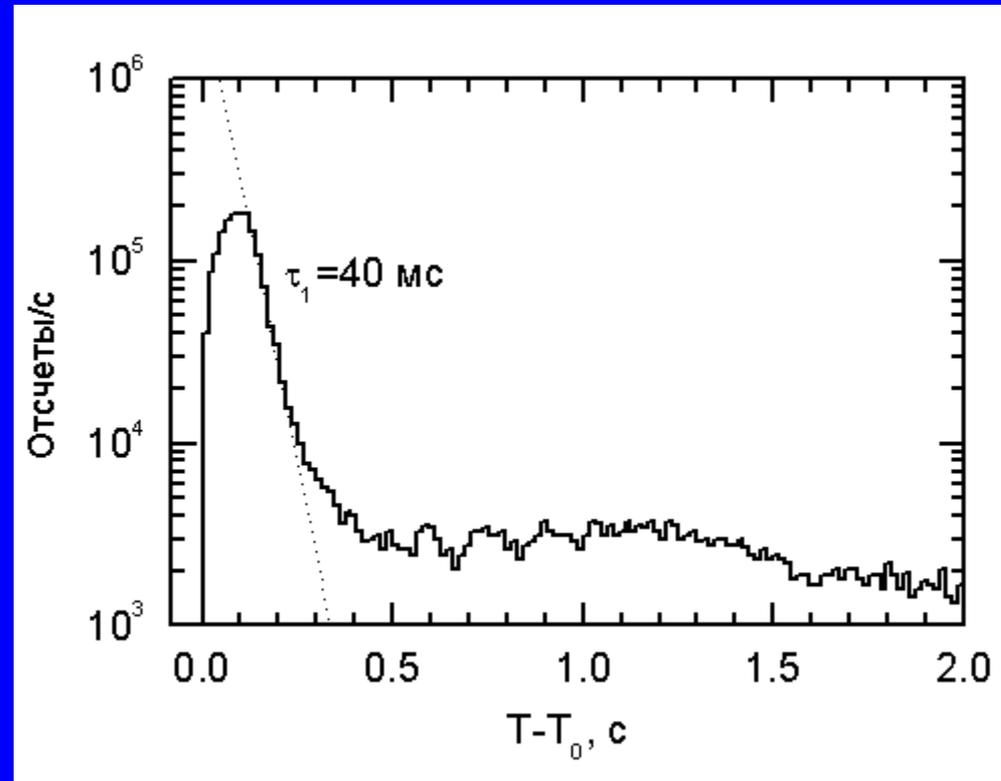
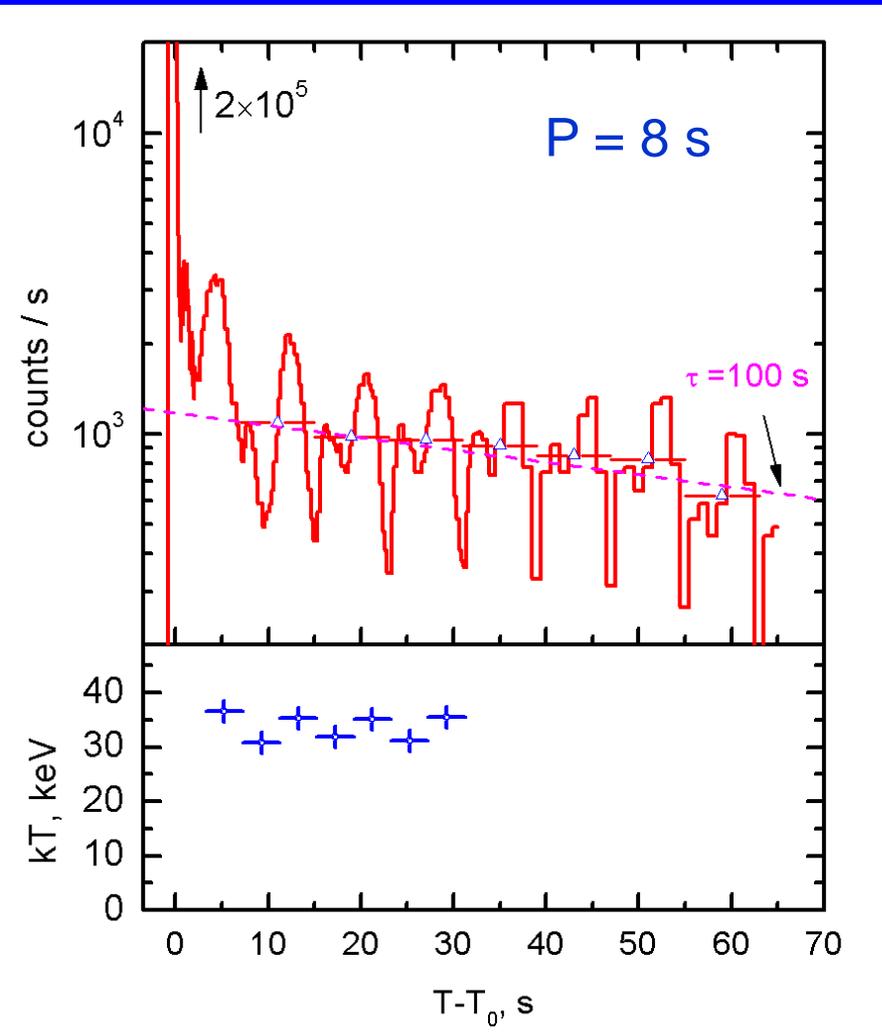


Мягкие гамма репитеры - Soft Gamma Repeaters (SGRs) - очень редкий класс нейтронных звезд со сверхсильным магнитным полем



Гигантский всплеск 5 марта 1979 (SGR 0526-66)

Конус на КА Венера 11, 12
Длительность начального импульса ~ 0.2 сек
Энергия $\sim 10^{45}$ эрг



letters

Observations of a flaring X-ray pulsar in Dorado

E. P. Mazets, S. V. Golenetskii, V. N. Il'inskii, R. L. Aptekar' & Yu. A. Guryan

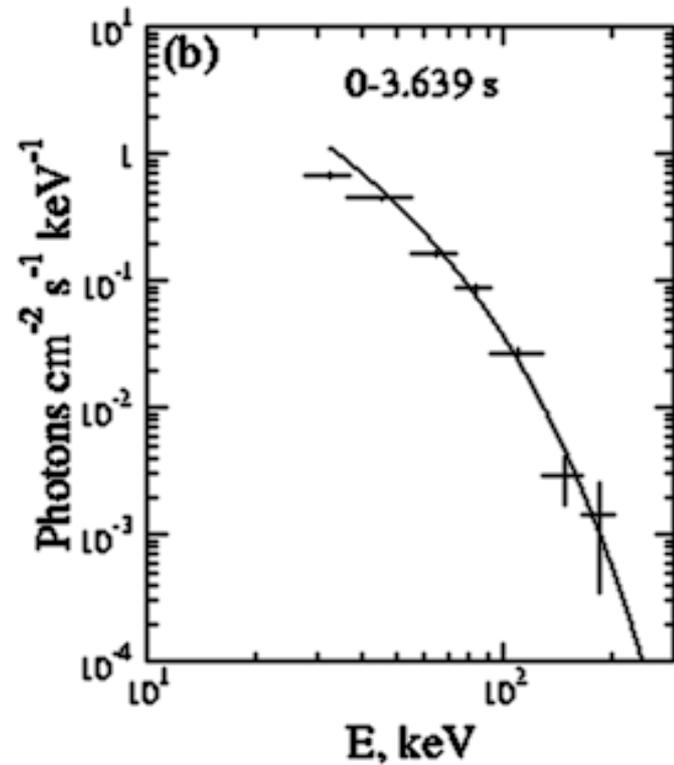
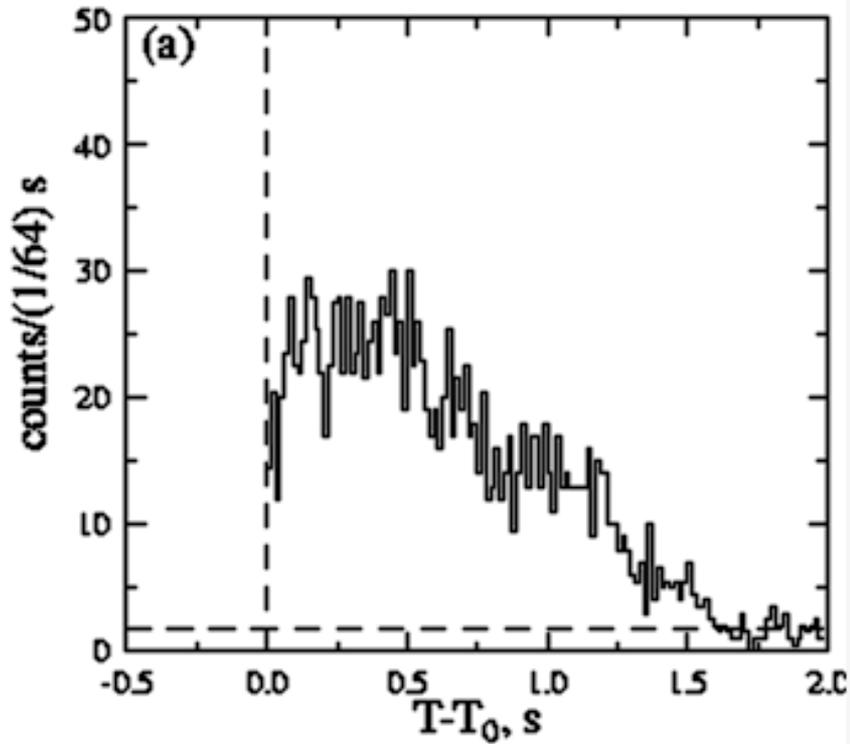
A. F. Ioffe Physico-Technical Institute, Leningrad, 194021, USSR

The γ -ray burst detector Konus¹, on the Venera 11 and Venera 12 spacecraft, detected on 5 and 6 March, 1979 two bursts of hard X rays originating from the same source. These events are quite unusual and of considerable interest. The burst of 5 March was very intense, particularly in the initial phase. This event was also observed by several other spacecraft². The second burst on 6 March was considerably weaker. The observations reported here permitted us to obtain a detailed time structure of the bursts, to measure their energy spectra and to locate the source on the celestial sphere.

The observed source projects on to the Large Magellanic Cloud. Moreover, it lies close in position to the supernova remnant N49 in the Large Magellanic Cloud². However, its energetics suggest that it is not only located in our Galaxy, but even comparatively close to the Sun. Indeed, if the source were at 55 kpc the luminosity of isotropic radiation in the initial impulse would be $\sim 5 \times 10^{44}$ erg s⁻¹, and that at the pulsating stage, $\sim 3.6 \times 10^{42}$ erg s⁻¹. Accordingly, the energy released in the initial impulse would be $\sim 1.2 \times 10^{44}$ erg, that at pulsating stage (lasting ~ 100 s) $\sim 3.6 \times 10^{44}$ erg, and in line radiation, $\sim 10^{42}$ erg. The total energy in the event would then be $> 4.6 \times 10^{44}$ erg. The shape of pulsations (Fig. 2) shows that the angular pattern of emission cannot be very narrow. Taking into account possible directivity of emission could not reduce these estimates by more than a factor of 10. Such large figures for the total energy and luminosity apparently rule out the possibility that this source is located in the Large Magellanic Cloud. On the other hand, if its average luminosity in the pulsating phase is close to that of X-ray sources in binaries (10^{37} – 10^{38} erg s⁻¹), an estimated distance to it is 100–300 pc.

