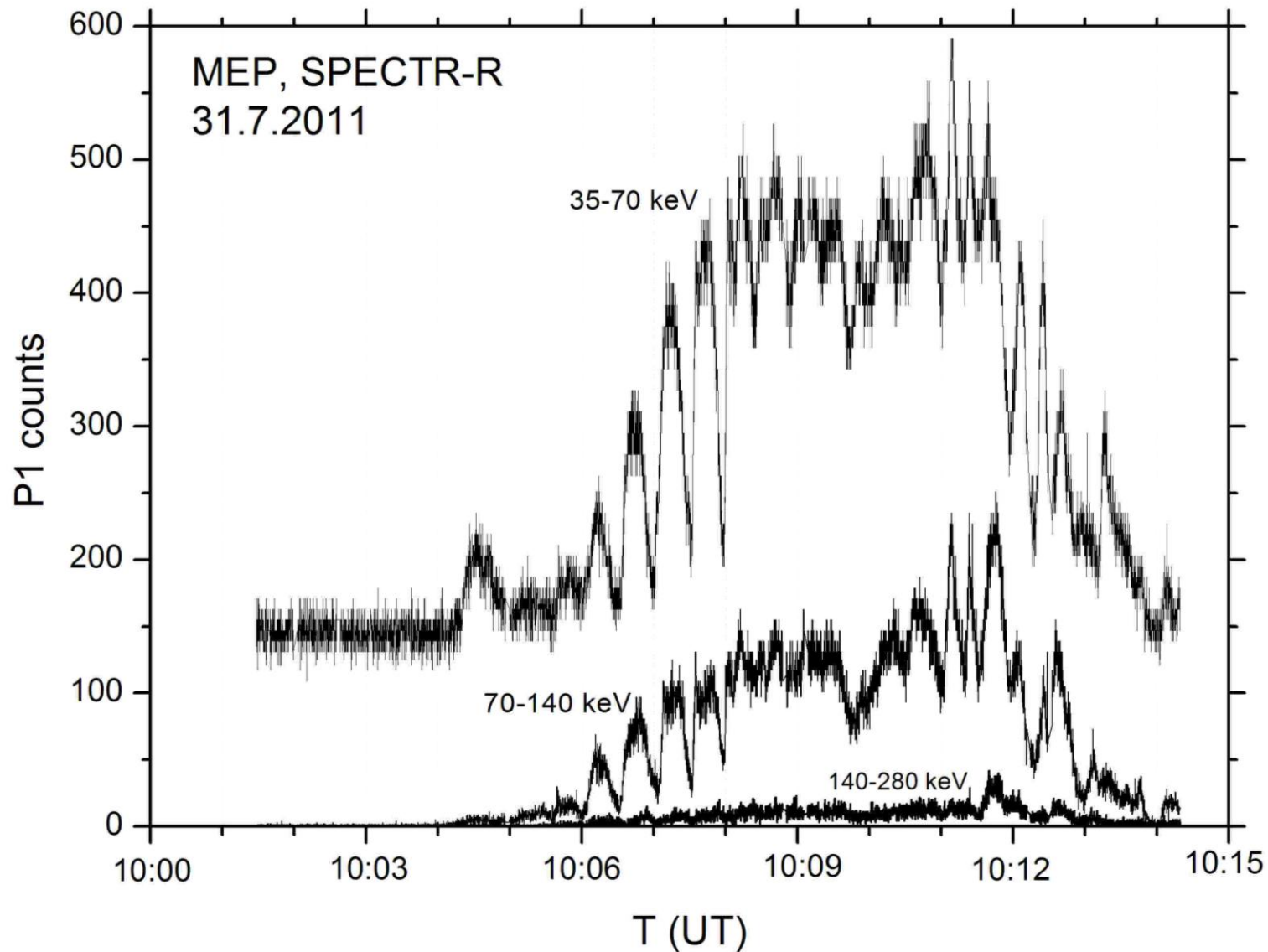


# Гелий



Histogram for He<sup>++</sup> content - 80 hours 30 min



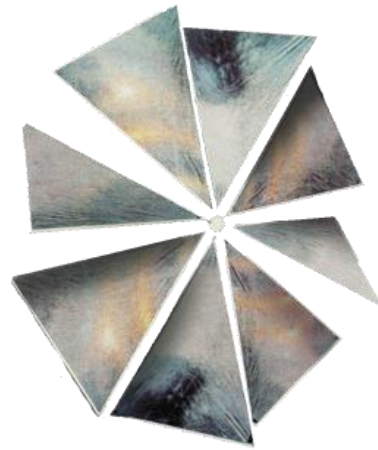
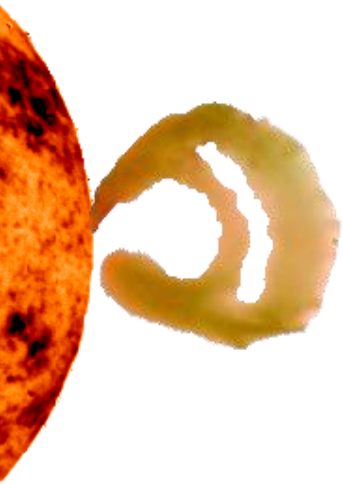


Пример наблюдения периодической структуры потока ускоренных ионов. Характерные времена структуры 20-30 секунд, что близко к периоду циклотронного вращения протонов в магнитном поле солнечного ветра.

# Солнечный парус как двигатель для миссий XXI века

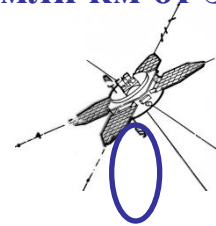
Солнечный парус, использующий давление света (но не солнечного ветра!), дает возможность свободного путешествия по ближней гелиосфере и мониторинга солнечного ветра

Для свободного перемещения по солнечной системе нужно приобрести скорость около 20-40 км/с (для отрыва от Земли – 8 и 11 км/с)

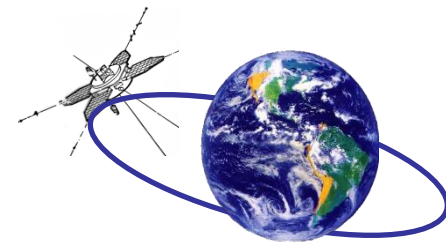


давление света  
создает тягу

Точка либрации  
1.5 млн км от Земли



Влияние Земли  
и Солнца  
сбалансированы



притяжение Земли  
сильнее  
притяжения Солнца