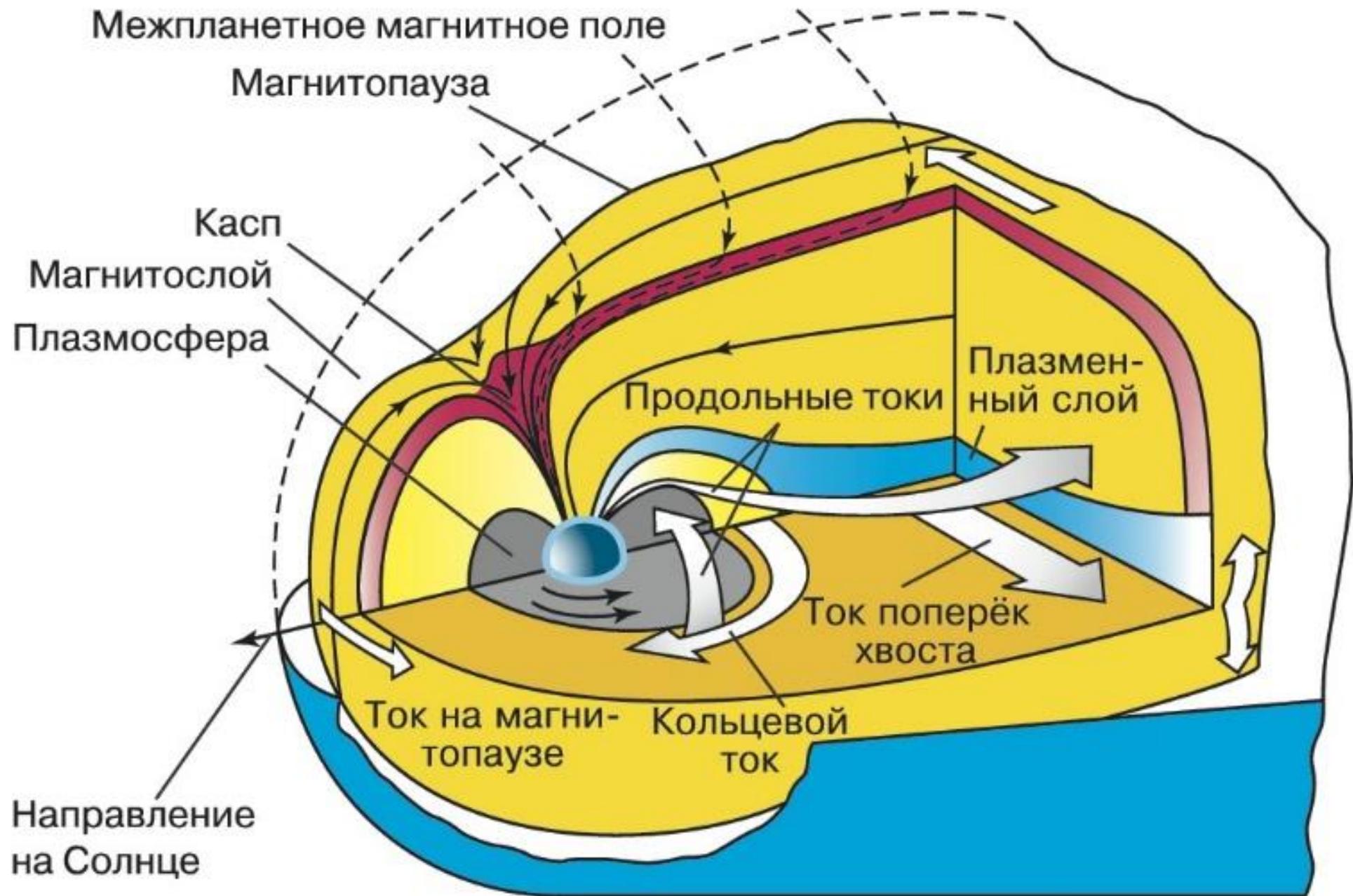


Структура ночной магнитопаузы Земли

А.С. Лукин^{1,2}, Е.В. Панов⁴, А.В. Артемьев^{1,3}, А.А. Петрукович¹

1. Институт Космических Исследований РАН, Москва, Россия
2. Факультет Физики, НИУ ВШЭ, Москва, Россия
3. Университет Калифорнии, Лос-Анджелес, США
4. Институт Космических Исследований ААН, Грац, Австрия



