

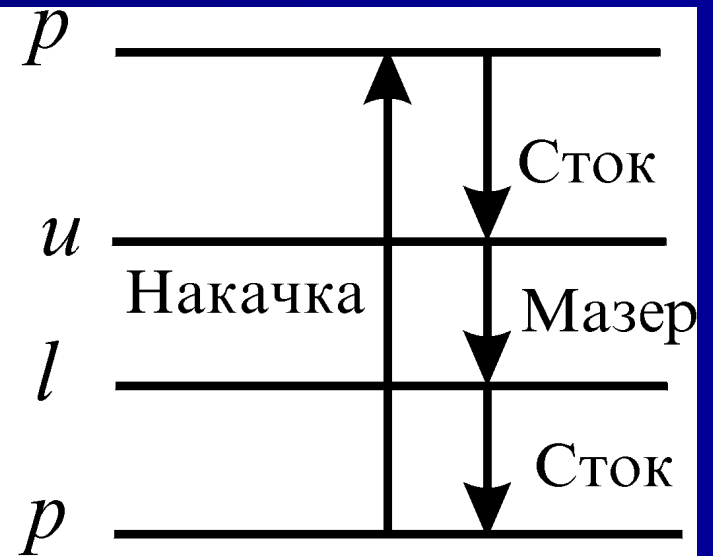
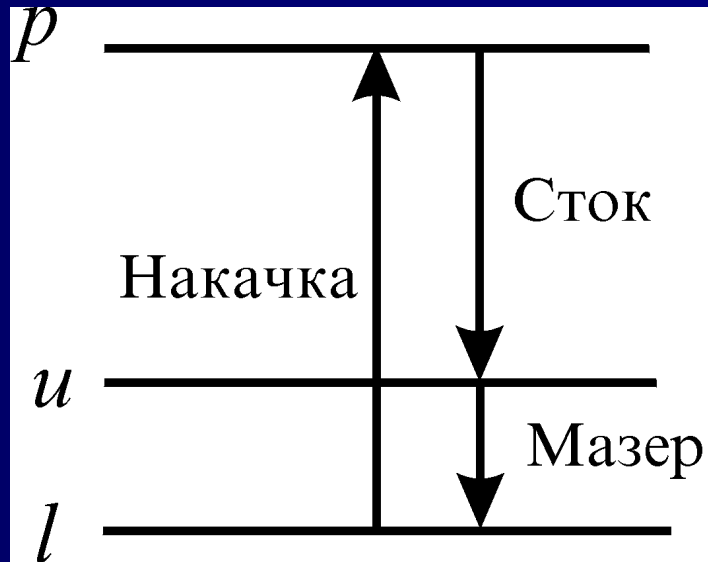
Мазеры, мега- и гига-мазеры

Г.М. Рудницкий (ГАИШ МГУ)

Космические мазеры

- Области звездообразования, окрестности протозвезд и молодых звёзд
- Газо-пылевые оболочки переменных звёзд поздних классов (типа Миры Кита и полуправильных)

