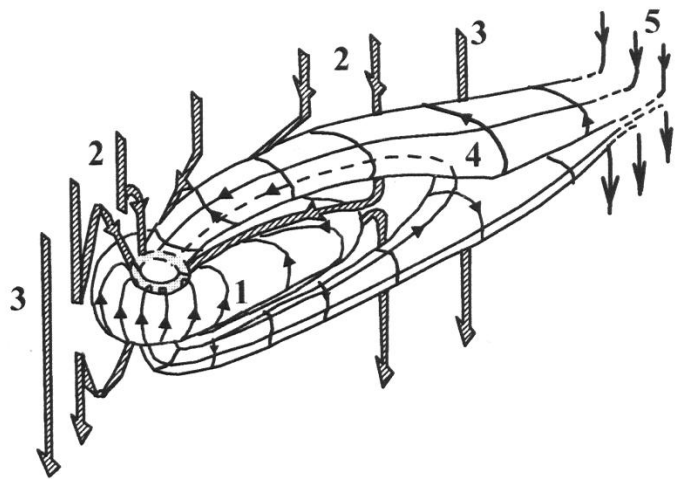
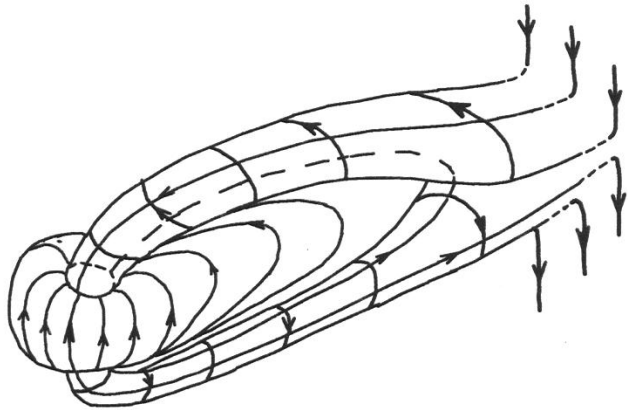


Памяти Евгения Александровича Пономарёва  
посвящается

- **Динамика экранирования электрического поля полярной шапки**
- *Ю.А.Караваев, В.М Мишин* (ИСЗФ СО РАН)



**Рис.. Вверху: «Старая «полярная шапка» и «старый открытый магнитный хвост магнитосферы», наблюдаемые перед суббури. Внизу: то же плюс «новый» хвост, созданный в ходе суббури (цифры от 1 до 5). Магнитный поток в «старом хвосте» -  $\Psi_2$ , в новом хвосте -  $\Psi_1$ .**

Известно, что полярная шапка (п.ш.) наблюдается почти всегда, перед началом суббури и в ходе суббури. Назовем такую п.ш. «старая п.ш. 2», а поток открытых силовых линий через неё  $\Psi_{02}$ . **Магнитосфера в таких условиях показана на рисунке вверху.** При этом, пересоединение на магнитопаузе отсутствует, конвекционное электрическое поле  $E_i$  в старой п.ш. равно нулю. **В начале суббури** возникает поток открытых силовых  $\Psi_1$  и к старой п.ш. 2 добавляется площадь окружающей её «новой п.ш. 1» с открытым магнитным потоком  $\Psi_1 = \Psi - \Psi_{02}$ , где  $\Psi$  – полный открытый поток силовых линий новой п.ш. 2, который переносится солнечным ветром на ночную сторону (**на рисунке внизу**). В долях хвоста возникает электрическое поле конвекции  $E_e$  и возникает поток Пойнтинга из с.в. в магнитосферу

$$\varepsilon' = (\Psi_1)^2 V^* / \mu_0 S_L \quad (1)$$

где  $V^*$  - скорость конвекции плазмы и магнитного поля в «хвосте 1»,  $S_L$  – площадь сечения хвоста 1, который пронизывает новую п.ш. 1.