SGR 0526-66

- ▶ Всплеск 790306 из SGR 0526-66 (данные Конус на КА Венера-11)



Введение (краткие сведения о SGRs)

- ▶ Известно всего 11 SGRs
- ▶ Спокойное и активное состояния
- ▶ Основной тип активности – испускание коротких всплесков:
 - Типичная длительность $\sim 0.1-1$ сек;
 - Энерговыделение во всплеске $\sim 10^{38}-10^{41}$ эрг
 - Спектры описываются ОТТВ моделью
 $dN/dE \sim E^{-1} \exp(-E/kT)$ для $E > 20$ кэВ; $kT \sim 15 \div 30$ keV

$$L_{\text{sun}} \sim 4 \times 10^{33} \text{ эрг/сек}$$

▶ Гигантские вспышки – начальный импульс огромной интенсивности, за которым следует пульсирующий «хвост»:

- Длительность начального импульса 0.2-0.6 сек; энерговыделение $10^{44} - 10^{46}$ эрг
- Длительность «хвоста» - сотни секунд; энерговыделение $\sim 10^{44}$ эрг

$$L_{MW} \sim 2 \times 10^{44} \text{ эрг/сек}$$

$$L_{SNIa, \max} \sim 10^{43} \text{ эрг/сек}$$

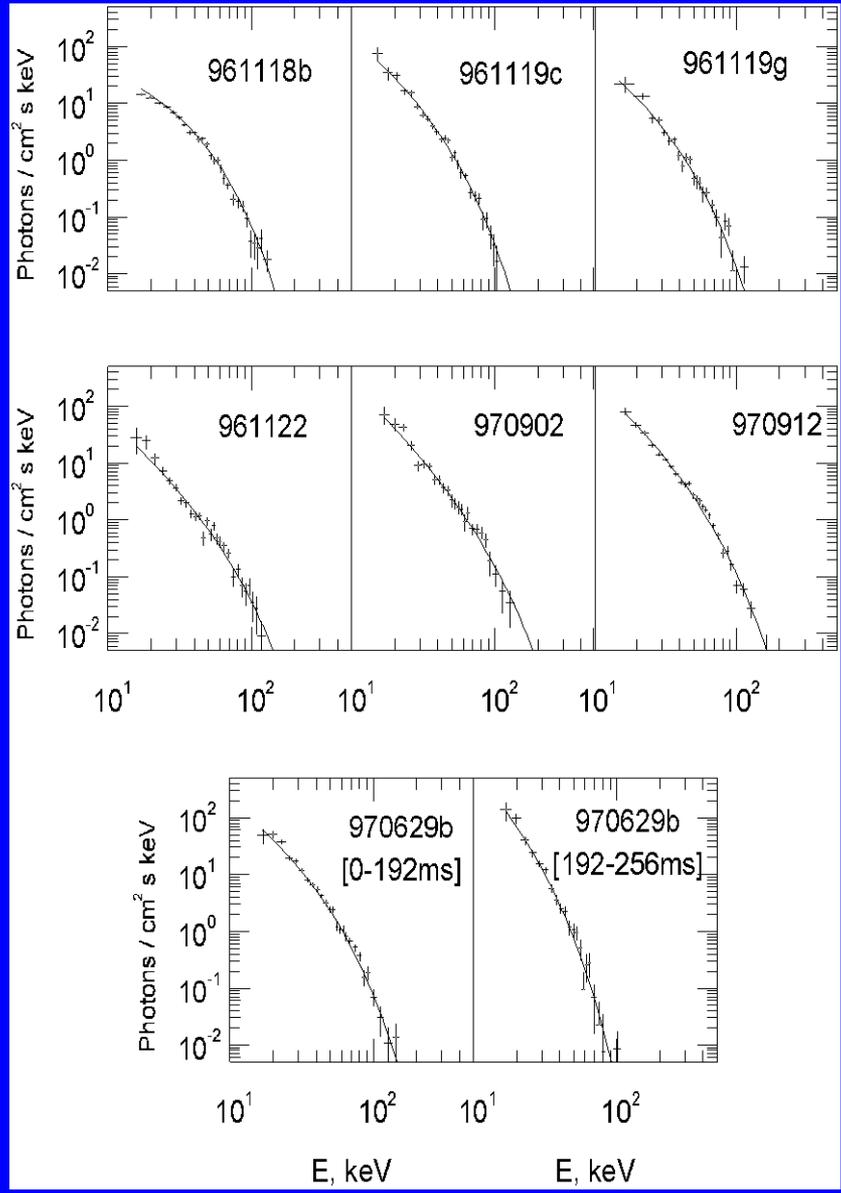
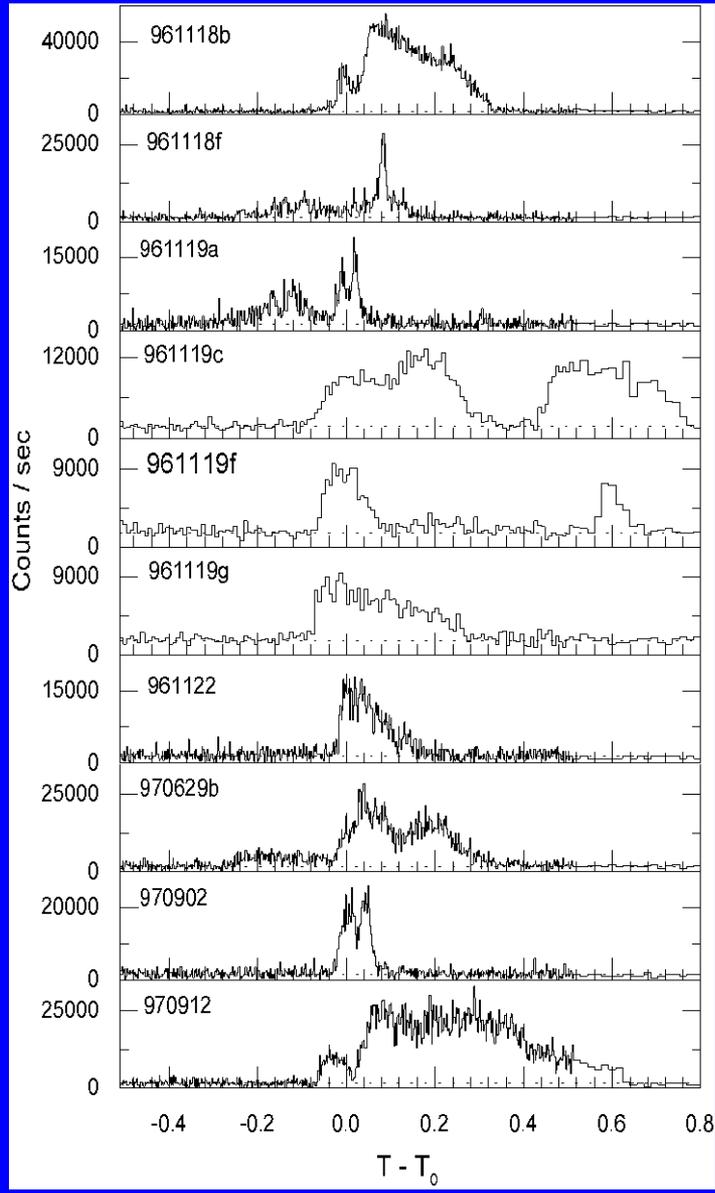
$$L_{QSO} \sim 10^{45} \text{ эрг/сек}$$

▶ Постоянной рентгеновской излучение (0.5-10 keV):

- Поток $\sim 10^{-11}$ эрг см^{-2} сек^{-1} ($L_x \sim 10^{35}$ эрг/сек)
- Пульсации $\sim 10\%$, $P \sim 2-8$ s, $dP/dt \sim 10^{-11}$ сек/сек

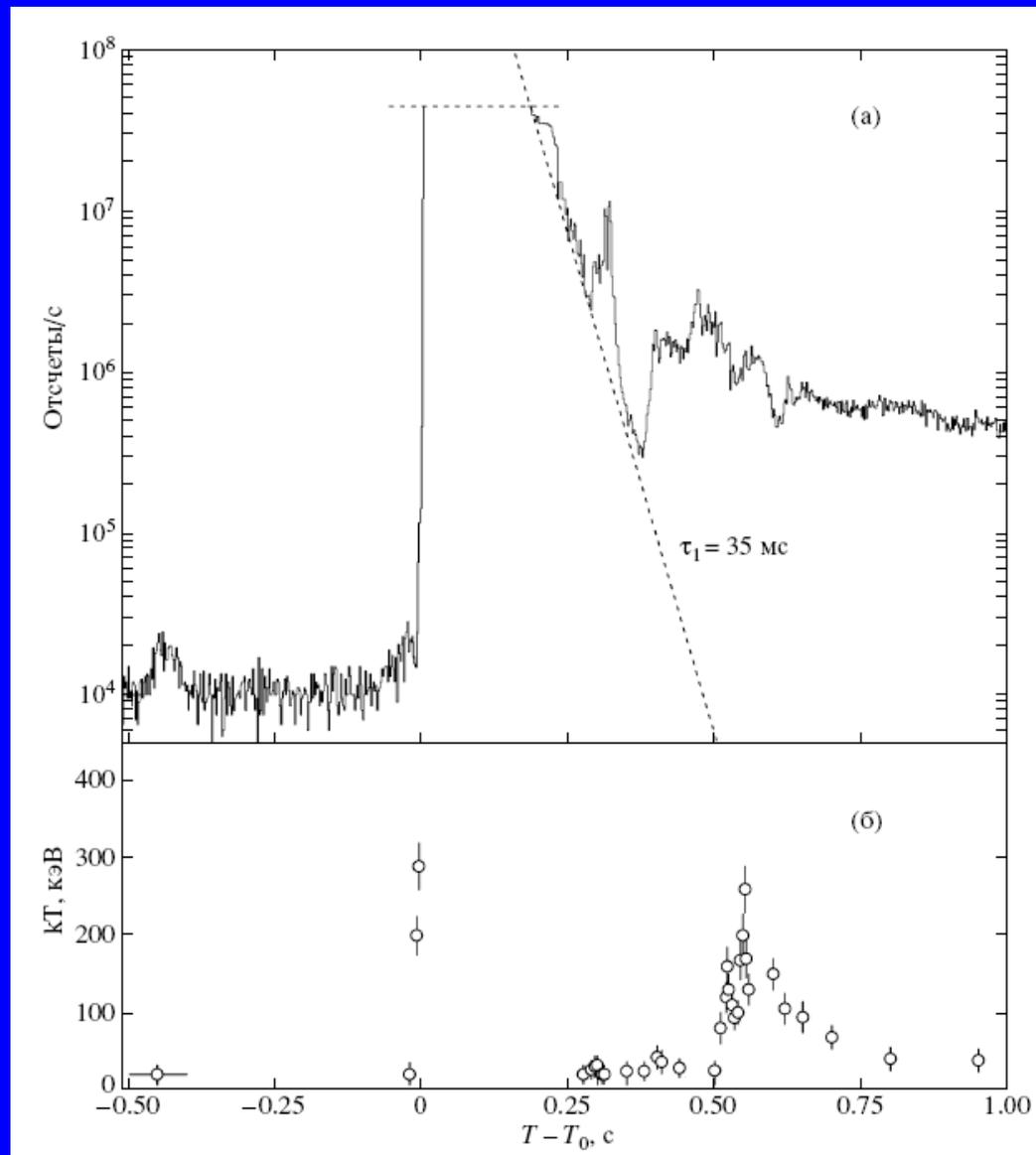
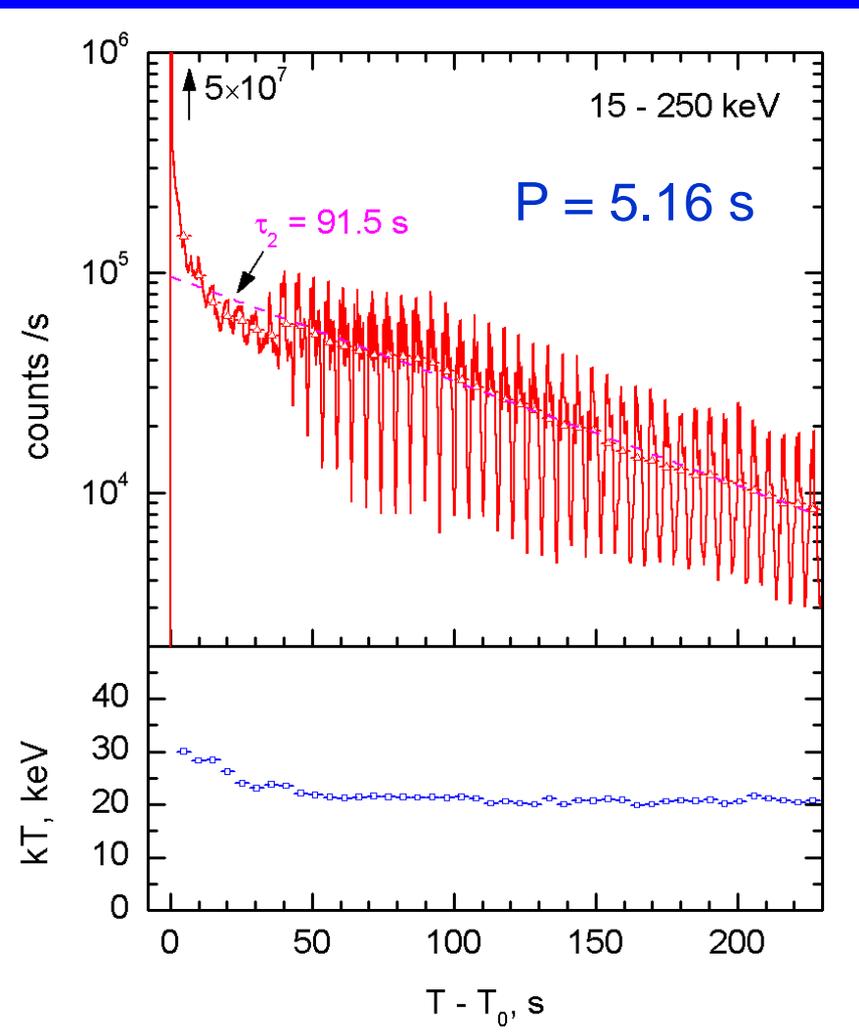
- ▶ $P/(dP/dt) \sim 10^4$ лет – очень молодые нейтронные звезды!
- ▶ $dE_{\text{rot}}/dt \sim 10^{33}$ erg/s $\ll L_x$: источник энергии – магнитное поле