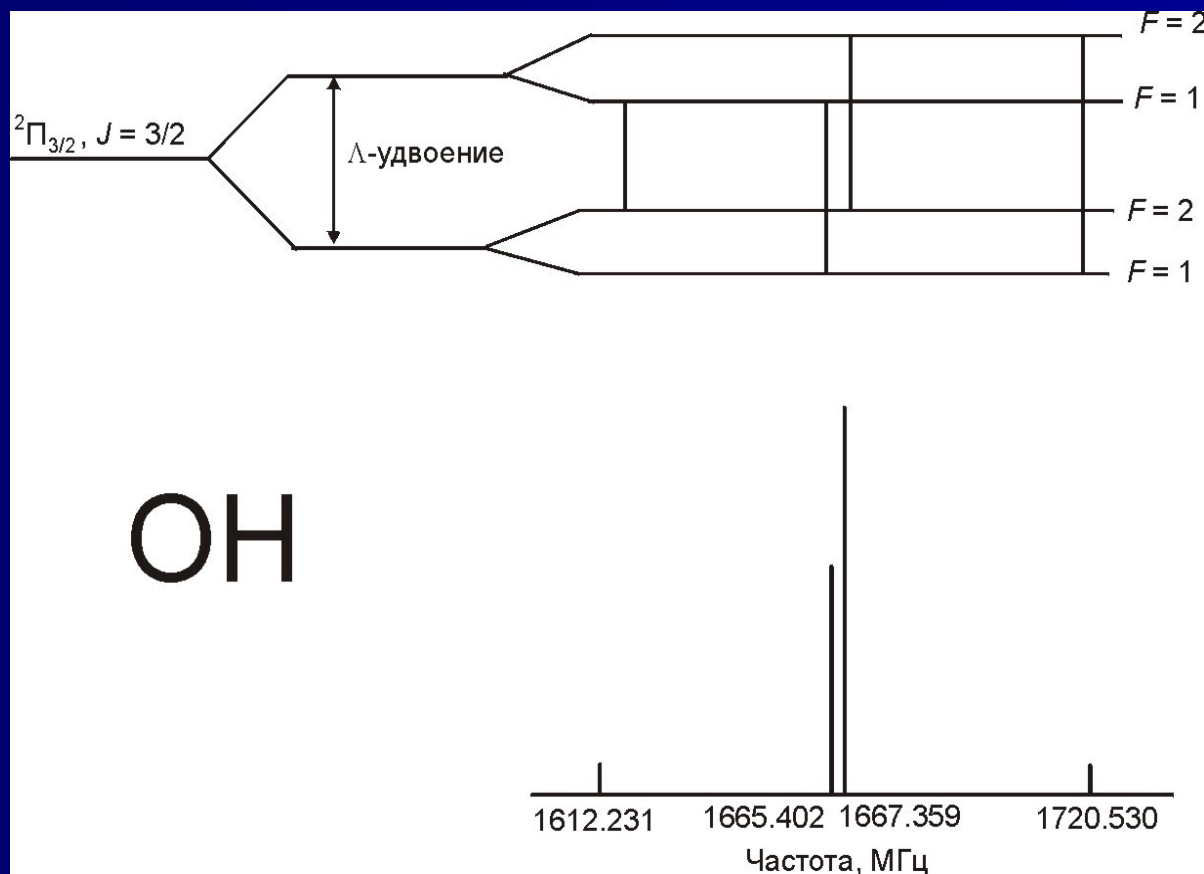
Мазер



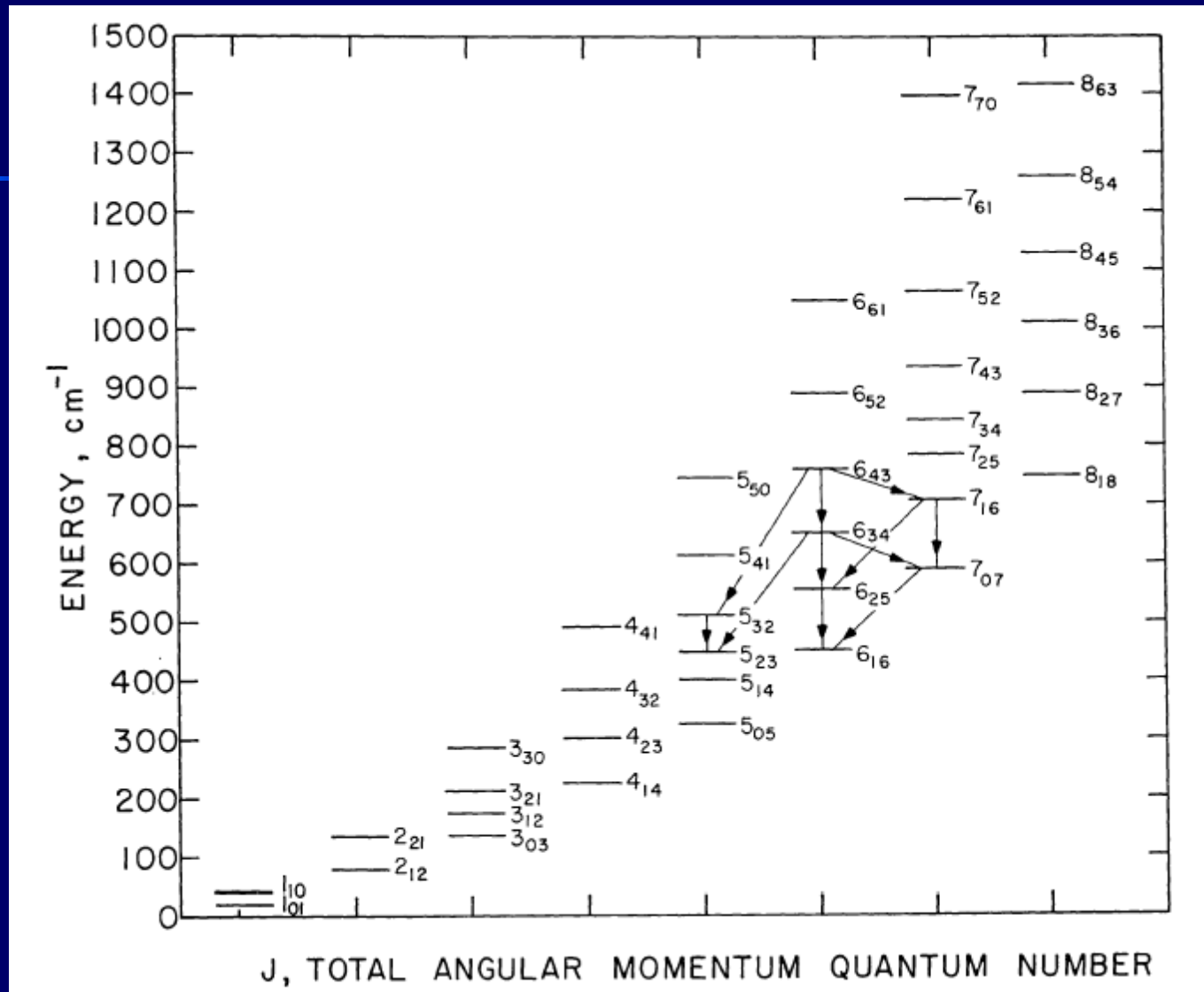
Космические мазеры

- Гидроксил OH (1965 г.), $\lambda = 18 \text{ см}$
- Водяной пар H_2O (1968 г.), $\lambda = 1.35 \text{ см}$
- Окись кремния SiO , $\lambda = 7 \text{ мм}, 3.5 \text{ мм}, \dots$
- Метанол CH_3OH
- Формальдегид H_2CO , $\lambda = 6 \text{ см}$
- Цианистый водород HCN

Схема уровней молекулы гидроксила



Вращательные уровни молекулы Н₂О



Метанол CH_3OH



Мазеры CH_3OH

- $2_0-3_{-1}E$ $\nu = 12.178$ ГГц

Batrla et al., Nature **326**, 49
(1987)

