

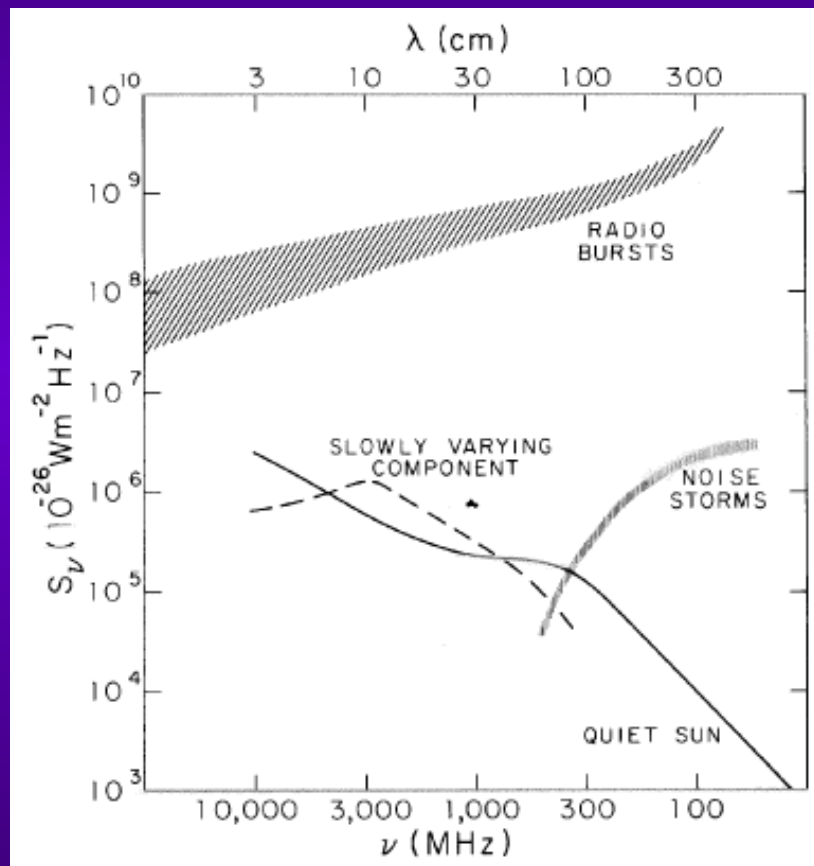
***Слънчевата  
активност  
в радиодиапазона***

**н.с. д-р Петър Духлев**

сектор “Слънце”  
Институт по астрономия,  
БАН

09.03.2006 г.

# Видове радиоемисии на Слънцето (радиофизични)



## 1. Спокойно Слънце

- относително устойчива във времето радиоемисия

## 2. Бавно изменяща се компонента

- радиоемисия, доминираща на  $\sim 1$  GHz, с  $T_{\text{eff}}$  между  $1 - 2 \times 10^6$  K

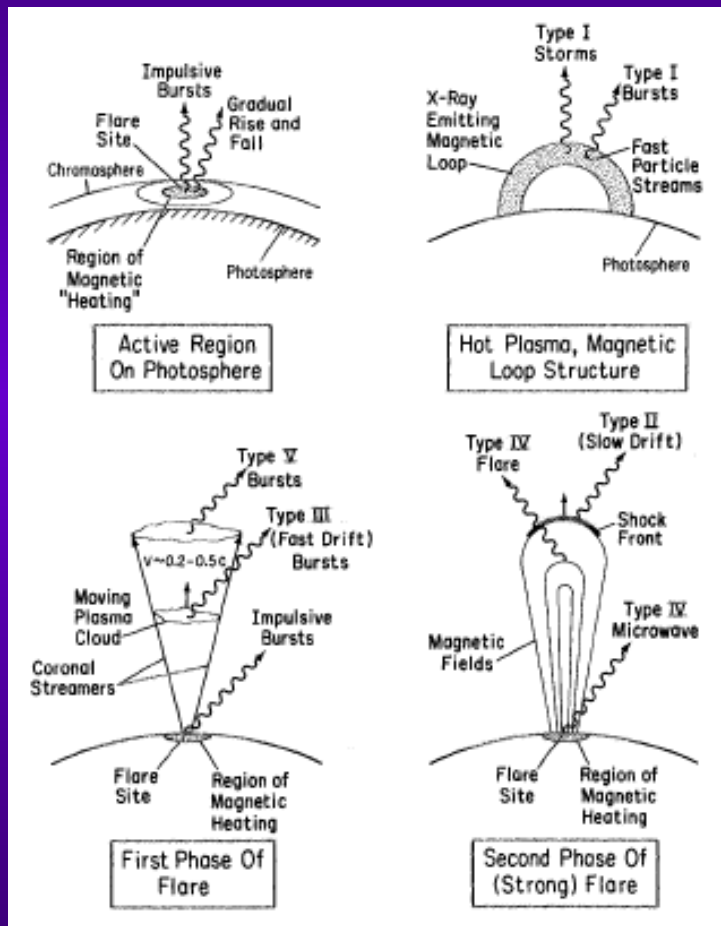
## 3. Шумови бури

- радиоемисия с от 1 m до 10 m

## 4. Радио избухвания

- силни и доста комплексни радиопрояви на Слънцето

# Видове радиоемисии на Слънцето (феноменологични )



## 1. Активни области

- факелни полета, магнитно поле

## 2. Петна

- магнитно поле

## 3. Избухвания

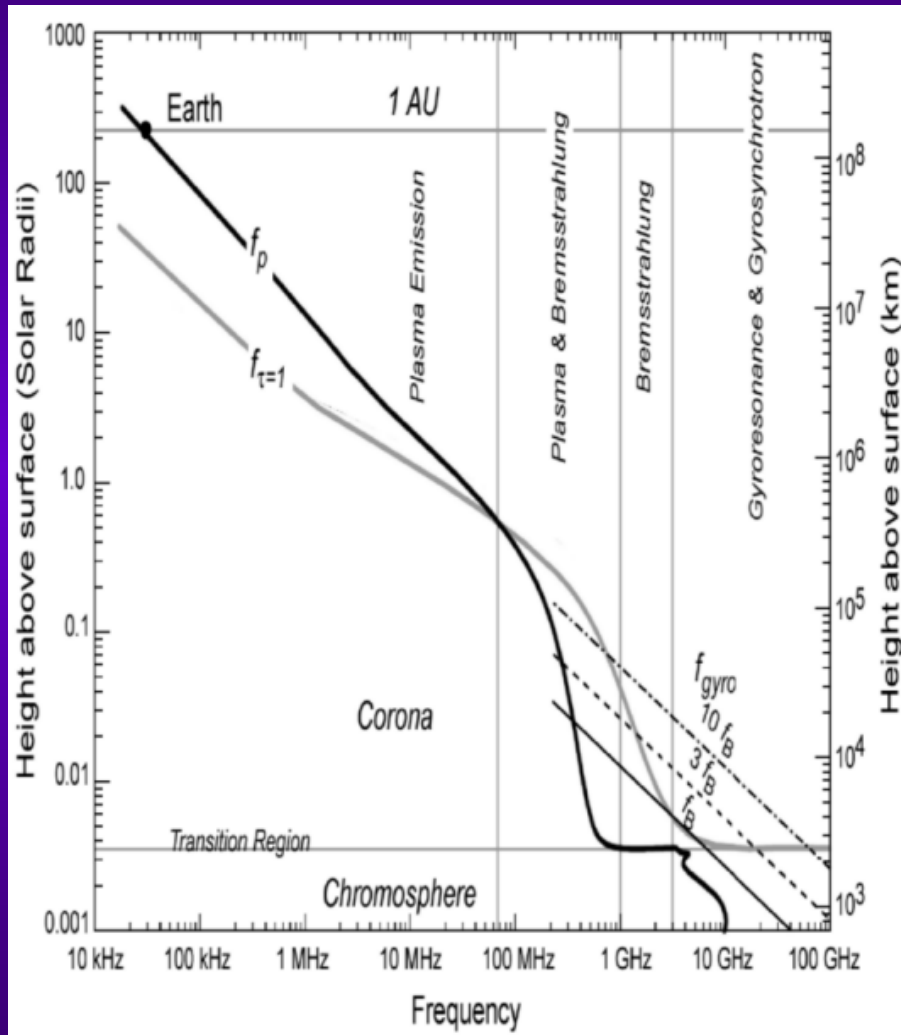
- флаш-фаза, изпаряване на хромосферна плазма