Из изложенного следует, что поток энергии  $\varepsilon'$ , электрические поля  $E_e$ ,  $E_i$ , и магнитные потоки  $\Psi_1, \Psi$ , и поток через п.ш. 2 изменяются взаимозависимо. **См. следующую страницу.**

## Рис. Активизация «хвоста 2» в ходе суббури

Эл. поле  $E_e$  распространяется в старую п.ш. и создаёт там  $E_i > 0$ . При этом часть пассивного потока  $\Psi_{02}$  приобретает скорость  $V^*$ , т.е. часть хвоста 2 становится активной, пассивный магнитный поток через п.ш. 2 уменьшается и становится равным  $\Psi_2 = \beta\Psi_{02}$  где  $\beta < 1$ .

На основании таких соображений, используя (1) и полагая для упрощения, что граница п.ш. – круговая, Мишин и др. [2004] получили ур-я

$$\gamma = E_i/E_e \quad (2),$$

$$\gamma = k^2 \quad (3),$$

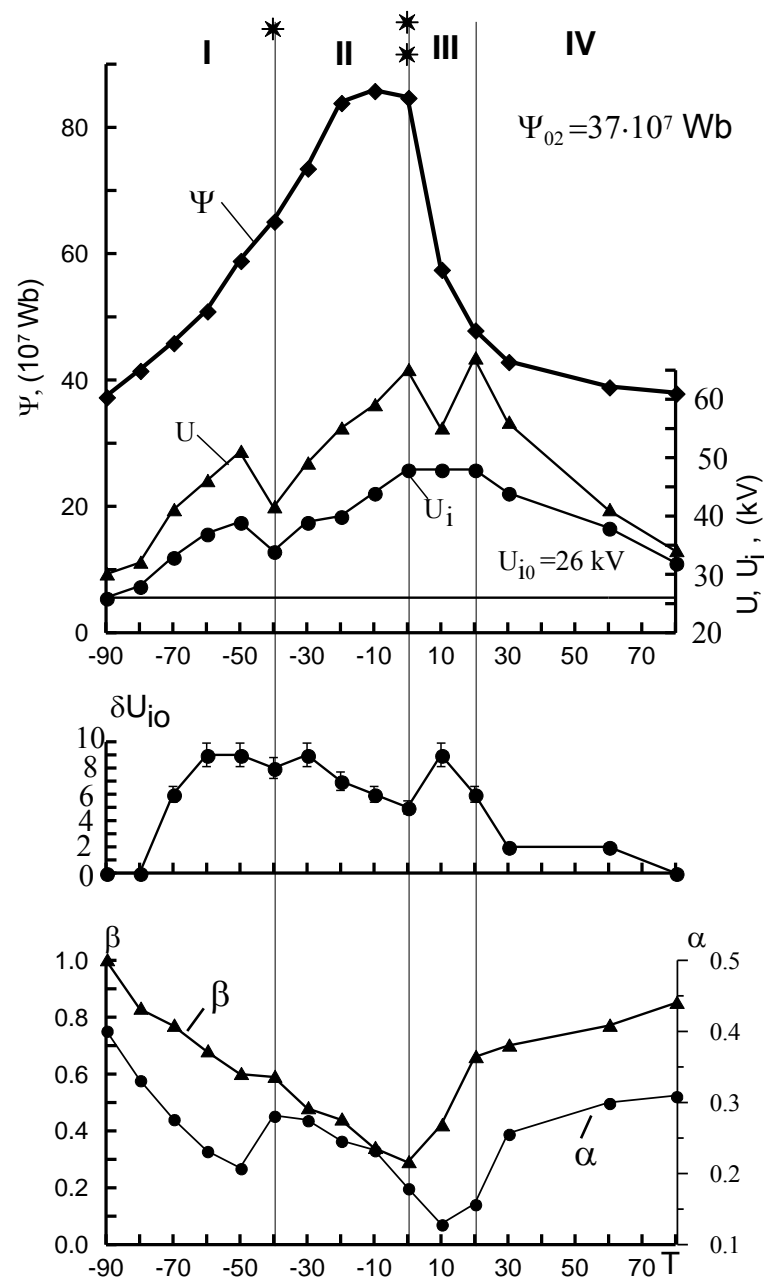
$$\beta = 1 - k = 1 - (E_i/E_e)^{0.5} \quad (4),$$