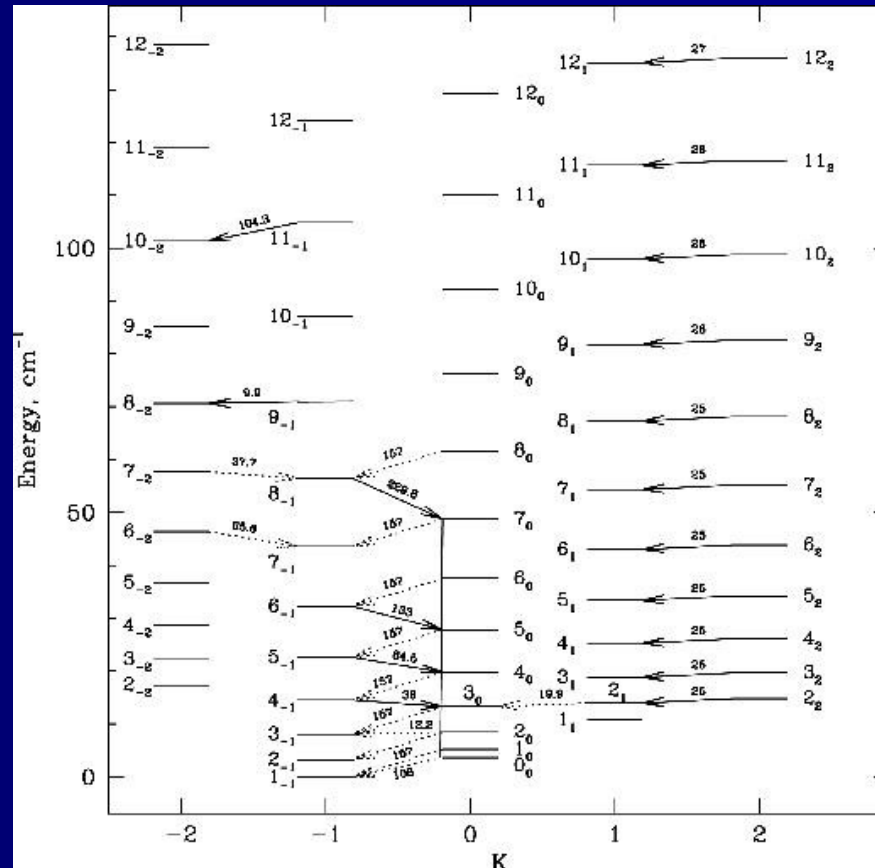
Класс II – связаны с зонами HII,
мазерами OH, H_2O

- $5_1-6_0A^+$ $\nu = 6.7$ ГГц

Menten, ApJ, **380**, L75 (1991)

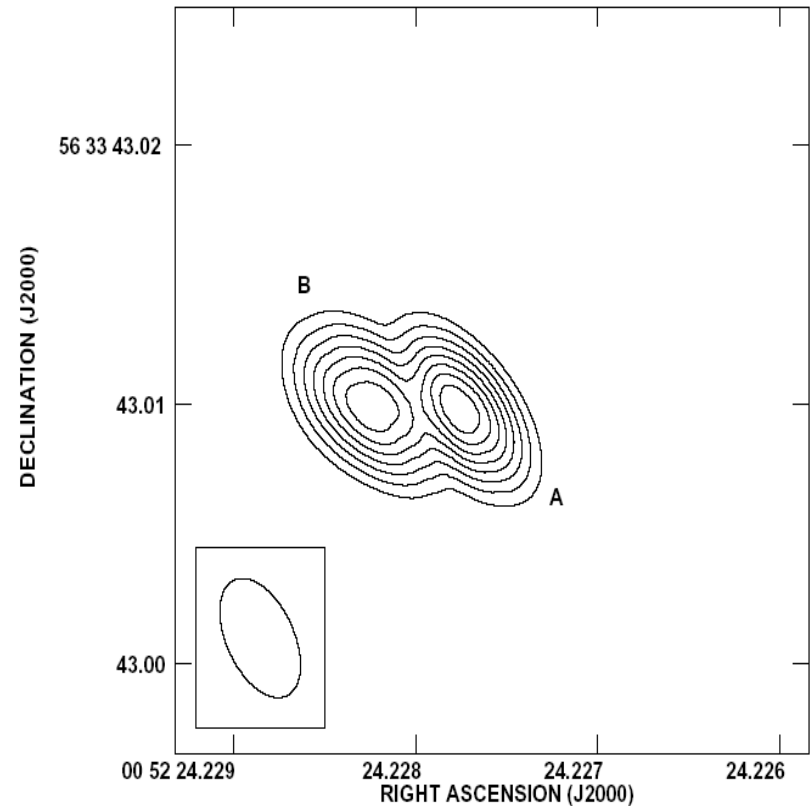
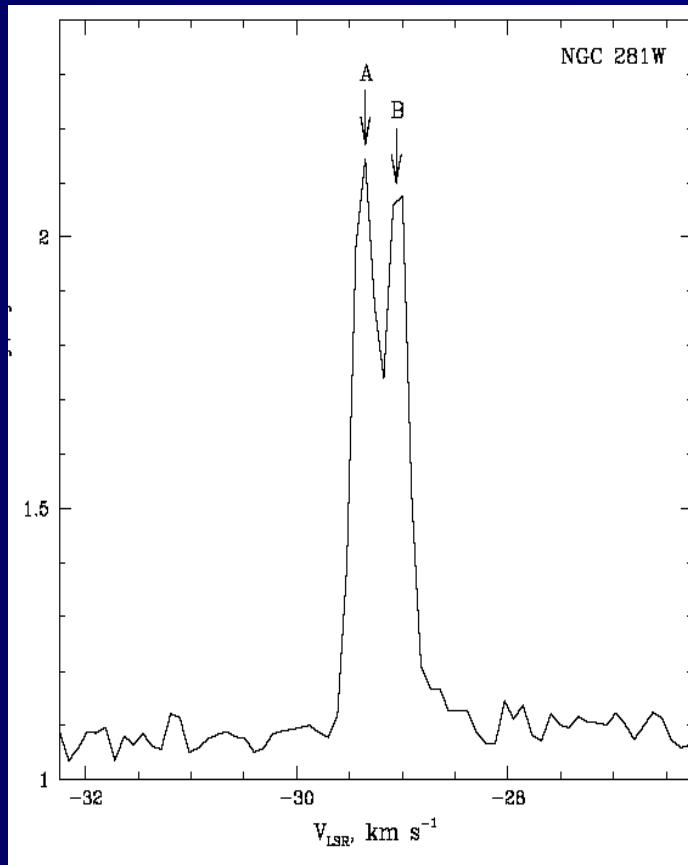
Класс I – не связаны