## 4. Протуберанси/Влакна

- еруптивни протуберанси на лимба, радиовлакна на диска

## 5. Изхвърляне на коронална материя - СМЕ

# Радио емисия на спокойното Слънце



Физ. механизъм: *принудено излъчване на топлинни електрони*

Емисията на честота  $f$  възниква на ниво  $h = \frac{c}{f}$  ( $f_p$  - плазмена честота) и по-нагоре, т.е. колкото по-къса е дължината на вълната, толкова от по-дълбок слой на атмосферата се излъчва

**Корона**

~ 1 m (~ 300 MHz)

**Преходна област**

~ 0.1 m (~ 3 GHz)

**Хромосфера**

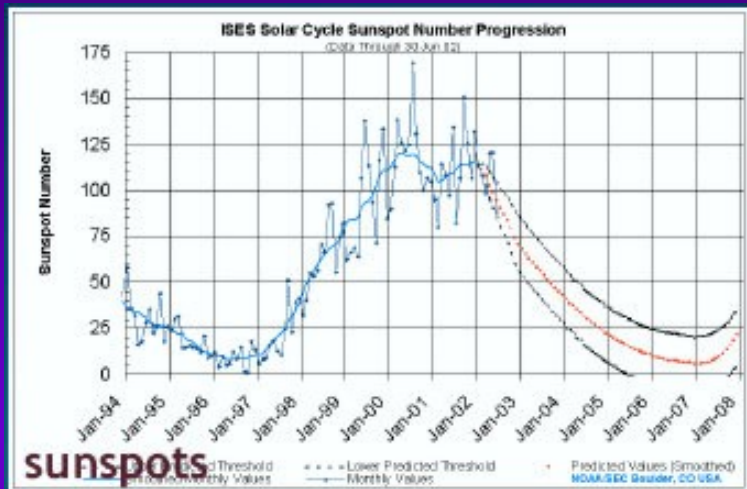
~ 0.01 m (~ 30 GHz)

**Фотосфера**

~ 0.001 m (~ 300 GHz)

# Бавно изменяща се компонента

## S -компонента



S –компонента: усилена топлинна емисия от активните области на сантиметрови и дециметрови вълни

Интензивност: мени се бавно (с месеци и години) и силно корелира с 11-год. цикъл на слънчевата активност



Процес на емисия: обуславя се от повишената електронна плътност в короналните кондензации над активни области и от жиросрезонансно поглъщане

Радио поток 10.7 cm (2.8 GHz): основен индекс на SA.

- висока корелация с UV и EUV потока

# Шумови бури (noise storms)

Доминират на фона на сл. радиоконтинуум в метровия диапазон (1 m – 10 m)

Свойства: зависят от положението върху сл. диск

## Бури I тип

Налагат се на фона на S-компонентата

*Диапазон:* 300-50 MHz;

*Активност:* съсредоточени са главно около 100MHz

*Продължителност:* от няколко часа до няколко дни

*Височина на източника:*  $\approx 0.3 R$  при 200 MHz

Силна кръгова поляризация (близка до 100%)

Твърдо се асоциират със слънчеви петна, особено в центъра на диска

## Бури в декаметровия диапазон

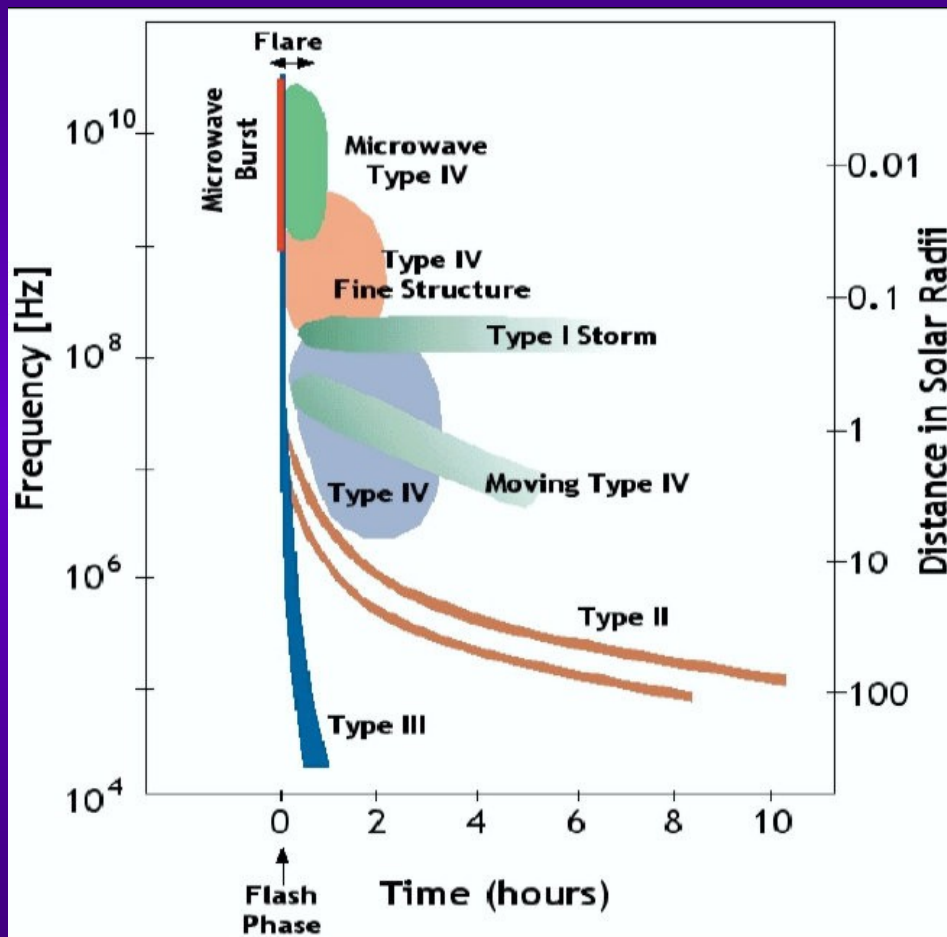
Честота:  $\approx 40$  MHz

**Тип III:** наблюдават се близо до централната част на диска

**Тип IIIb:** наблюдават се на големи и промеждутъчни сл. дължини

Силна корелация с появата на бури I тип

# Радио избухвания (solar bursts)



Силни и комплексни радиопрояви  
Асоциират се със сл. избухвания  
*Яркостна температура:* до  $10^{12}$  К  
Нетоплинен спектър  
*Продължителност:* от няколко минути до няколко часа

