

# Геомагнитные пульсации и полярные сияния

A photograph of a forest at night with a vibrant aurora borealis in the sky. The aurora is a bright, greenish-blue light that is dancing and pulsating in the dark sky. The forest below is dark, with the tops of the trees visible against the light of the aurora.

**Клейменова Н.Г. ИФЗ РАН**

- **О том, что в геомагнитном поле могут наблюдаться пульсации известно уже более 200 лет ...**
- Слабые по амплитуде колебания в геомагнитном поле были обнаружены еще в середине 18-го столетия, когда в **1741** г. А. Celsius заметил одновременные колебания стрелки компаса и светимости полярных сияний в обсерватории Упсала в Швеции.
- Позднее, в **1859** г. во время большой магнитной бури подобные колебания с периодом порядка 30 с наблюдал В. Stewart в обс. Кью под Лондоном. В **1912** г. Ангенхейстер заметил появление всплесков пульсаций в магнитном поле во время геомагнитных возмущений. Позднее, в **1932** г. в Скандинавии Харангом были обнаружены колебания в магнитном с периодом в несколько секунд.
- Однако из-за недостаточной чувствительности аппаратуры эти колебания долгое время не рассматривались как возможный объект серьезного научного исследования.

# Первые публикации о пульсациях в геомагнитном поле

- - (1896) *Eschenhagen M.* Über simultan Beobachtungen erdmagnetischen Variation // *Terrest. Magn.* Vol. 1.
- - (1861) *Steward B.* On the great magnetic disturbance which extended from August 28 to September 7, 1859, as recorded by photography at the Kew observatory // *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, p.425.
- - (1906) *Eschenhagen M.* One minute rapid periodic changes of the Earth`s magnetism // *Terrest. Magn.* Vol. 11.
- - (1917) *Moidrey J.* Pulsations magnetiques a Zi-Ka-Wei et a Zu-Kiaapang // *Terrest. Magn.* Vol. 20.
- - (1932) *Rolf B.* Giant micropulsations at Abisko // *Terrest. Magn.* Vol. 37.
- - (1932) *Harang L.* Observations of micropulsations in the magnetic records at Tromso // *Terrest. Magn.* V. 37.
- - (1936) *Harang L.* Oscillations and vibrations in the magnetic records at high latitude stations // *Terrest. Magn.* V. 41.
- - (1936) *Sucksdorff E.* Occurrences of rapid micropulsations at Sodankyla during 1932 to 1935 // *Terrest. Magn.* V. 41.
- - (1942) *Ogg A.* Oscillations and pulsations recorded during the year 1941 at the magnetic observatory Hermanious South Africa // *Terrest. Magn.* Vol. 47.



Быстрые вариации магнитного поля были названы В.А. Троицкой короткопериодическими колебаниями (КПК), позднее их стали называть **геомагнитными пульсациями**. КПК были разделены на два основных класса – **устойчивые** (pulsation continues - **Pc**), наблюдающиеся днем, и импульсные, **иррегулярные** (pulsations irregular – **Pi**), наблюдающиеся ночью.

## Geomagnetic pulsations

V. A. Troitskaya (1917-2010)

IAGA Classification, 1963

### Day (Pc)

- **T= 0.2-5.0 s (Pc 1)**
- **T= 10 - 45 s (Pc 2-3)**
- **T= 45 - 150 s (Pc 4)**
- **T= 3-10 min (Pc 5)**

### Night (Pi)

- T = 1- 40 s (Pi1)**
- T= 40-120 s (Pi2)**
- T > 2-3 min (Pi3)**

## **Первые работы В.А. Троицкой о геомагнитных пульсациях**

Троицкая В.А. Короткопериодные возмущения электромагнитного поля Земли // Докл. АН СССР, новая серия, т.91, №2, с.241, **1953.**

Троицкая В.А., Тр. Геофиз. Инстит. АН, **1956.**

Троицкая В.А. и Мельникова М.В., Докл. АН СССР, **1959.**

**В конце 50-х годов прошлого столетия появилось много работ по изучению геомагнитных пульсаций:**

Kato Y. and Akasofu S.-I., J. Atmos. Terr. Phys., **1956.**

Kato Y. and Watanabe T., Sci. Rep. Tohoku Univ., **1957.**

Obayashi T., Ann. Geophys., **1958.**

Watanabe T. J., Geomag. Geoelectr., **1959.**

Kato Y. and Saito T., J. Geomag. Geoelectr., **1959.**

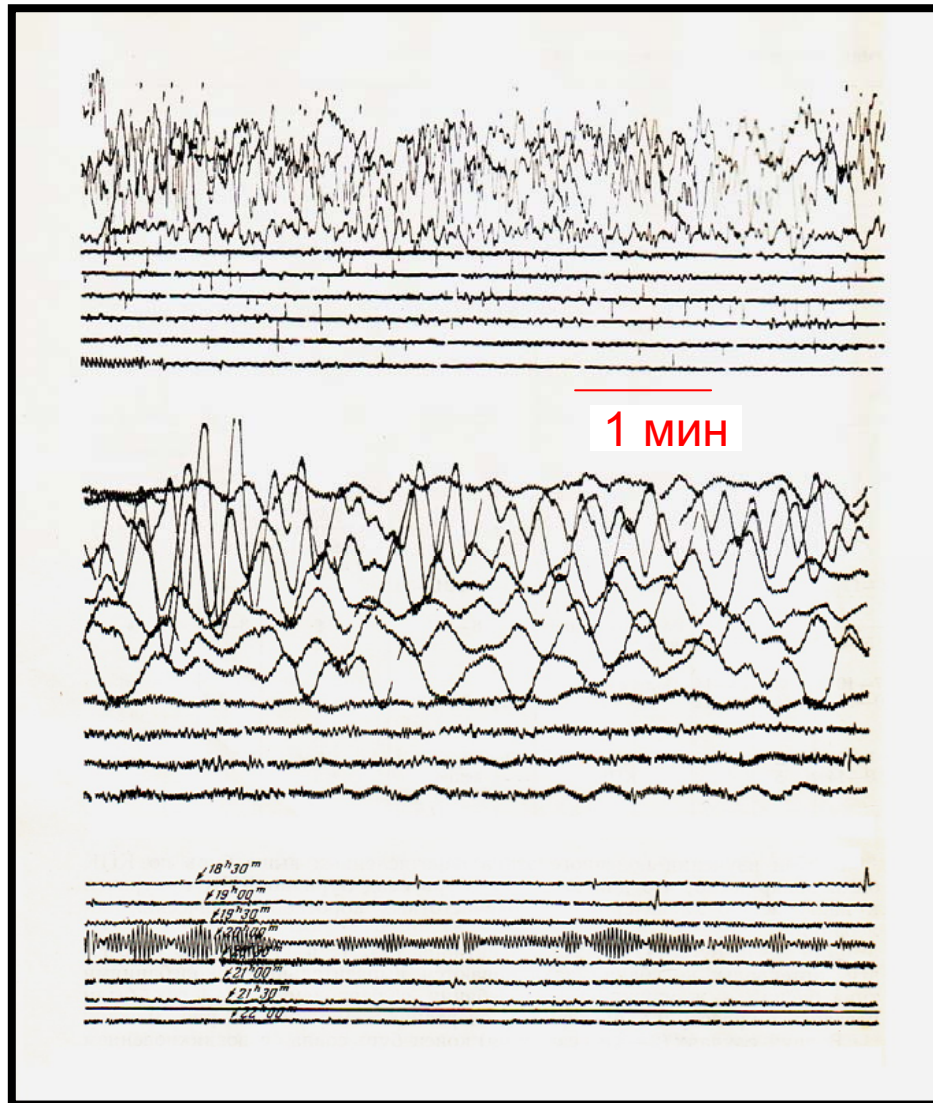
Campbell W., J. Geophys. Res., **1959.**