$$\Psi_2 = \beta\Psi_{02} \quad (5).$$

При  $\beta=1$  имеем  $\Psi_2 = \Psi_{02}$ , т.е. поток в старой п.ш. не изменяется, значит  $E_i=0$ . При  $\beta=0$  имеем  $E_i=E_e$ .

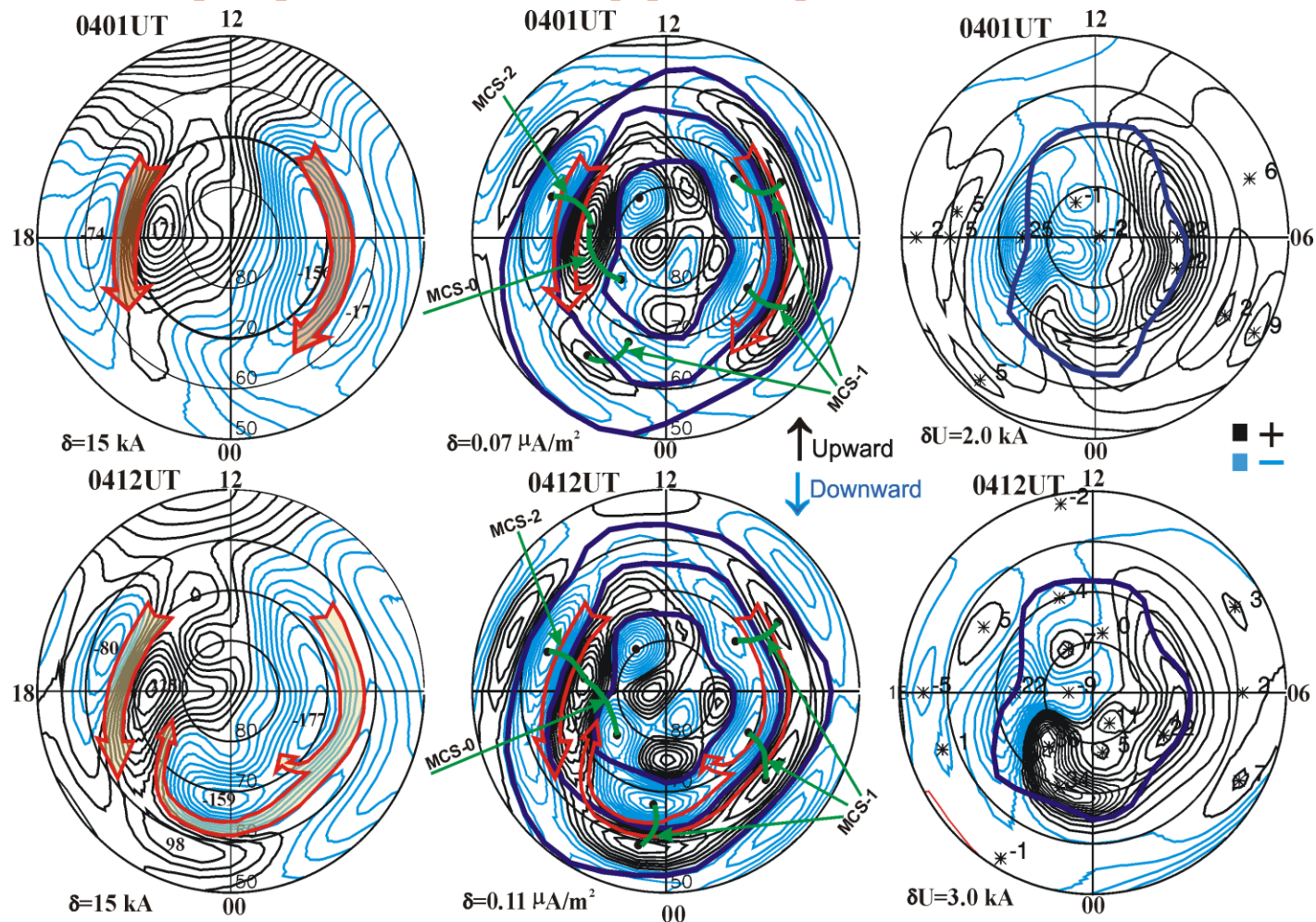
Поэтому мы называем  $\beta$  коэффициентом экранирования старой п.ш. 2 от проникновения в неё электрического поля  $E_e$ . Значения  $\gamma = E_i/E_e$  и, следовательно,  $\beta$  определяем по данным карт распределения в ионосфере электрического потенциала. Распределения вычисляются на основе техники инверсии магнитограмм ТИМ.