## Типове

### **I тип** (шумови)

- метров диапазон
- късоживуци

### **II тип** (бавно изместващи се)

- метри и декаметри
- движещ се източник  $v \leq 10^3$  km/s
- свързани с 25% от най-мощните избухвания

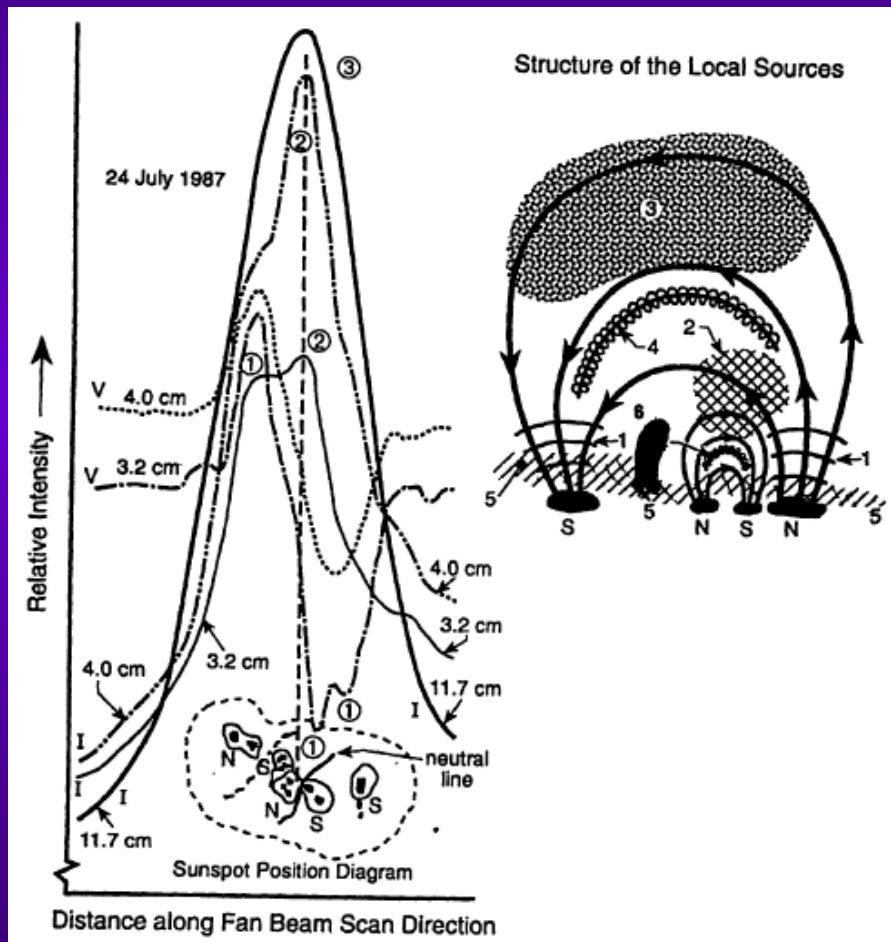
### **III тип** (бързо изместващи се)

- метри и декаметри
- продължителност от една до няколко секунди

### **IV тип**

- свързани със сл. избухвания
- диапазон: от *см* (mm) до *декаметри*
- **подкласове:**
  - микровълнови (**IV  $\mu$** )
  - дециметрови (**IV dm**)