Схема уровней метанола

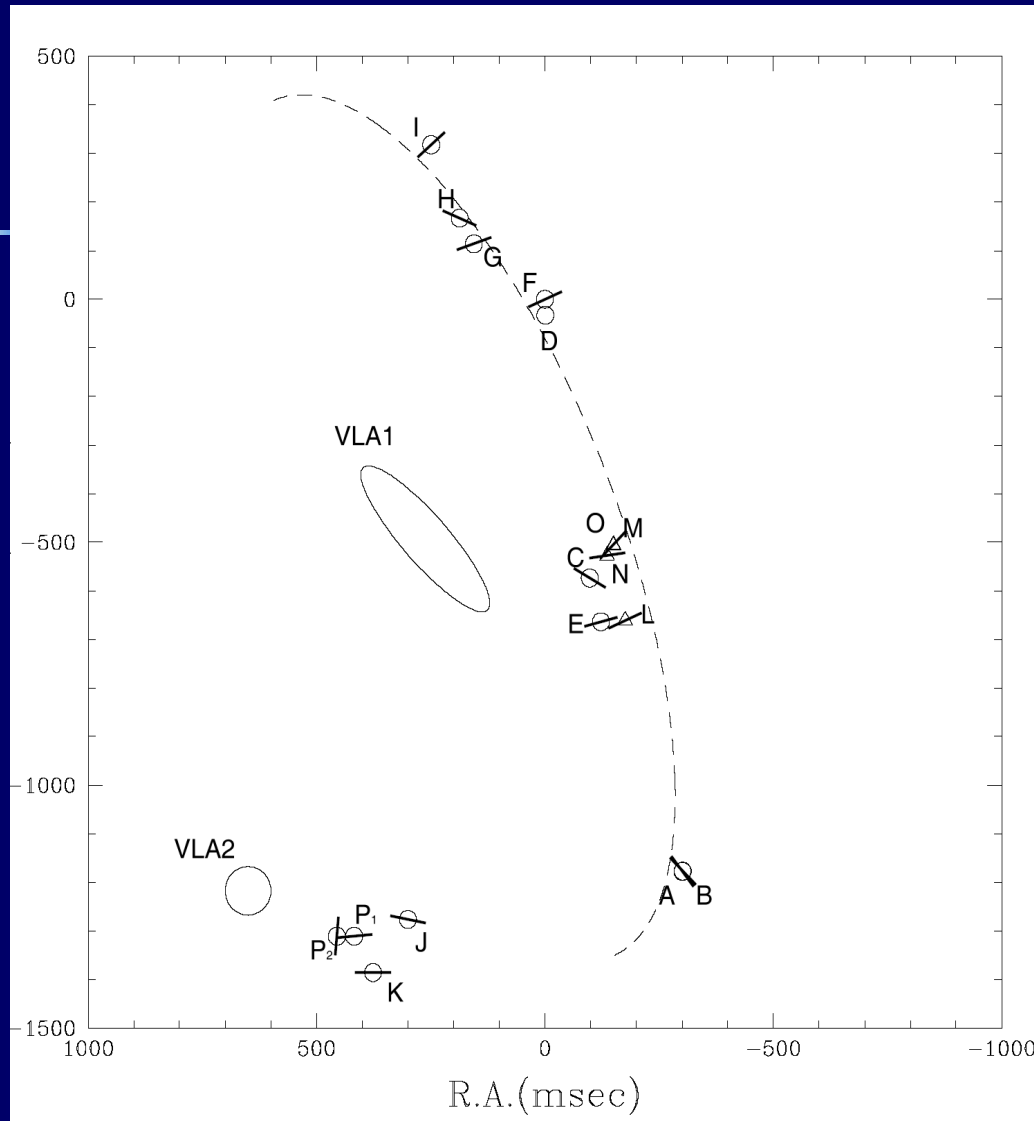


Voronkov, Slysh et al. Proceedings of the 6th European VLBI Network Symposium (2002)

NGC 281W 6.7 ГГц – кеплеровский диск



W75N



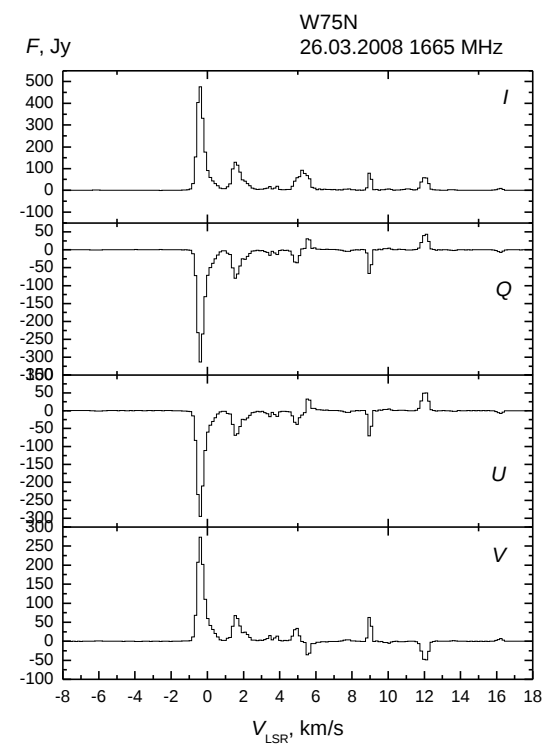
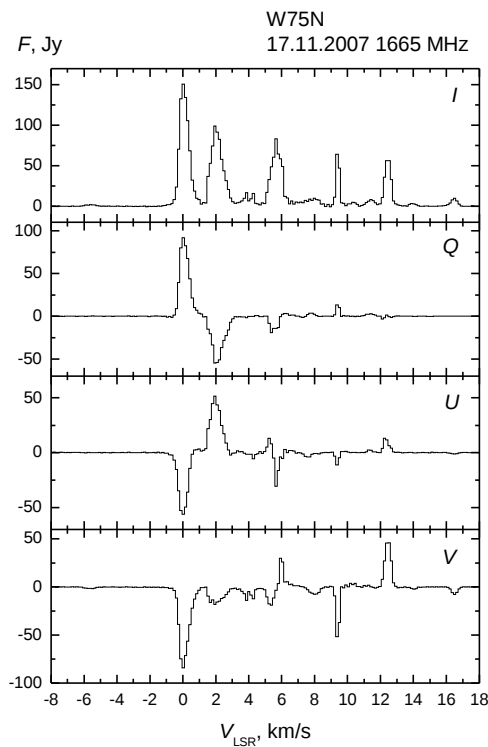
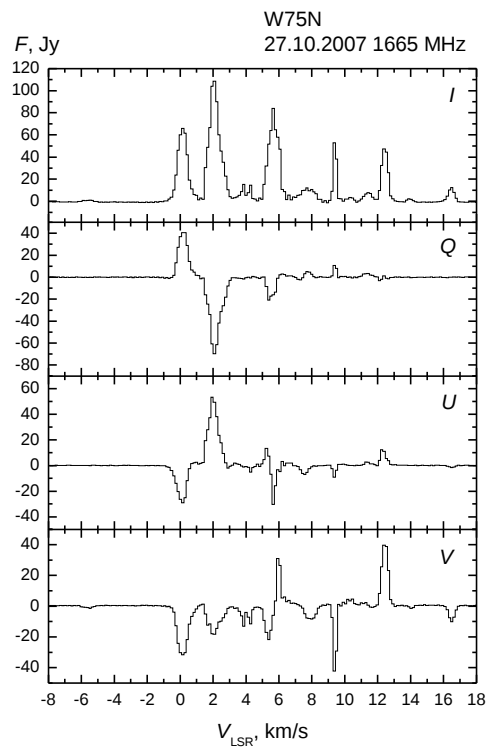
**Slysh V. I.,
Migenes V.**

