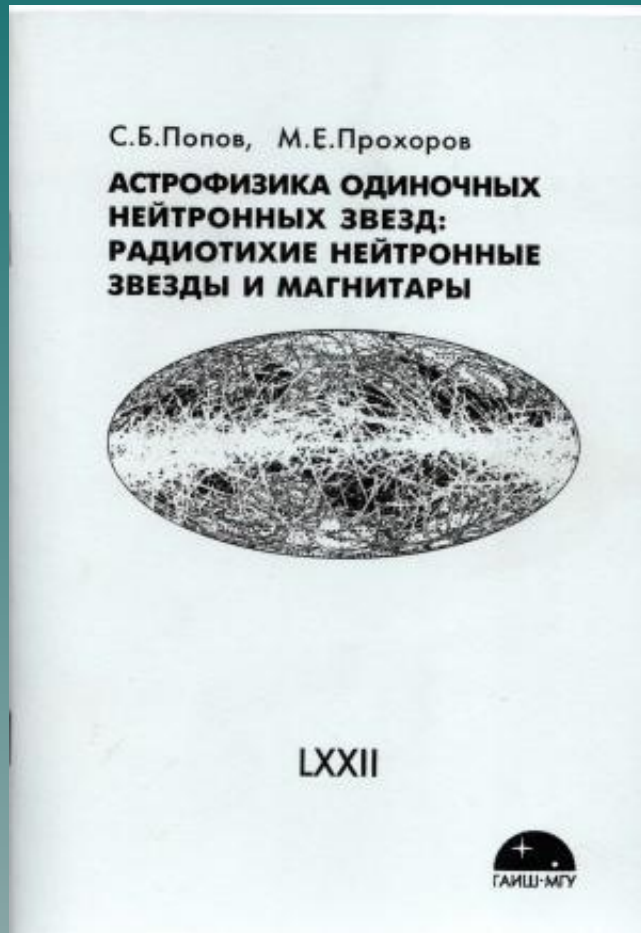


# Зоопарк нейтронных звезд

Сергей Попов  
(ГАИШ МГУ)



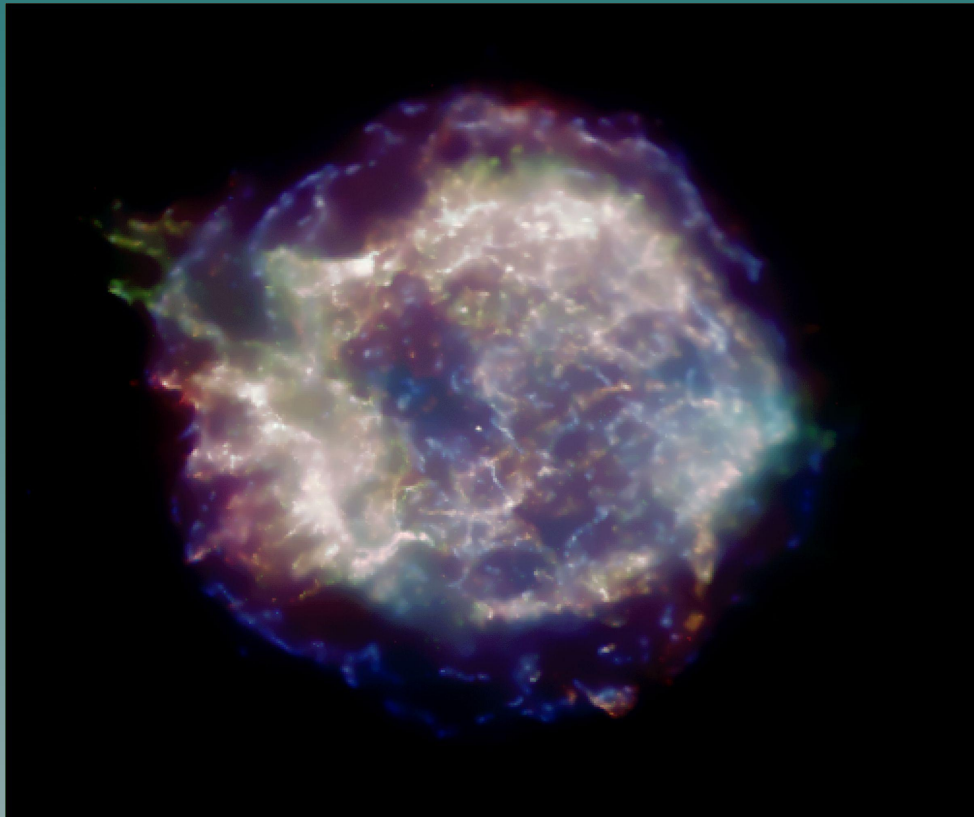
# Зоопарк нейтронных звезд

В последние 10 лет стало ясно, что нейтронные звезды могут рождаться очень разными, совсем непохожими на обычные радиопульсары типа Краба.

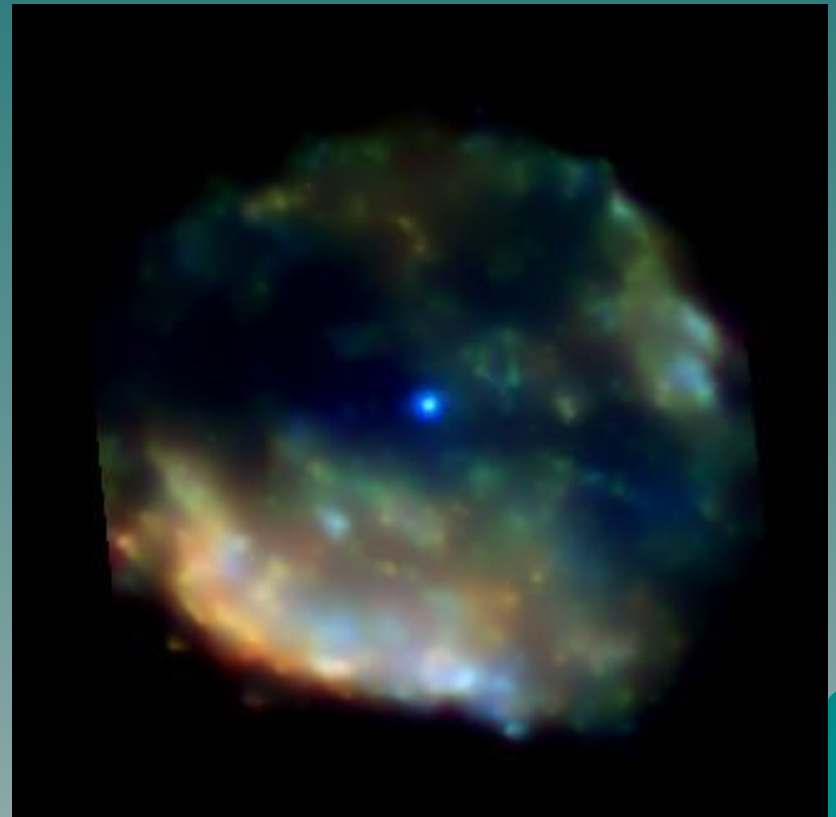
- о Компактные рентгеновские источники в остатках сверхновых
- о Аномальные рентгенов. пульсары
- о Источники мягких повторяющихся гамма-всплесков
- о Великолепная семерка
- о Источники EGRET
- о Транзиентные радиоисточники.....



# Компактные рентгеновские источники в остатках сверхновых



Cas A

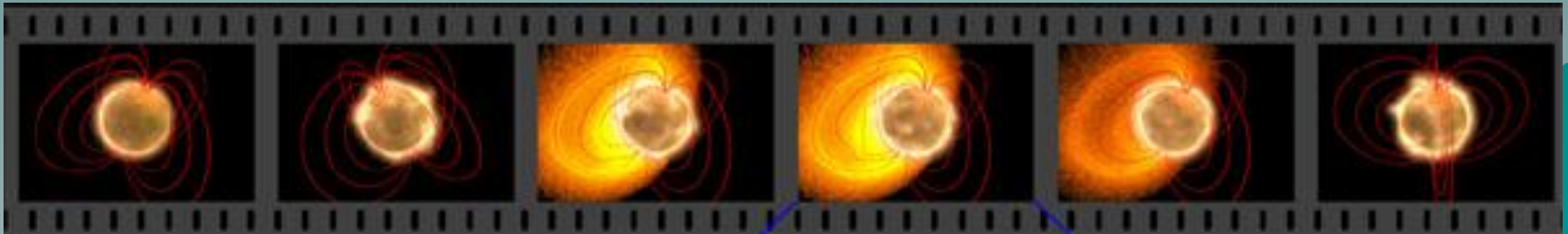


RCW 103

# Магнитары

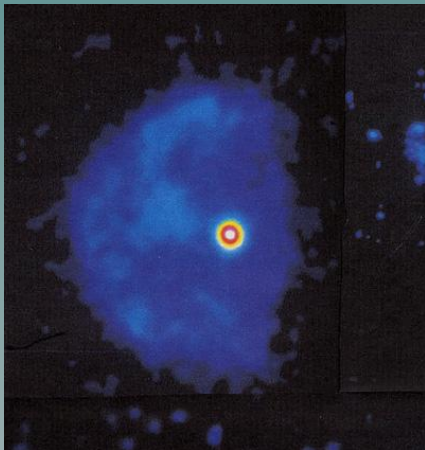
- ◆  $dE/dt > dE_{\text{rot}}/dt$
- ◆ По определению: расходуется энергия магнитного поля НЗ
- ◆  $P - P\dot{}$
- ◆ Прямые измерения магн. поля (Ibrahim et al.)