SGR 1806-20

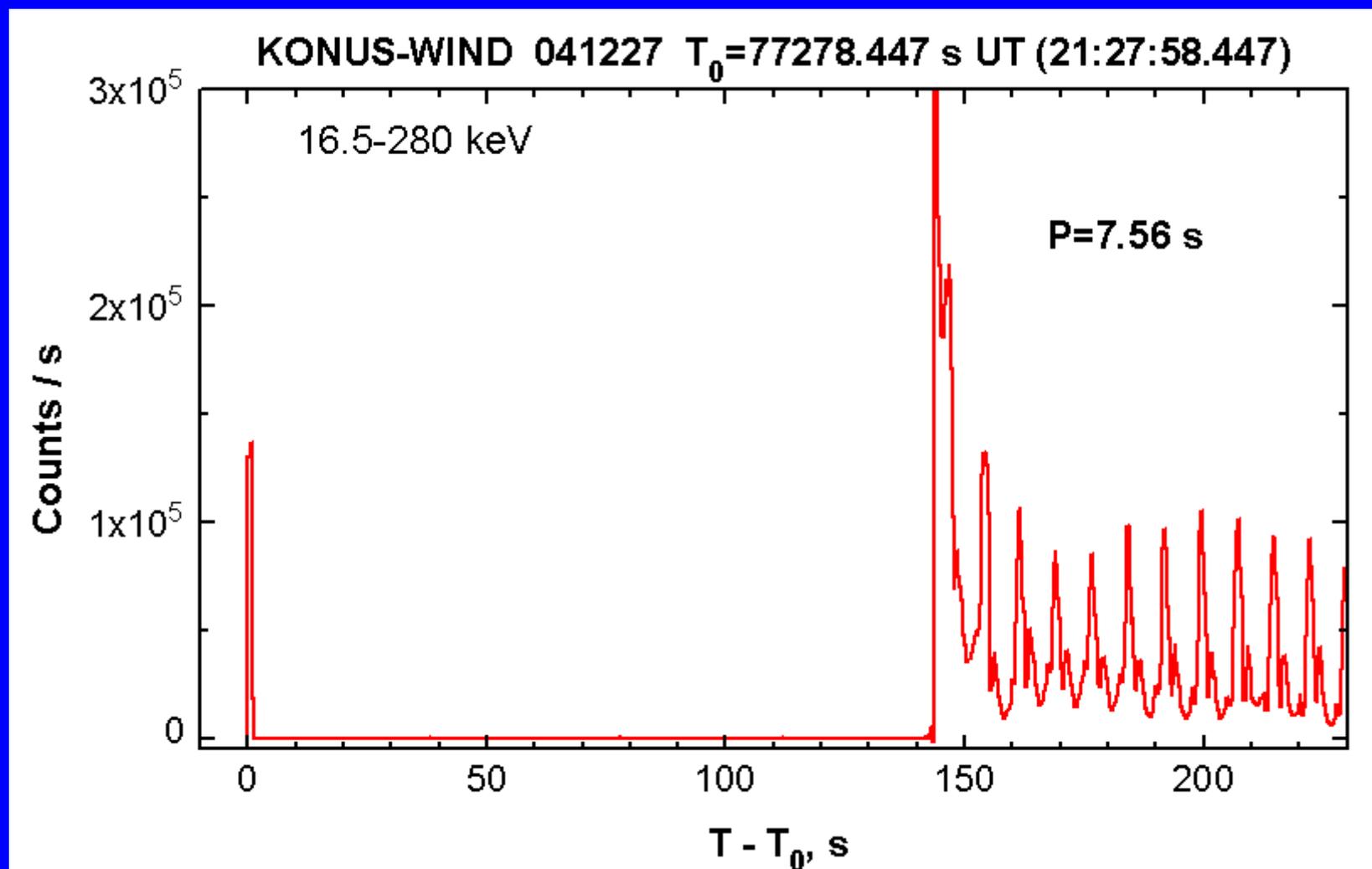


Гигантский всплеск 27 августа 1998 г. (SGR 1900+14)

Конус-Винд
Длительность начального импульса ~ 0.2 сек
Энергия $> 7 \times 10^{43}$ эрг

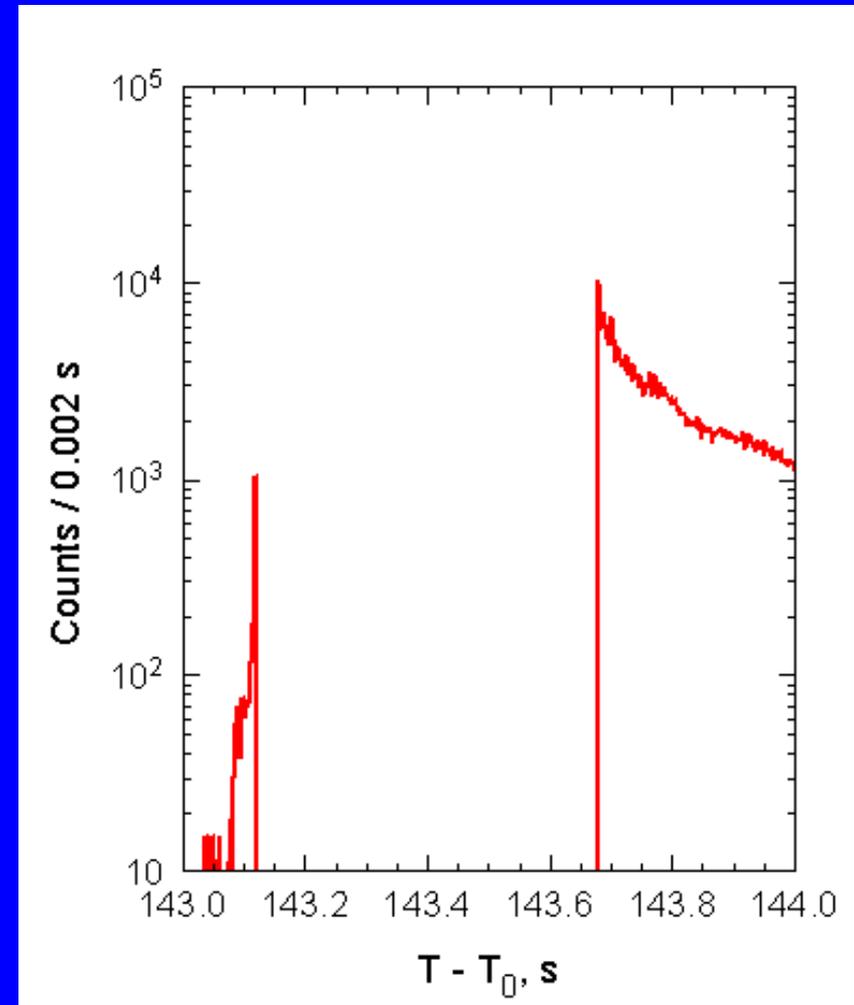
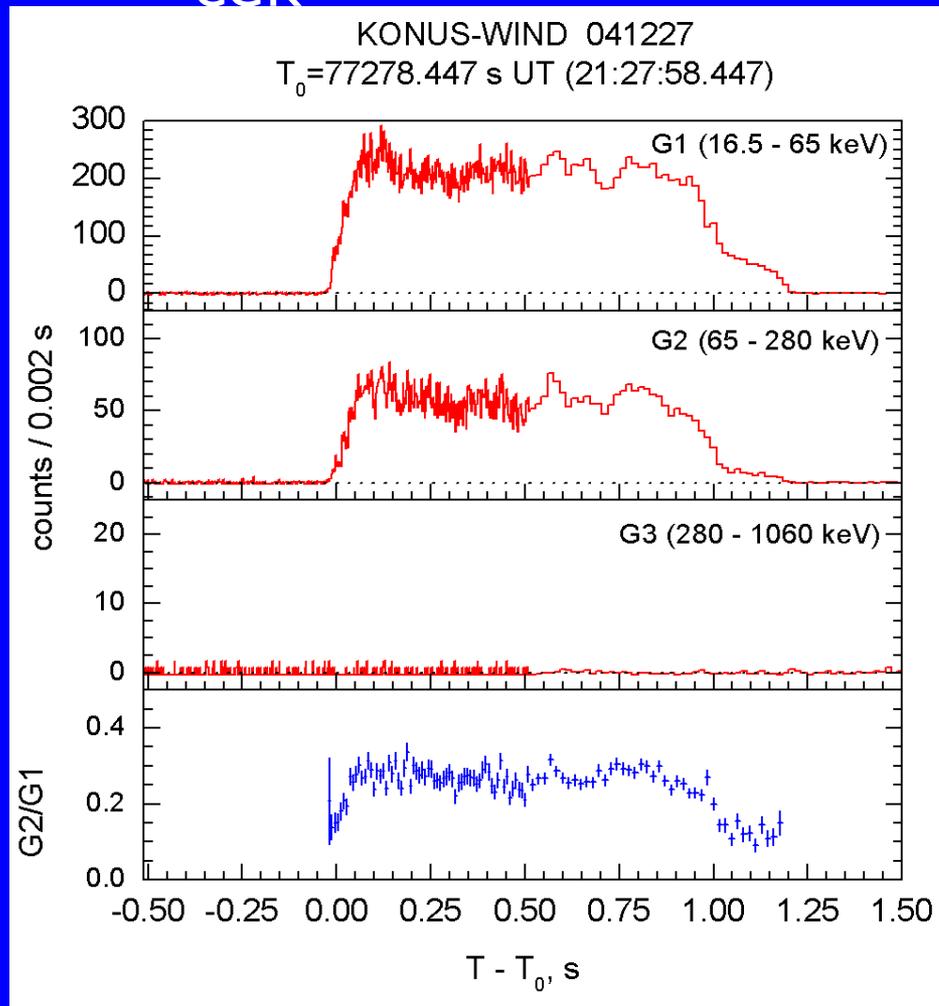