**2006, MNRAS,
369, 1497.**

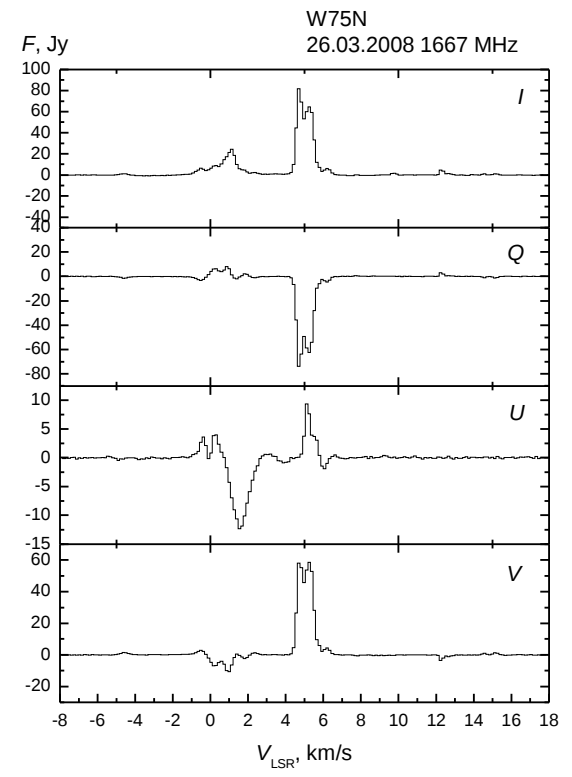
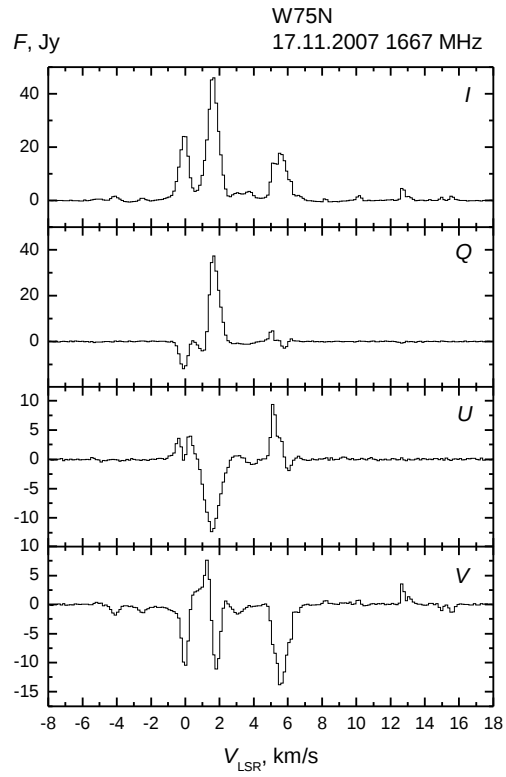
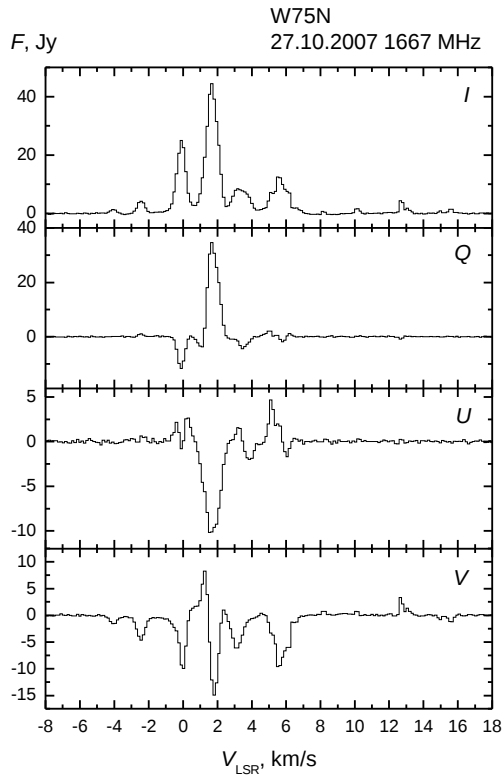
Радиотелескоп Нансэ



W75N , 1665 МГц



W75N, 1667 МГц



Orion A, H₂O $\lambda = 1.35$

СМ

Ноябрь 1979 г. - май 1980 г.