Магнитные поля  $10^{14} - 10^{15}$  Гс



# Известные магнитары

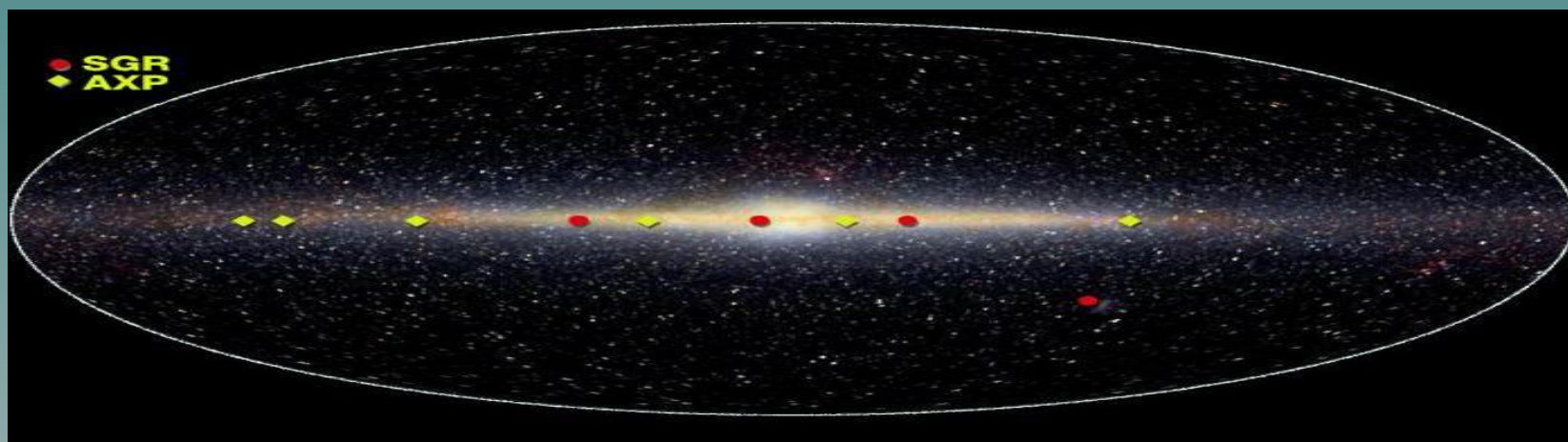
- ◆ SGRs (МПП)
- ◆ 0526-66
- ◆ 1627-41
- ◆ 1806-20
- ◆ 1900+14
- ◆ +кандидаты
- ◆ AXPс (АРП)
- ◆ CXO 010043.1-72
- ◆ 4U 0142+61
- ◆ 1E 1048.1=5937
- ◆ 1 RXS J170849-40
- ◆ XTE J1810-197
- ◆ 1E 1841-045
- ◆ AX J1844-0258
- ◆ 1E 2259+586



(СТВ 109)

# Магнитары в галактике

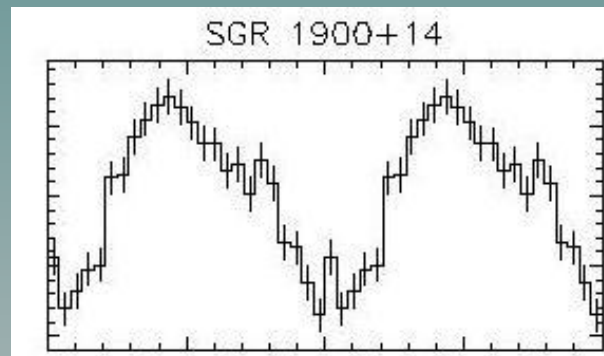
- ◆ 4 МПГ, 8 АРП, плюс кандидаты, плюс радиопульсары с большими магнитн. полями ...
- ◆ Молодые объекты (около  $10^4$  лет).
- ◆ Возможно около 10% всех НЗ.



# МПГ: периоды и гигантские ВСПЫШКИ

	Р, сек	Вспышки
◆ 0526-66	8.0	5 Март 1979
◆ 1627-41	6.4	18 Июнь 1998 (?)
◆ 1806-20	7.5	24 Дек 2004
◆ 1900+14	5.2	27 Авг 1998

+ кандидаты

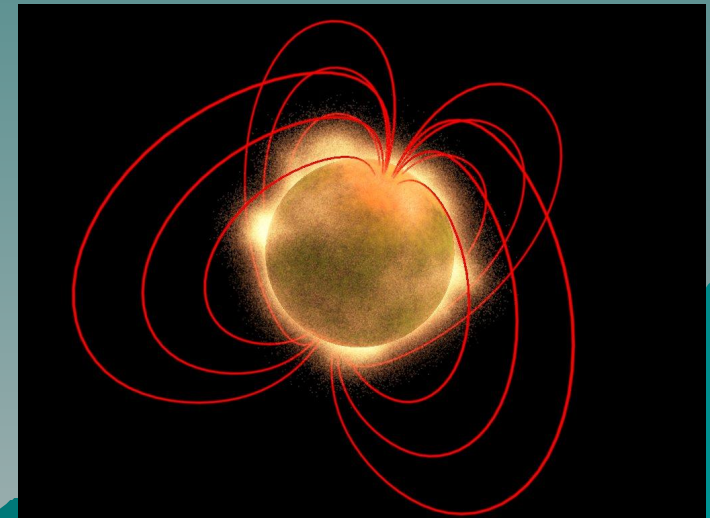
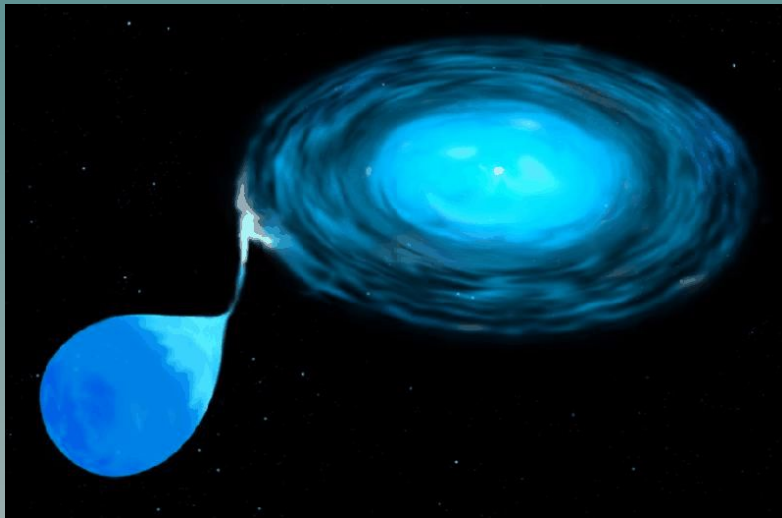


См. обзор в  
Woods, Thompson  
[astro-ph/0406133](https://arxiv.org/abs/astro-ph/0406133)

# Аномальные рентгеновские пульсары

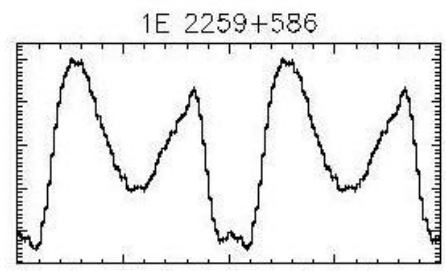
Выделены в отдельную группу в 1995 г.  
(Mereghetti, Stella 1995 Van Paradijs et al.1995)

- Близкие периоды (5-10 секунд)
- Постоянное замедление
- Отсутствие оптических компаньонов
- Относительно слабая светимость
- Постоянная светимость