Maple E., J. Geophys. Res., **1959.**

Jacobs J.A. and Sinno K., J. Geophys. Res., **1960**

Troitskaya V.A., Res. Geophys., **1964**

Обс. Борок



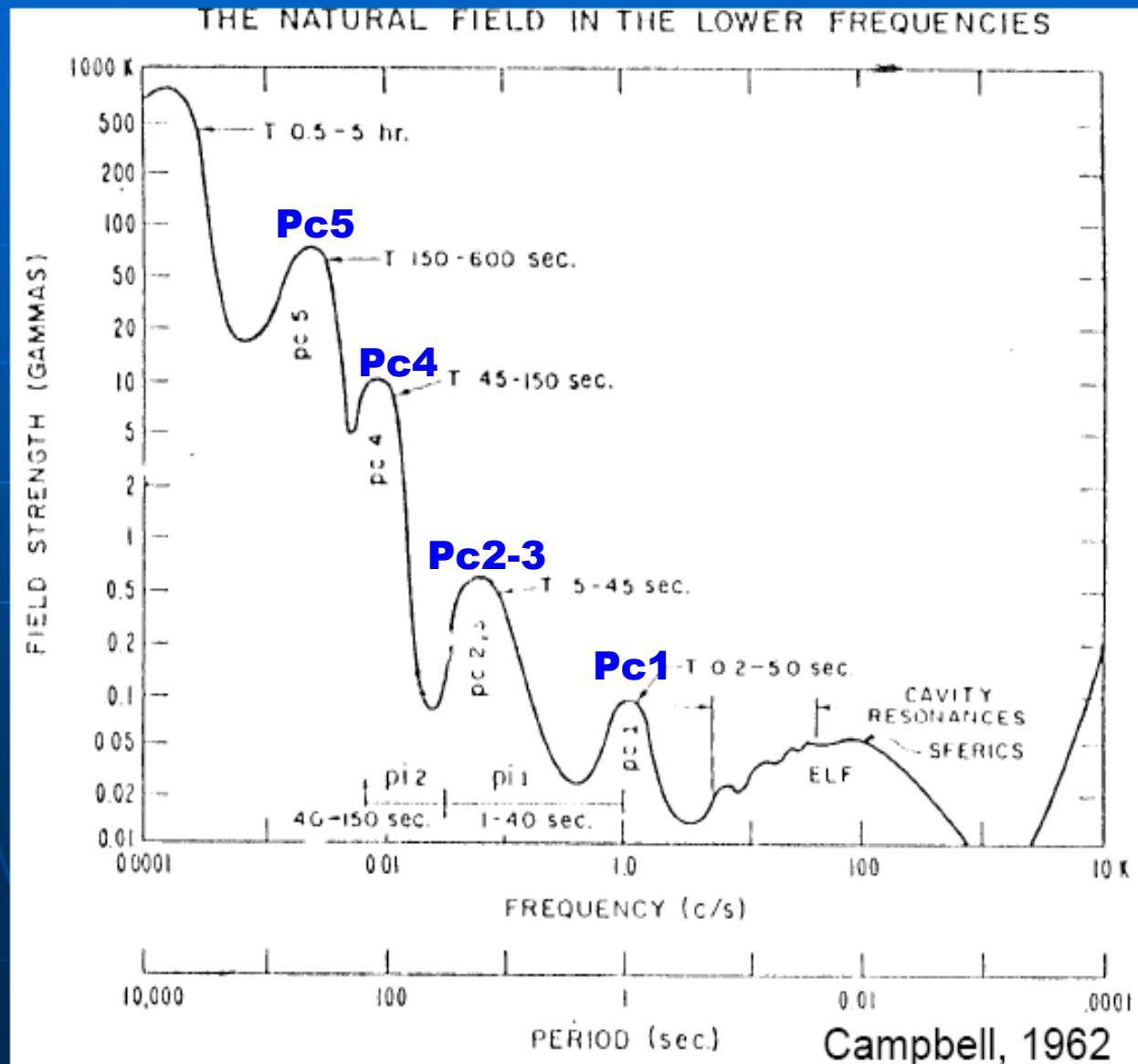
Pi1

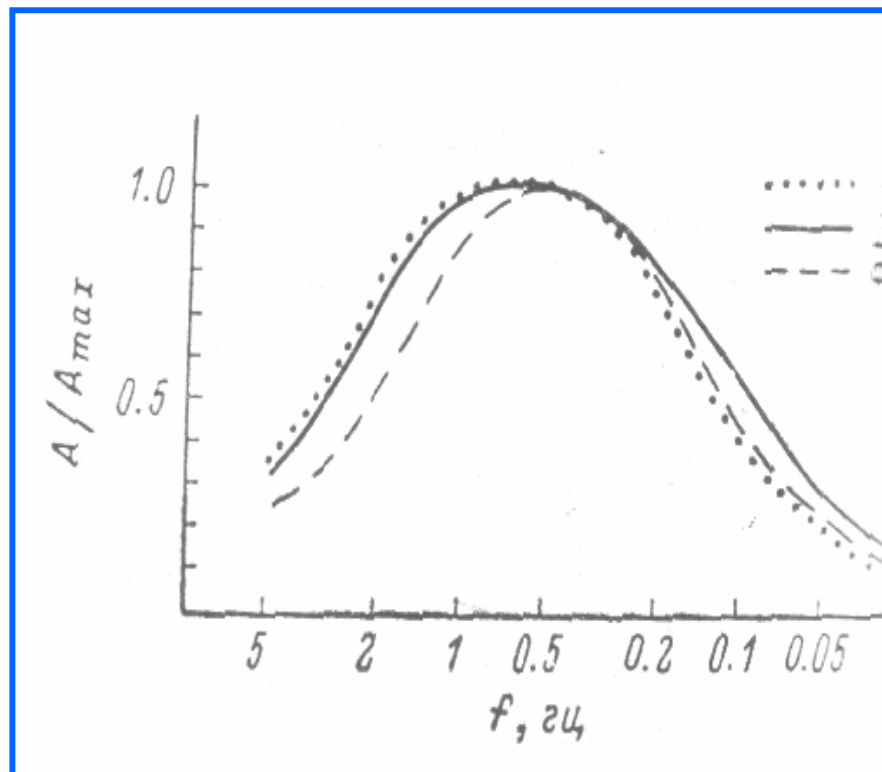
Pc3-4

Pc1

Аналоговая запись геомагнитных пульсаций в возмущенный период

# Distribution of ULF Wave Power with Frequency





Амплитудно-частотная характеристика приемной аппаратуры



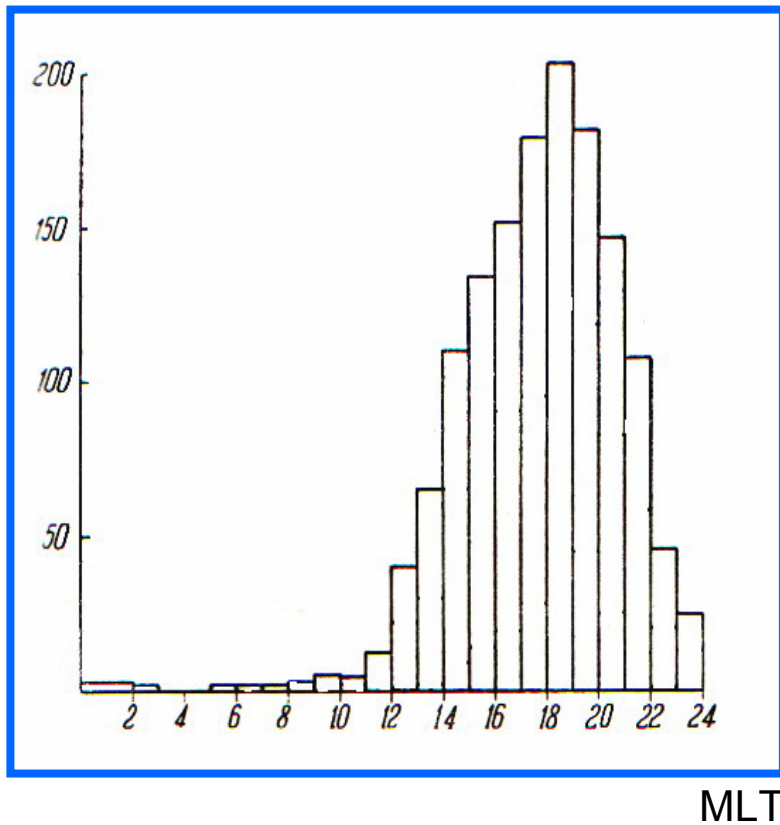
# Irregular geomagnetic pulsations

**Pi1**     $T = 1-40 \text{ s}$     десятки доли нТл  
 $f > 15 \text{ mHz}$

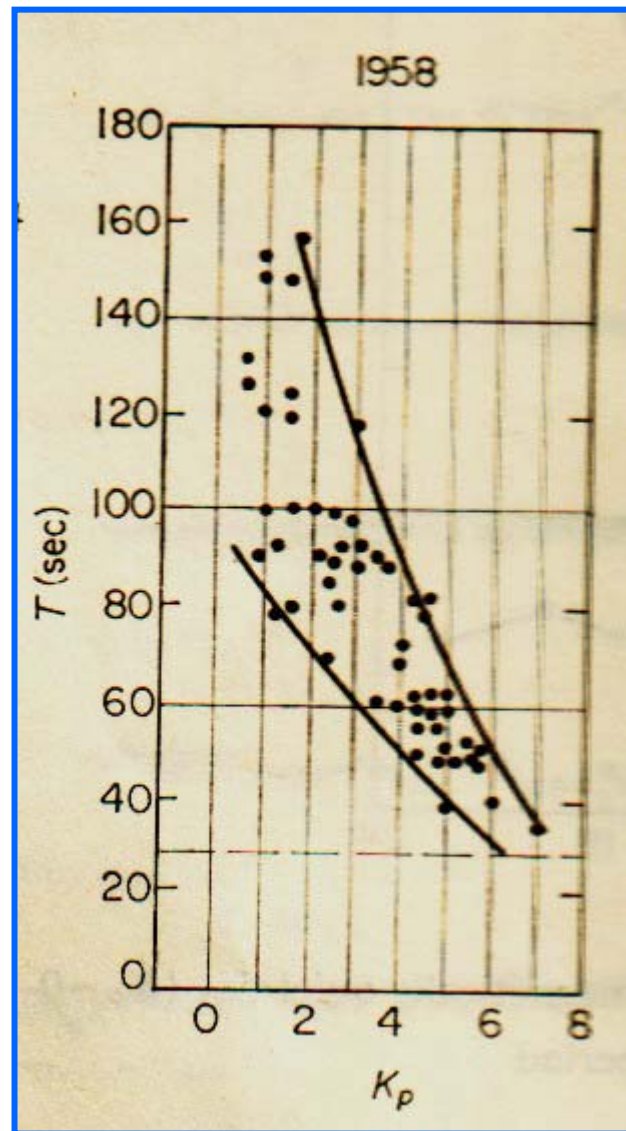
**Pi2**     $T \sim 50-150 \text{ s}$     единицы нТл  
 $f \sim 7 - 15 \text{ mHz}$

**Pi3**     $T > 150 \text{ s}$     десятки нТл  
 $f \sim 1 - 6 \text{ mHz}$

# Pi2



Суточный ход Pi2 по местному времени



Зависимость периода Pi2 от магнитной активности (обс. Борок)

# Пульсации $P_i2$

- Максимум амплитуды  $P_i2$  пульсаций наблюдается в авроральных широтах.