**Изменения  $\beta$  в ходе статистической суббури показаны на графике внизу слева. Учет «эффекта  $\beta$ » изменяет вычисленные значения потока энергии  $\epsilon'$  в разы. Т.о., хвост 2 сравним по его значимости с хорошо известным хвостом 1.**



## Тема 1: Два открытых хвоста магнитосферы.

**Рис 2. Карты плотности ионосферных токов, плотности продольных токов, и распределения в ионосфере электрического потенциала.**



**Красные стрелки – электроструи в ионосфере аврорального овала. Жирные чёрные линии на картах продольных токов (ПТ) – границы трёх Зон Ииджимы и Потемры. Координаты – геомагнитная широта и местное время. Карты ПТ получены с помощью ТИМ и использованы для определения границ и площади полярной шапки и открытого магнитного потока через неё  $\Psi = \Psi_1 + \Psi_2$**

# Исходные данные

20.11.2003

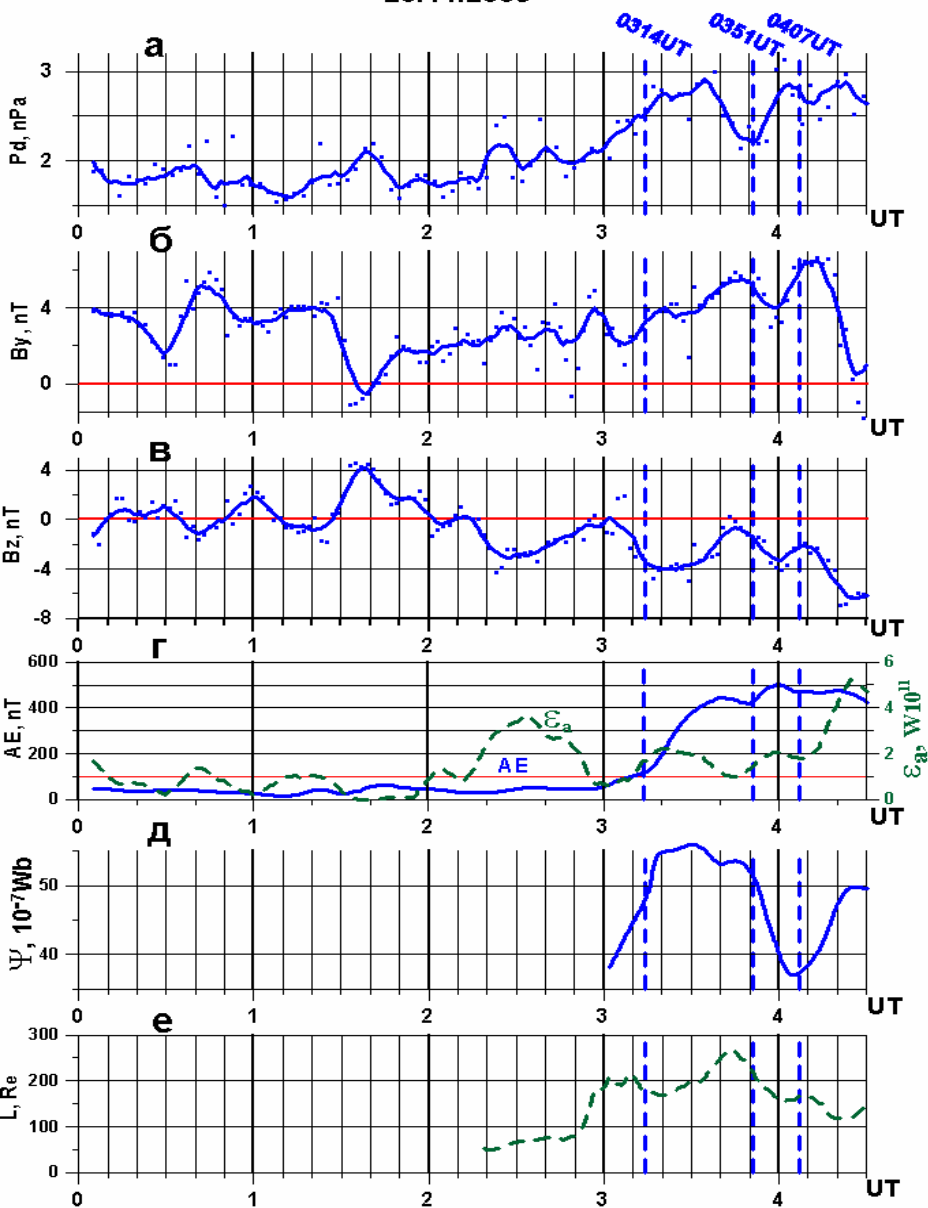
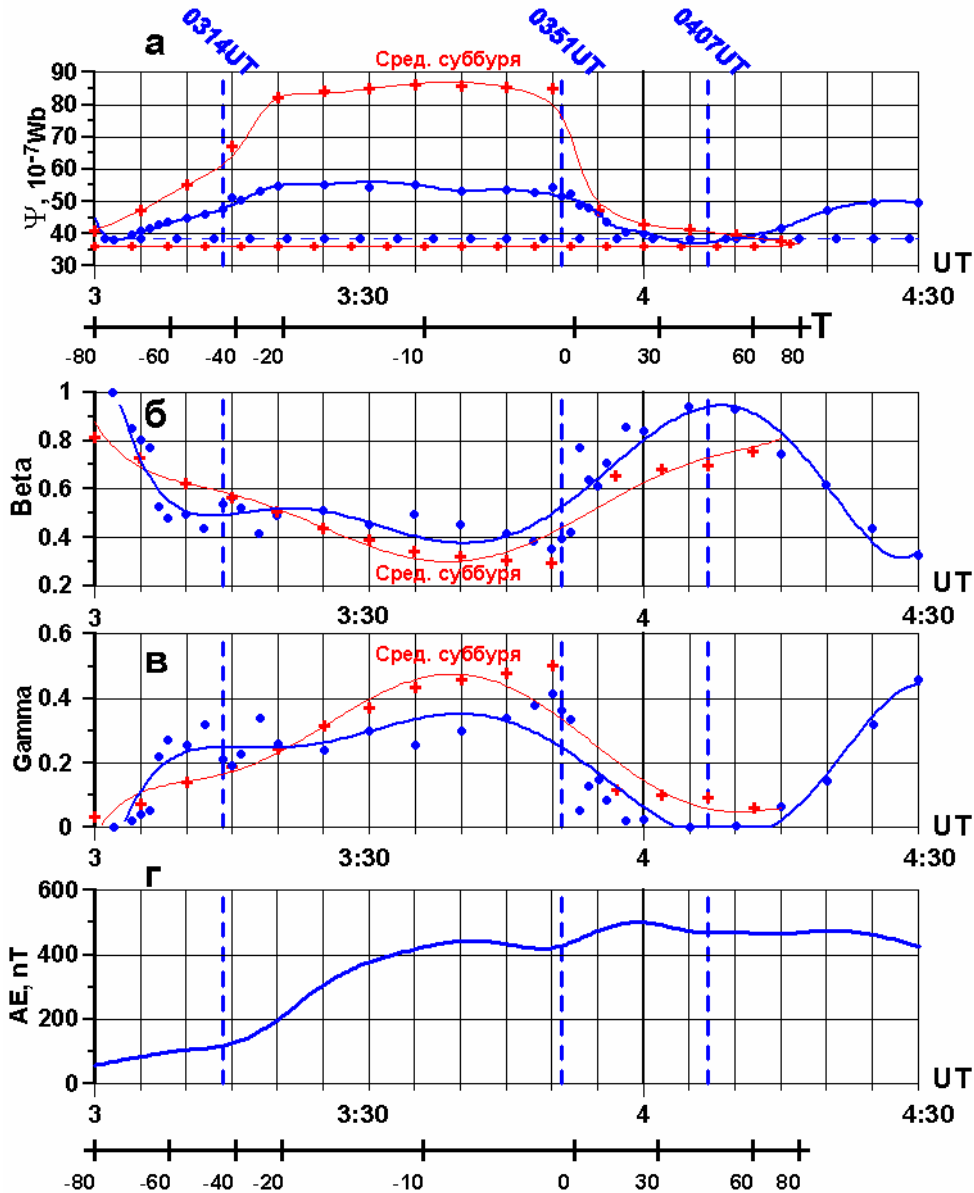