# Известные АРП

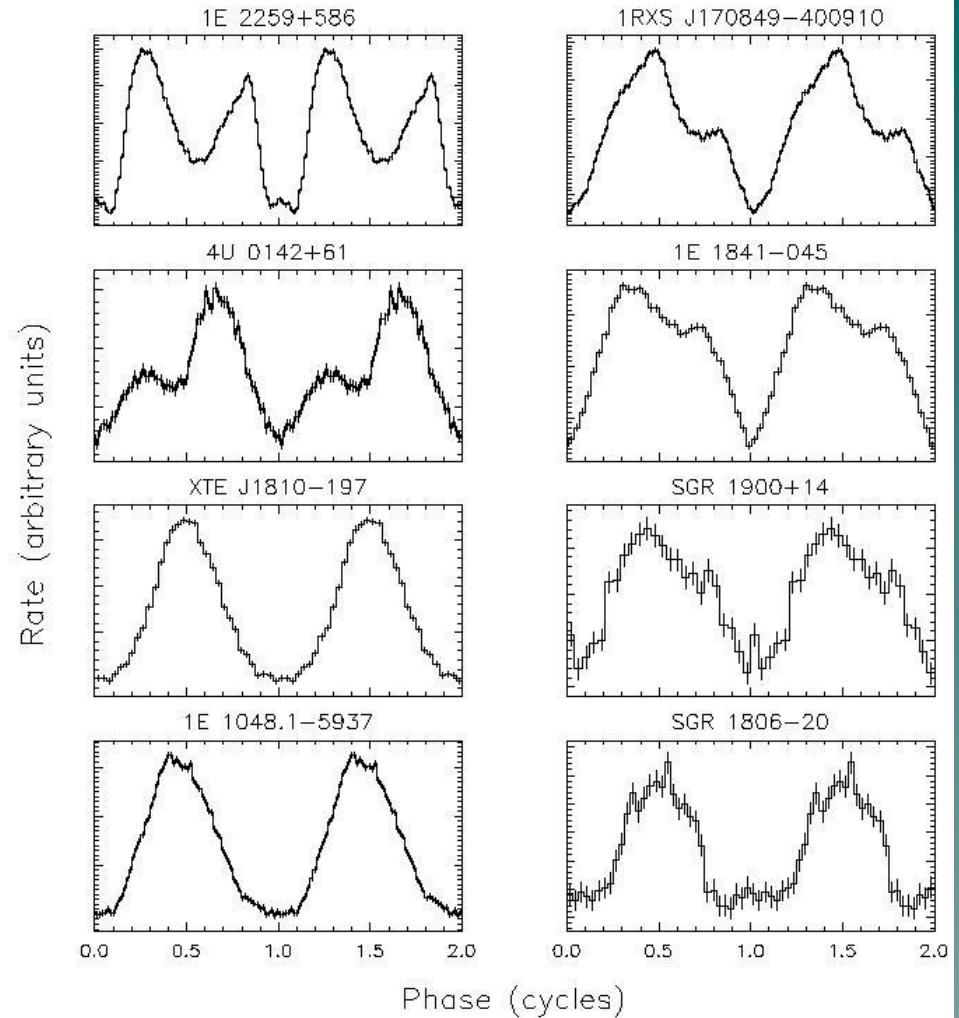
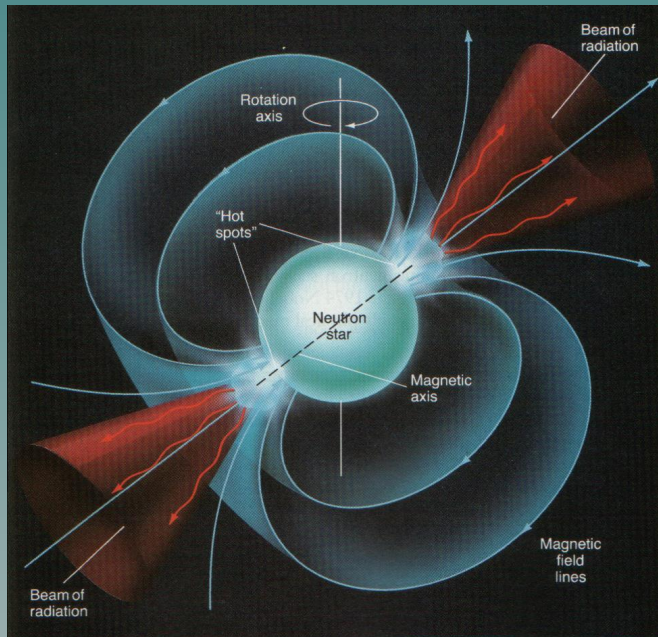


Источник

Период, сек

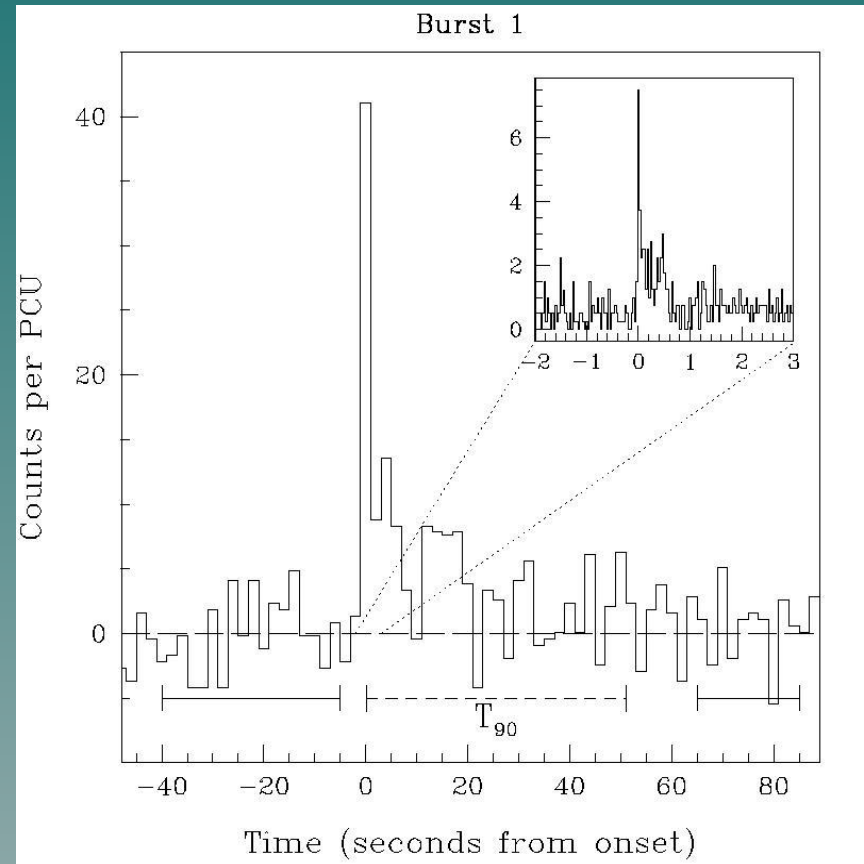
CXO 010043.1-72	8.0
4U 0142+61	8.7
1E 1048.1-5937	6.4
1RXS J170749-40	11.0
XTE J1841-197	5.5
1E 1841-045	11.8
AX J1844-0258	7.0
1E 2259+586	7.0

# Показаны профили импульсов нескольких АРП и МПГ



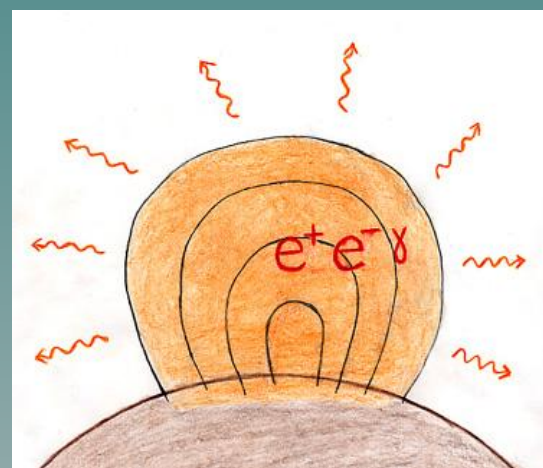
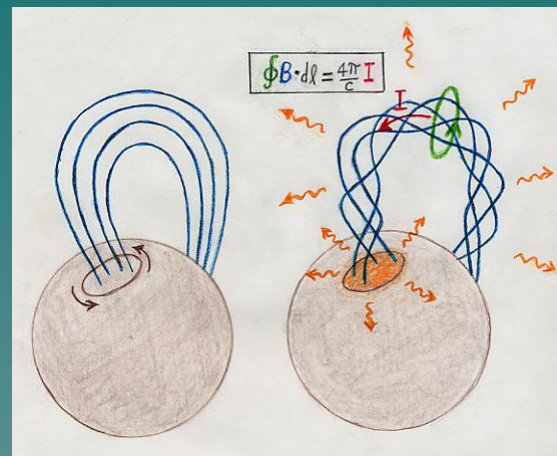
# МПГ и АРП – близнецы-братья?

- ◆ Вспышки от АРП
- ◆ Спектральные свойства
- ◆ Неактивные периоды у МПГ (0525-66 с 1983)



# Теория магнитаров

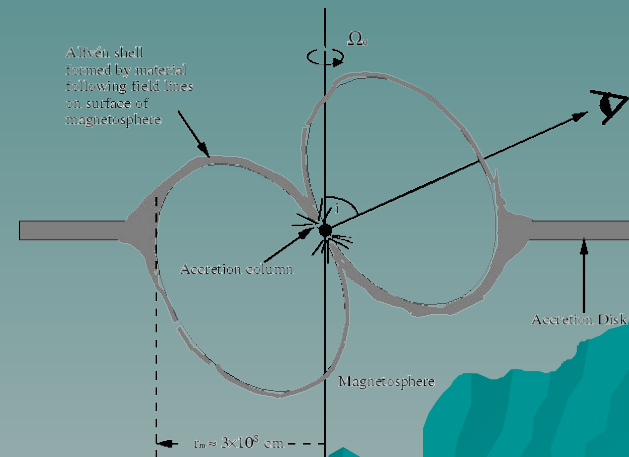
- ◆ Thompson, Duncan  
ApJ 408, 194 (1993)
- ◆ Конвекция в молодой  
НЗ приводит к  
генерации сильного  
магнитного поля
- ◆ Перестройка структуры  
магнитного поля



(Рисунки с веб-страницы Дункана)