Гигантская вспышка 27 декабря 2004 г. (SGR 1806-20)



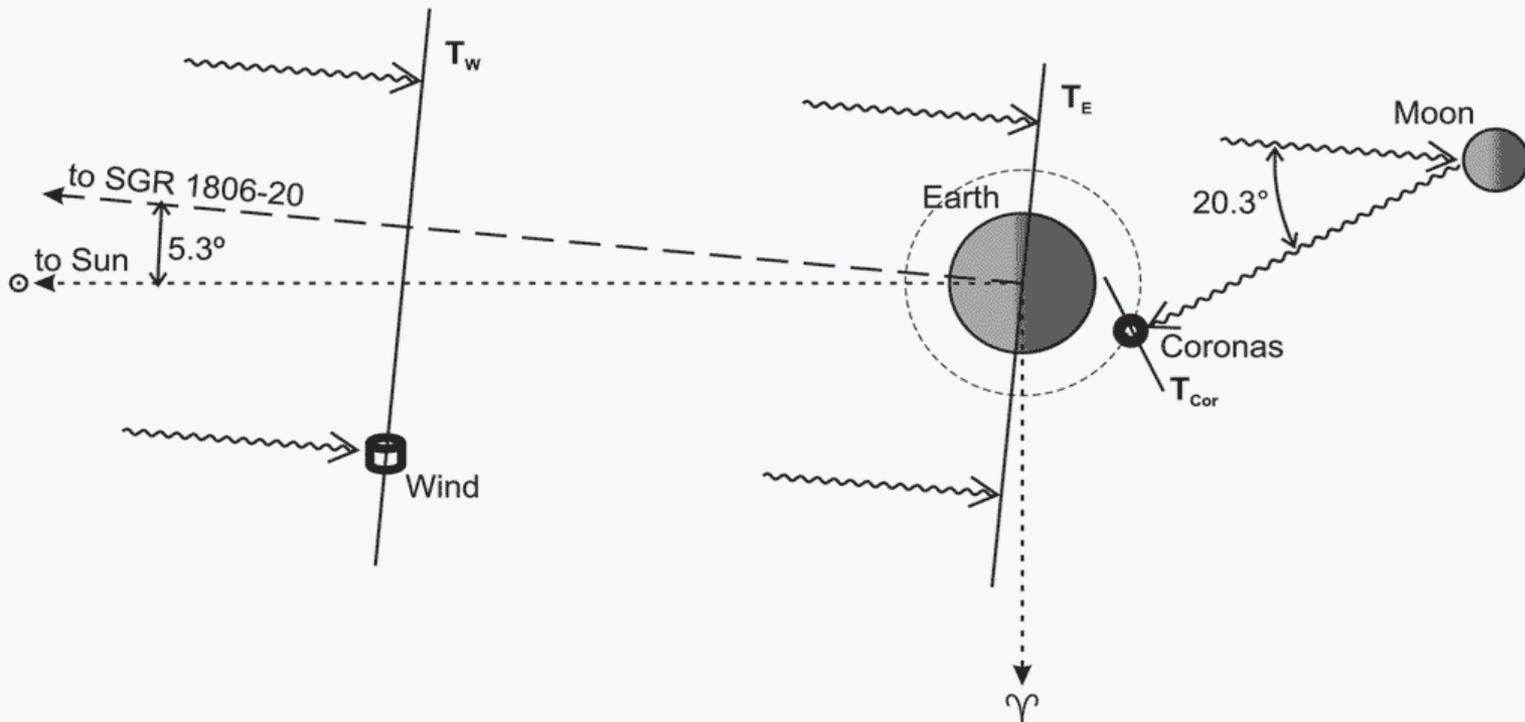
Предшественник и начальный импульс гигантского всплеска 27 декабря

- ▶ Конус-Винд. Полное насыщение длилось ~ 0.6 сек

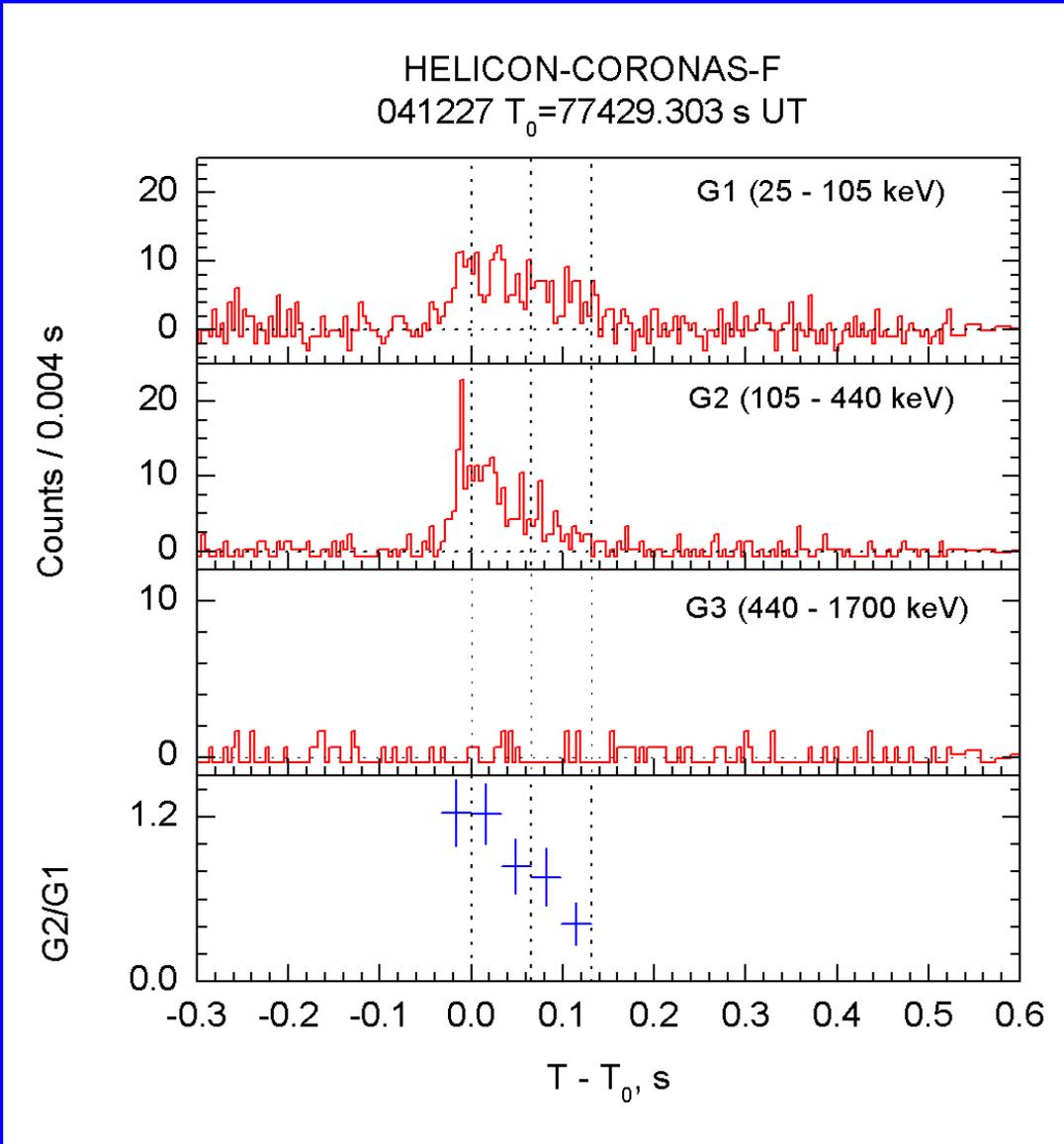


Детектирование отраженного начального импульса детектором Геликон-Коронас-Ф

- ▶ $T_E = T_W + 5.086$ сек; $T_{Cor} = T_W + 7.69$ сек
- ▶ Размытие фронта: $2R_M/c = 11.6$ мсек (R_M – радиус Луны)