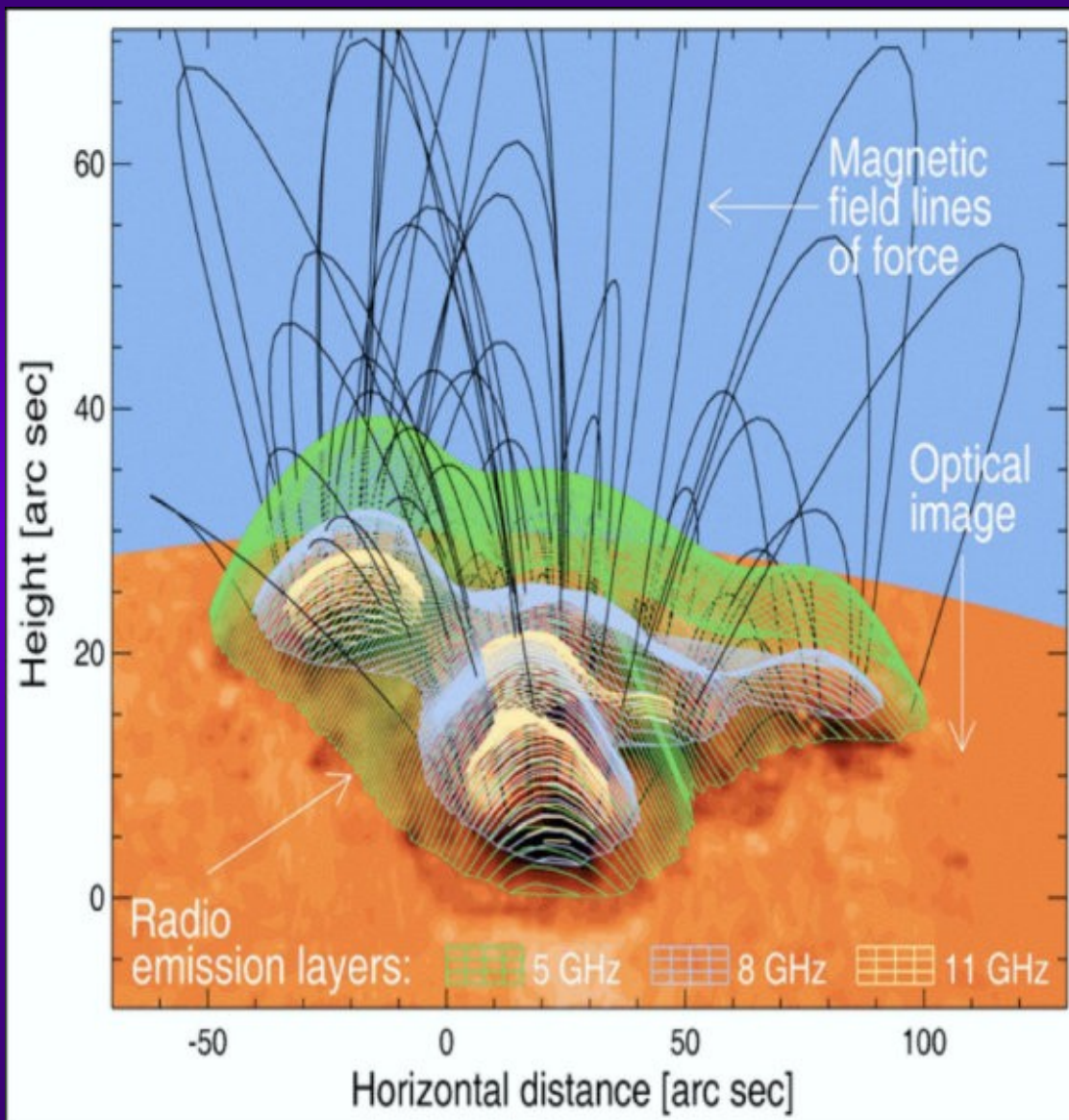
# Активни области



mm	cm	dm
8,2	2,8	91
13,5	3	
	6	
	20	



# Активни области

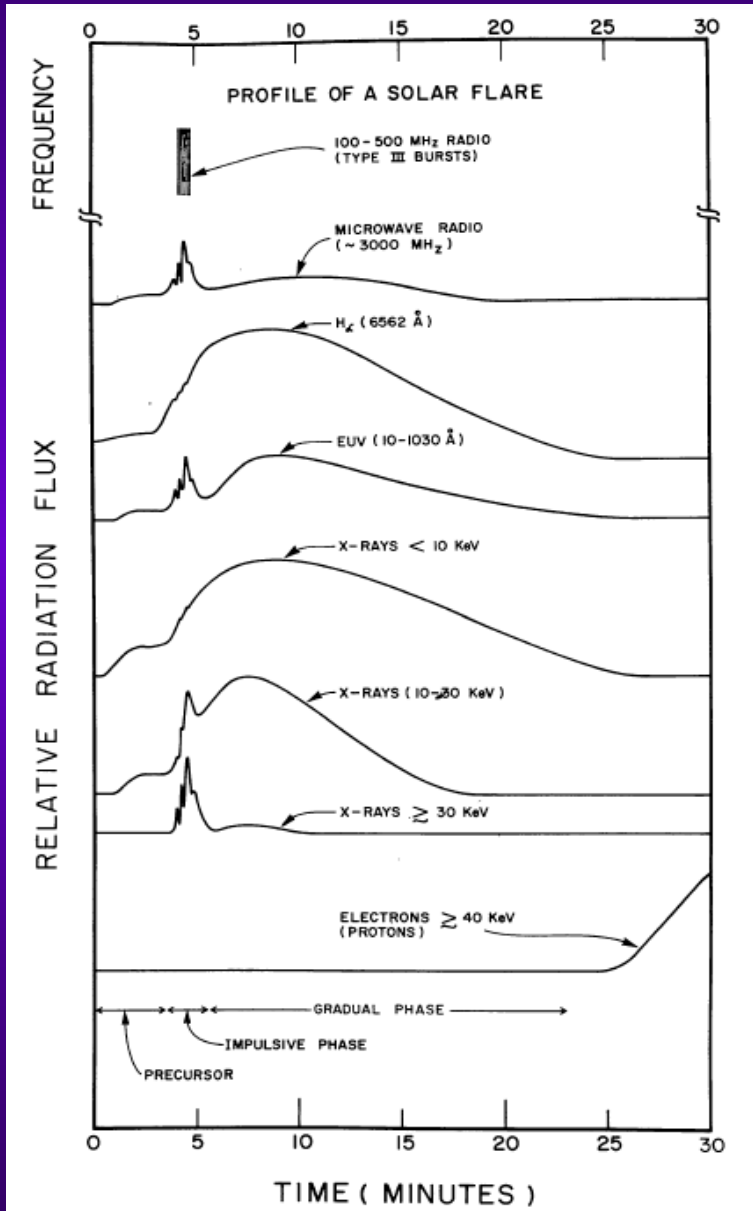


АО със силно магнитно поле

Синхротронна радио емисия (1-30 GHz)

Повърхностно изображения на радио емисиите при 5 GHz, 8 GHz и 11 GHz

# Слънчеви избухвания



mm	cm	dm
3,3	3	20
	6	10,7
		56

MHz	GHz
24	1
35	1,4
40	1,5
43	1,7
48	2
80	2,7
160	3
245	3,75
270	4,9
290	8,8
410	9,1
450	9,4
606	10
808	17
810	15
	19
	25
	35
	37
	89