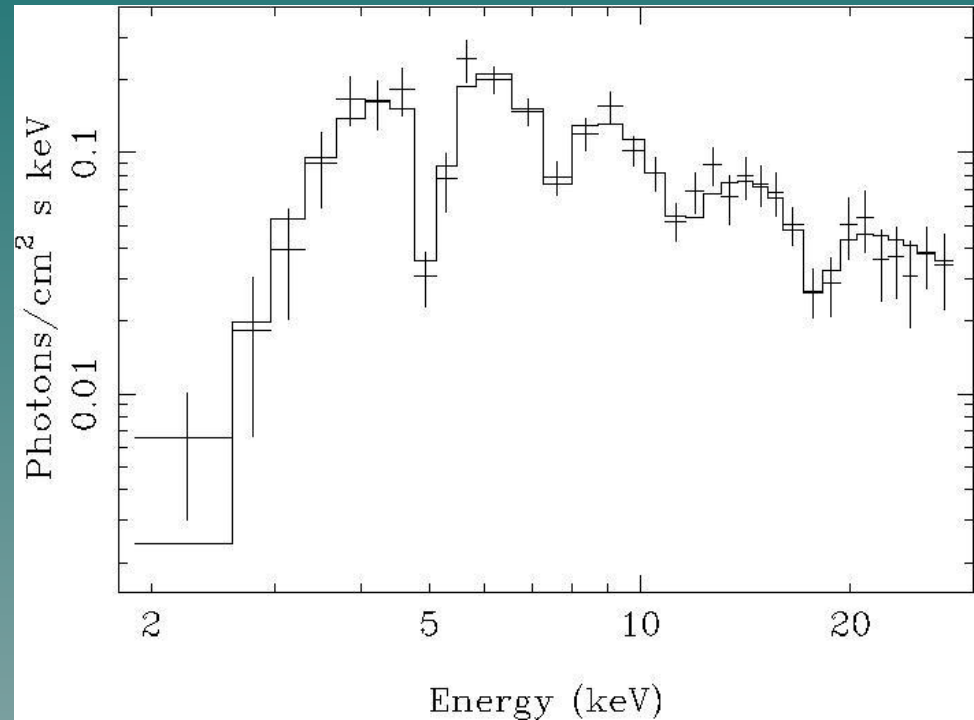
# Альтернативная теория

- ◆ Остаточный диск
- ◆ Mereghetti, Stella 1995
- ◆ Van Paradijs et al. 1995
- ◆ Alpar 2001
- ◆ Marsden et al. 2001
- ◆ Проблемы .....
- ◆ Как сгенерировать сильные всплески?



# Измерения магнитного поля

- ◆ Прямые измерения магнитного поля МПГ
- ◆ Замедление вращения
- ◆ Длинные периоды вращения

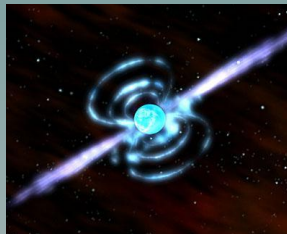


Ibrahim et al. 2002

# Основные типы активности МПГ

- ◆ Слабые всплески.  $L < 10^{41}$  эрг/с
- ◆ Промежуточные.  $L = 10^{41} - 10^{43}$  эрг/с
- ◆ Гигантские.  $L < 10^{45}$  эрг/с
- ◆ Гипервспышки.  $L > 10^{46}$  эрг/с

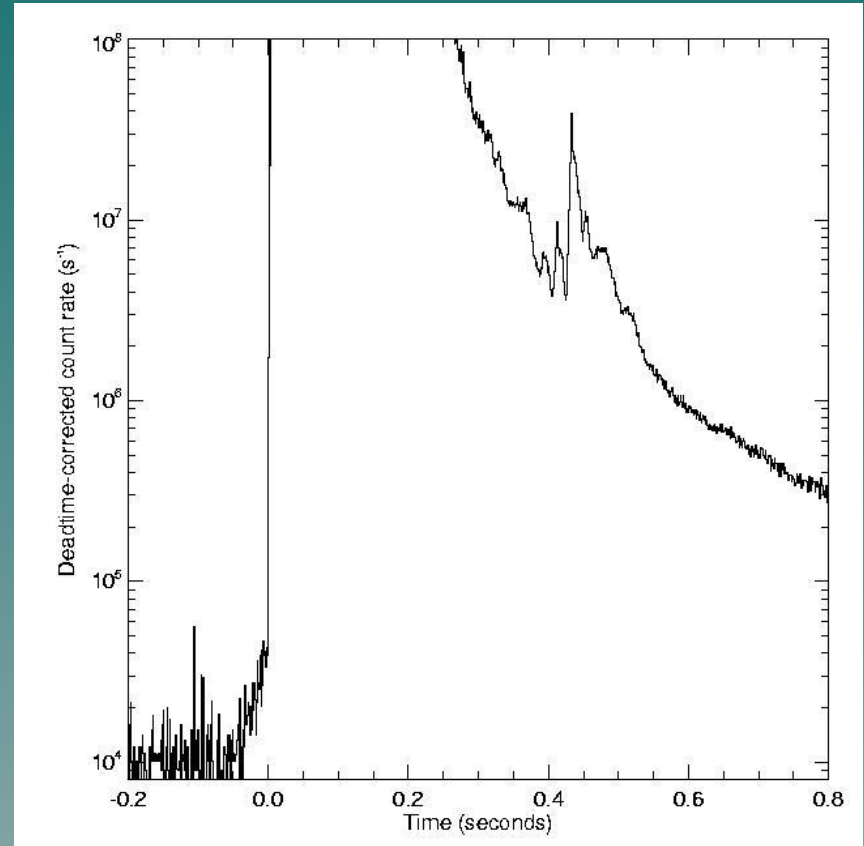
*Распределение по мощности  
подобно распределению  
землетрясений по магнитуде*



Обзор в статье  
Woods, Thompson  
[astro-ph/0406133](https://arxiv.org/abs/astro-ph/0406133)

# Гигантская вспышка источника МПГ

- ◆ 27 декабря 2004 гигантская вспышка SGR 1806-20 была зарегистрирована множеством спутников: Swift, RHESSI, Konus-Wind, Coronas-F, Integral, HEND, ...
- ◆ В 100 раз ярче, чем все предыдущие!