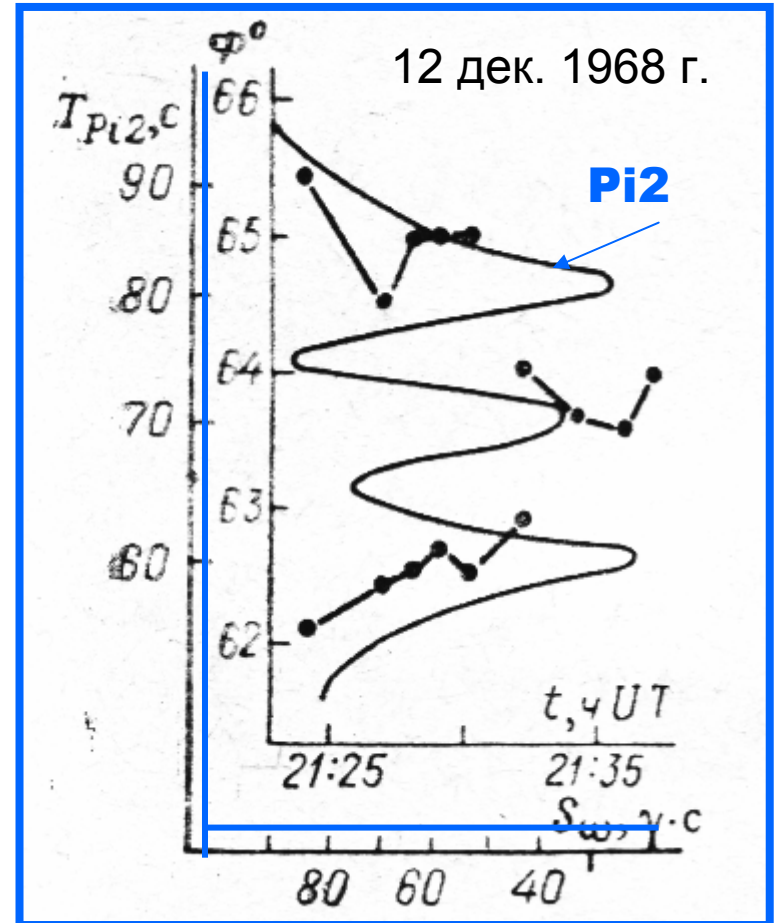
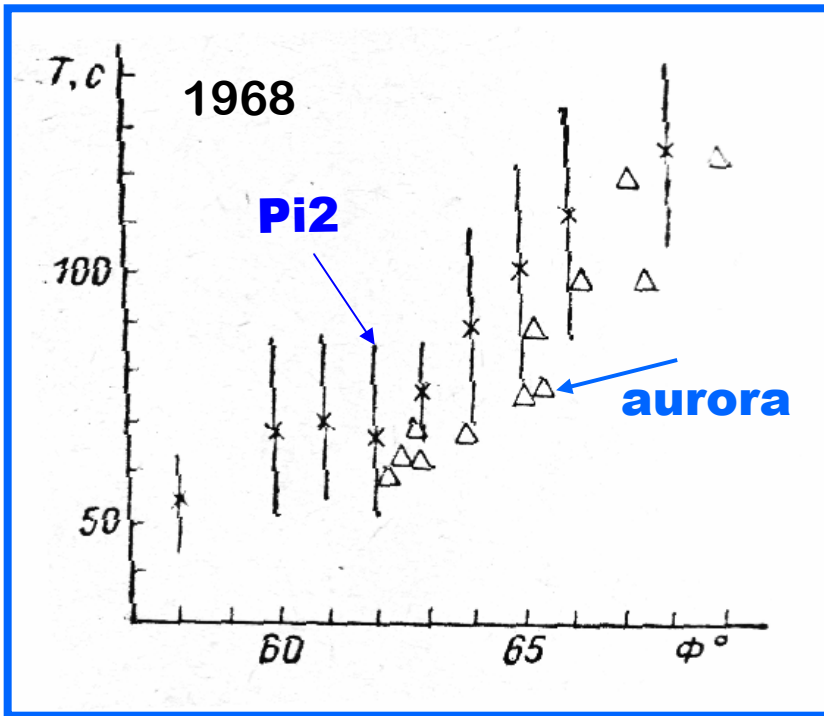
На земной поверхности эти пульсации могут наблюдаться одновременно в огромном диапазоне широт – от полярных до экваториальных – с почти одинаковым спектром.

С увеличением геомагнитной активности максимум амплитуды  $P_i2$  перемещается к более низким широтам (от  $\Phi \sim 70$  до  $\Phi \sim 60$ )

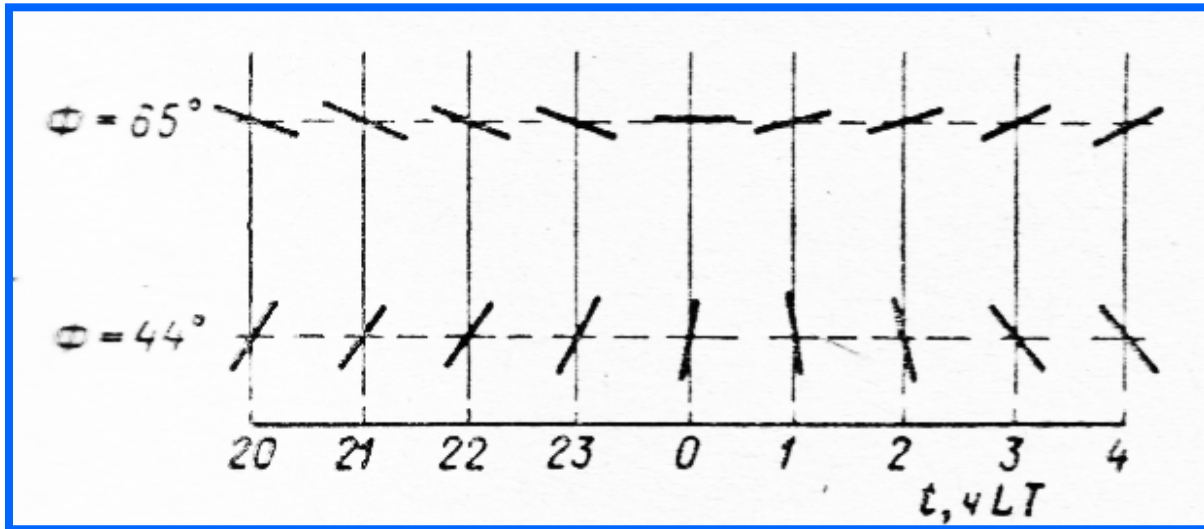
Баранский, 1970, Гудкова и др., 1971, Распопов и др., 1972

**Каждая вспышка полярных сияний сопровождается всплеском геомагнитных пульсаций  $P_i2$**

[Намгаладзе, Распопов, Ролдугин, 1967]