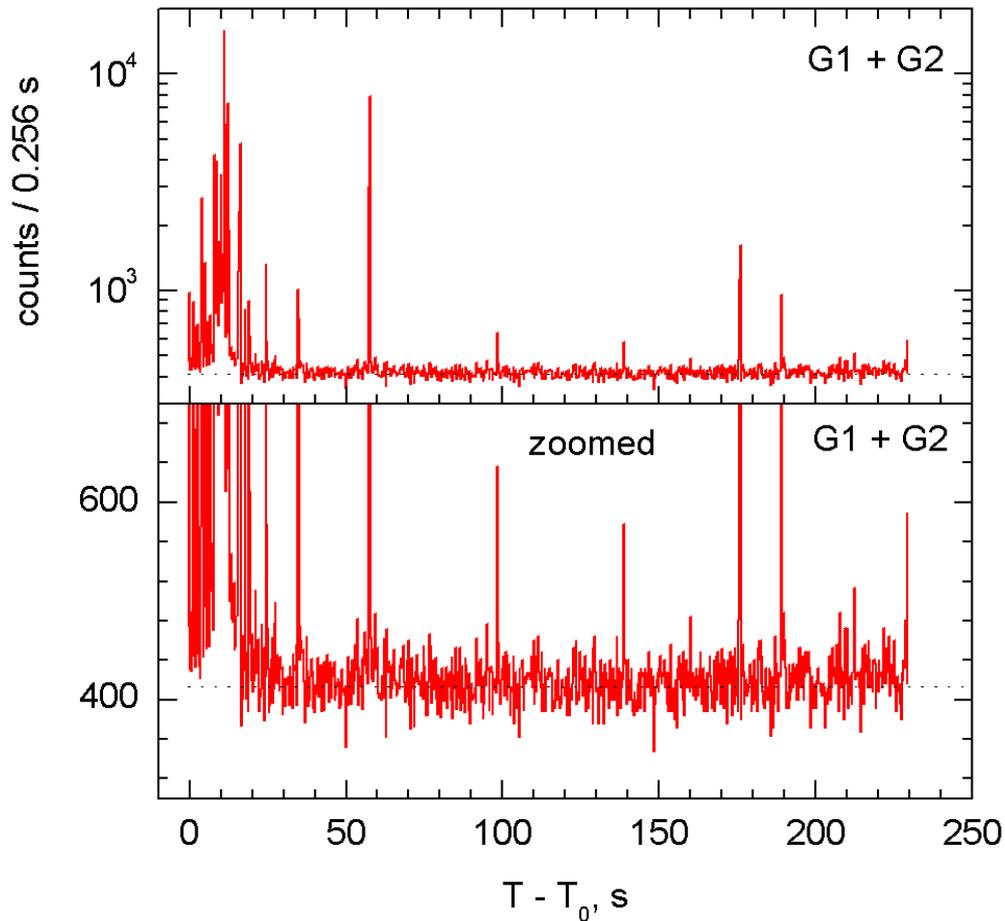
Отраженный начальный импульс



- ▶ Длительность ~ 0.2 сек
- ▶ Заметная спектральная эволюция

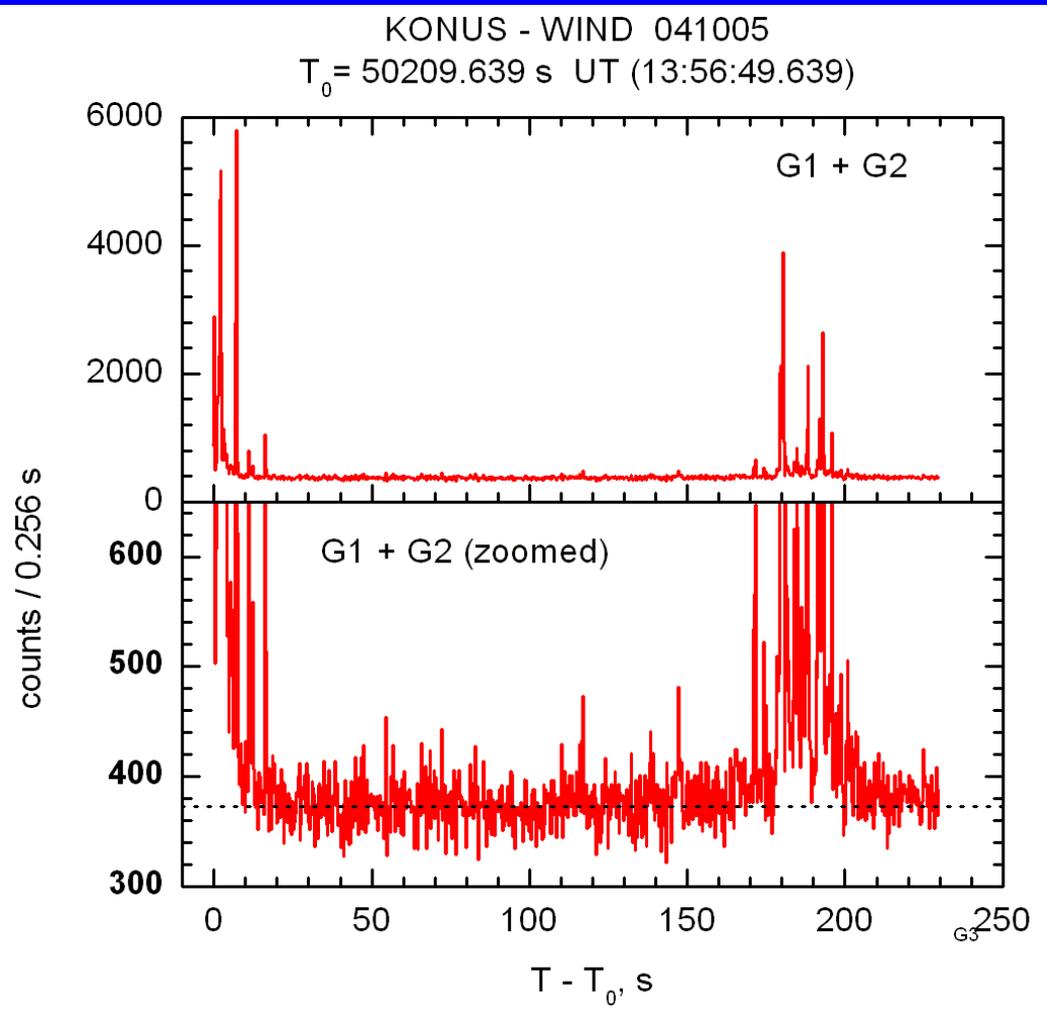
Серия всплесков 30 мая 1998 г. (SGR 1900+14)

KONUS - WIND 980530 SGR 1900+14
 $T_0 = 32615.886$ s UT (09:03:35.886)



- ▶ 89 дня до гигантского всплеска 27 Августа
- ▶ Интегральный поток (>20 кэВ)
 $S = 5.9 \times 10^{-5}$ эрг/см²
[Энергия $Q = 7.1 \times 10^{41}$ эрг для $d = 10$ кпк]

Серия всплесков 5 октября 2004 г. (SGR 1806-20)



- ▶ 83 дня до гигантского всплеска 27 декабря
- ▶ Интегральный поток (>20 кэВ)
 $S = 7.6 \times 10^{-5}$ эрг/см²
[Энергия $Q = 9 \times 10^{41}$ эрг для $d = 10$ кпк]
- ▶ Серия также зарегистрирована INTEGRAL (IBIS/ISGRI)

Anomalous X-ray Pulsars

Identified in the 90's as a class of **persistent** X-ray pulsars with no signs of binary companions and $L_x \gg dE_{\text{rot}}/dt$

THE VERY LOW MASS X-RAY BINARY PULSARS: A NEW CLASS OF SOURCES?

S. MEREGHETTI¹ AND L. STELLA^{2,3}

Received 1994 November 21; accepted 1995 January 9

ABSTRACT

While the distribution of spin periods of high-mass X-ray binaries spans more than four orders of magnitude (69 ms–25 minutes) the few known X-ray pulsars accreting from very low mass companions ($<1 M_{\odot}$) have very similar periods between 5.4 and 8.7 s. These pulsars also display several other similarities, and we propose that they are members of a subclass of low-mass X-ray binaries (LMXBs) with similar magnetic field histories. If they are rotating at, or close to, velocities of the order of a few times $10^{3.5}$ ergs of LMXBs characterized by lower luminosities.

Iron — stars: rotation — X-rays: stars

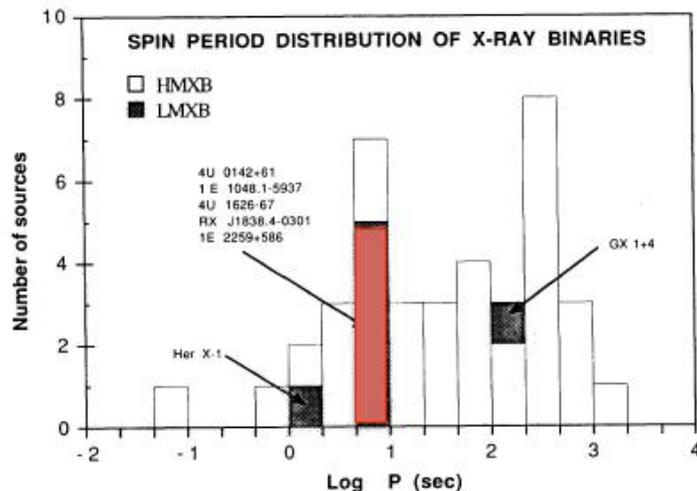


FIG. 1.—The distribution of the spin periods of accreting X-ray pulsars. With the exception of the peculiar systems Her X-1 and GX 1+4, the LMXBs X-ray pulsars have very similar periods between 5.4 and 8.7 s.

Letter to the Editor

On the nature of the 'anomalous' 6-s X-ray pulsars

J. van Paradijs^{1,2}, R.E. Taam³, and E.P.J. van den Heuvel¹

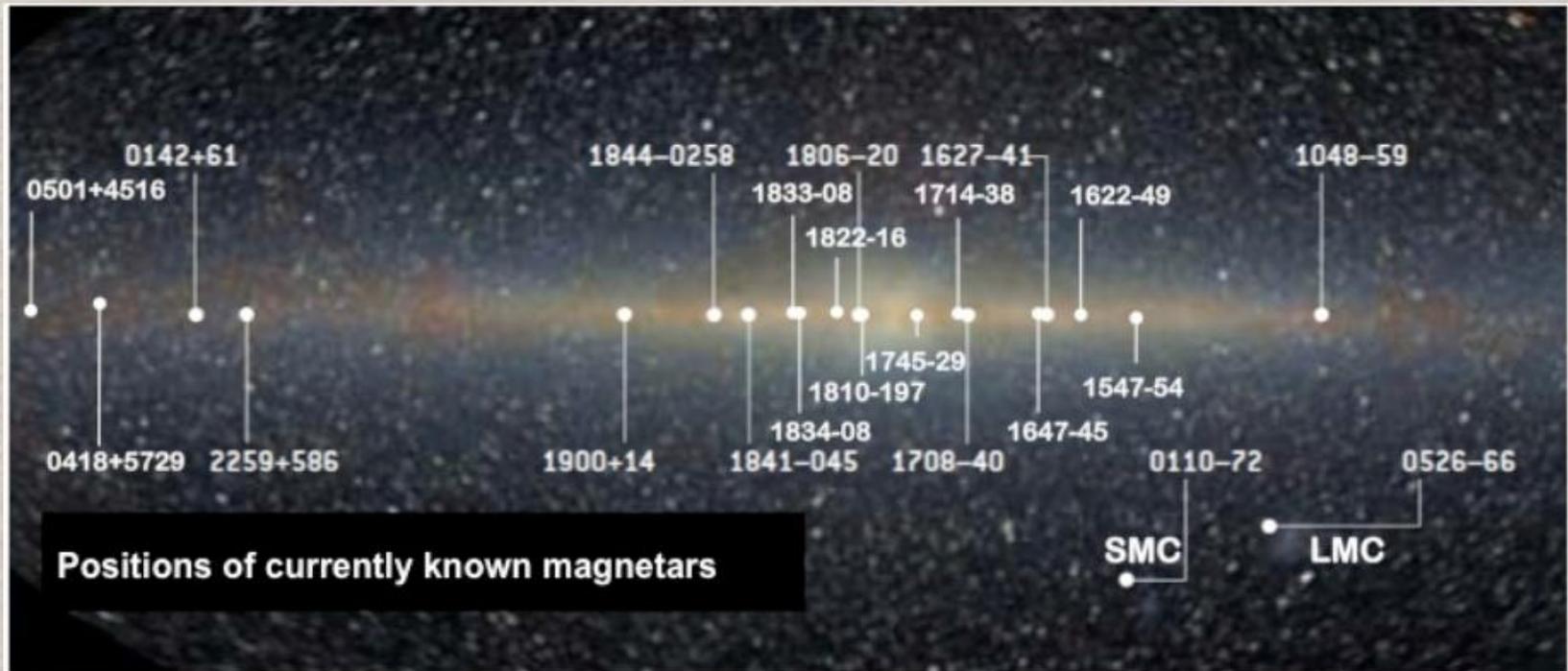
“Historically” two classes of sources:

Mereghetti 2008, Astr. & Astroph. Review 15, 225

- **Soft Gamma-ray Repeaters**
 - Have X-ray counterparts showing all the properties of AXPs
- **Anomalous X-ray pulsars**
 - Most of them emitted “SGR-like” bursts