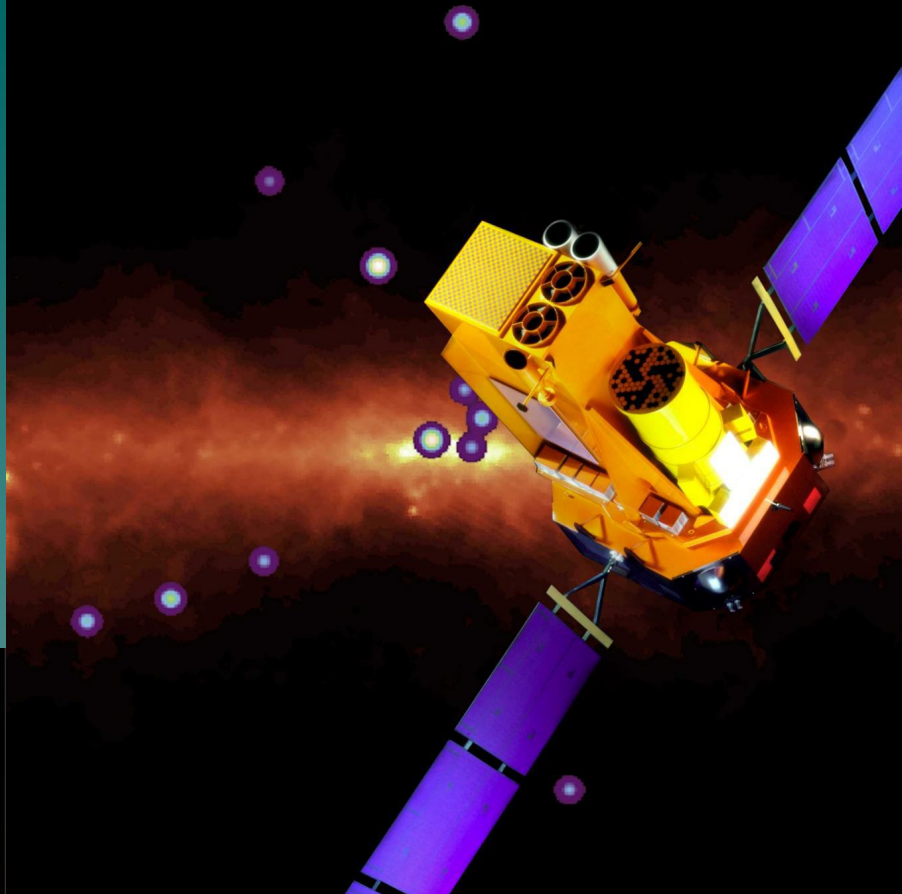


Palmer et al.  
astro-ph/0503030





C  
O  
R  
O  
N  
A  
S  
-  
F



Integral

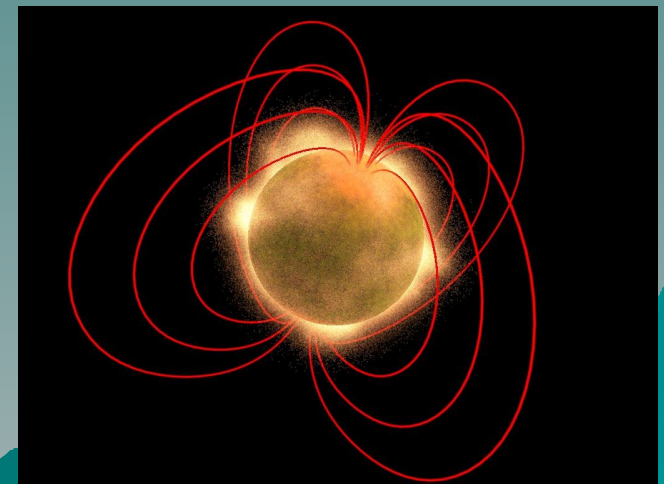
RHESSI



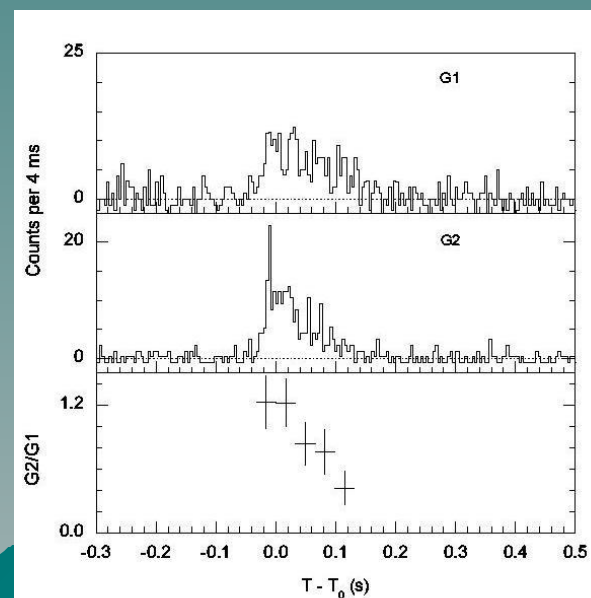
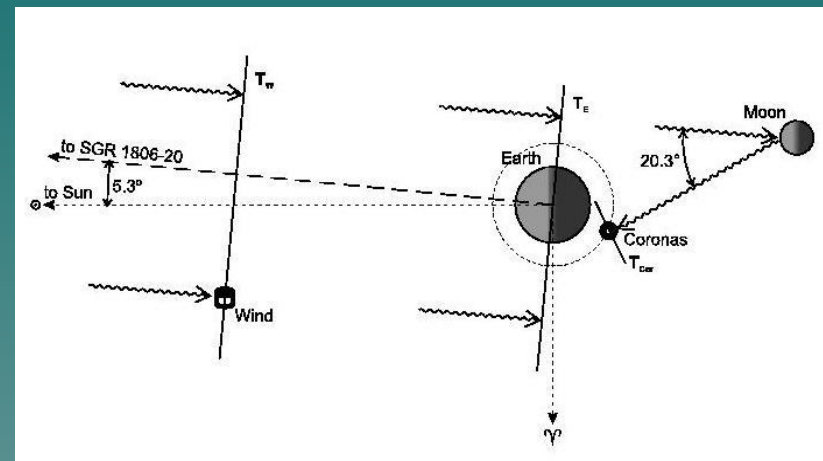
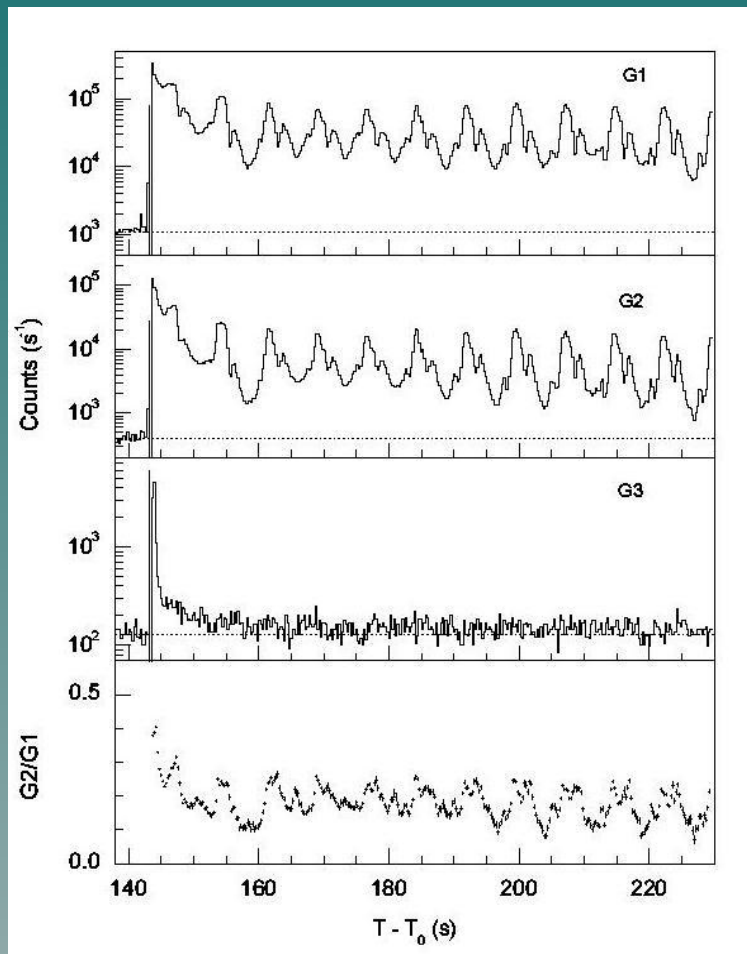
27 Дек 2004

# Гигантская вспышка SGR 1806-20

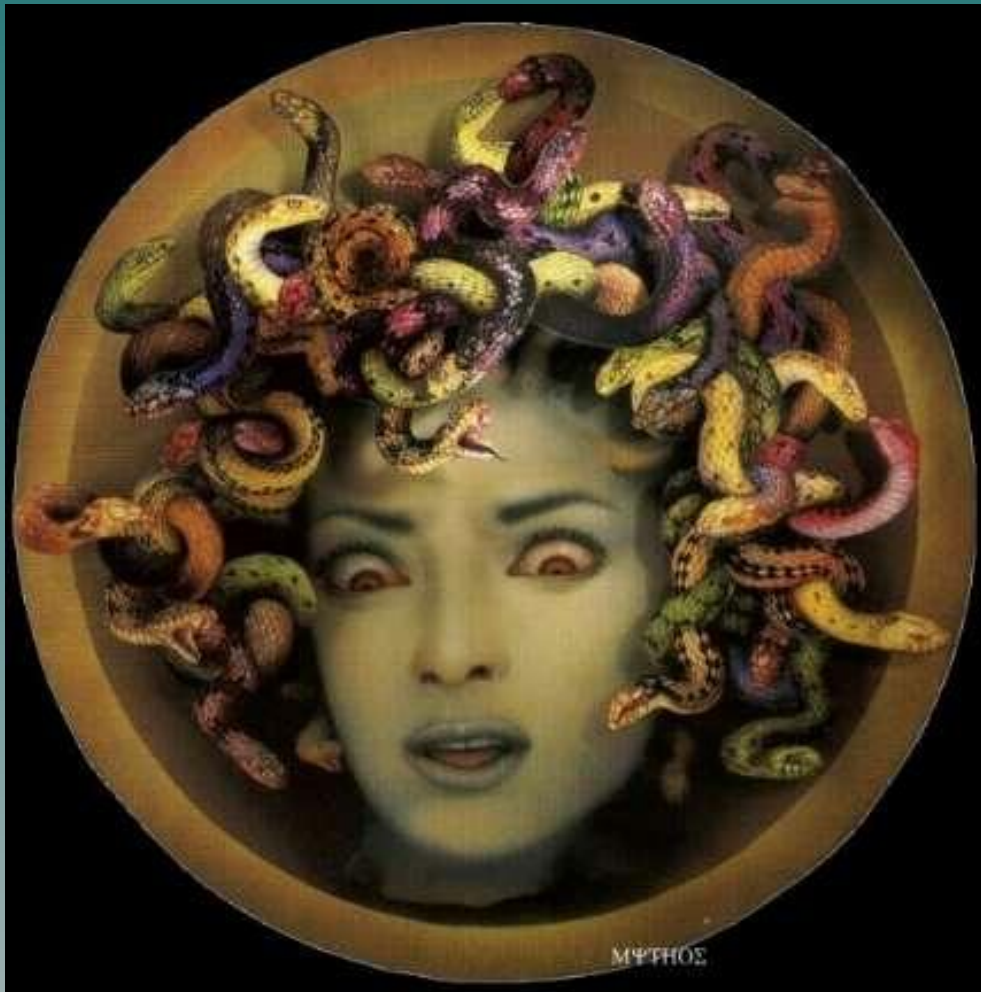
- ◆ Импульс 0.2 сек
- ◆ Флюэнс 1 эрг/см<sup>2</sup>
- ◆  $E(\text{имп}) = 3.5 \cdot 10^{46}$  эрг
- ◆  $L(\text{имп}) = 1.8 \cdot 10^{47}$  эрг/с
- ◆ Длинный «хвост» (400 с)
- ◆  $P = 7.65$  с
- ◆  $E(\text{хвост}) = 1.6 \cdot 10^{44}$  эрг
- ◆ Расстояние 15 кпк



# Данные Konus-Wind SGR 1806-20 27 Дек 2004



# Миф о Медузе



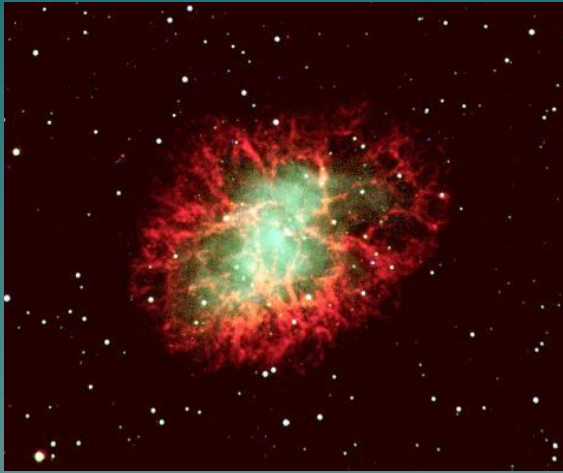
# Связь с массивными звездами

Есть основания полагать, что магнитары (АРП и МПГ) связаны с массивными звездами.