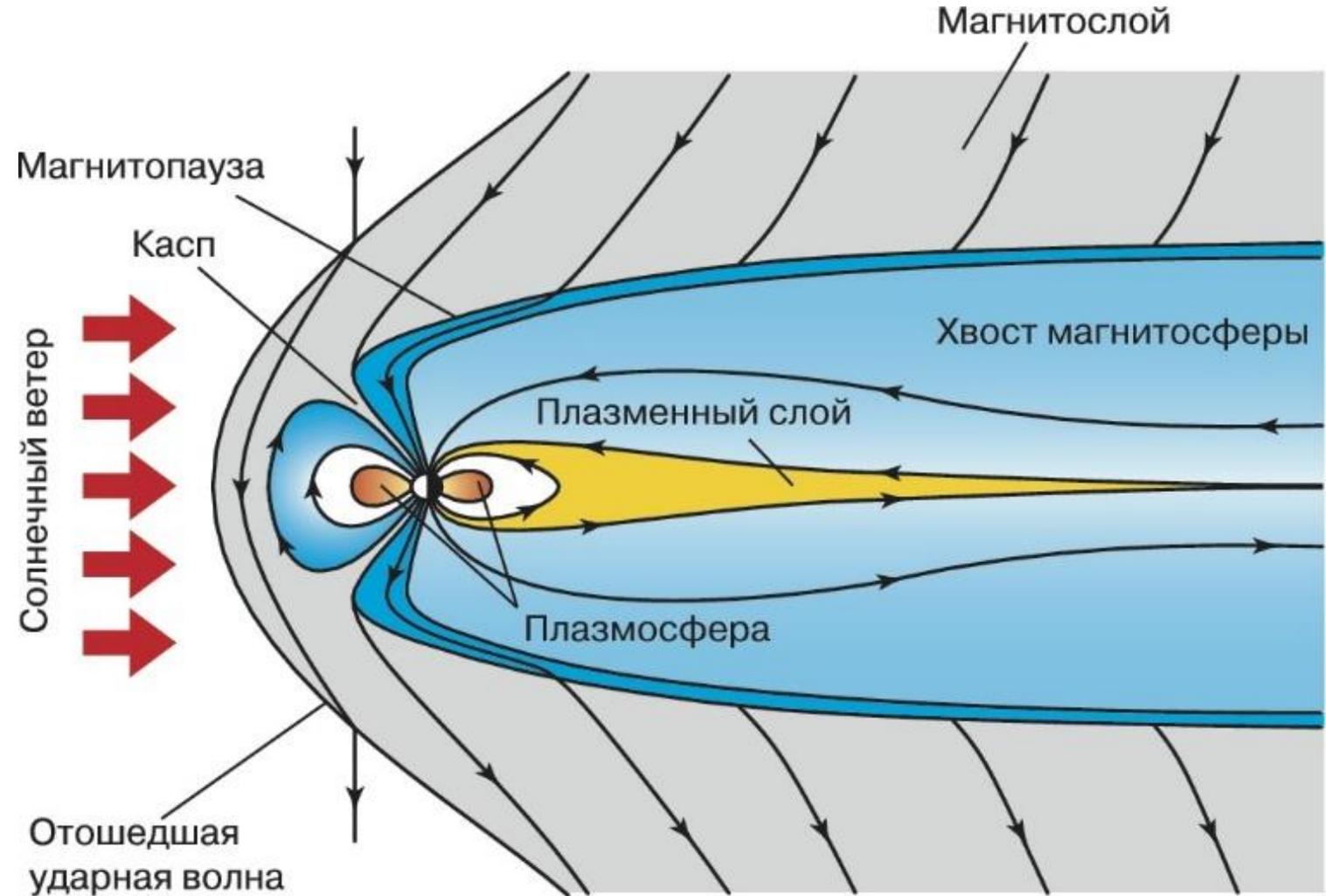
Параметры среды в окрестности магнитопаузы

Магнитослой:

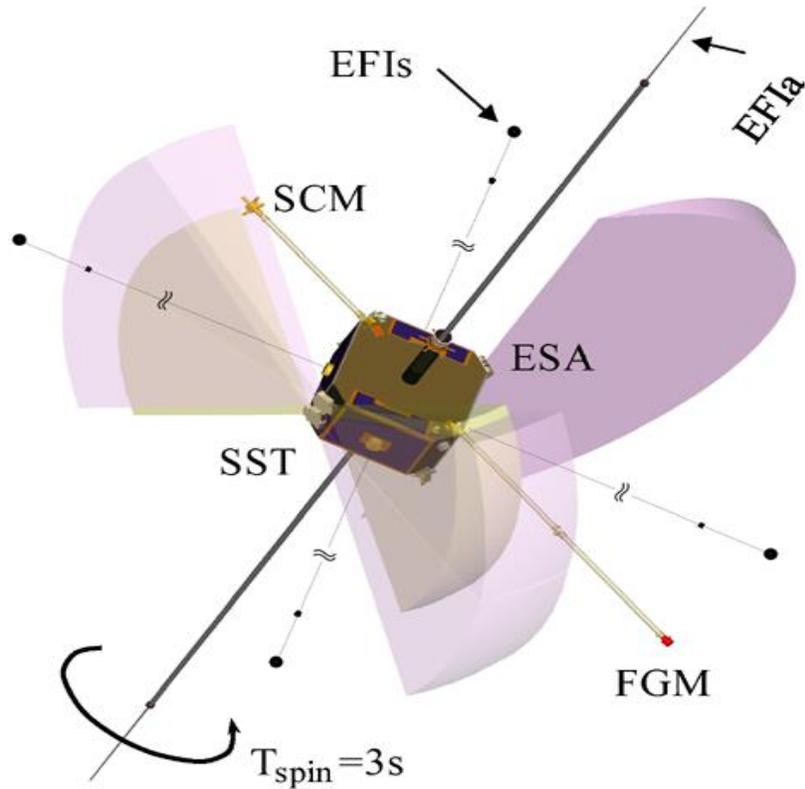
- Низкая температура частиц (~ 100 эВ для ионов)
- Высокая плотность плазмы (~ 10 частиц см^{-3})
- Высокая потоковая скорости плазмы (\sim скорости солнечного ветра)