2 млн ЯНСКИХ, $T_b \sim 10^{16}$ К

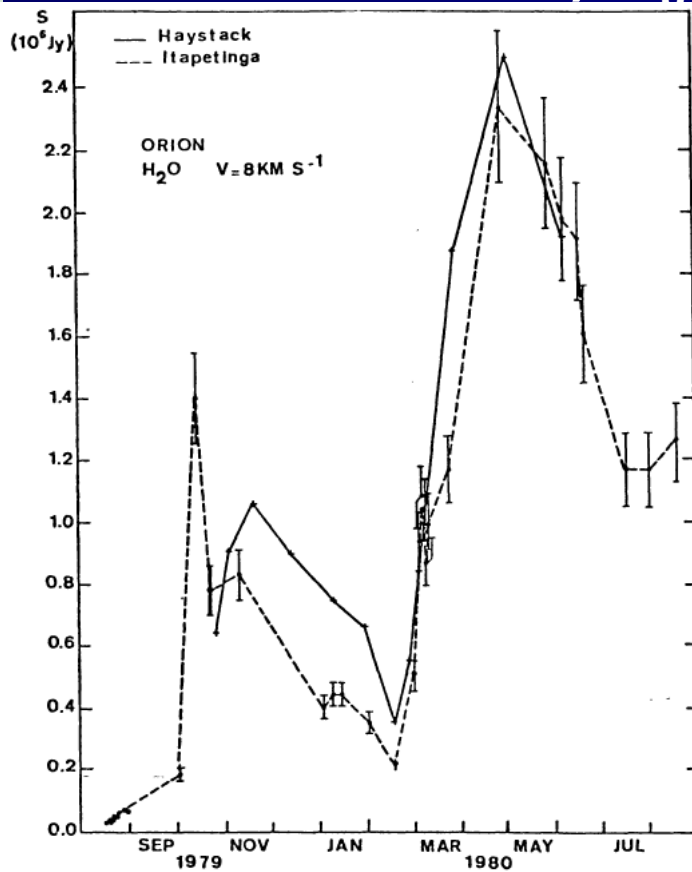
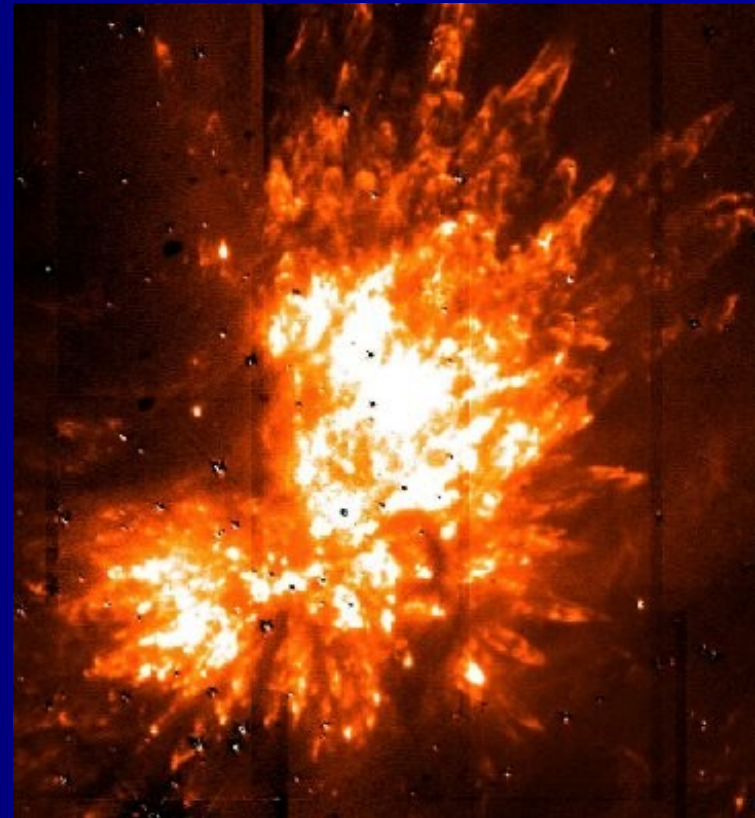


Fig. 1 - Light curve of the 8 km s⁻¹ water maser feature in Orion. Crosses represent