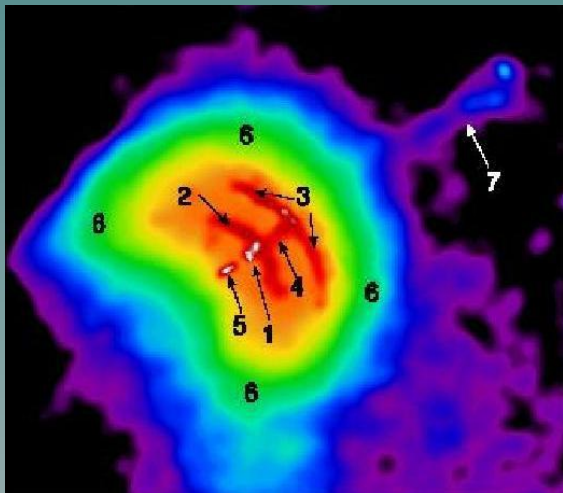


Westerlund 1

# Isolated neutron stars population: in the Galaxy and at the backyard

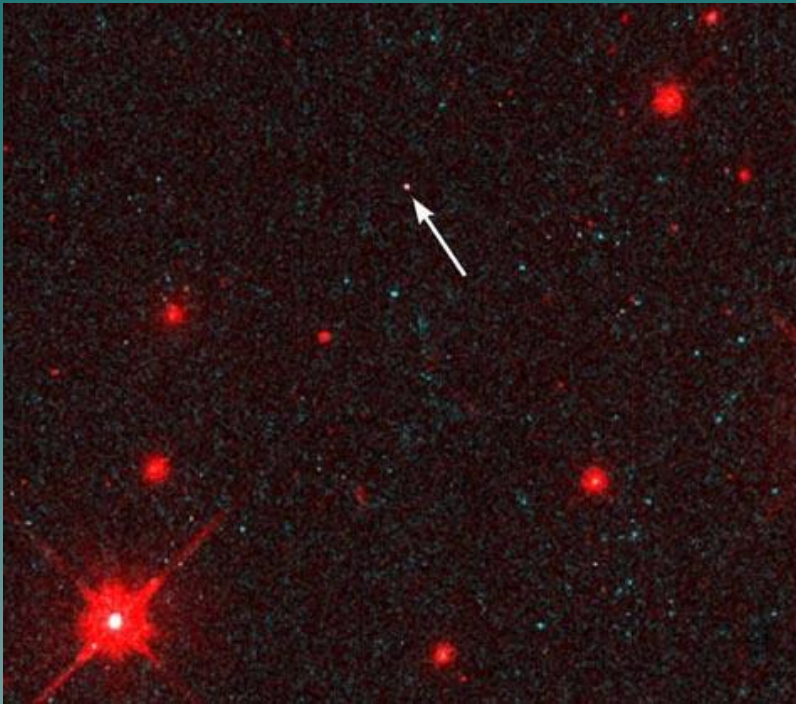


- INNs appear in many flavours
  - Radio pulsars
  - AXPs
  - SGRs
  - CCOs
  - RINNs



- Local population of young NNs is different (selection)
  - Radio pulsars
  - Geminga+
  - RINNs

# Close-by radioquiet NSs



RX J1856.5-3754

- ◆ Discovery: Walter et al. (1996)
- ◆ Proper motion and distance: Kaplan et al.
- ◆ No pulsations
- ◆ Thermal spectrum
- ◆ Later on: six brothers

# Родственники магнитаров?

Источник	Период,сек
RX 1856	-
RX 0720	8.39
RBS 1223	10.31
RBS 1556	-
RX 0806	11.37
RX 0420	3.45
RBS 1774	9.44

## Великолепная семерка



Радиотихие  
Близкие  
Молодые  
Тепловое излучение  
Длинные периоды



# Неотождествленные источники EGRET

Grenier (2000), Gehrels et al. (2000)

Неотождествленные источники формируют несколько групп. Одна из них показывает пространственное распределение, подобное объектам, входящим в Пояс Гулда.

Предполагается, что GLAST (а также, возможно, AGILE) смогут внести ясность в этот вопрос.

Тема активно изучается (например, работы Harding, Gontier)



# Discovery of radio transients by McLaughlin et al.

Lyne et al. reported transient dim radio sources with possible periods about seconds in the galactic plane discovered in the Parkes survey (talk by A. Lyne in Amsterdam, august 2005; subm. to Nature).

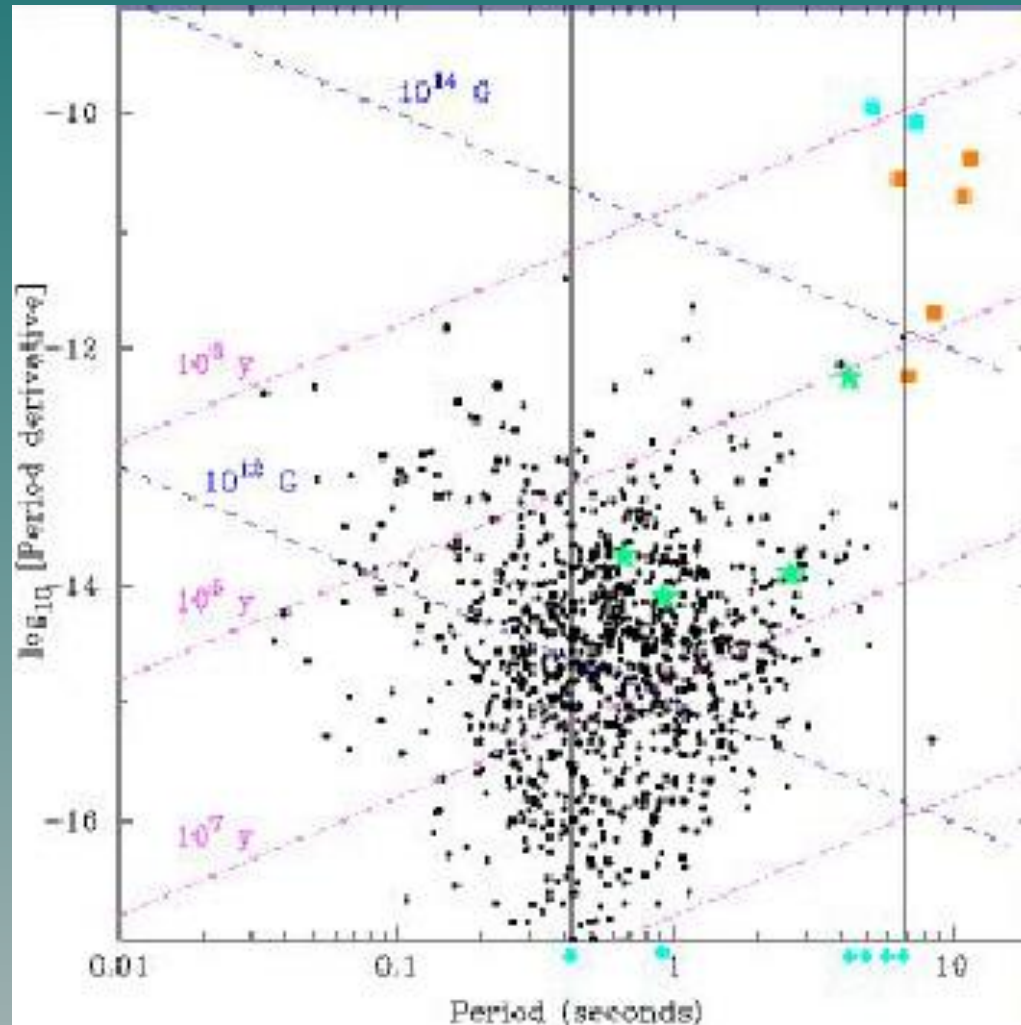
These radio transients can be relatives of the Magnificent seven

Shall we expect also Lyne's objects from the Belt????  
**YES!!!** And they even have to be brighter (as they are closer).  
The problem – low dispersion.

It is important to monitor the Magnificent Seven to find  
transient radio activity.

Malofeev et al already reported detection of one of the M7.  
It can be connected with symmetric X-ray curve:  
two nearly identical pulses during the period.