Плазменный слой:

- Высокая температура частиц (~ 1 кэВ для ионов)
- Низкая плотность плазмы (~ 1 частицы см^{-3})
- Практически нет потоковой скорости частиц

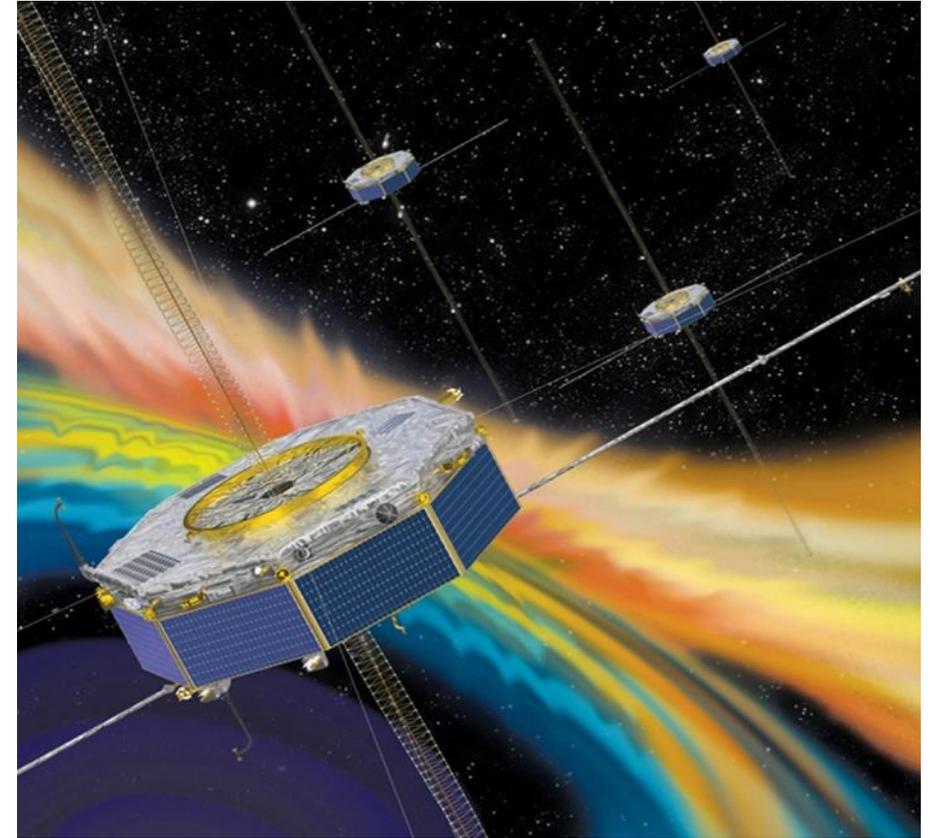


The Acceleration, Reconnection, Turbulence, and Electrodynamics of the Moon's Interaction with the Sun (ARTEMIS)



- 2 спутника, с некоторыми ограничениями можно использовать много-спутниковые методы
- Временное разрешение – 4 секунды (среднее за период обращения)
- Расстояние между спутниками – несколько тысяч километров

Magnetospheric Multiscale (MMS)



- 4 спутника, можно использовать много-спутниковые методы
- Высокое временное разрешение
- Небольшое расстояние между спутниками (порядка 30 км в нашей задаче), а значит – высокое пространственное разрешение