# Еруптивни протуберанси

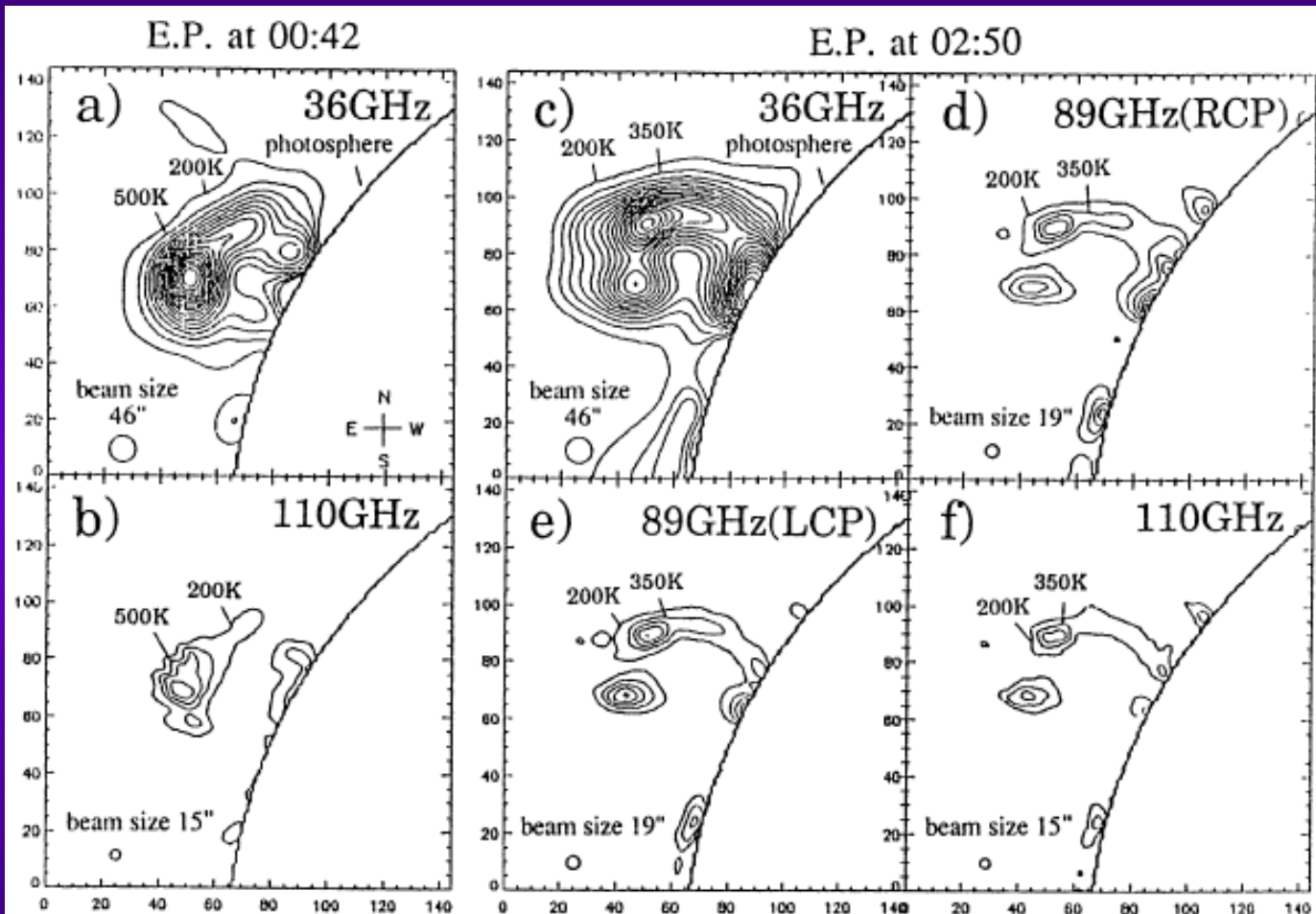


Fig. 1. Contour maps of the eruptive prominence at millimeter wavelengths observed with the 45-m radio telescope at Nobeyama Radio Observatory. (a) and (b) show 'E.P. at 00:42' observed from 00:42 to 00:55 UT (May 28) at 36 and 110 GHz, respectively. The minimum contour level is 200 K. The contour step is 300 K. (c–f) show 'E.P. at 02:50' observed from 02:50 to 02:59 UT (May 28) at 36 GHz, 89 GHz (RCP), 89 GHz (LCP), and 110 GHz, respectively.

mm	cm	MHz	GHz
	2		36
3,5	3,6	73,8	89
	6		110
	20		
	21		

# Влакна

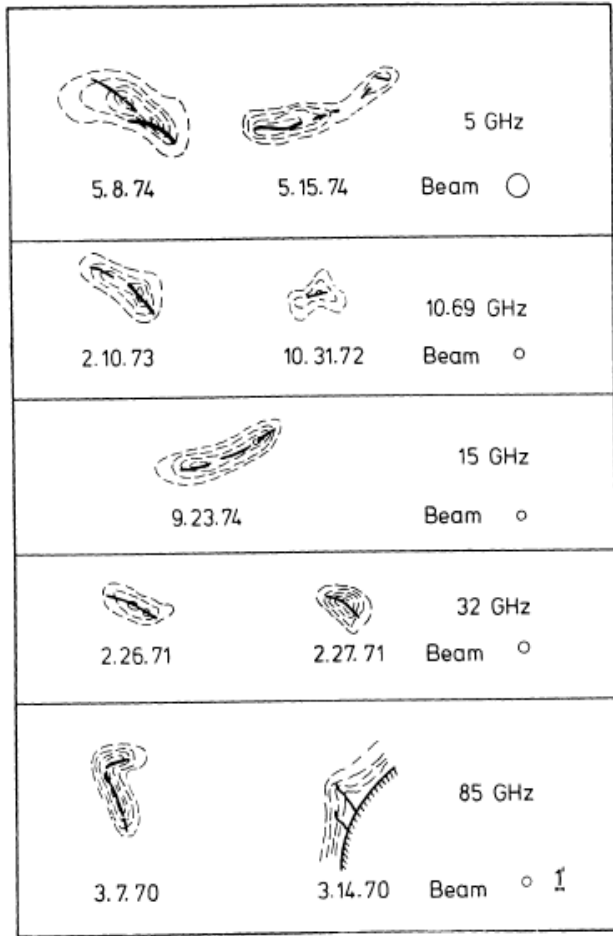


Fig. 1. Sketches of the filaments as observed in H $\alpha$  and at radiowavelengths. Note that the limb feature on March 14, 1970 at 85 GHz was obtained in emission. All the others were observed on the disk in absorption.

mm	cm	dm	MHz	GHz
	1,2	10,7	3100	5
3	2	11	3200	8
3,5	2,2		5200	10,7
4	2,8	91,6	9200	15
9,5	6			22
	2 to 8			43
				32
				85

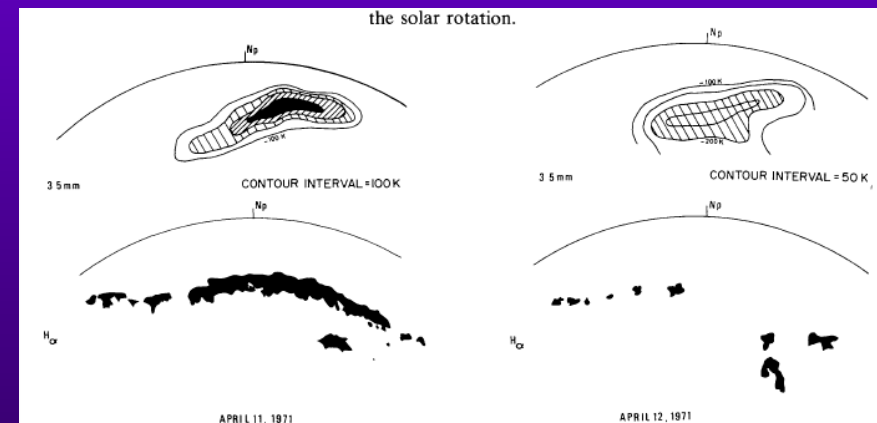
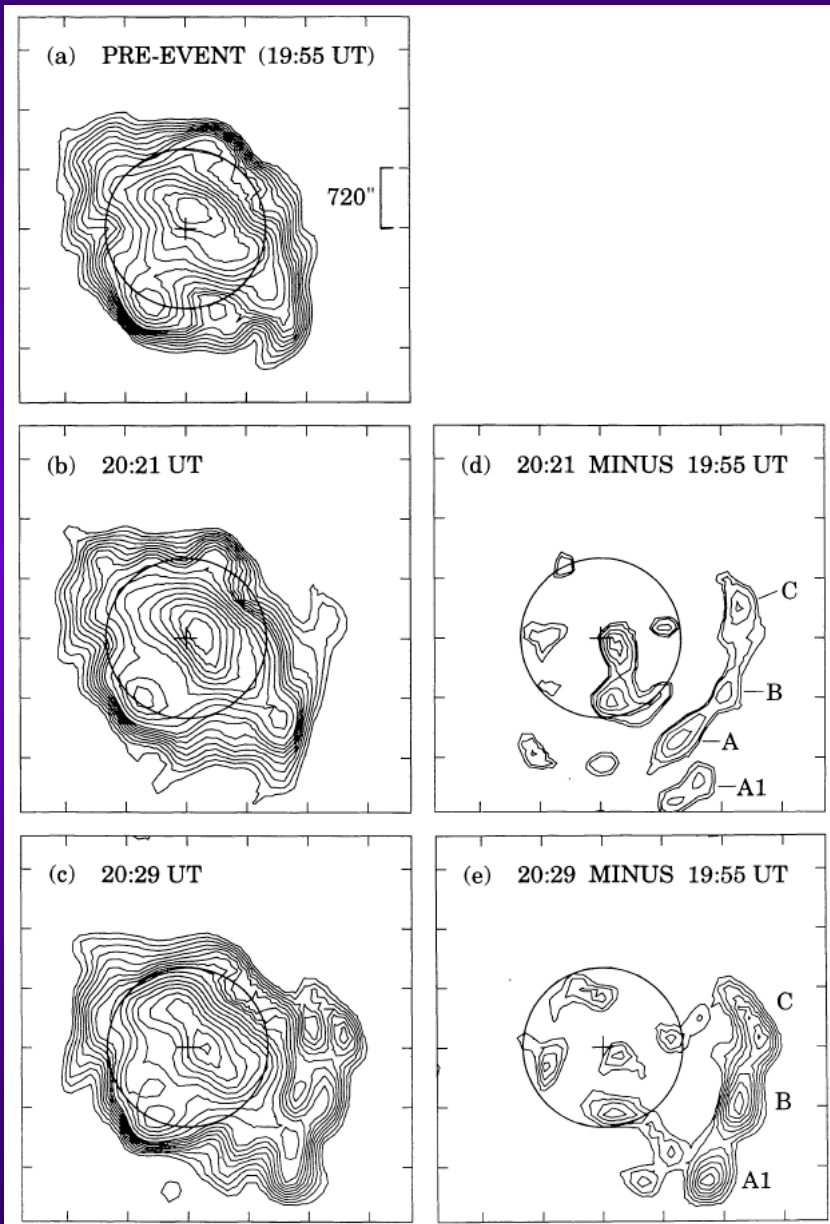