# P-Pdot for new transient sources



McLaughlin et al. 2005  
Submitted to Nature

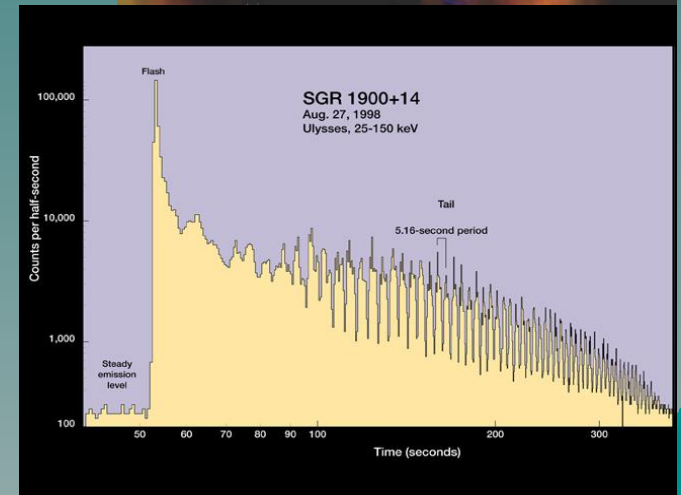
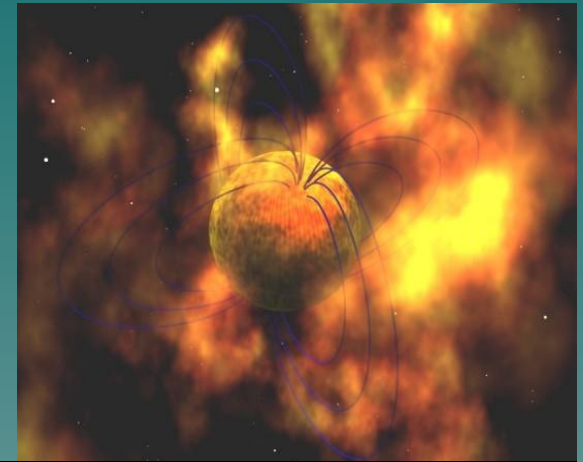
(I'm thankful to  
Prof. Lyne for giving  
me an opportunity  
to have a picture  
in advance)

Estimates show that  
there should be about  
400 000  
sources of this type  
in the Galaxy

Young or old???

# Заключение

- ◆ Несколько групп источников:  
ССО, М7, SGR, АХР ...
- ◆ Магнитары (?)
- ◆ Значительная доля всех новорожденных НЗ
- ◆ Вопросы:
  1. Есть ли связь?
  2. Причины различий

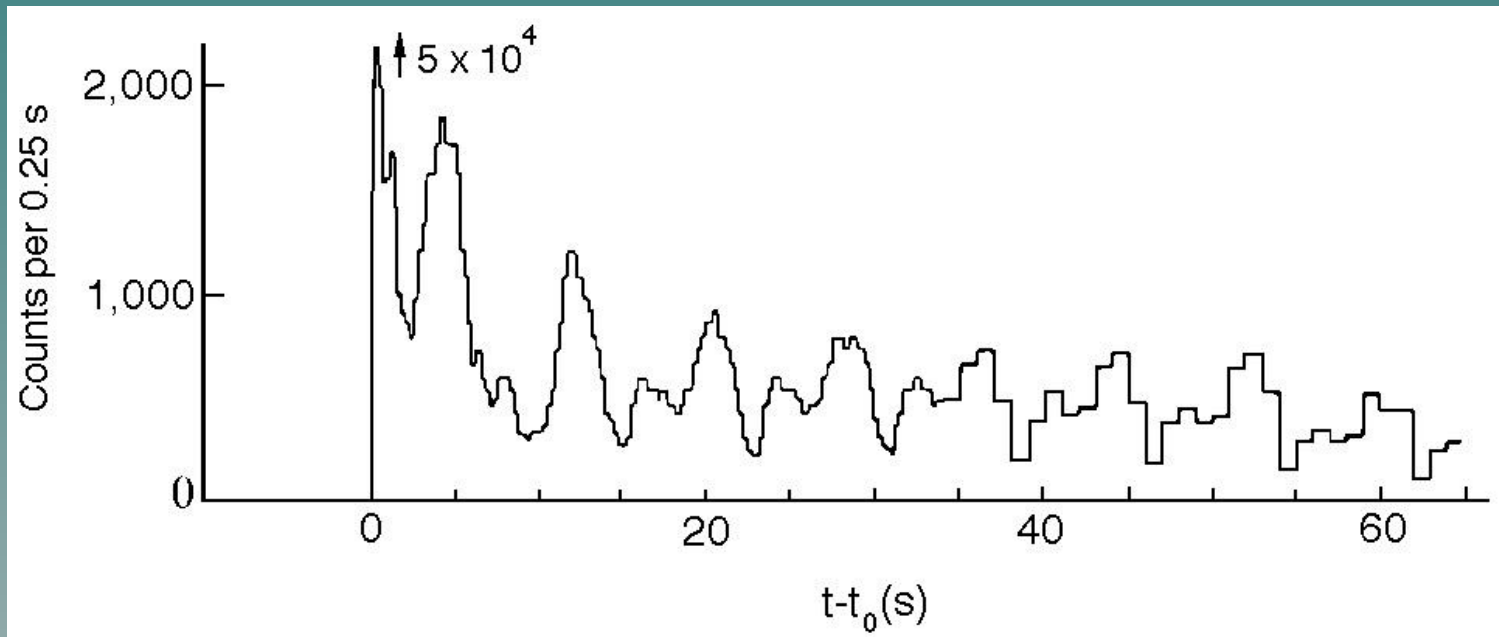


ВОТ И ВСЕ! СПАСИБО!