Методы определения толщины

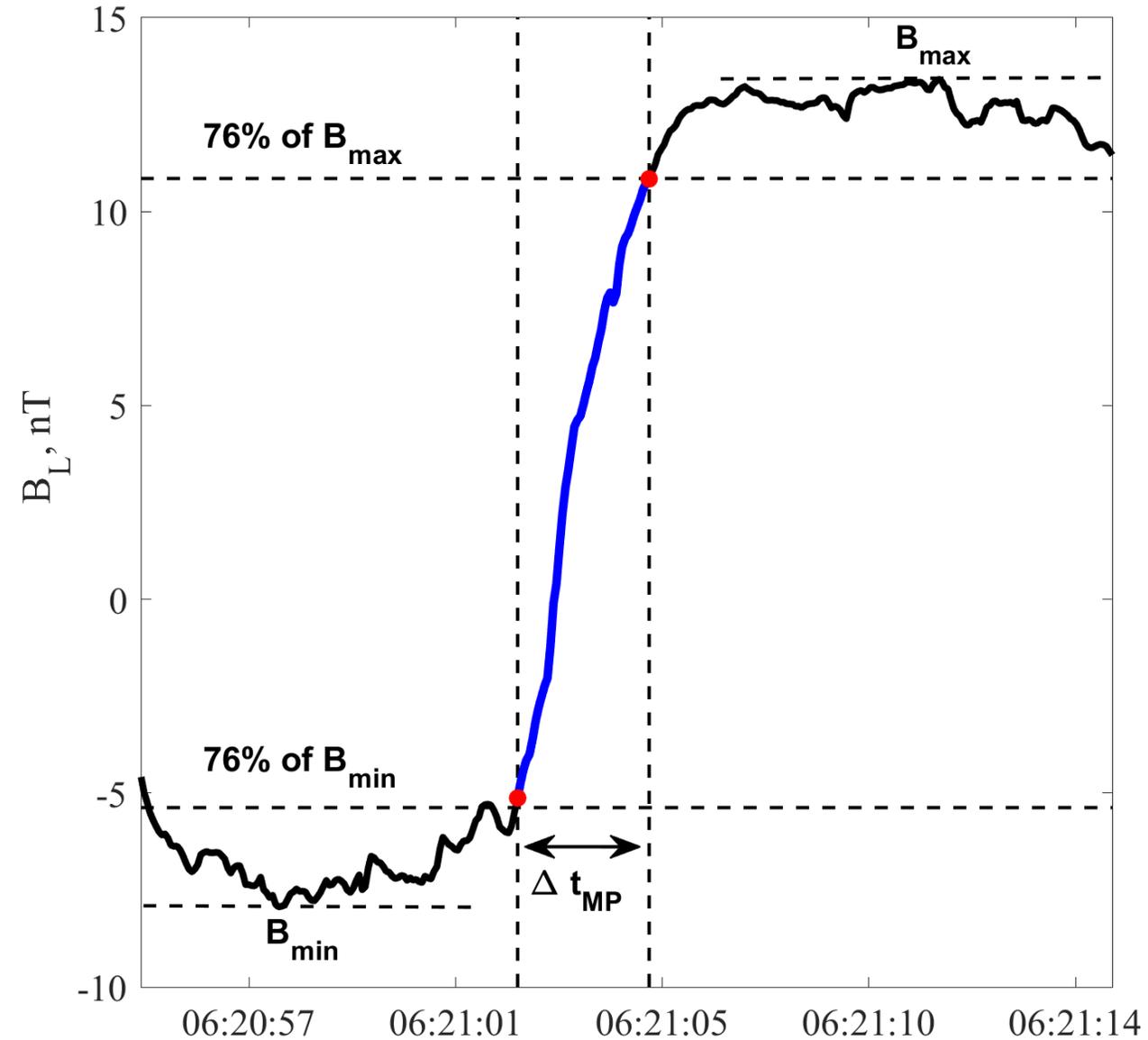
- Фитирование гипертангенсом:

$$Y = a + b \cdot \tanh((x - x_0)/L)$$

$$\tanh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

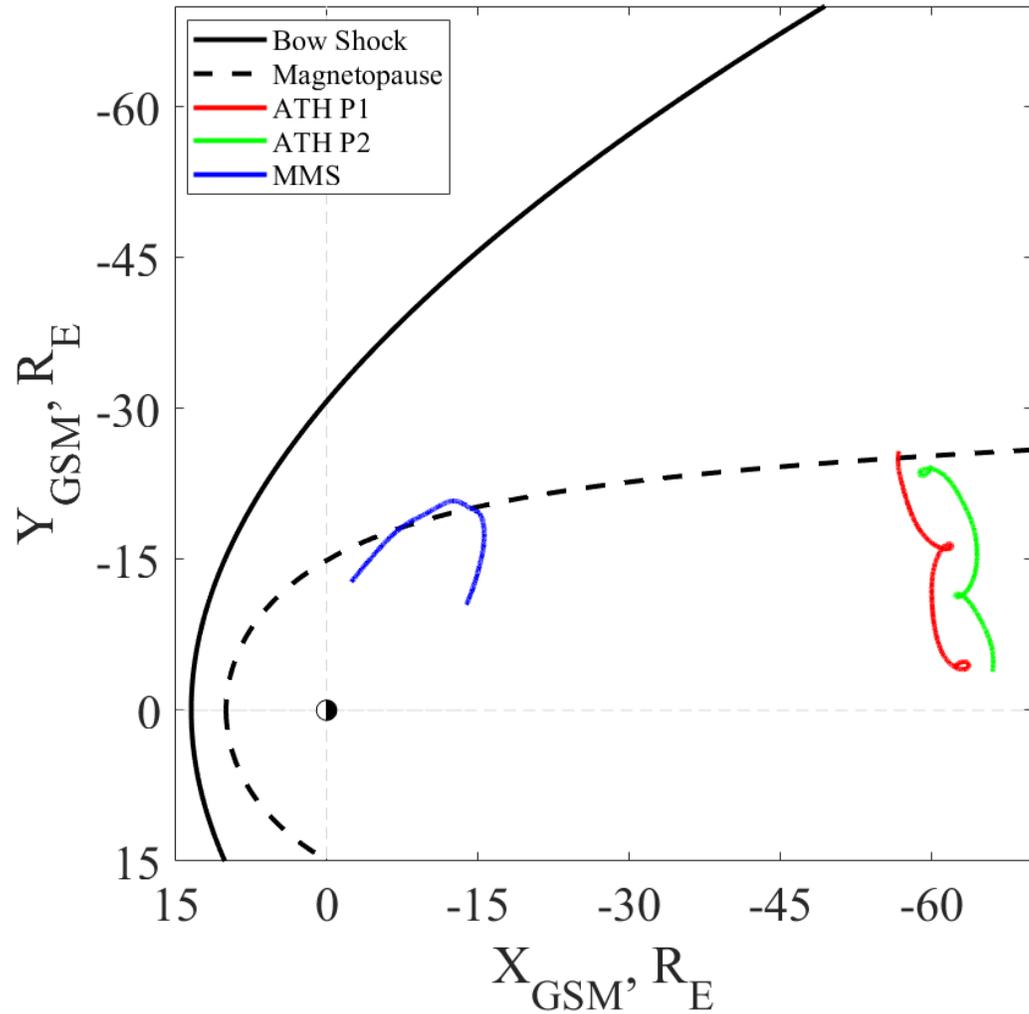
При этом: $\tanh(\pm 1) = 0.76$

- Выбор интервала, на котором происходит 76% вариации рассматриваемой величины