Generally believed that
AXPs = SGRs = (candidate) magnetars

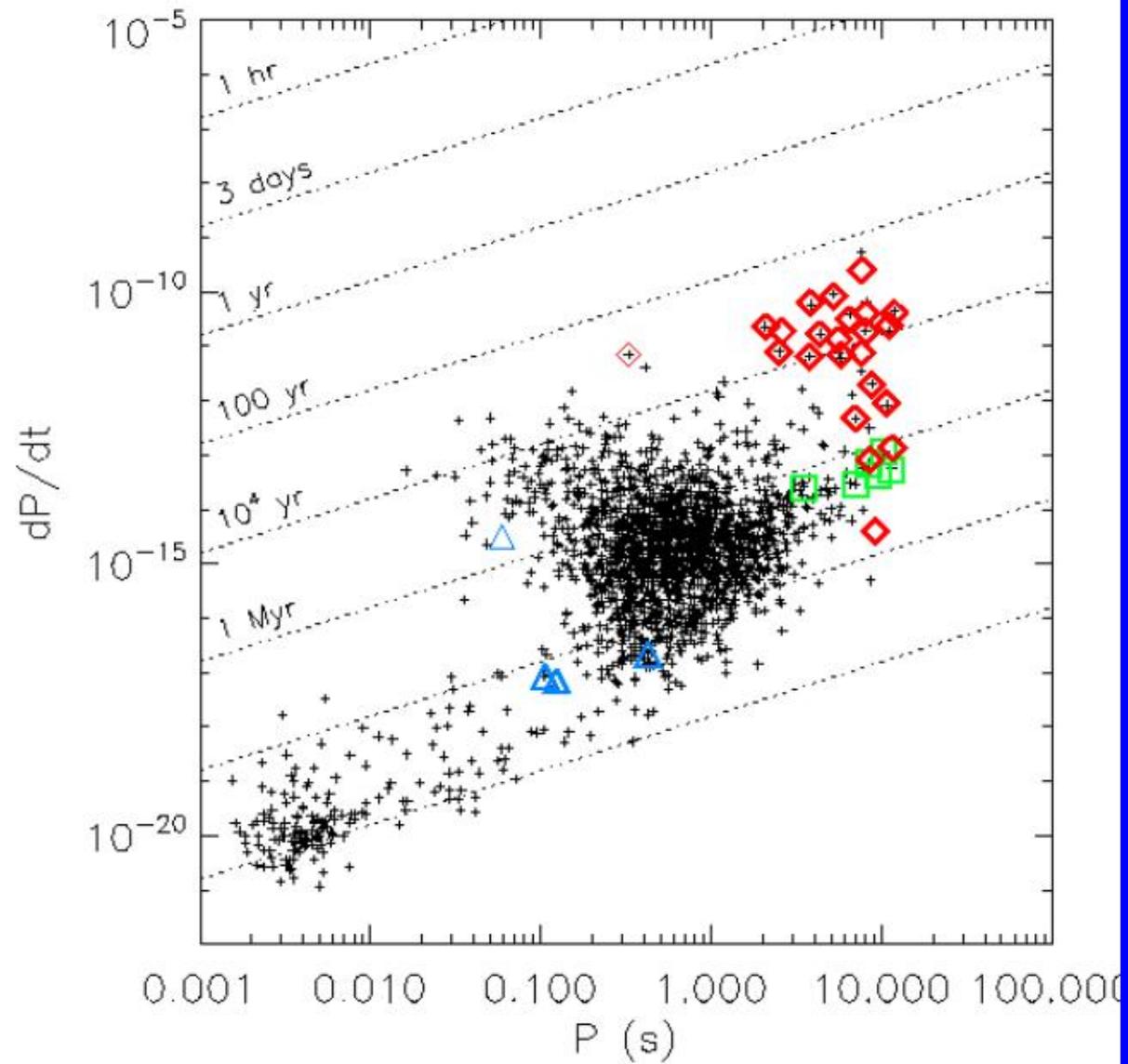
22 confirmed AXP/SGR in the Galaxy and Magellanic Clouds