Рис. 2

С самого начала интервала (00:00-0430 UT) входная мощность  $\epsilon_a$  колеблется около порогового уровня  $1 \cdot 10^{11}$  Ватт и превышает этот уровень, начиная с  $\sim 0200$  UT (Рис. 2г). Индексы AE сохраняются на уровне ниже 100 нТ до  $\sim 0300$  UT, превышают этот уровень и быстро увеличиваются вблизи 0314 UT. Открытый магнитный поток  $\Psi$  в интервале (0300-0351) UT увеличивается (Рис. 2д), длина хвоста  $L$  растёт (Рис. 2е). Эти данные соответствуют признакам загрузочной фазы слабой изолированной суббури в интервале (0300- 0407) UT. Интервалы (0314-0351) и (0351-0351) UT соответствуют и первой и второй активным фазам. Т.о. рассматриваемый период возмущения включает в себя цикл управляемой загрузки и спонтанной разгрузки, ожидаемый в типичной суббуре.

# результаты

20.11.2003



- данные Рис. 3 свидетельствуют, что основные тренды  $\beta$  и  $\gamma$  в ходе статистической и исследуемой суббури качественно согласуются.
- В ходе рассмотренной суббури коэффициент  $\beta$  изменялся от начального уровня 1 до 0.4 в максимуме фазы расширения, после чего наблюдался возврат  $\beta$  к начальному уровню.

Рис. 3

# Выводы

- Значения  $\beta$  для изолированной суббури удовлетворительно согласуются с данными, полученными (Mishin, et al., 2004) для средней суббури.
- Спад  $\beta$  на фазе загрузки интерпретирован как результат вовлечения части магнитного потока старой п.ш. в процесс переноса из солнечного ветра в магнитосферу потока Пойнтинга  $\varepsilon'$ . Соответственно, ослабление названного процесса переноса на разгрузочной фазе создаёт рост  $\beta$ .
- Оценки показывают, что без учёта эффекта экранирования ( $\beta$ ) величина потока Пойнтинга в магнитосферу ( $\varepsilon'$ ) может занижаться в несколько раз.
- Пересоединение на магнитопаузе перемещает внешнюю границу открытых/замкнутых силовых линий (open/closed boundary) к экватору, а внутреннюю (высокоширотную) - к полюсу. На разгрузочной фазе рассмотренной суббури движение внутренней границы к полюсу преобладало.