ры, мега- и гига-мазеры

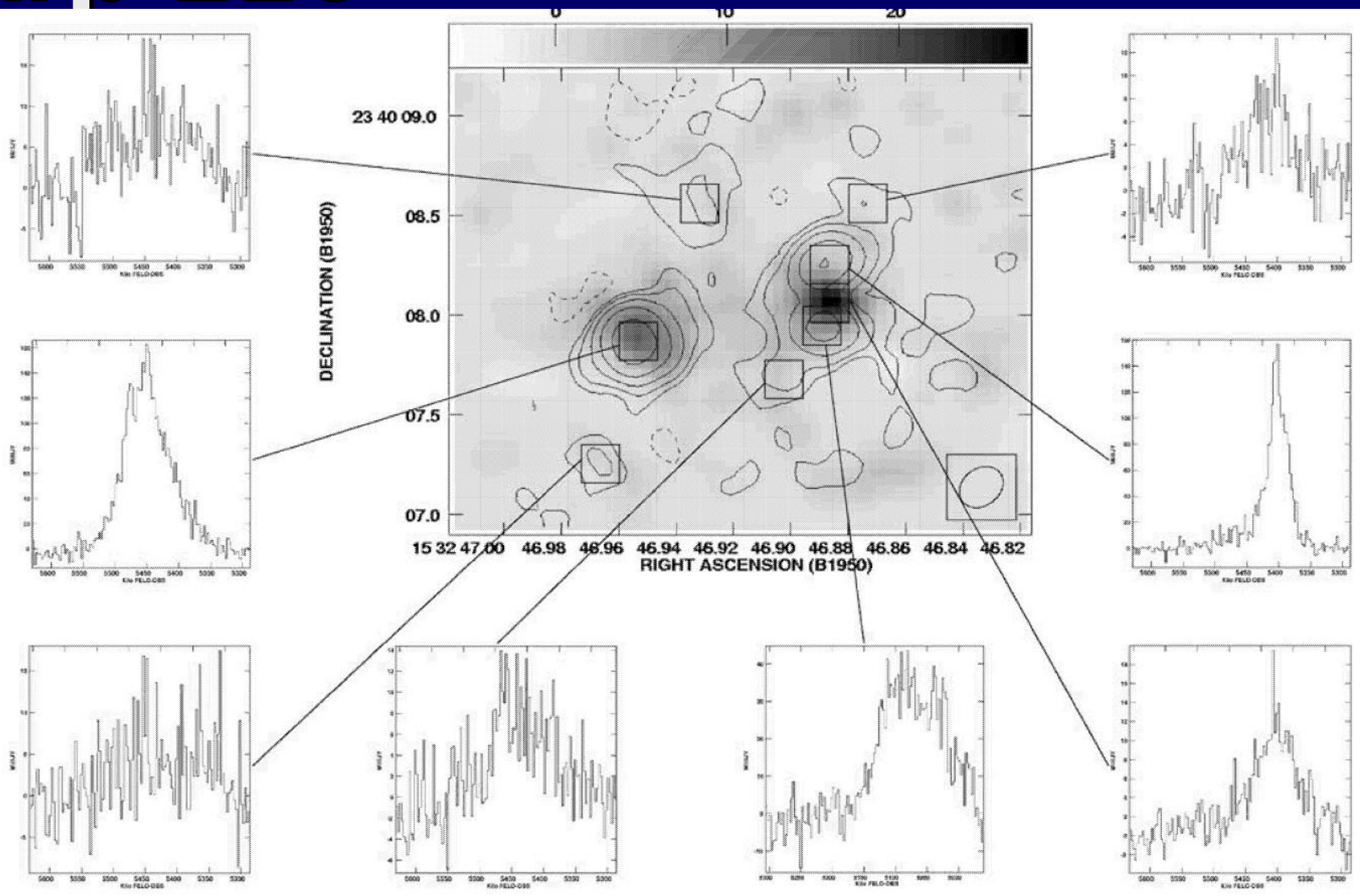
Внегалактические мазеры OH

Arp 220 = IC 4553 $L(\text{ИК}) = 1.4 \cdot 10^{12} L(\odot)$



Arp 220

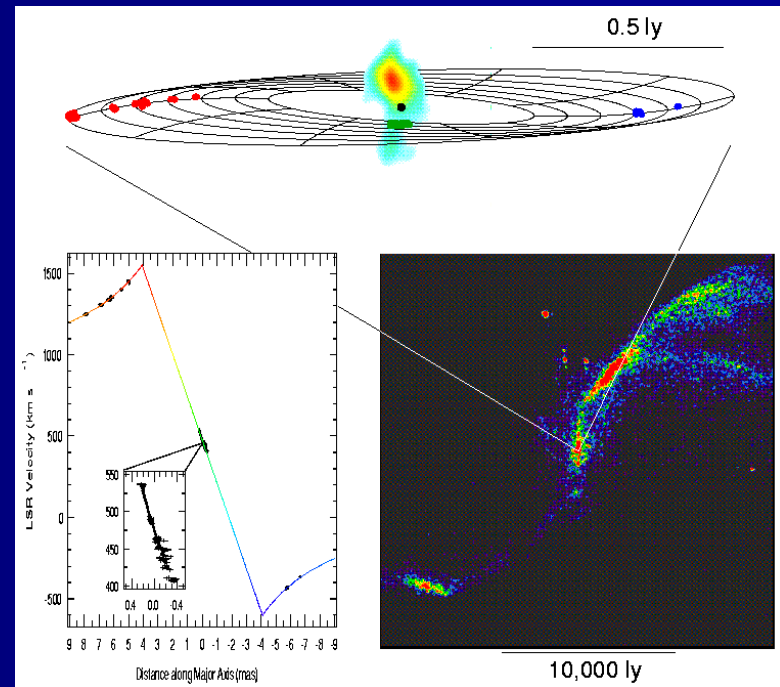
MNRAS 342, 373–382



Мегамазеры H₂O

Megamaser Source	Host Galaxy •	Isotropic Lum. (L _⊙)	H ₂ O FWHM (km s ⁻¹)	H ₂ O V _{LSR} (km s ⁻¹)
Circinus	Sy2	24	1	274–562
ESO 103-G35	Sy1/2	360	8	4073
IC 2560	Sy2	130	25	2919
IC 1481	L	320	2	6235–6237
Mrk 1	Sy2	64	3 – 6	4868–4869
Mrk 348	Sy2	450	133	4610–4678
Mrk 1210	Sy2	99	0.8 – 11	4213–4314
NGC 1052	L/Sy2	140	80 – 120	1605–1668
NGC 1068	Sy1/2	170		800–1500
NGC 1386	Sy2	120	4	969
NGC 2639	Sy1.9	71	1 – 7	3300–3323
NGC 3079	L/Sy2	520	10	926–1190
NGC 3735	Sy2	12	1.4–3	2262–2268
NGC 4258	L/Sy1.9	85	1 – 7	-365–1460
NGC 4945	Sy2	57	3	694
NGC 5347	Sy2	32	15	2376–2401
NGC 5506	Sy1.9	61	0.7 – 6	1731–1821
NGC 5793	Sy2	125	1.3, 14	3190–3677
TXS 2226–184	E/S0	6100	88	7570

NGC 4258 (M106)