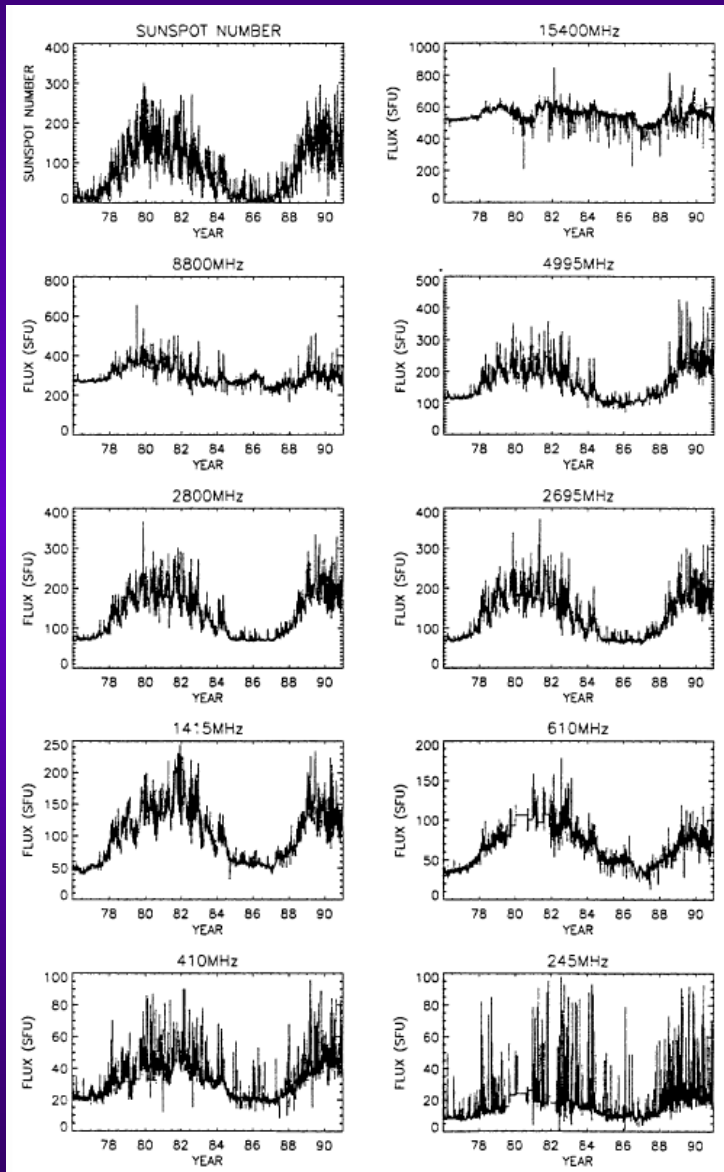
Fig. 3. Maps at 3.5 mm on April 11, 1971 and April 12, 1971 obtained by subtraction of the quiet sun profile. The H $\alpha$  observations are from the Paris-Meudon Observatory. The east limb is on left.

