

## **1. Авторы – сотрудники ИКИ РАН:**

Е.Е. Григоренко, Зеленый Л.М.

**другие авторы:** Е.А. Кронберг, П. Дали, Н.Ю. Ганюшкина, Б. Лавро, Ж.-А. Сово

**2. Название:** "Причины низкого отношения температуры протонов к температуре электронов в плазменном слое хвоста магнитосферы" (на языке оригинала: "Origin of low proton-to-electron temperature ratio in the Earth's plasma sheet")

**3. Ссылка на публикацию:** Journal Geophysical research, Space Physics, 121, doi:10.1002/2016JA022874, 2016. Статья принята к публикации 12.10.2016 и в предыдущем конкурсе не участвовала.

**4. Общая формулировка проблемы.** Особенности нагрева электронов и протонов в плазменном слое геомагнитного хвоста.

**Актуальность.** Отношение протонной и электронной температур ( $T_p/T_e$ ) является важной характеристикой токового слоя и используется при анализе устойчивости слоя.

Определение величины  $T_p/T_e$  и выяснение факторов влияющих на эту величину является актуальной задачей исследования динамики токового слоя магнитосферного хвоста.

## **5. Конкретная решаемая в работе задача и ее значение.**

Задачей данной работы является определение величины  $T_p/T_e$  в плазменном слое геомагнитного хвоста на большом статистическом материале, и выяснение механизмов приводящих к ее вариациям, в частности, к транзитным уменьшениям этой величины. Т.к. величина  $T_p/T_e$  используется при моделировании развития плазменных неустойчивостей в токовых слоях, данное исследование имеет значение для исследований устойчивости токового слоя ближнего хвоста.

## **6. Используемый подход, его новизна и оригинальность.**

Для решения поставленных задач использованы многоспутниковые наблюдения уникальной миссии Cluster. До сих пор протонная температура определялась только по измерениям тепловой плазмы в эксперименте CIS/CODIF. В периоды горячего плазменного слоя протонная популяция может иметь максимум потока на энергиях близких к верхнему энергетическому порогу прибора CODIF или даже превышать его. В этих случаях протонная температура определяется неправильно. В данной работе для определения температуры протонов и вычисления отношения протонной и электронной температур мы впервые привлекли данные энергичного масс-спектрометра RAPID, используя оригинальную методику, разработанную немецкими со-авторами разработчиками прибора). Это позволило установить заниженность величины  $T_p/T_e$  сообщаемой в предыдущих работах и показать, что минимальное достоверное значения  $T_p/T_e$  в плазменном слое составляет  $\sim 2.0$ .

## **7. Полученные результаты и их значимость.**

В предыдущих исследованиях сообщалось, что в некоторые периоды времени величина  $T_p/T_e$  в плазменном слое хвоста может быть довольно низкой, вплоть до значений  $< 1.0$ . В данной работе на большом статистическом материале (5 лет наблюдений Cluster в плазменном слое) исследована динамика величины  $T_p/T_e$ , предложен более точный, по сравнению с предыдущими работами, метод ее определения, и показано, что минимальное достоверное значения  $T_p/T_e$  в плазменном слое составляет  $\sim 2.0$ . Статистически доказано, что уменьшения величины  $T_p/T_e$  вплоть до минимальных значений наблюдаются во время турбулентной фазы магнитных диполизаций, когда в плазменном слое развиваются либо высокочастотные вистлерные моды с частотами достигающими электронной циклотронной частоты, либо электростатические электронно-циклотронные гармоники. В результате взаимодействия резонансных электронов с волнами происходит дополнительный нагрев электронов и, соответственно, транзитное уменьшение величины  $T_p/T_e$ . Также впервые показано, что в некоторых случаях уменьшение  $T_p/T_e$  связано не с более эффективным нагревом электронов, а с охлаждением протонов. В

качестве возможного механизма, влияющего на уменьшение  $T_r$ , предполагалось потери энергии протонами при возбуждение ионно-циклотронных волн. Данный вопрос требует отдельного тщательного исследования.