$z = 0.025, L(\text{H}_2\text{O}) = 6100$

L_{e}

3C 403

$z = 0.06, L(\text{H}_2\text{O}) = 1200$

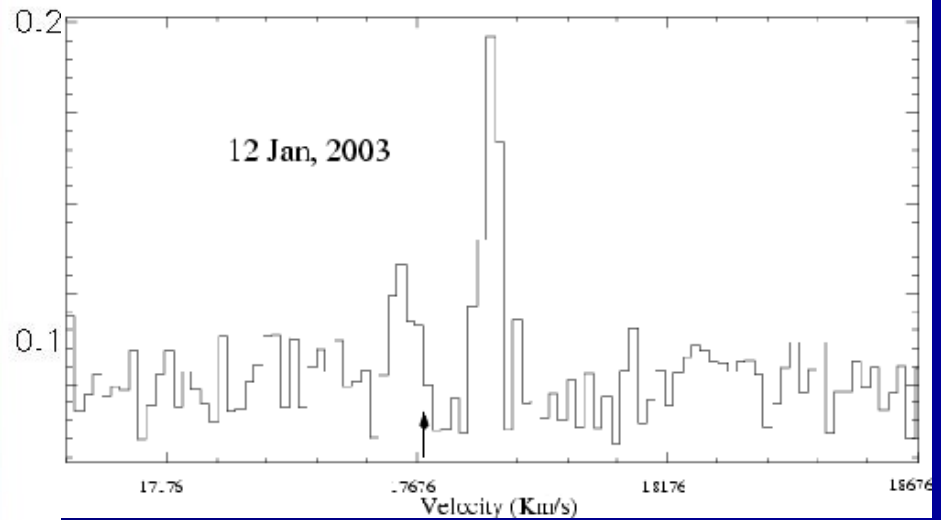
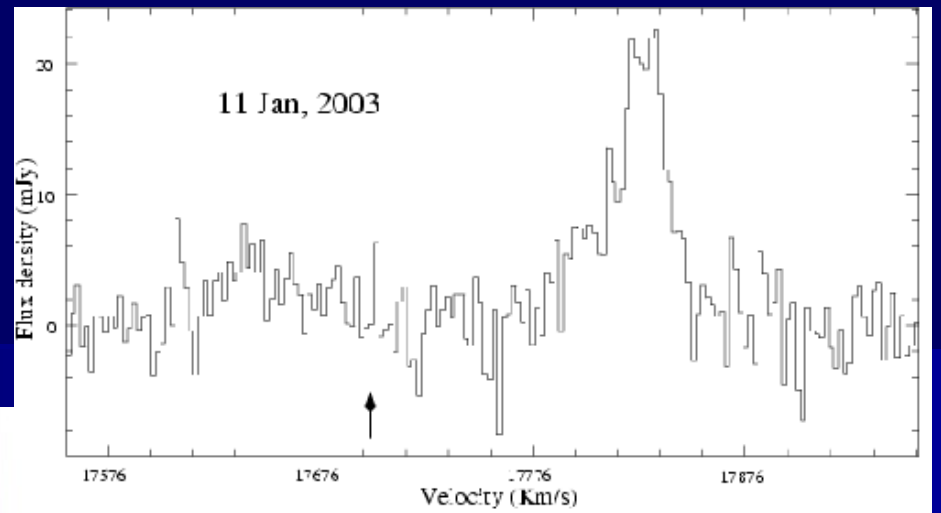
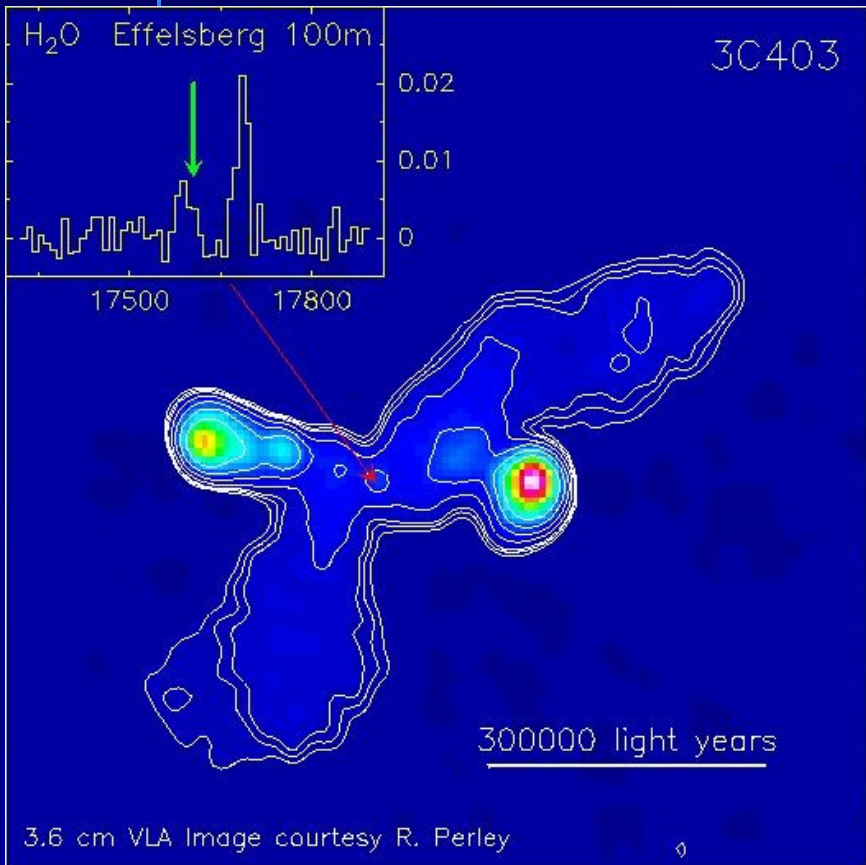
L_{\square}

J0804+3607

$z = 0.66, L(\text{H}_2\text{O}) = 23000$

L_{\square}

3C 403



Резонансный Штарк-эффект в мазере

Slysh, ApL **14**, 213 (1973).

Slysh, astro-ph/0305455 (2003).

Уширение за счёт воздействия мазерного излучения на сами мазерные молекулы:

$$T_b < 6 \cdot 10^{12} \text{ K}$$

Отдача мазерных молекул

Стрельницкий (1972, АЖ, 49, 649)

$$P = h\nu/c, \quad a = 2.2 \cdot 10^{-4} A\Omega T_b (\Delta n_0/n_H) \text{ см с}^{-2}$$

$$\Delta t = \Delta v/a \rightarrow \Omega T_b \text{ до } 10^{17} \text{ К sr}$$