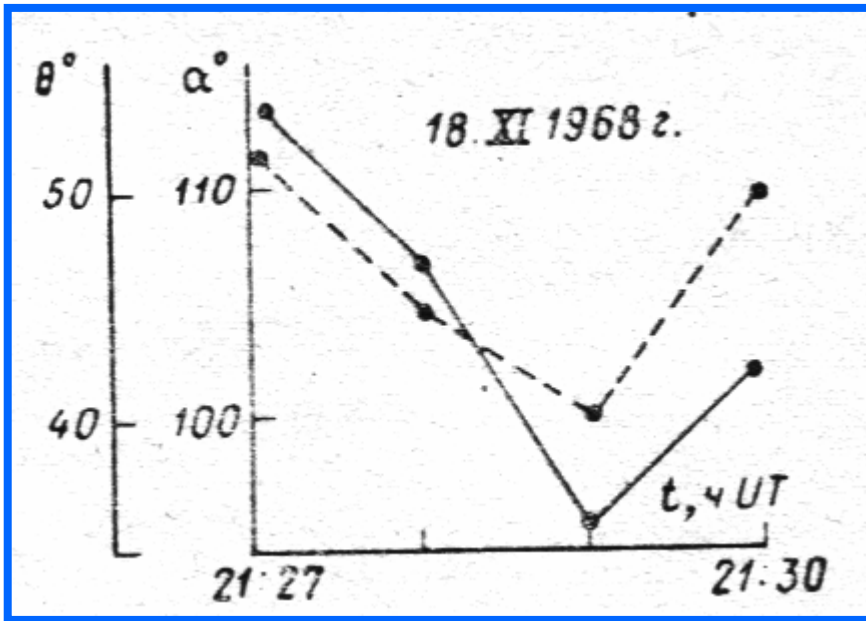


**Период Pi2 (Согра,  $\Phi=57$ ) и геомагнитная широта авроральных дуг (Ловозеро,  $\Phi=63$ )**

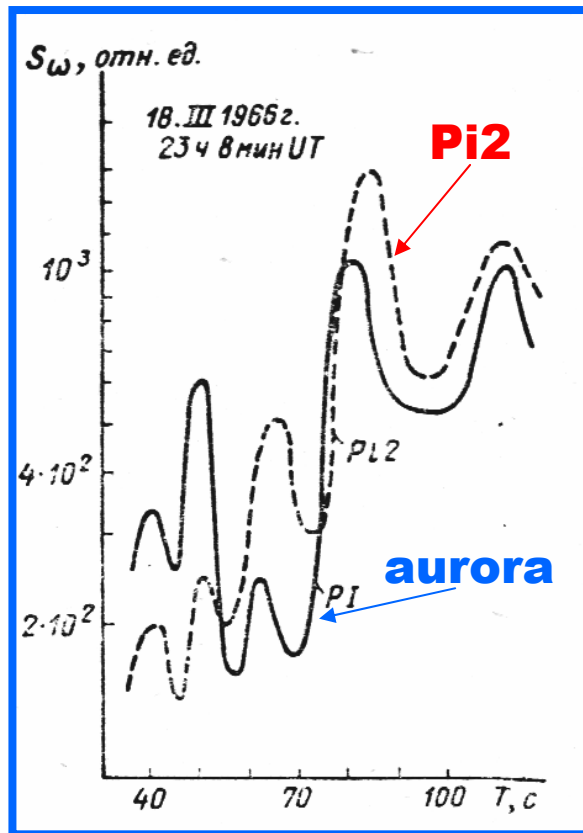


**Положение дуг полярных сияний ( $\Phi=65$ . м.Челюскин)**

**Направление главной оси эллипсов поляризации Pi2 (Петропавловск-Кам.,  $\Phi=44$  )**



**Пример синхронного изменения направления главной оси эллипса поляризации Pi2 и азимута дуги полярного сияния**

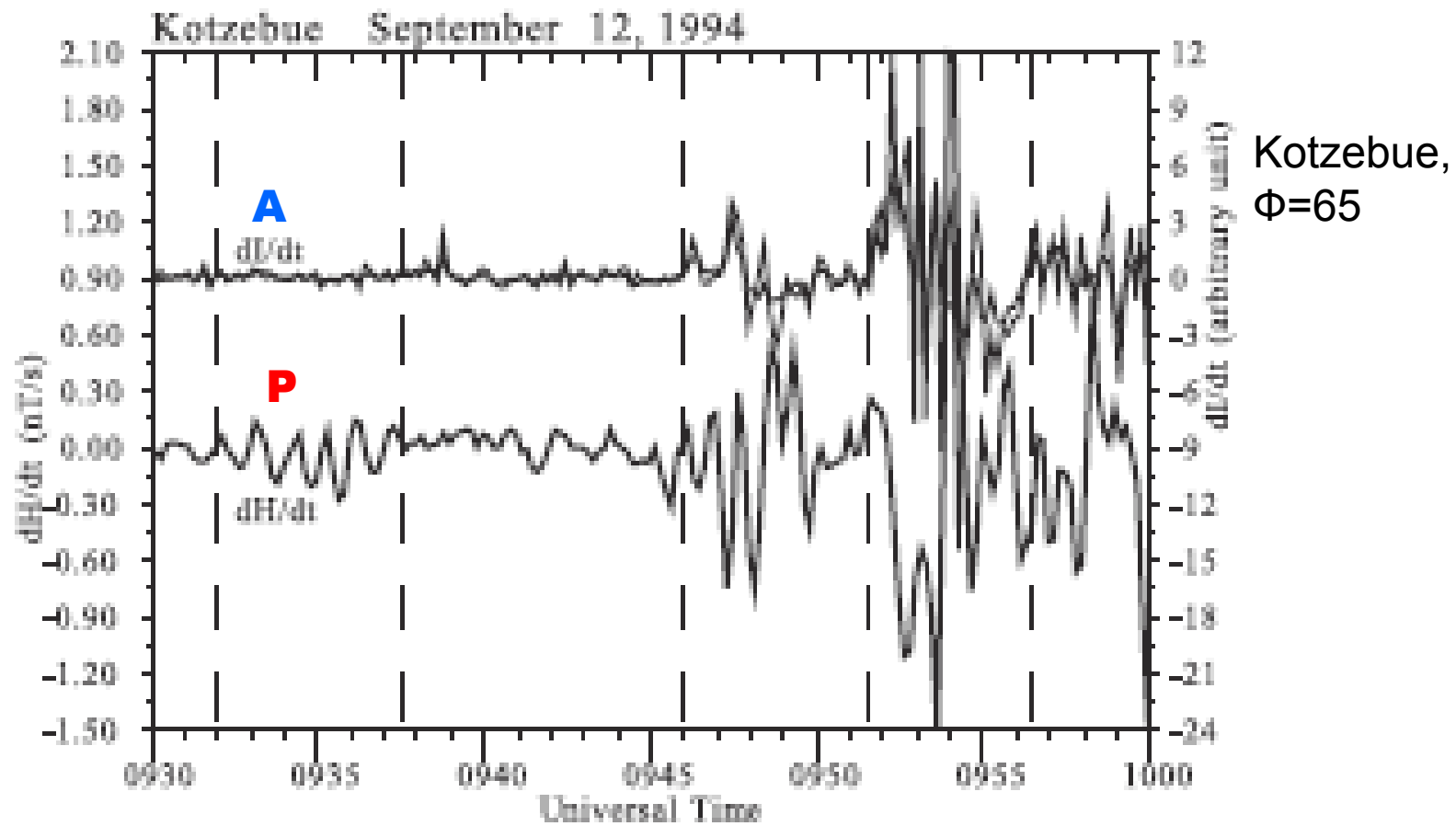


Появление пульсирующих форм сияний сопровождается генерацией пульсаций Pi2

[Троицкая и др., 1962; Campbell, 1967]

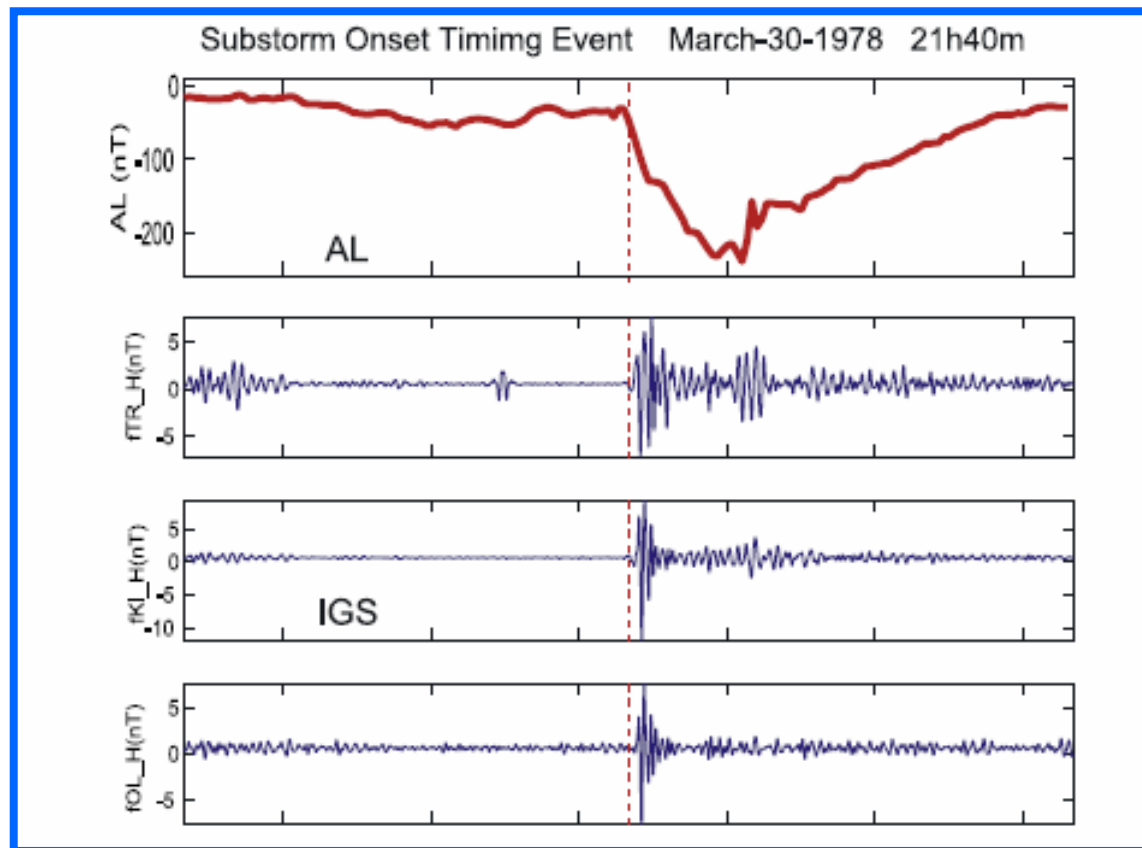
Периоды Pi2 и пульсаций светимости сияний в общих чертах совпадают

[Кошелевский, Распопов, Ролдугин, 1972]



Shiokawa et al., 2002

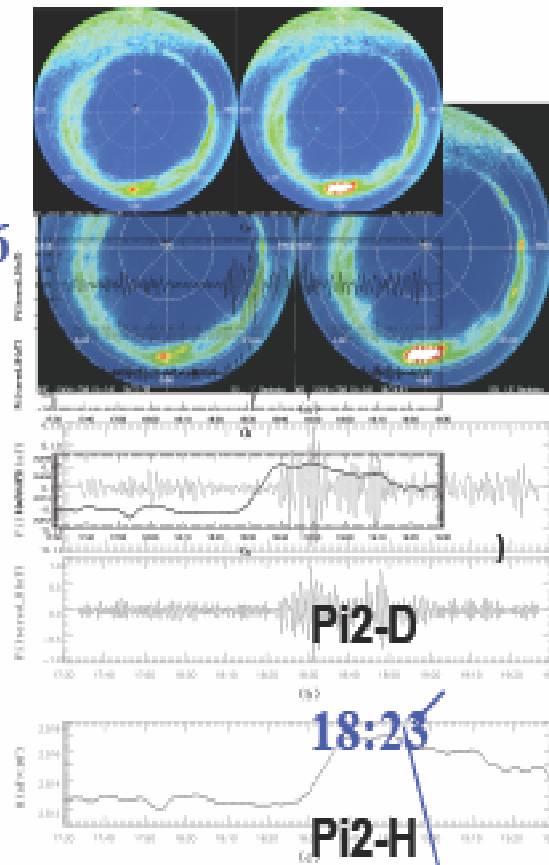
Надежно установлено, что характерной особенностью начального момента взрывной фазы суббури (брейк-ап сияний) является генерация всплеска геомагнитных пульсаций **Pi2 (Saito and Sacurai, 1970)**. Время появления такого всплеска часто используется как индикатор начала суббури (**substorm onset timing**).