Many associated with SNRs or clusters of massive stars

Many are transient sources

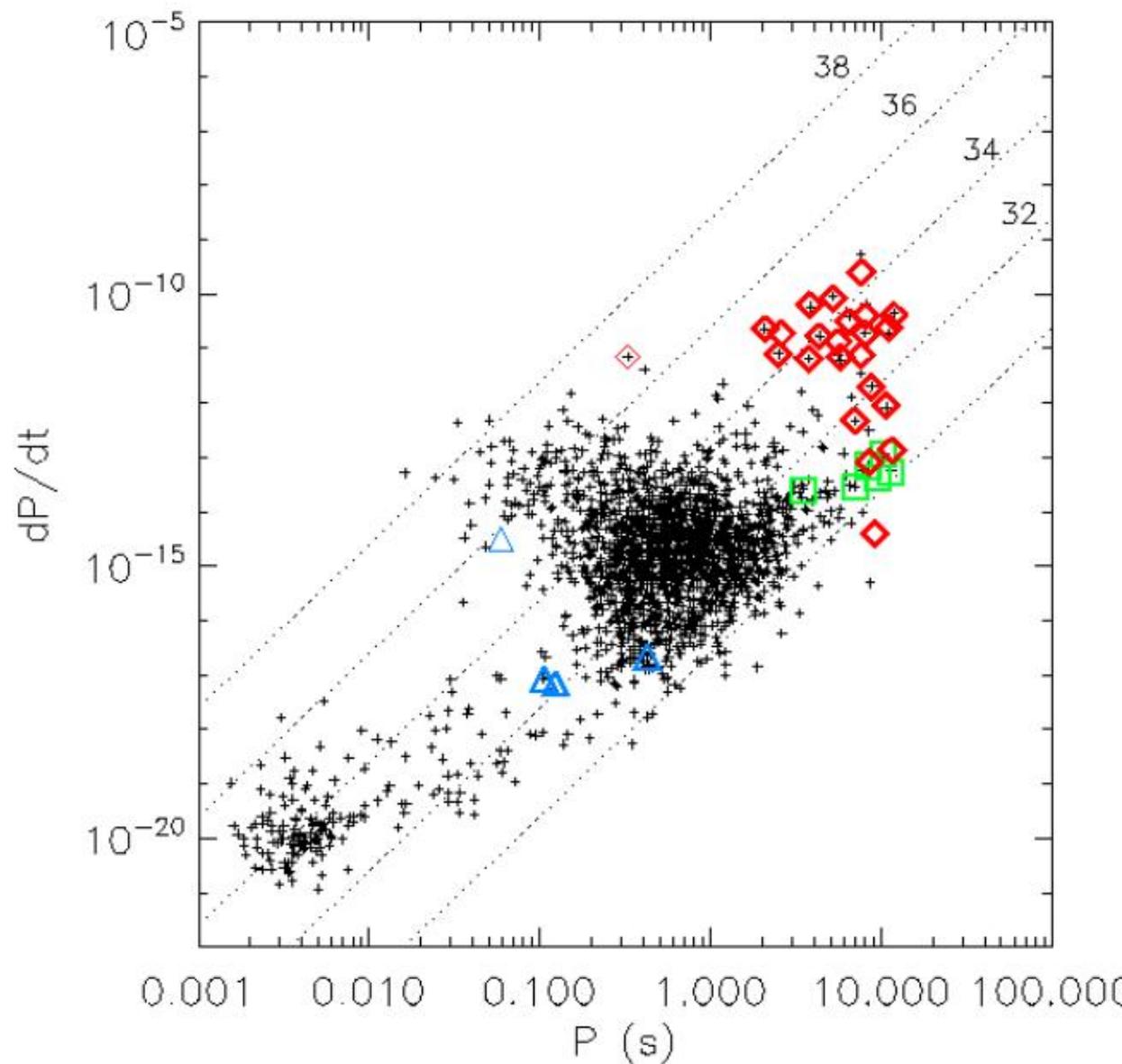
$$\tau = \frac{P}{2\dot{P}}$$



$$\frac{dE_{rot}}{dt} = 4\pi^2 I \dot{P} / P^3$$

$\ll L_x$

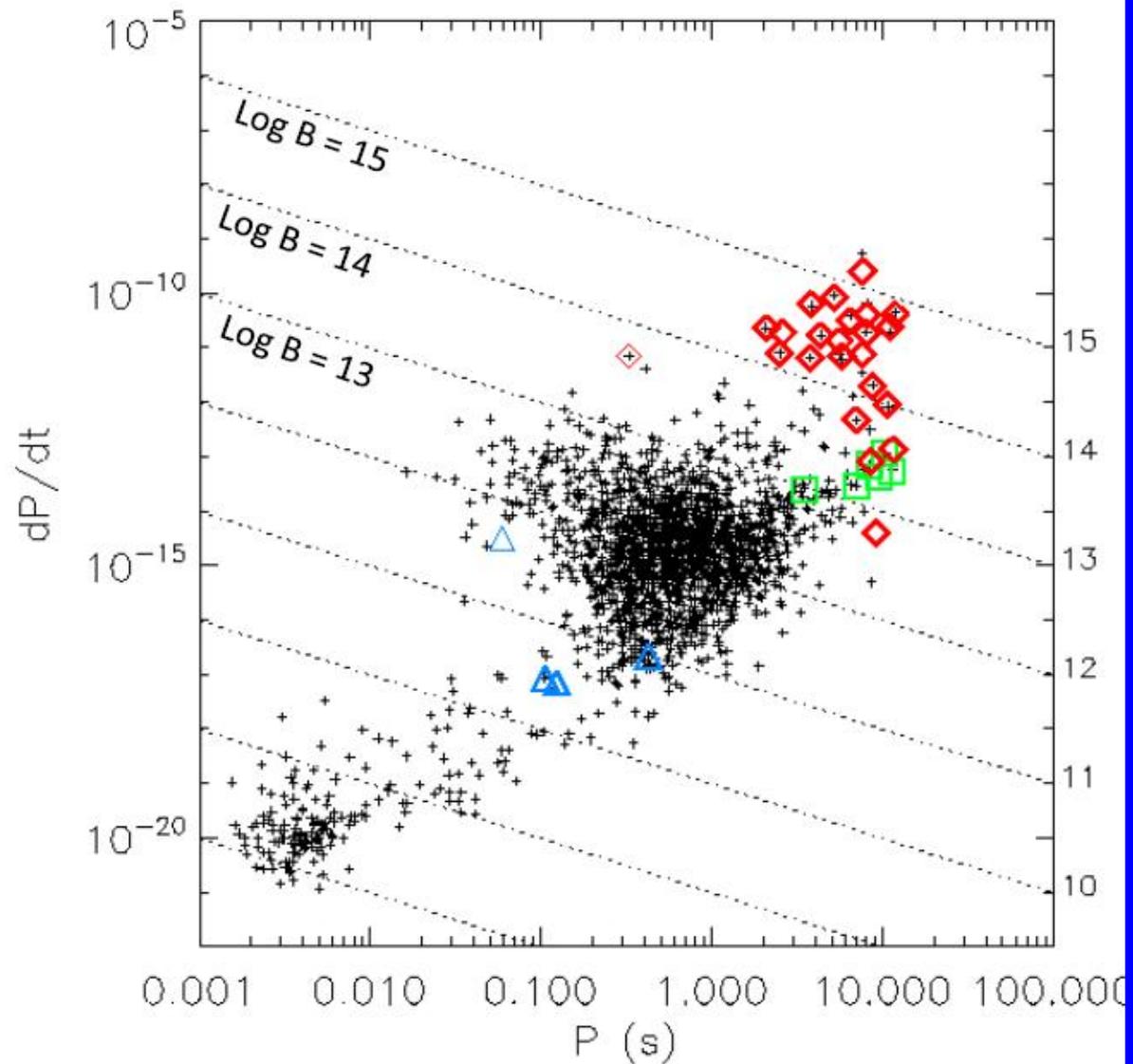
for magnetars



$$\frac{dE_{rot}}{dt} = 4\pi^2 I \dot{P} / P^3$$

$$\frac{dE}{dt} = \frac{1}{6c^3} B^2 R^6 \omega^4 \sin^2 \alpha$$

$$B = 3.2 \cdot 10^{19} \sqrt{P \dot{P}} \text{ Gauss.}$$



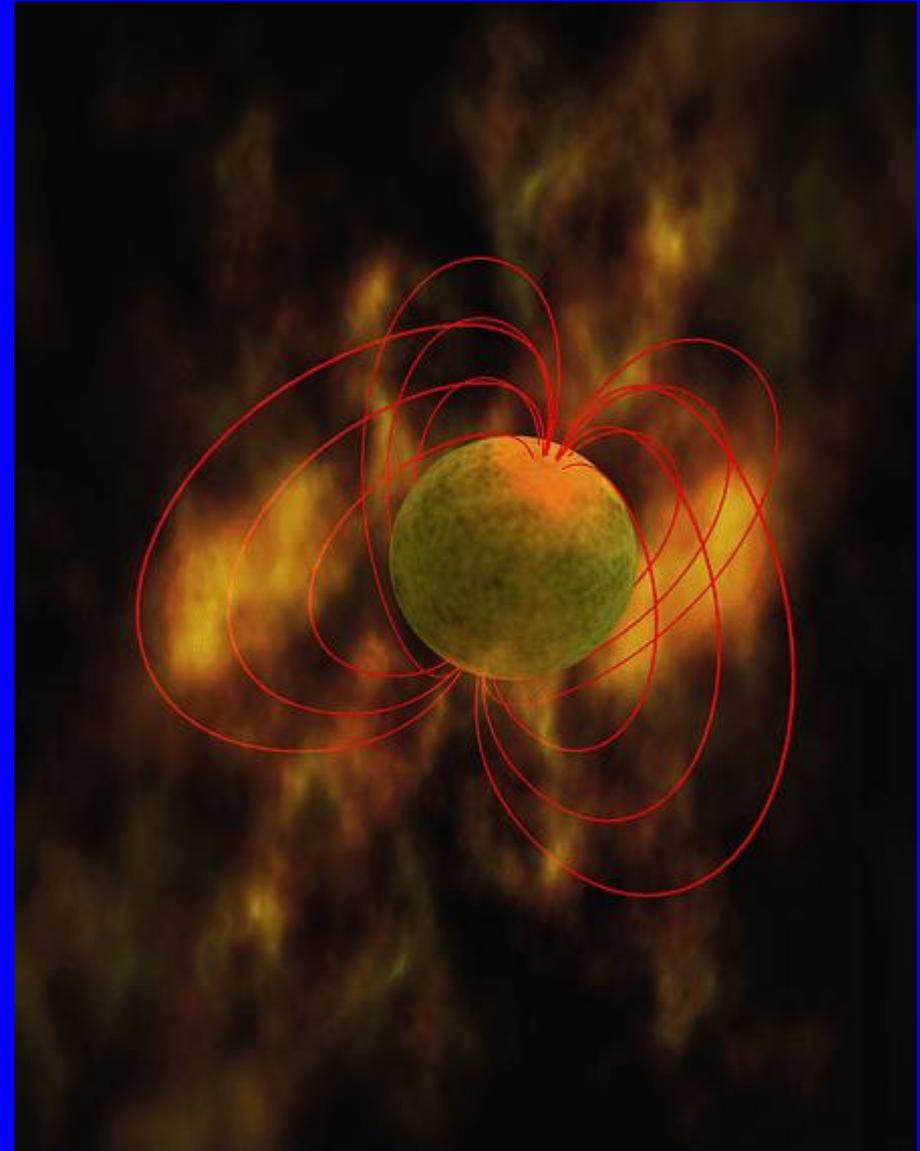
SGRs и AXPs – магнитары!

- ▶ Магнитное поле $\sim 10^{14}$ – 10^{15} Гс – основной источник энергии

Критическое поле
 4.4×10^{13} Гс

Распад фотона, рождение электрон-позитронных пар

- ▶ Звездотрясения

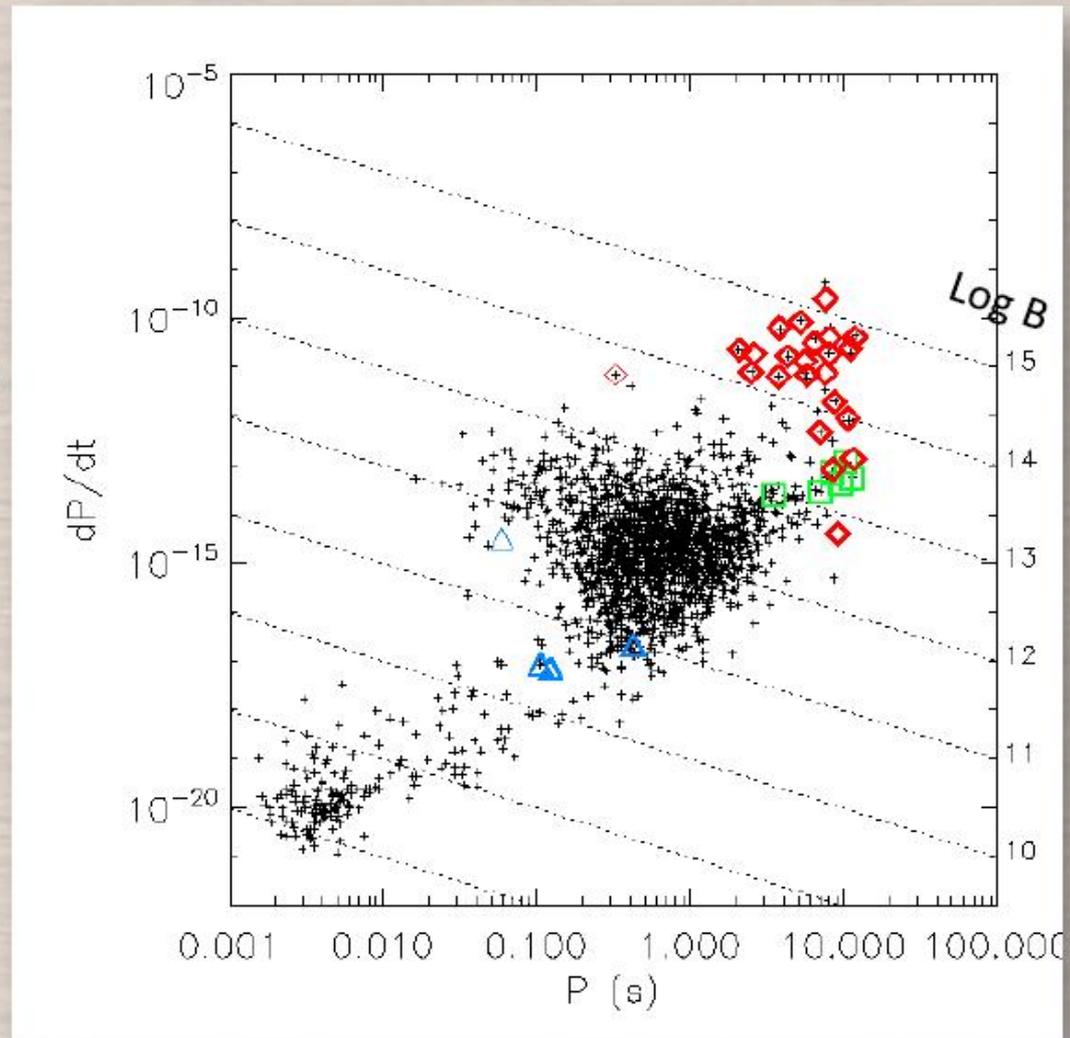


Size matters, but it is not all that matters

High B (radio) pulsars

wrt

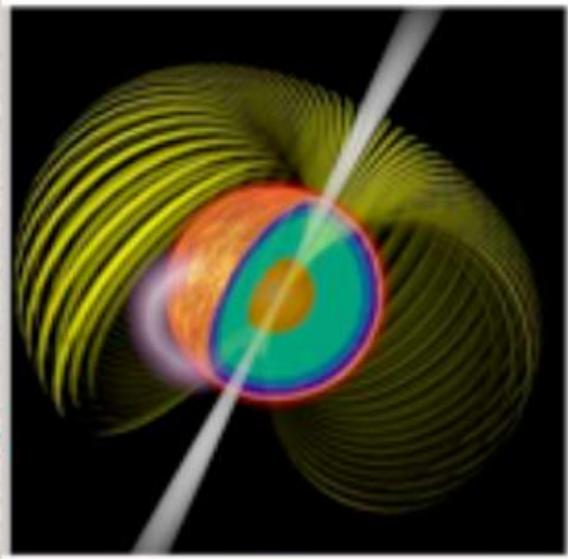
Low B magnetars



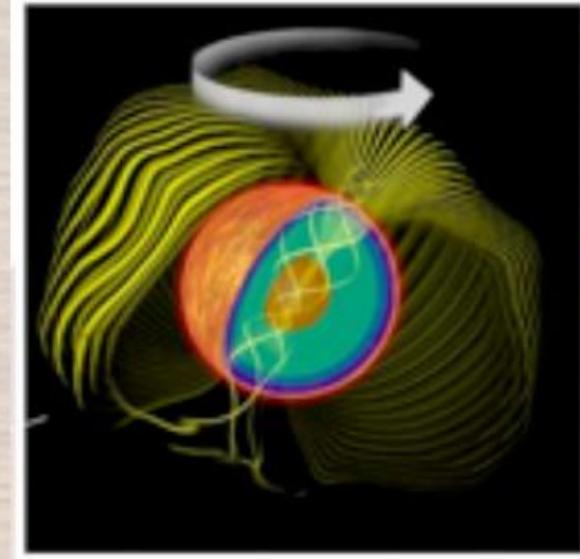
It is **NOT** the dipole magnetic field alone that makes a magnetar