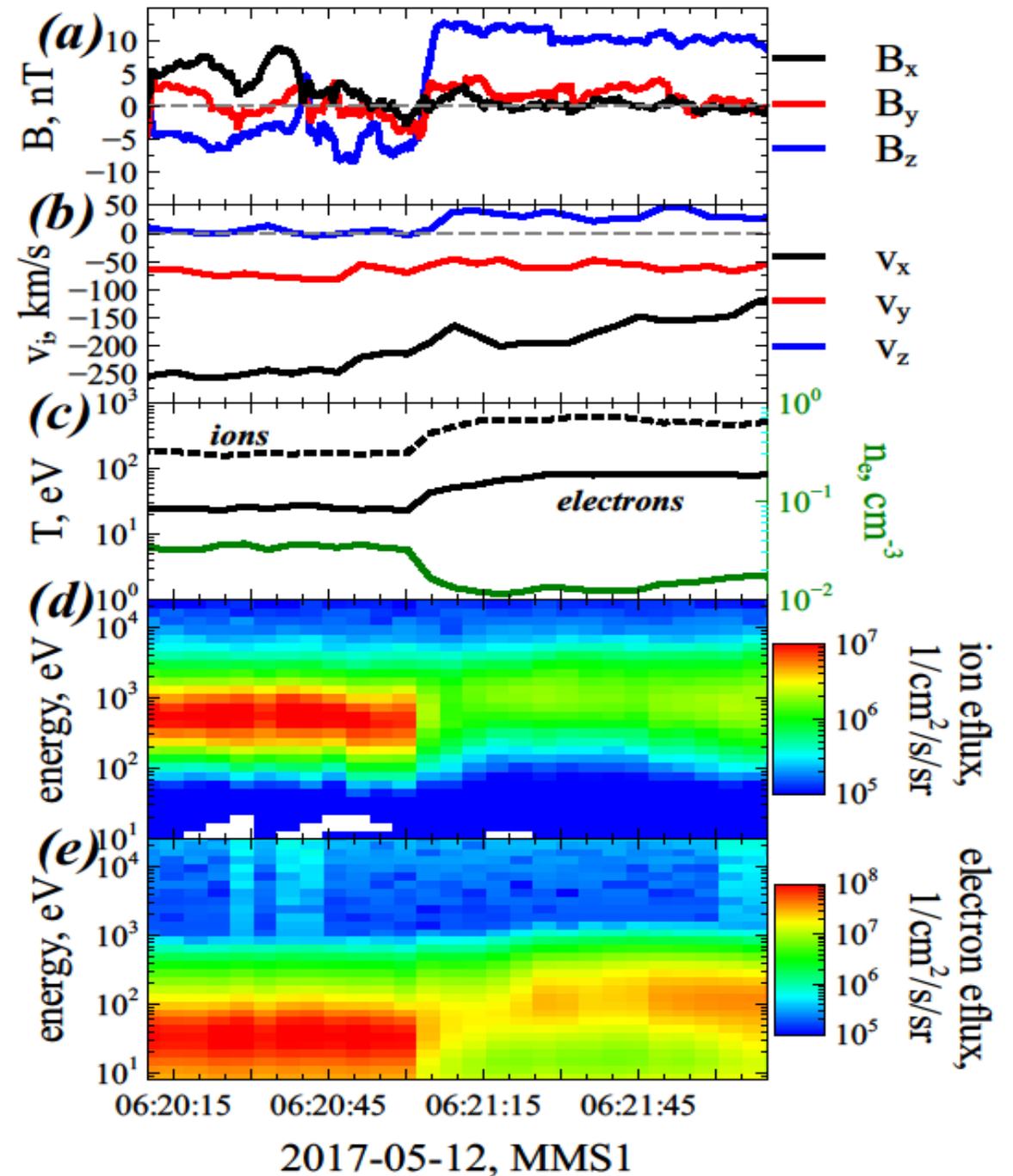


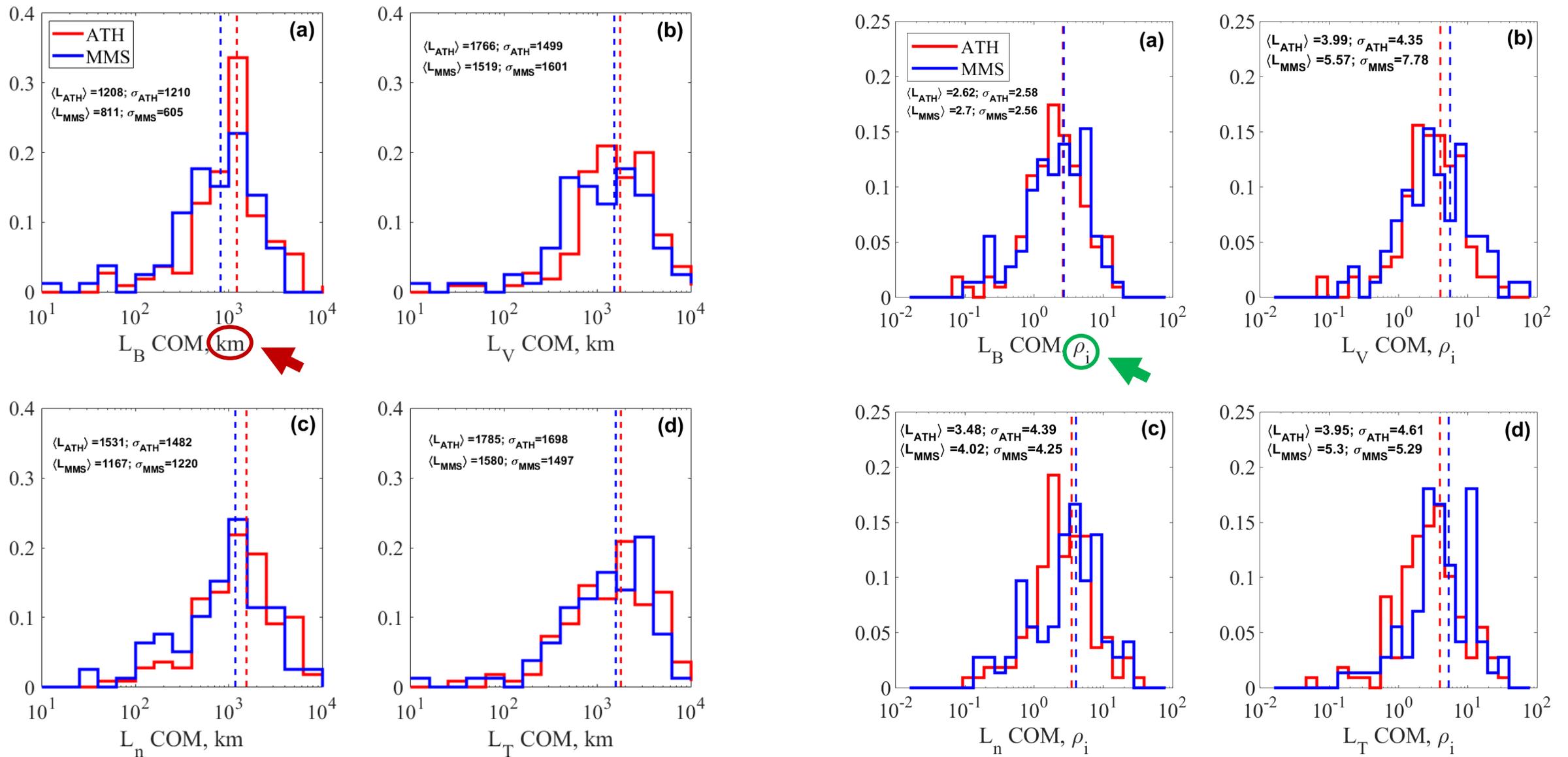
Процедура определения толщины токового слоя и оценки скорости магнитопаузы на примере данных спутника MMS1 (событие 12.05.17)