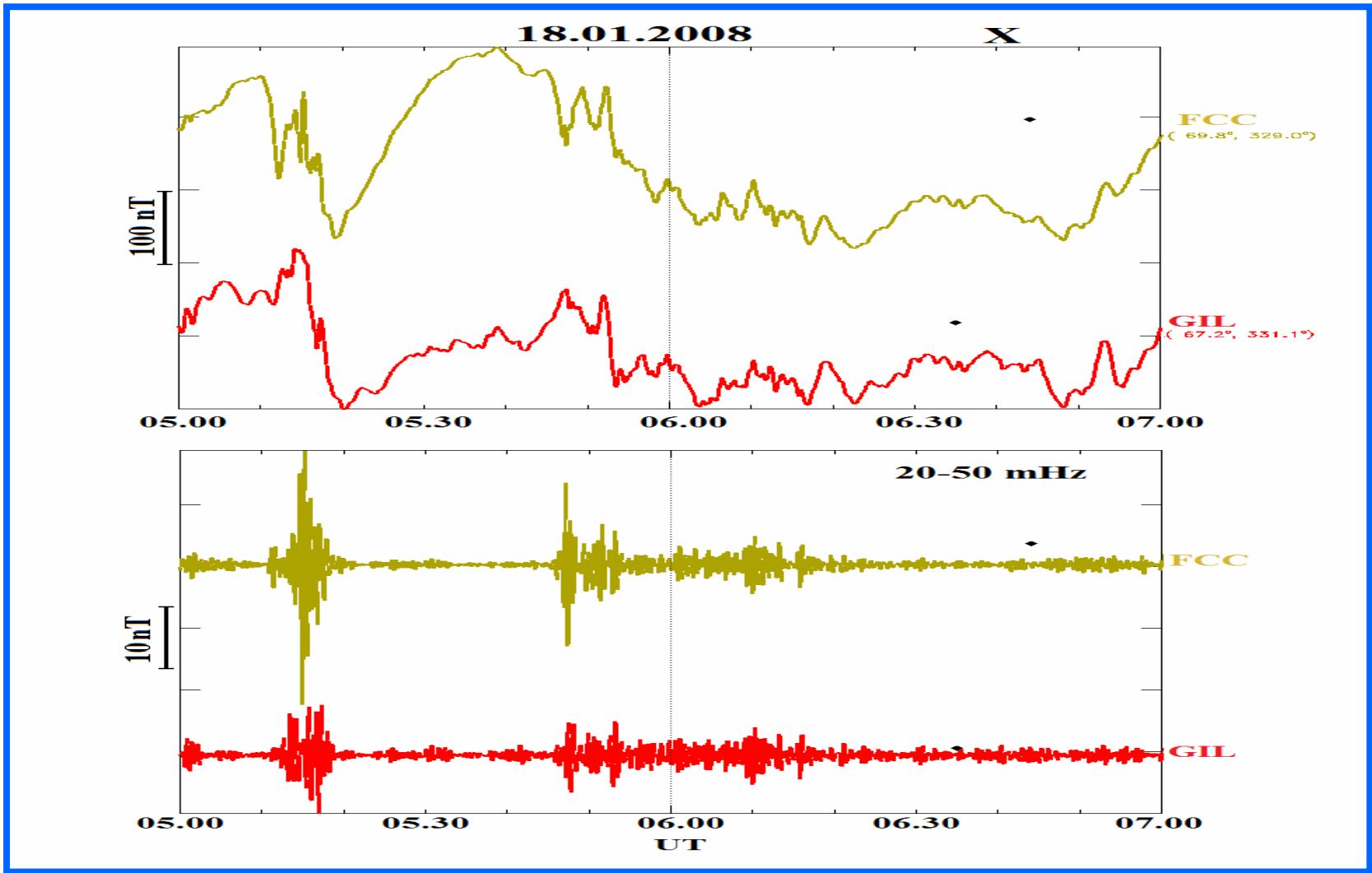
# Auroral breakup and ground-based Pi2 at ~18:23

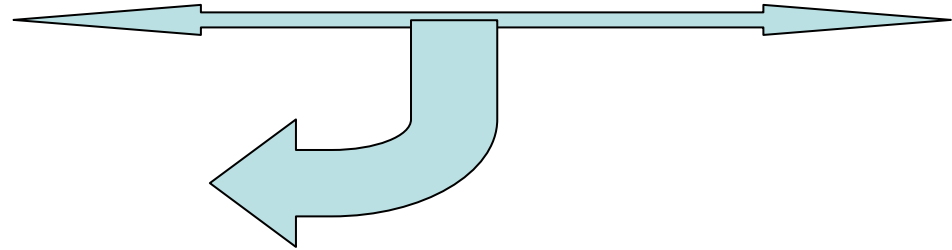
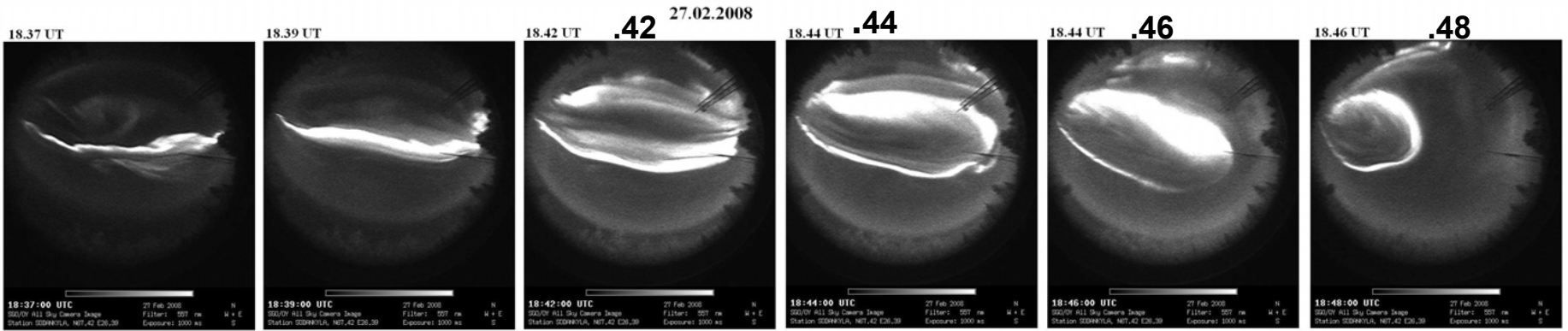
18:22:36



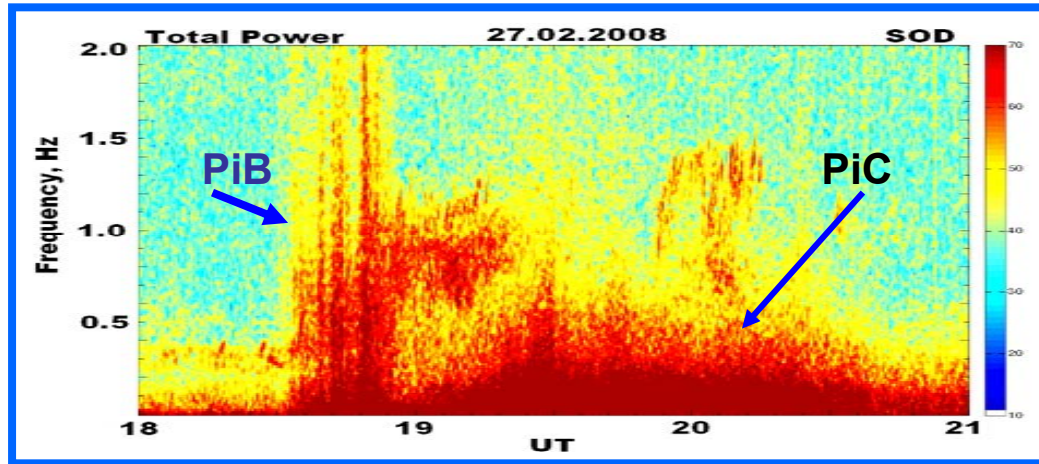
18:24:41

Urumqi  
Station,  
Northwest  
China (48°  
MLAT)





27.02.2008



↑  
Pi2

# Геомагнитные пульсации $P_1$ ( $P_1B$ и $P_1C$ )

- Геомагнитные пульсации  $P_1B$  практически всегда сопровождают  $P_1$ , т.е. наблюдаются во время аврорального брейк-апа, и имеют вид широкополосного вплеска длительностью 1-2 мин. Генерация  $P_1B$  отмечается в момент образования или уярчения дискретных форм сияний. Максимум амплитуды  $P_1B$  перемещается по широте синхронно с движением сияний. [Щепетнов, 1968; Распопов, Троицкая и др., 1968; Пархомов и Рахматулин, 1975].
- Пульсации  $P_1C$  ( $T \sim 5-10$  с) типичны для утренних часов восстановительной фазы суббури. [Калишер и др., 1974].
- Как правило,  $P_1C$  сопровождаются пульсирующими пятнами сияний, но четкой корреляции пик-в-пик вариаций светимости сияний с амплитудой этих пульсациями, как правило, не наблюдается. [Ролдугин, 1970, Черноус, 1976; Oguti, 1981].