The importance of being twisted

High- B radio PSRs



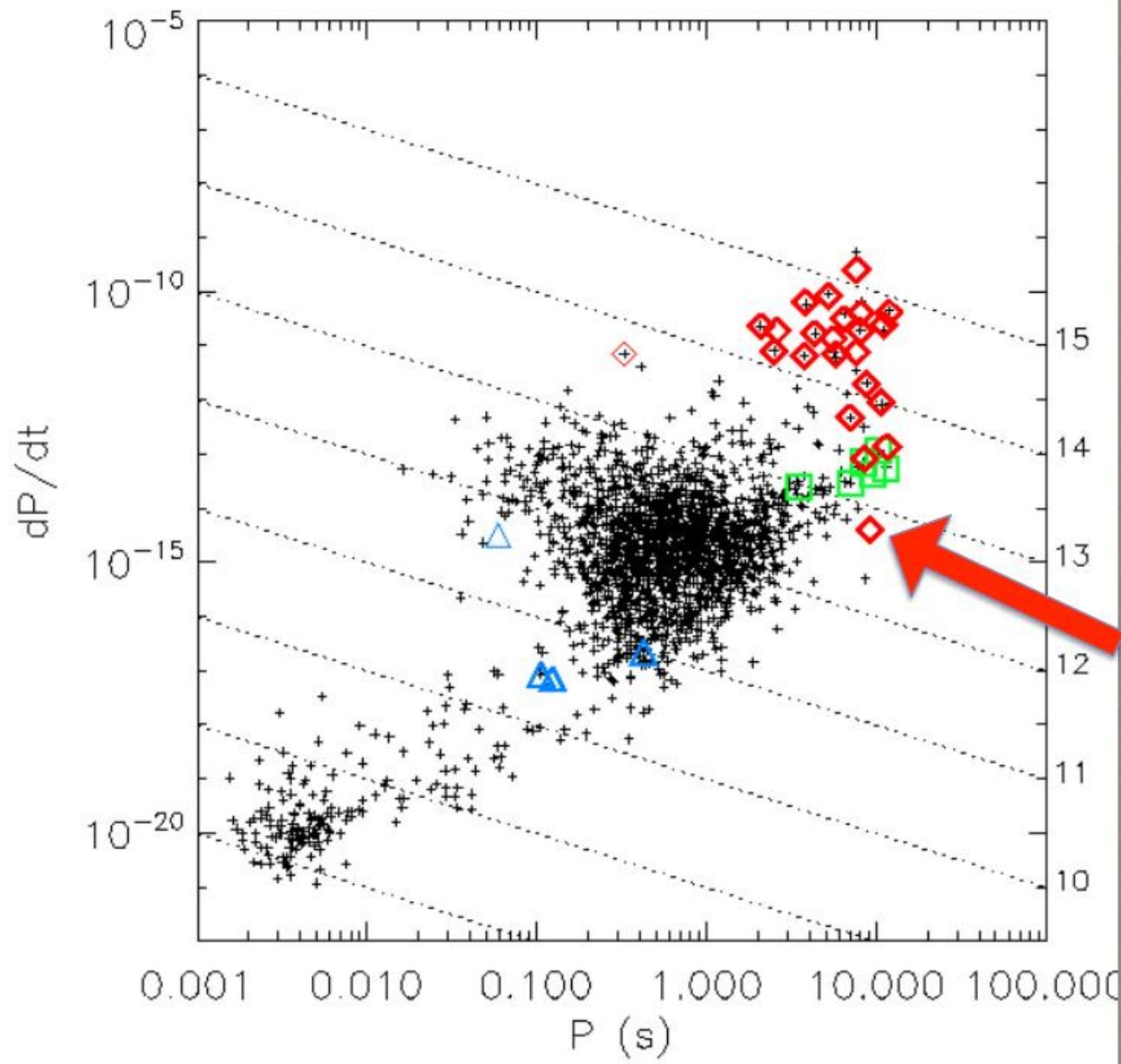
High- B



Magnetars

The internal **TOROIDAL** B produces the crustal displacements responsible for the bursting/outbursting episodes in AXPs/SGRs

(Thompson & Duncan 1995; Thompson et al 2002;
Beloborodov 2009)

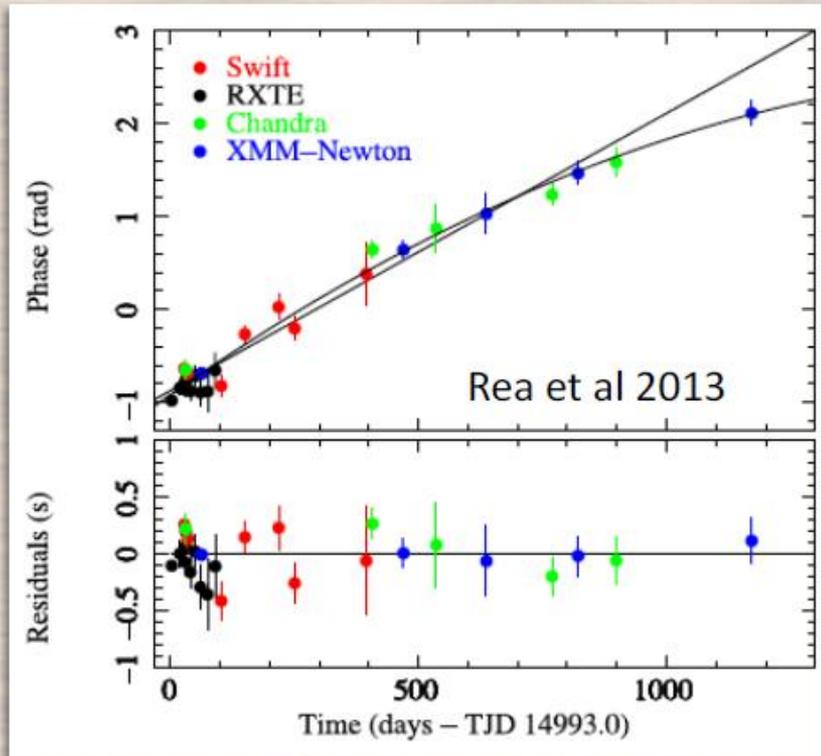


SGR 0418
The magnetar with the
smallest Pdot

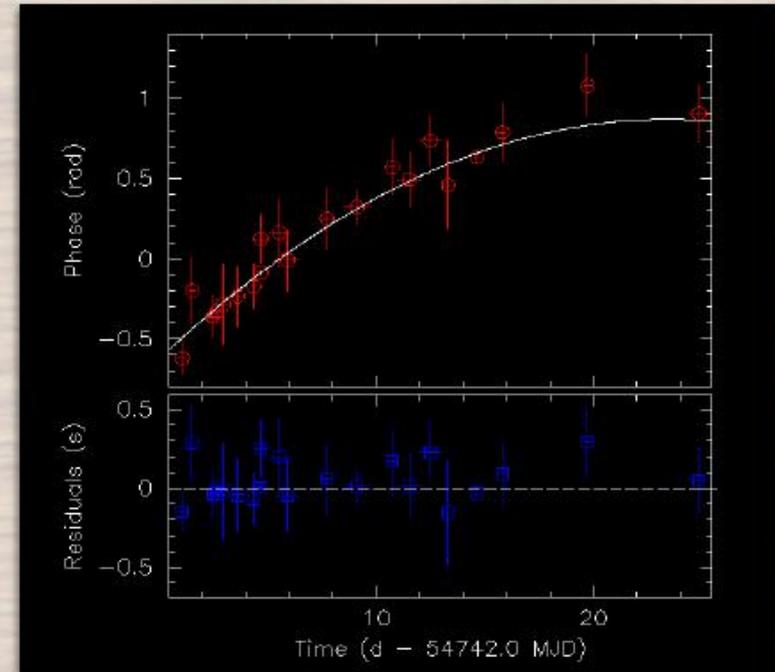
SGR 0418+5729

- Extremely small $\dot{P} = 4 \times 10^{-15} \text{ s s}^{-1} \Rightarrow B_{\text{dip}} \approx 6 \times 10^{12} \text{ G}$

SGR 0418+5729

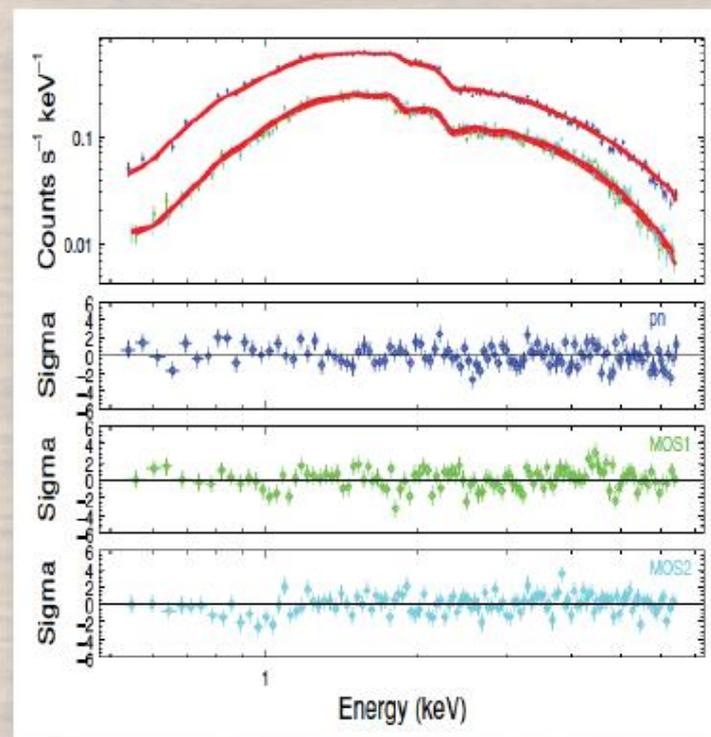
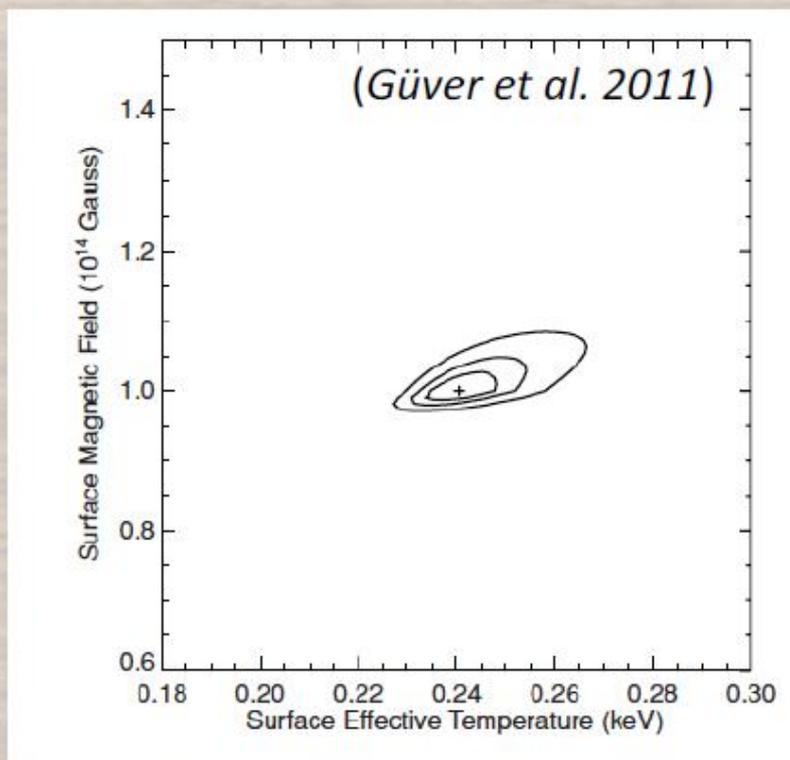


SGR 1833-0832



The high \dot{P} of "normal" magnetars is detected after a few days of phase-connected timing

SGR 0418+5729



- Spectral fit with magnetized NS atmosphere model \rightarrow
 $B=10^{14}$ G
- Strong **MULTIPOLAR** field components on the surface

Что можно ожидать?

- ▶ Недавно открыт магнетар на сравнительно близком расстоянии от Земли в направлении на антицентр Галактики (~ 1 кпк). В случае гигантской вспышки от этого магнетара, поток падающего излучения в ~ 100 раз будет превосходить от предыдущих гигантских всплесков.
- ▶ Также недавно был открыт магнетар, который дал всего две слабые вспышки, при этом магнитное поле у него аномально низкое $\sim 10^{13}$ Гс. Таким образом возможно наличие большого класса «слабых» магнетаров.
- ▶ Будут ли повторные гигантские вспышки?