Пример события



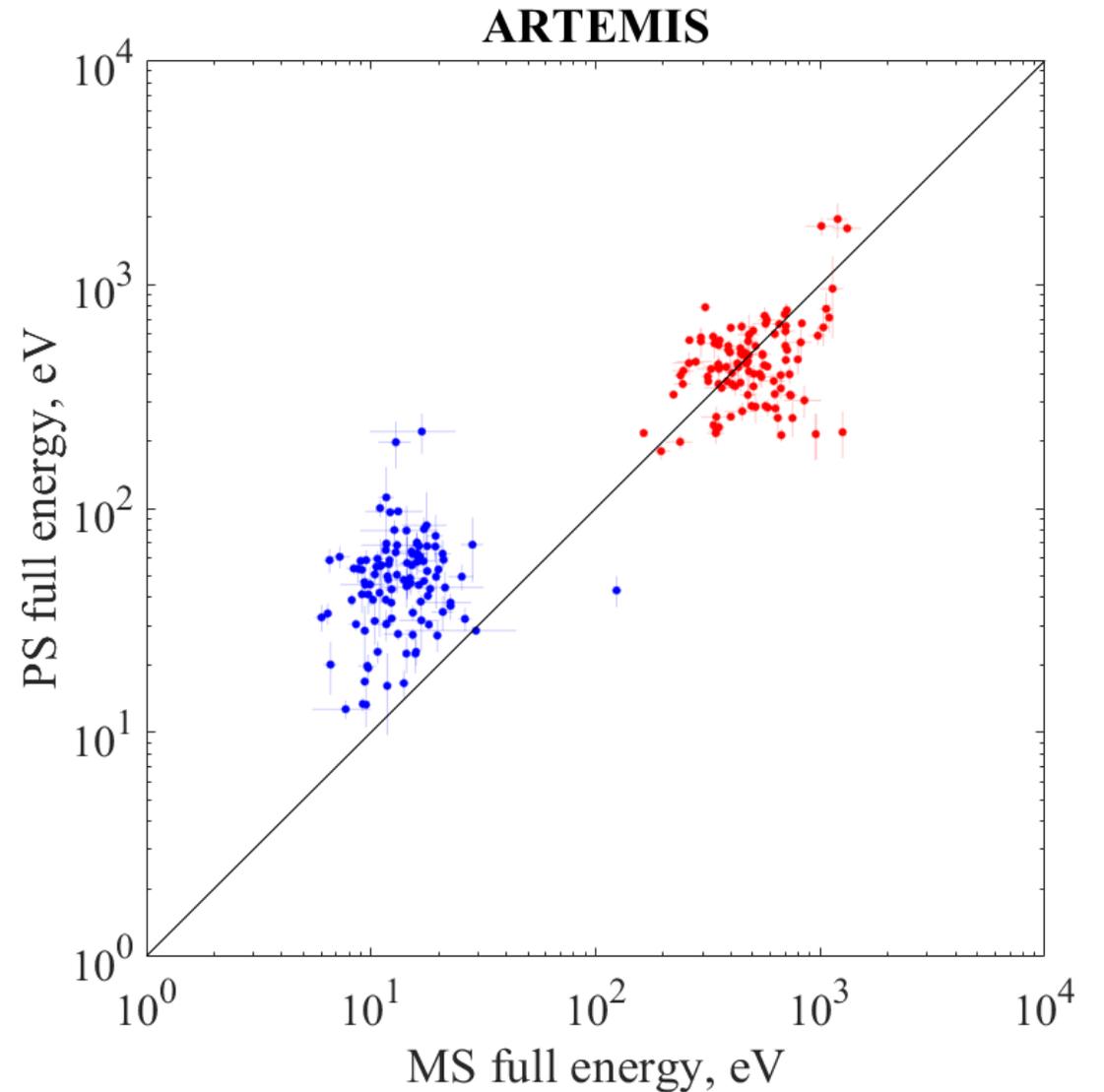
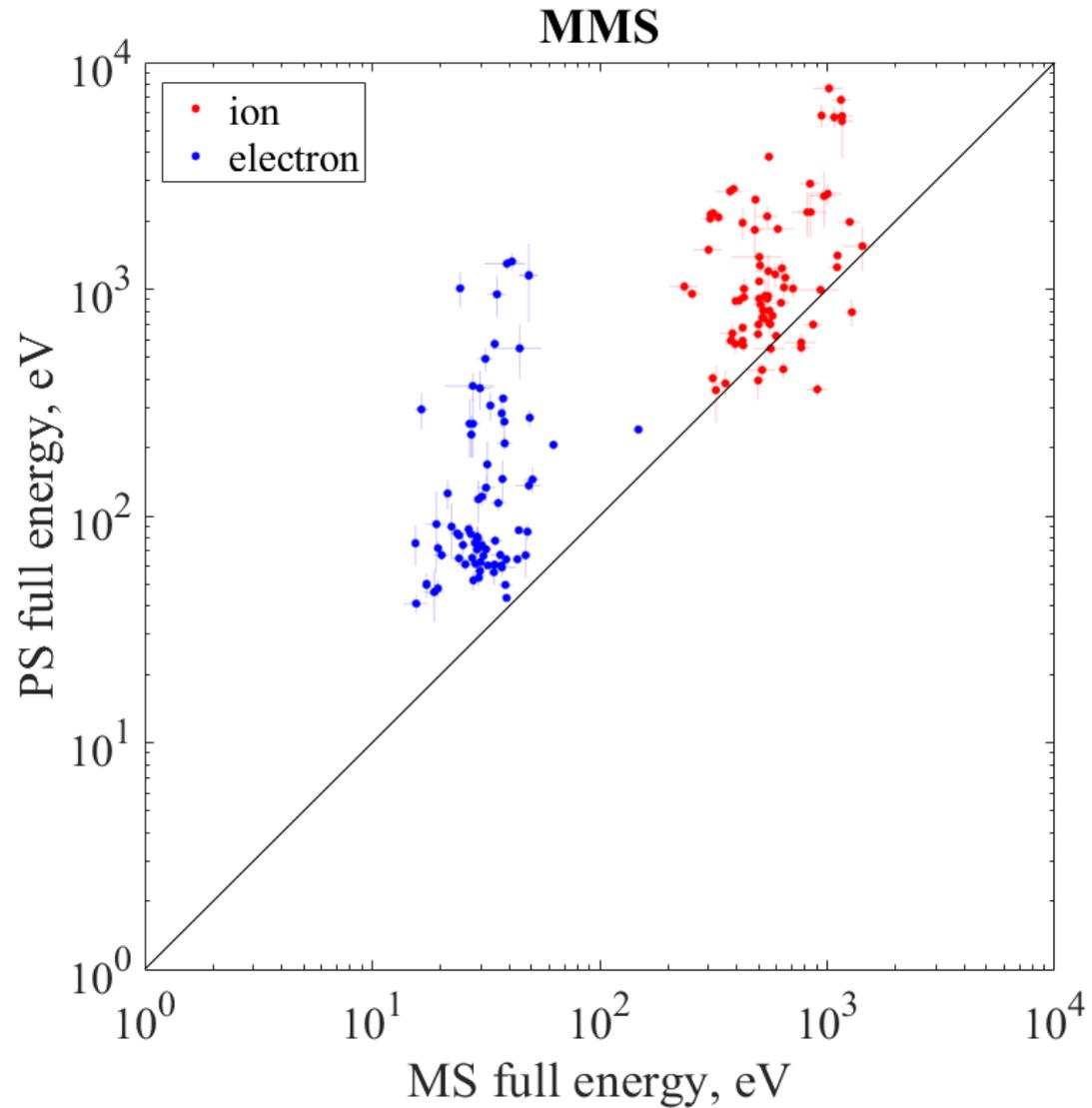
Пример временного интервала (11-12 мая 2017), когда пересечения магнитопаузы одновременно наблюдаются на спутниках обеих миссий.