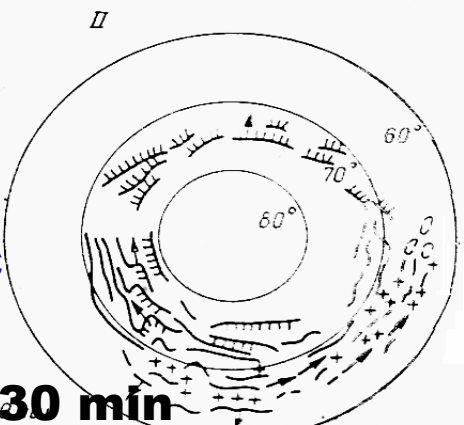
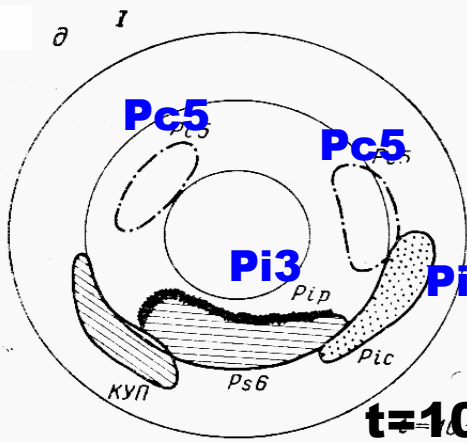
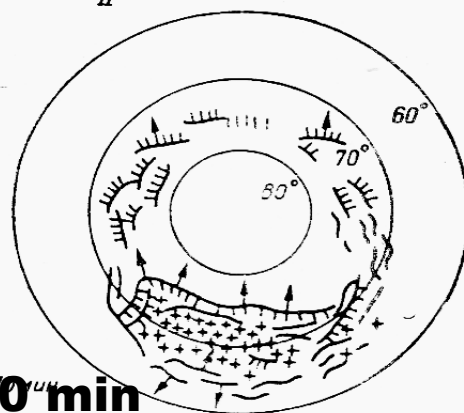
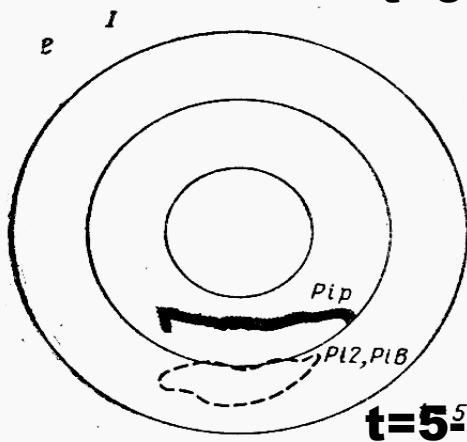
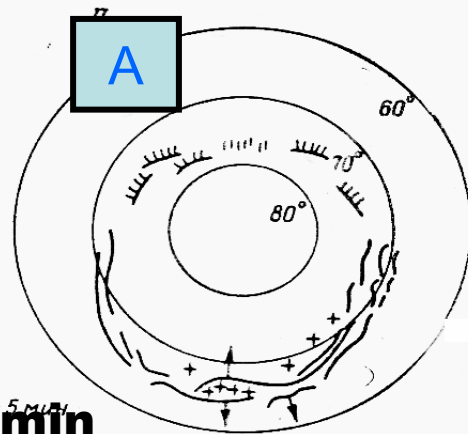
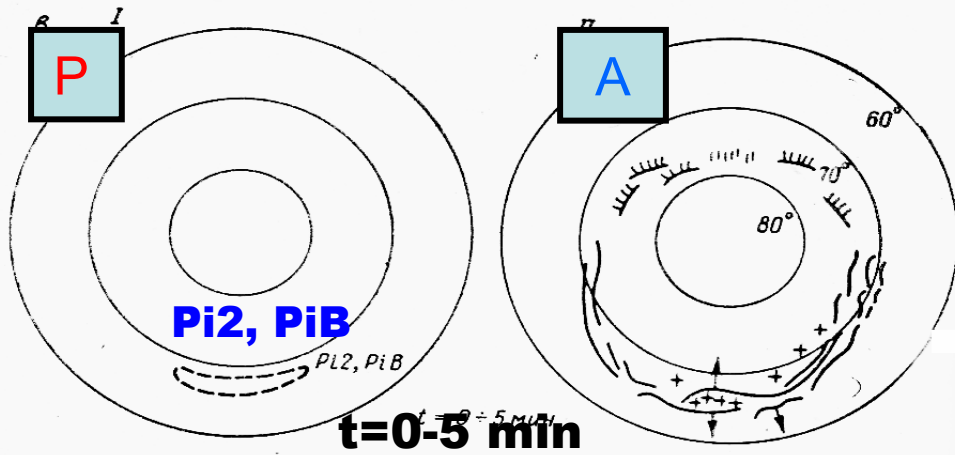
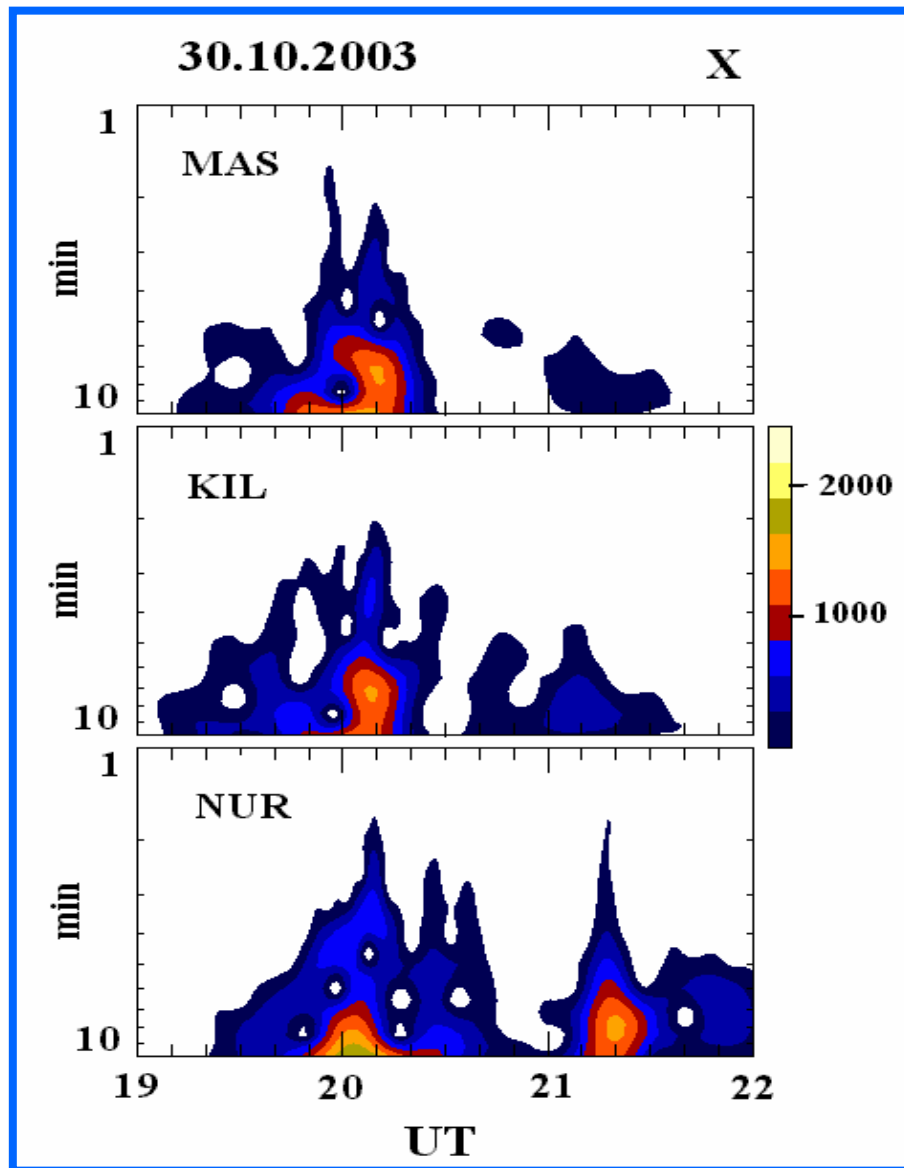


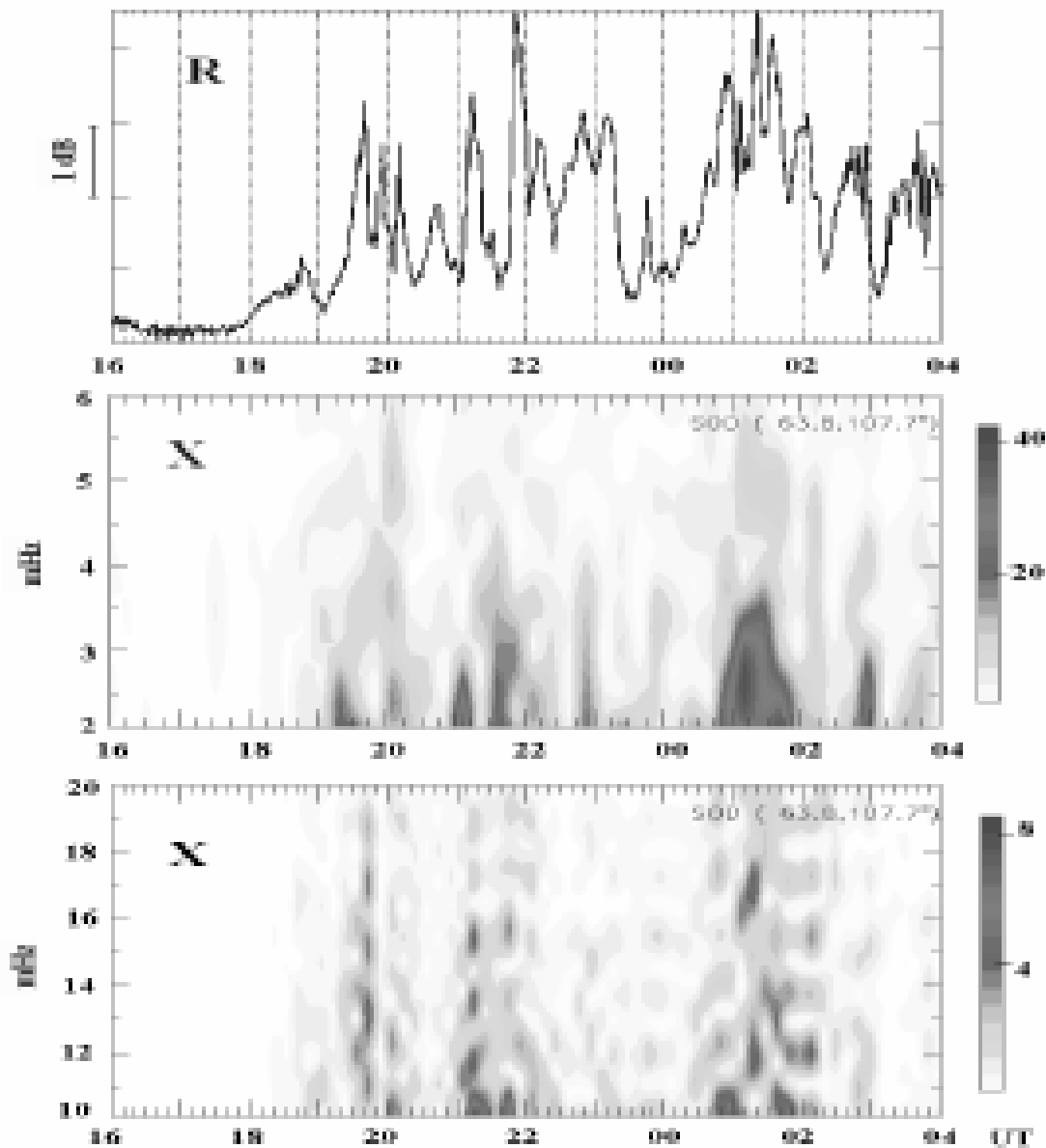
Схема распределения  
**геомагнитных пульсаций (P)**  
 [Распопов и Троицкая, **1974**]  
 и **полярных сияний (A)**  
 [Старков и Фельдштейн,  
**1971**] во время суббури