# Изхвърляне на коронална материя (СМЕ)



MHz
38,5
50
73,8

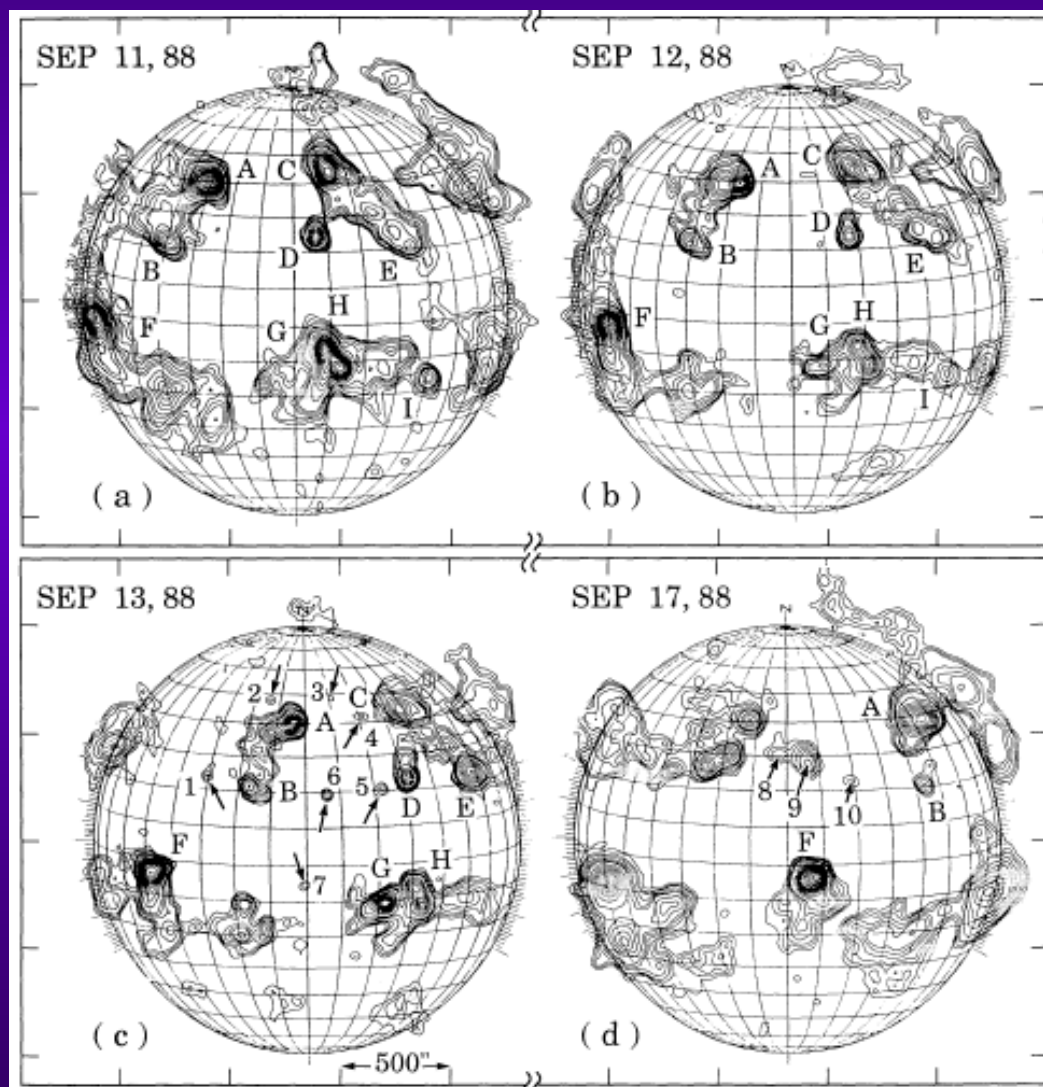
# Радио мониторинг на СА



Радио поток 10.7 cm  
2.8 GHz

# Радио мониторинг на СА

## Активни области



# Радио мониторинг на СА

## Влакна

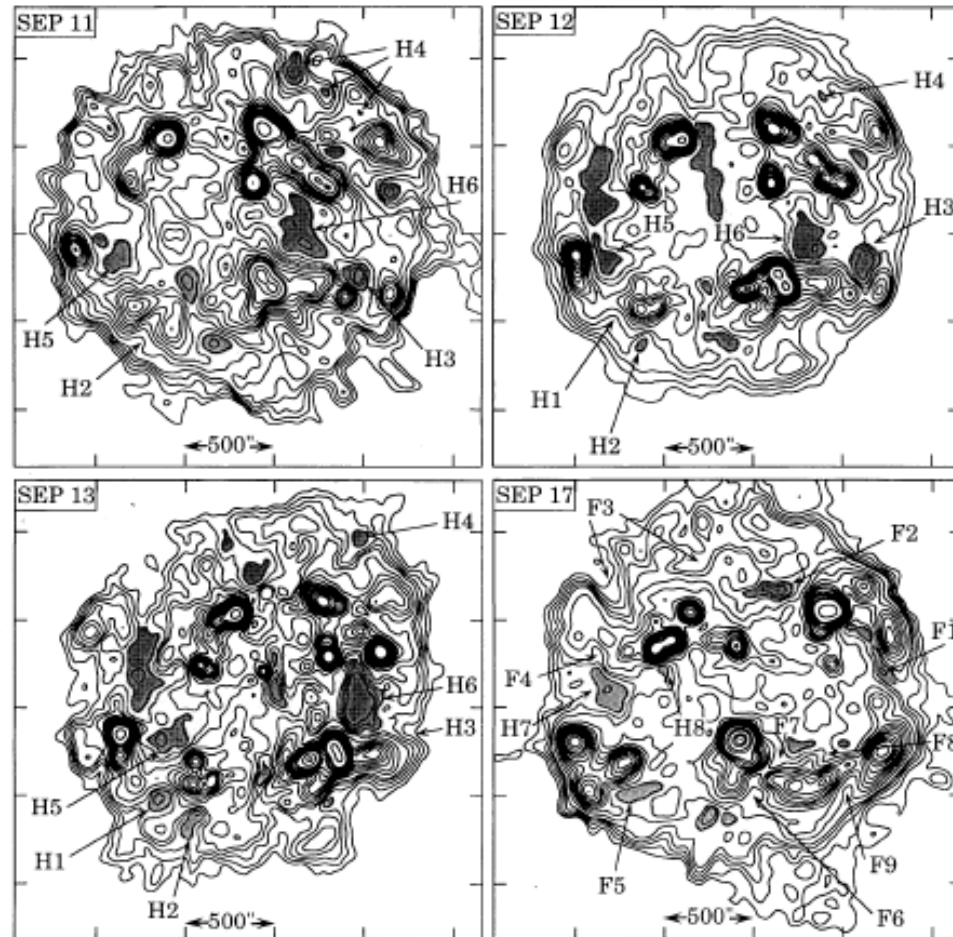


FIG. 5.—Superposition of three outer radio contours (20,000, 50,000, and 100,000 K) on the H $\alpha$  picture for 1988 September 17. Major dark filaments on the disk are marked F1–F9. The “L”-shaped filament extends up to the east limb and turns south. Closed contour over F5 is due to depression in radio emission with respect to the surrounding plages. Bright regions enclosed by radio contours are plages and active regions. Time of H $\alpha$  image is 1338 UT.



# Радио мониторинг на СА

## Синоптични карти

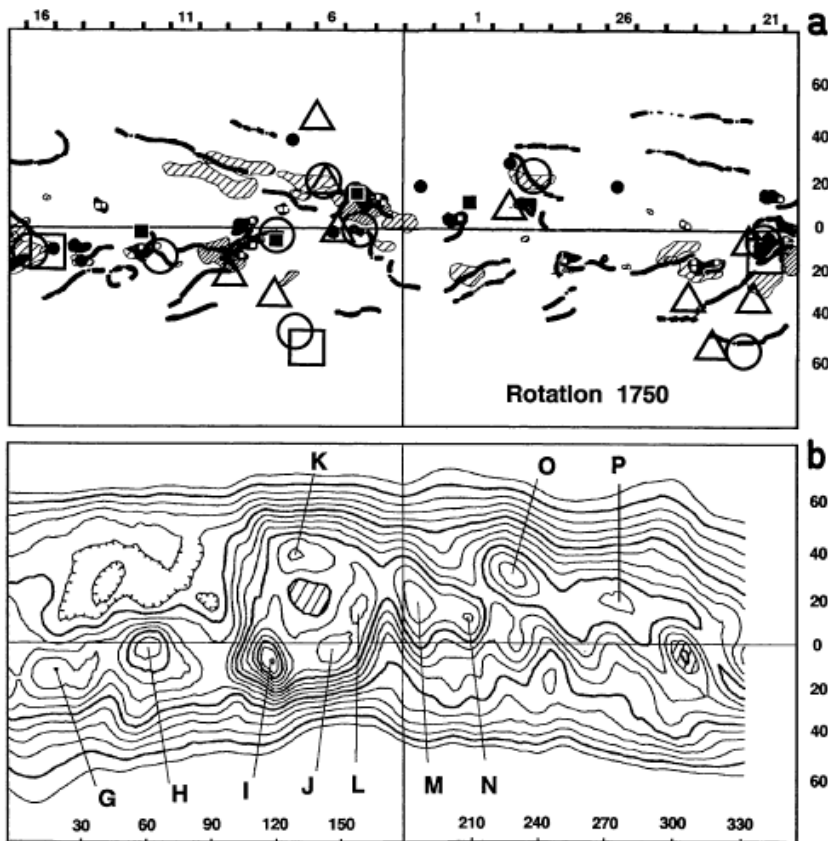


Fig. 4. Same as Figure 3 for rotation 1750. In Figure 4(a) (top), open triangles indicate local emission visible in the K-corona at  $1.3 R_{\odot}$ . Depressions in brightness temperature are indicated with hatched contours and hatched areas in the radio synoptic map.