Распределения пространственных масштабов переходных областей по данным обеих миссий. (a) – распределения толщин токовых слоев, (b), (c), (d) – распределения толщин переходных областей потоковой скорости ионов, плотности плазмы и ионной температуры. На панелях **слева** представлены распределения в **абсолютных величинах (км)**, **справа** толщины нормированы на **ионный гирорадиус**.

Изменение энергии частиц в окрестности магнитопаузы



Сравнение полной энергии частиц (кинетическая + температура) в плазменном слое и их энергии в магнитослое. Синие маркеры – электроны, красные – ионы.

Выводы

- Средние значения абсолютных величин пространственных масштабов переходных областей магнитного поля и плазменных характеристик на лунной орбите больше, чем в ближнем хвосте, т.е. наблюдается утолщение магнитопаузы и пограничного слоя с увеличением радиального расстояния от Земли.
- В то же время, распределения толщин, выраженных в ионных гирорадиусах (ρ_i), и их средние значения практически совпадают. Магнитопауза и пограничный слой имеют масштаб $\sim 2 - 5 \rho_i$.
- На лунной орбите имеет место транспорт плазмы через магнитопаузу, т.е. по обе стороны от границы наблюдается перемешивание популяций частиц плазменного слоя и магнитослоя, в то время как на орбите MMS магнитопауза разделяет две разные популяции плазмы, которые практически не смешиваются.