Wavelet structure of the Pi2-Pi3 geomagnetic pulsations

08-09.11.2004

SOD

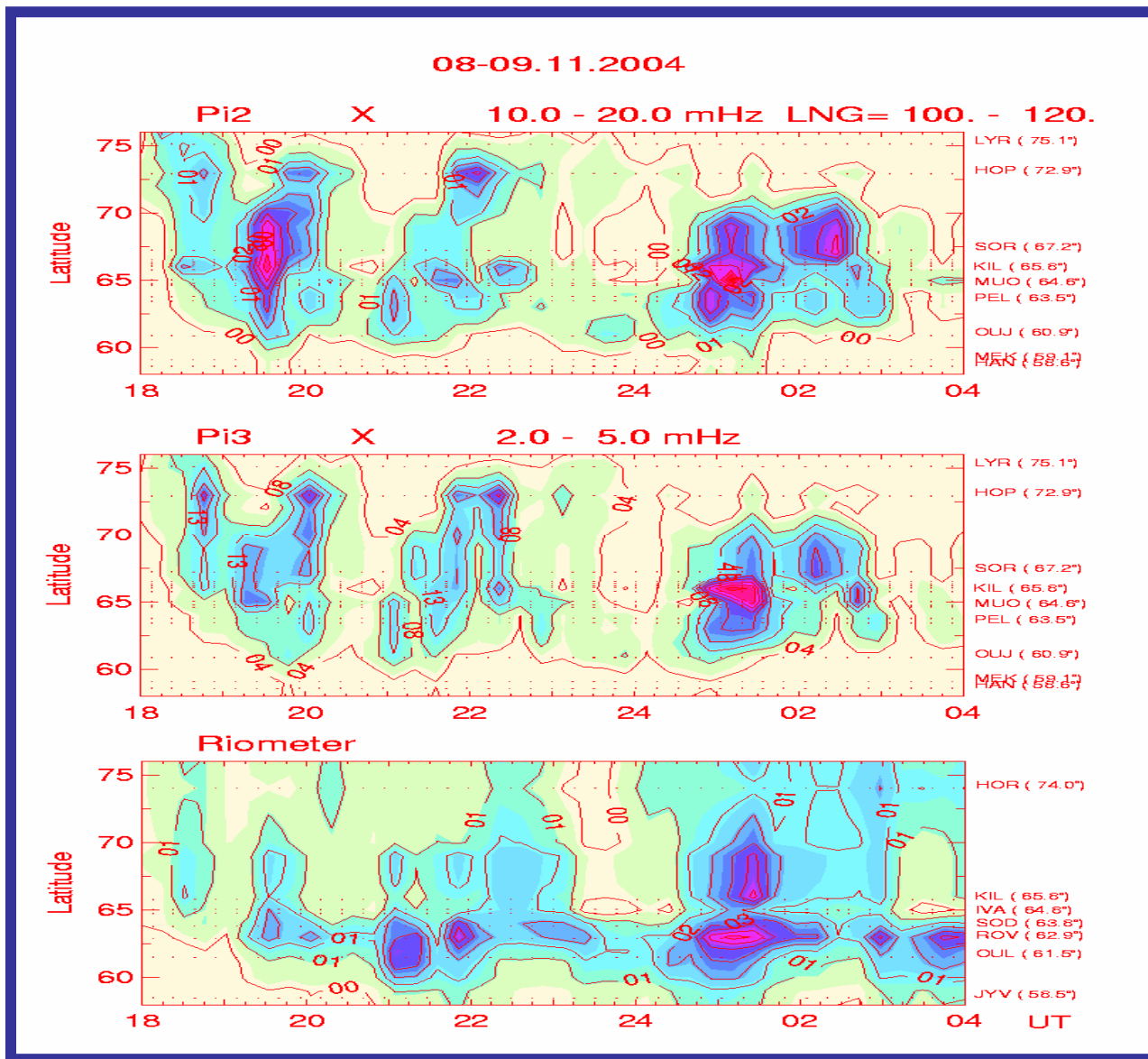


Pi3

Pi2

∫ The 30 MHz riometer data and the Pi3 and Pi2 dynamic spectra at Sodankyla

# Пространственно-временное распределение Pi2 и Pi3 пульсаций

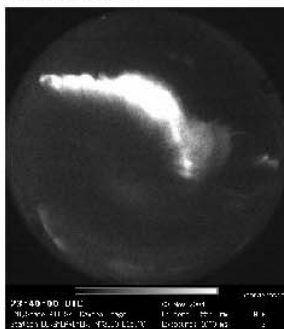




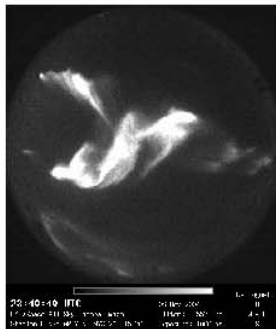
08.11.2004

LYR

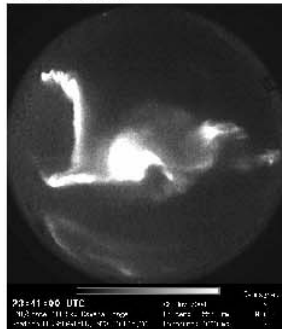
23.40.00



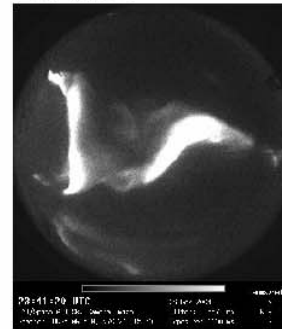
23.40.40



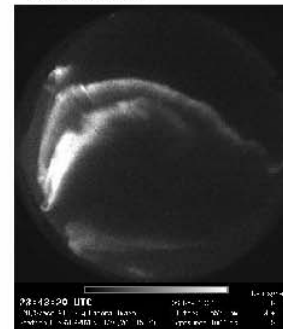
23.41.00



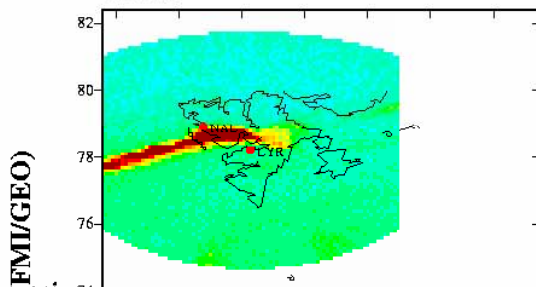
23.41.20



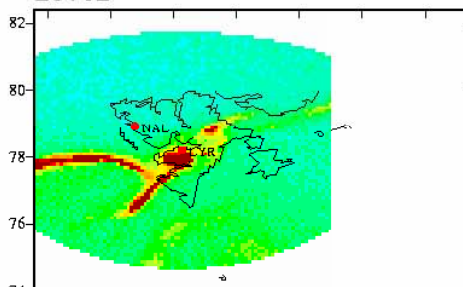
23.43.20



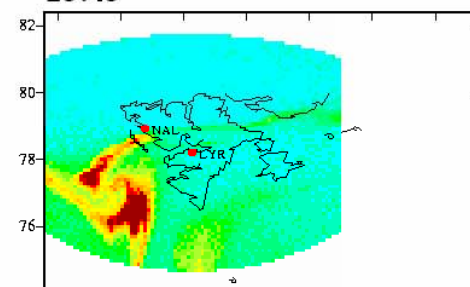
23.40



23.41



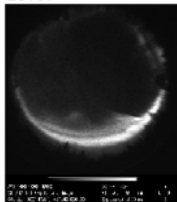
23.43



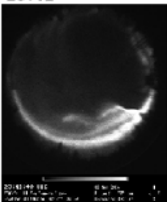
08.11.2004

SOD

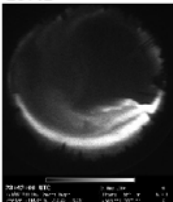
23.40



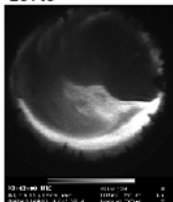
23.41



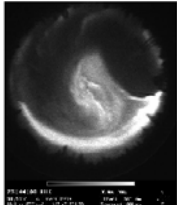
23.42



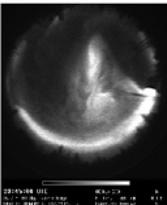
23.43



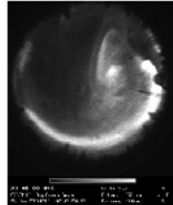
23.44



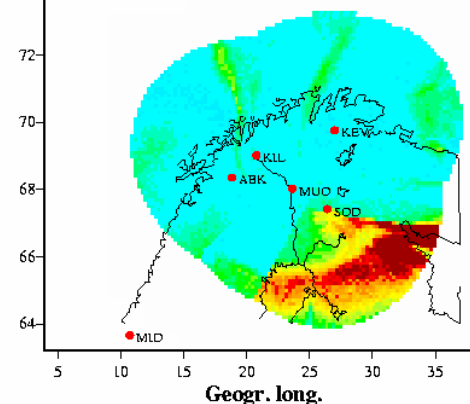
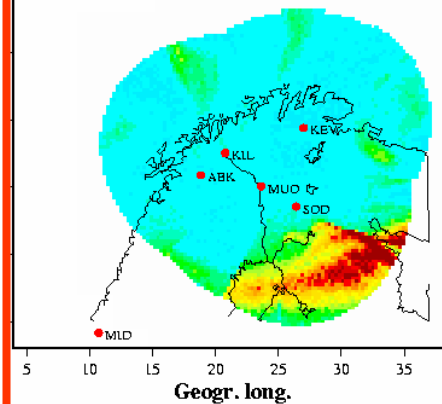
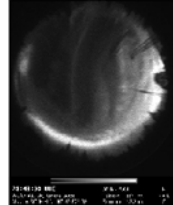
23.45