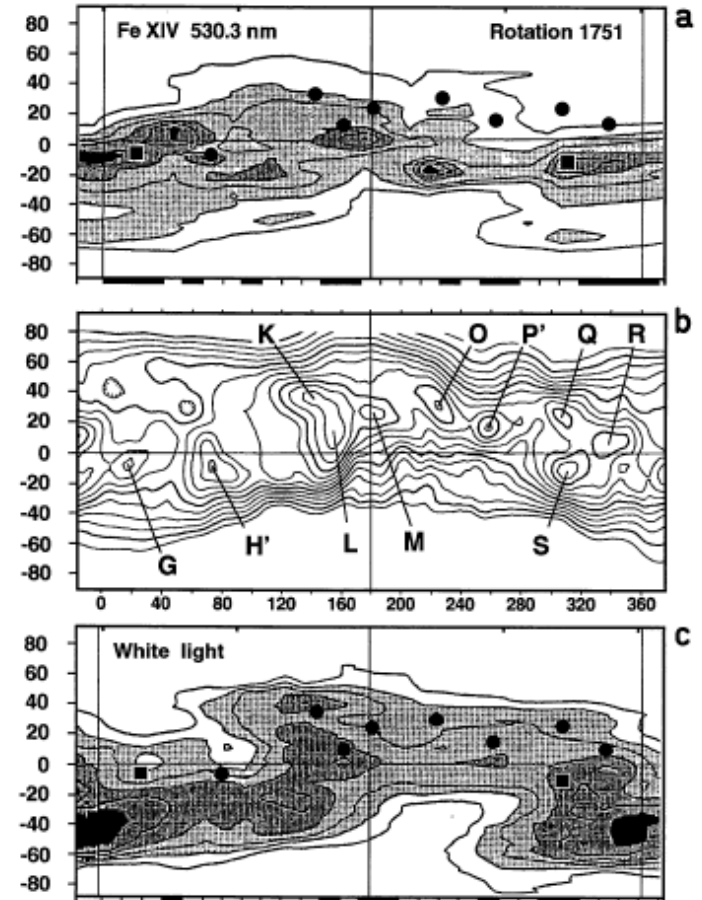


Fig. 5. Synoptic maps for Carrington rotation 1751. (a) Fe XIV (530.3 nm) line, east limb (Sacramento Peak Observatory). (b) Radio on the disk at 169 MHz (Nançay Observatory). (c) K-corona at  $1.3 R_{\odot}$ , east limb (Mauna Loa, HAO, Boulder).

# Радио мониторинг на СА

## Синоптични карти

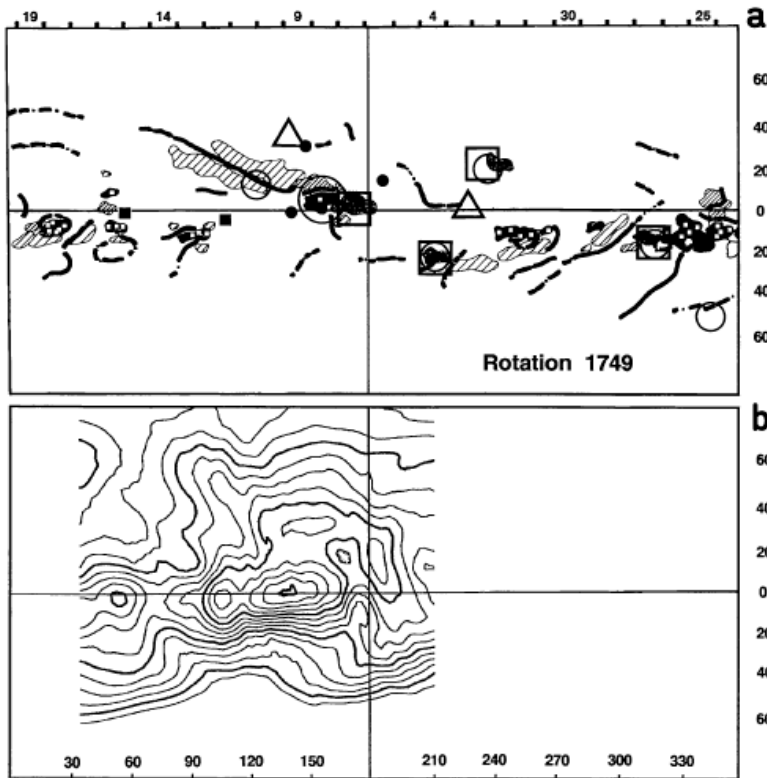


Fig. 3. (a) Chromospheric synoptic map from Meudon (Carrington rotation 1749) with the locations of red- and green-line sources marked with open squares and circles, respectively. The open triangle shows the position of a K-corona emission visible at 1.3 and 1.7  $R_{\odot}$ . Filled circles and squares mark the locations of radio sources shown in Figure 3(b). (b) Synoptic map for the same rotation obtained from daily maps of the Nançay Radioheliograph at 169 MHz. Contours in brightness temperature start at  $3.5 \times 10^5$  K with intervals of  $5 \times 10^4$  K.

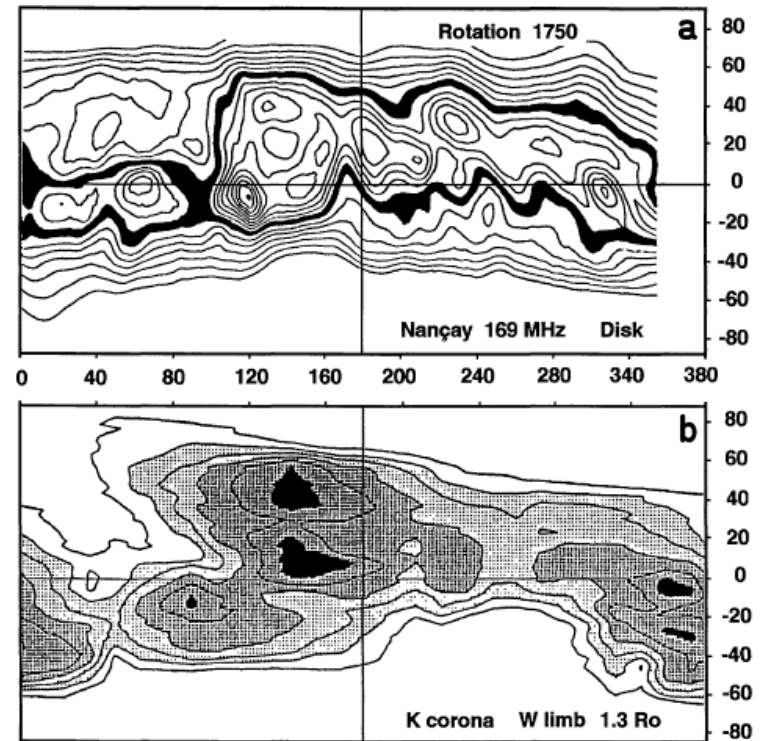


Fig. 7. Synoptic map at 169 MHz (*top*) and in the K-corona at 1.3  $R_{\odot}$  (west limb) for Carrington rotation 1750. On the radio map the region of brightness temperature between  $6.5$  and  $7 \times 10^5$  K is shown in black.