23.46



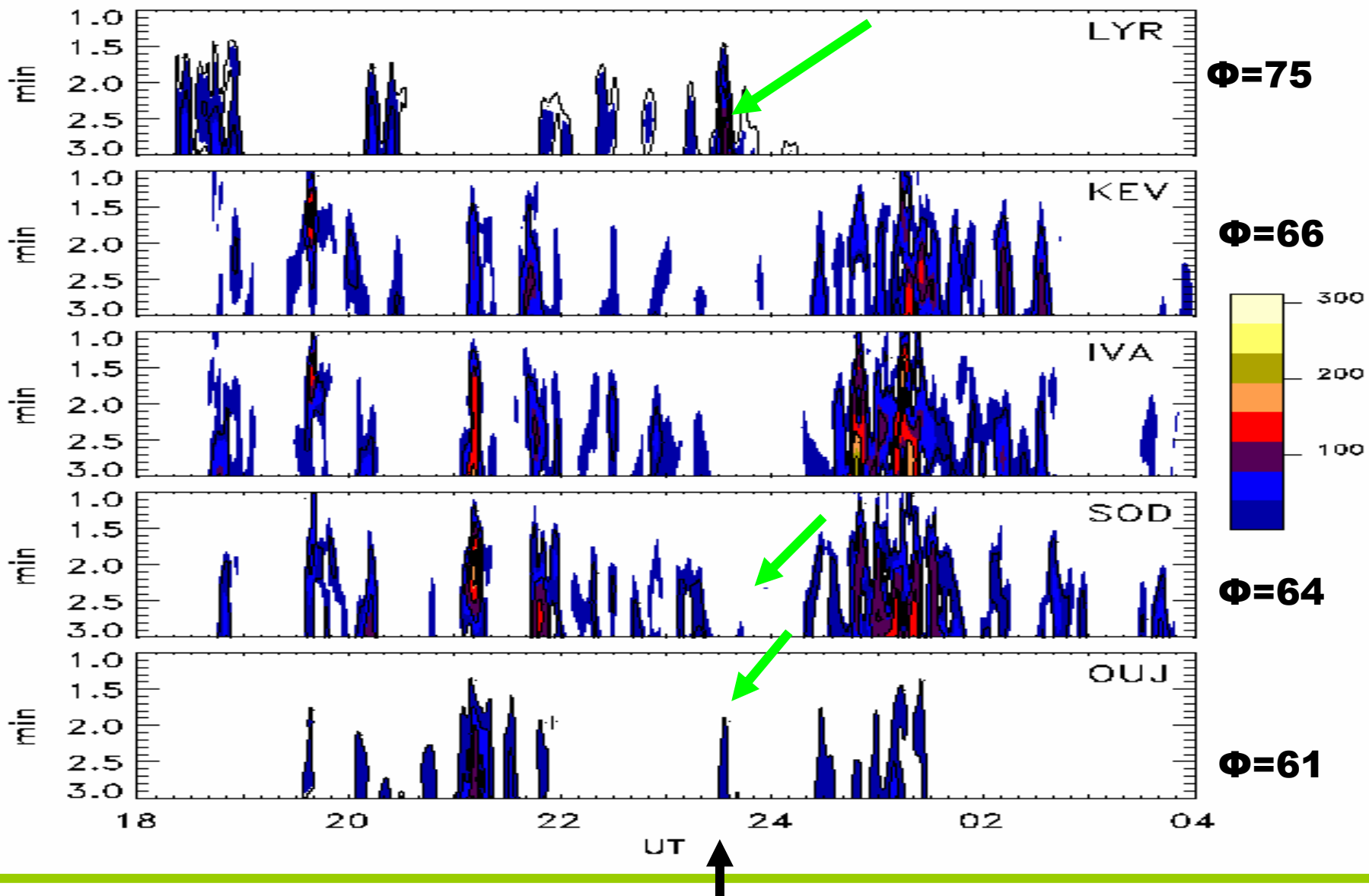
23.48



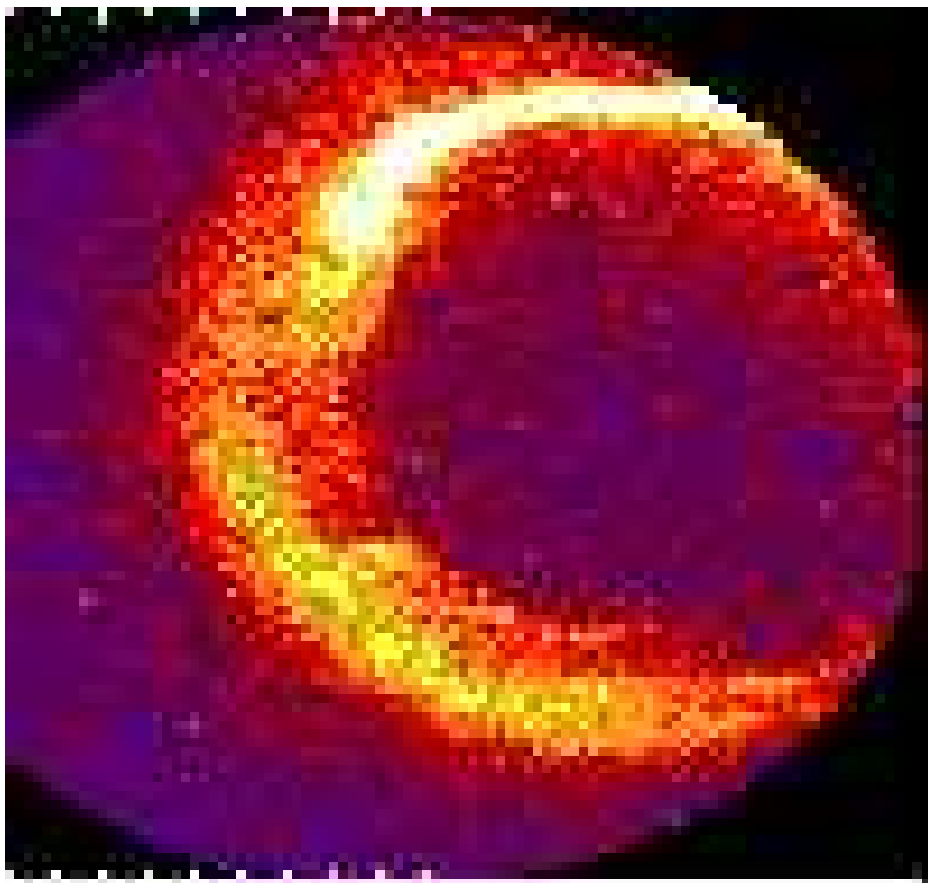
**Pi2**

08-09.11.2004

X



**23.40 UT**

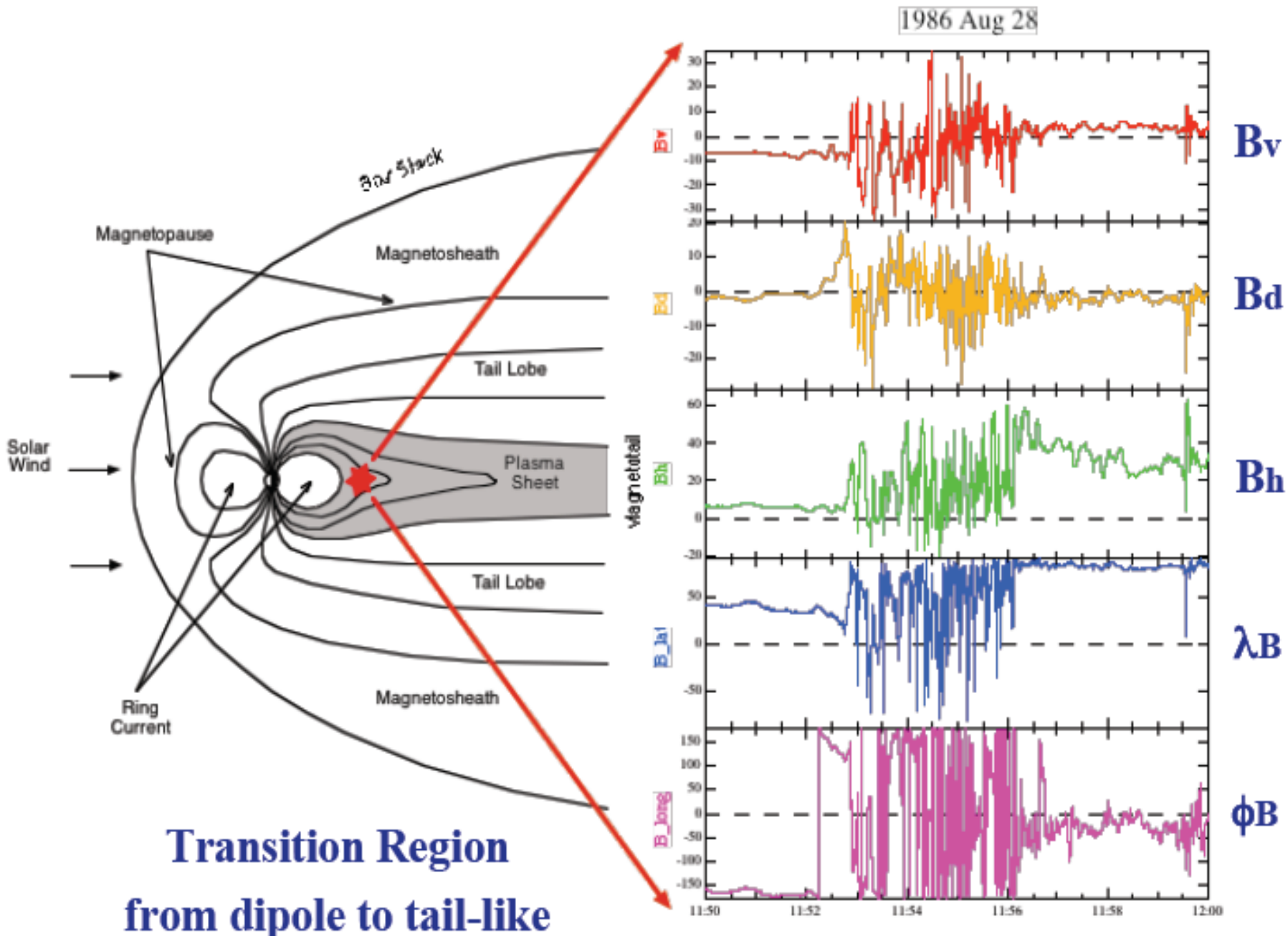


**Всё начиналось здесь...**



**Хорошева О.В**

# Current Disruption and Dipolarization



# Pi2