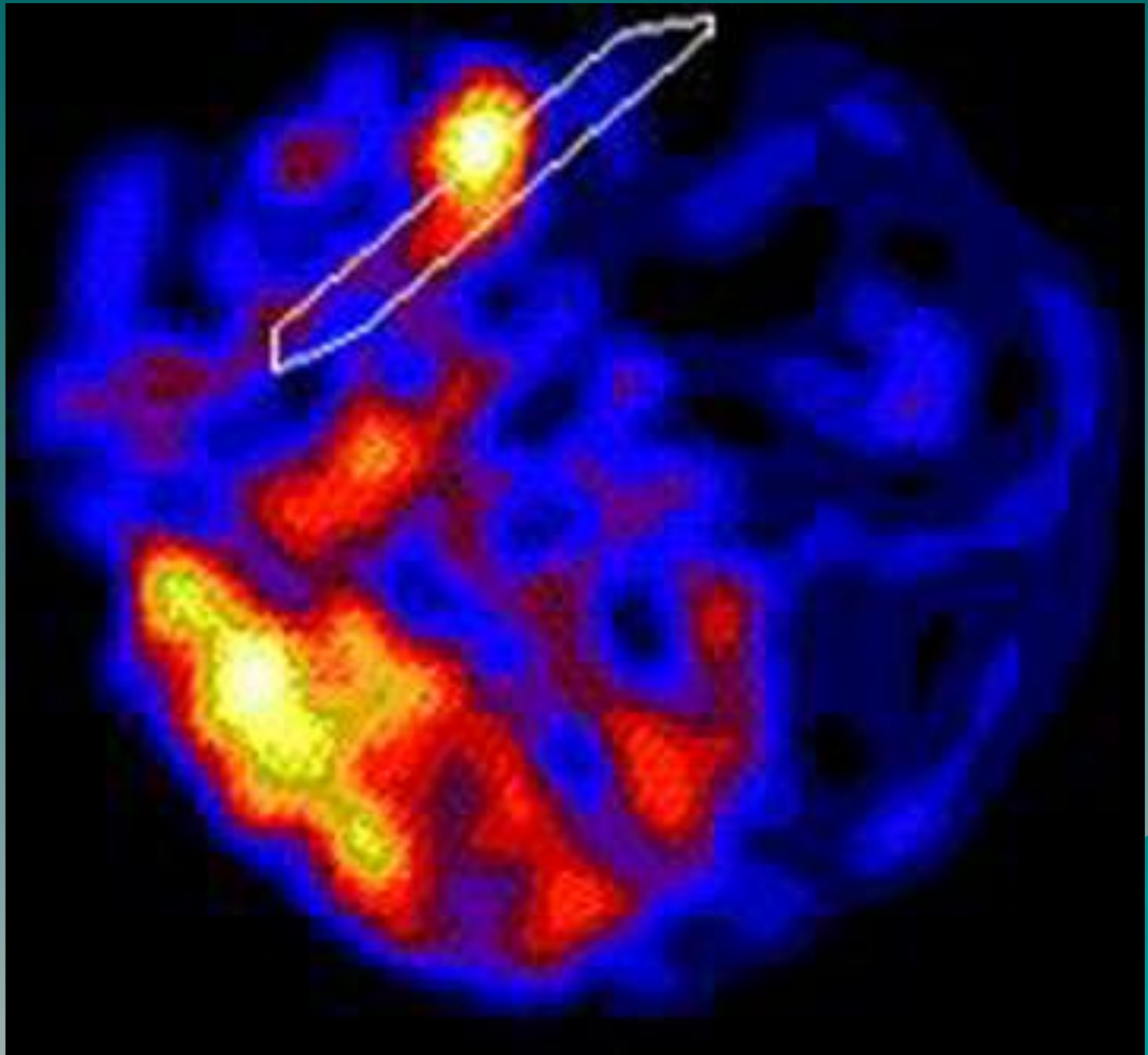


# Исторические заметки

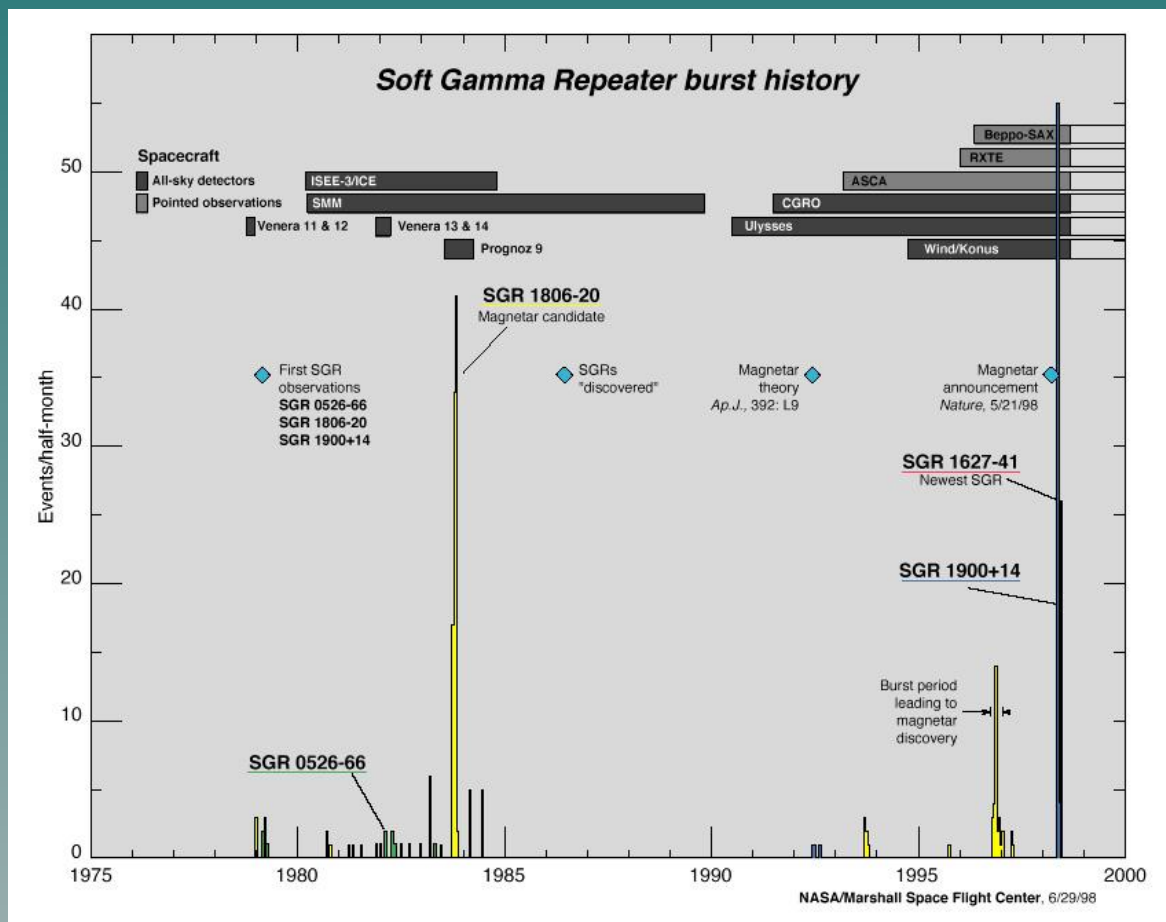
- ◆ 05 Марта 1979. Эксперимент Конус. Венера-11,12 (Мазец и др.)
- ◆ Событие в БМО. SGR 0520-66.
- ◆ Флюэнс: около  $10^{-3}$  эрг/см<sup>2</sup>



№49 - Остаток  
сверхновой  
в Большом  
Магеллановом  
облаке



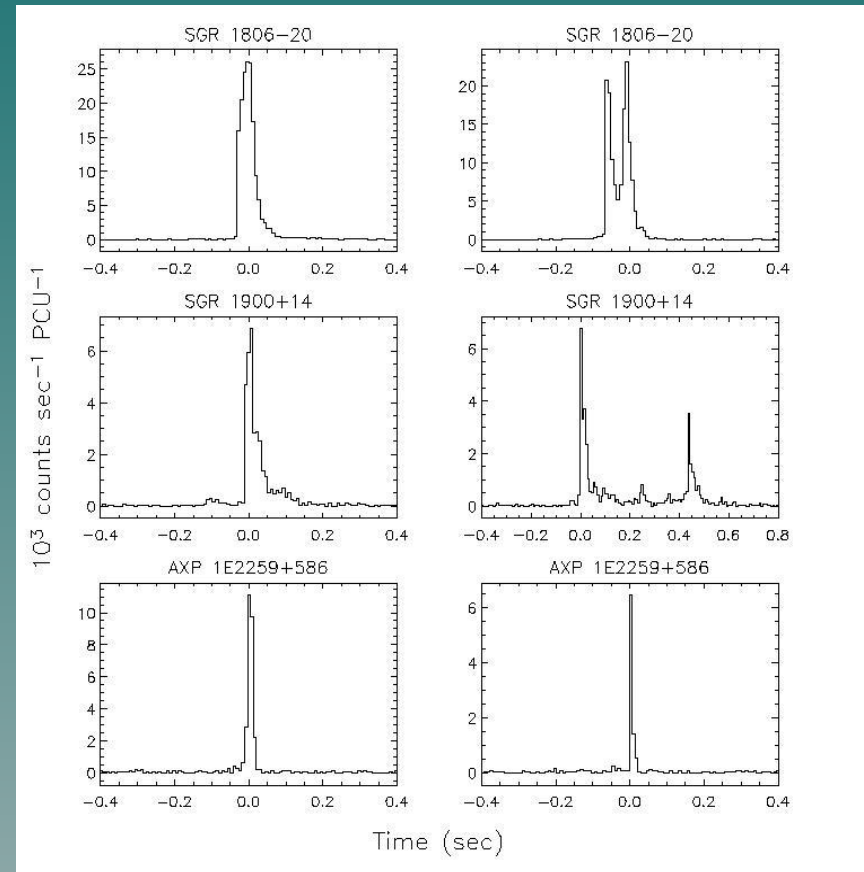
# Активность МПГ и исследования этих источников





# Обычные (слабые) всплески МПГ и АРП

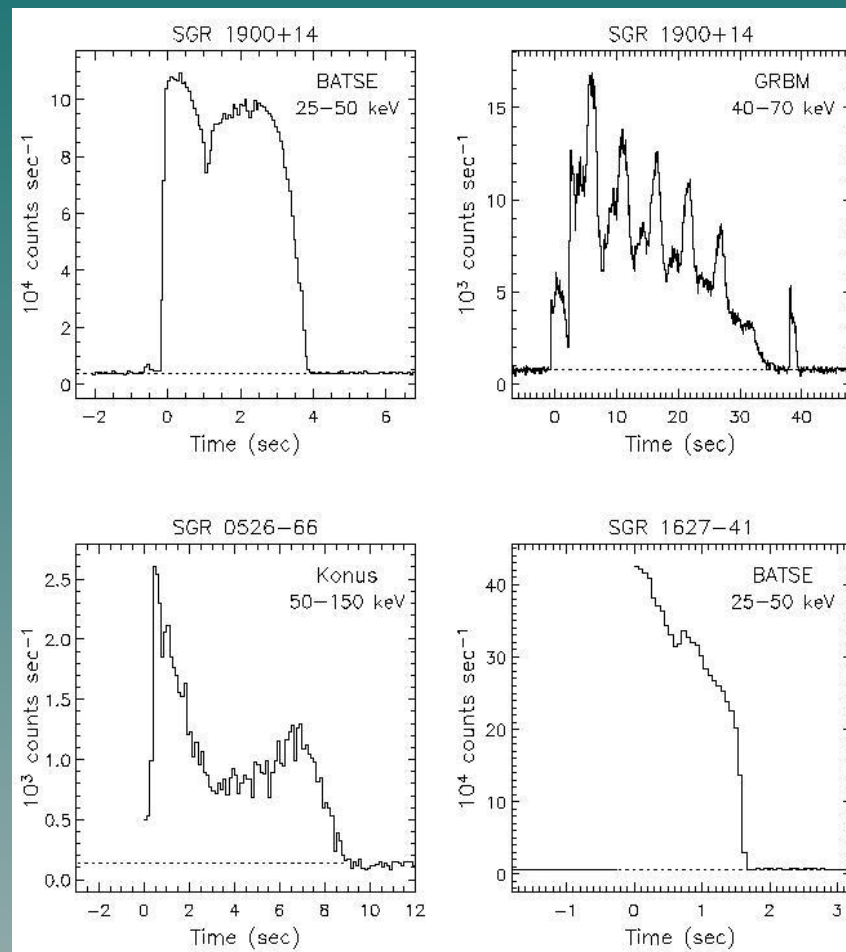
- ◆ Типичные всплески от SGR 1806-29, SGR 1900+14 и от АХР 1E 2259+586 по данным RXTE (из статьи Woods, Thompson, 2004, astro-ph/0406133)



(из статьи Woods, Thompson 2004)

# Промежуточные всплески МПГ

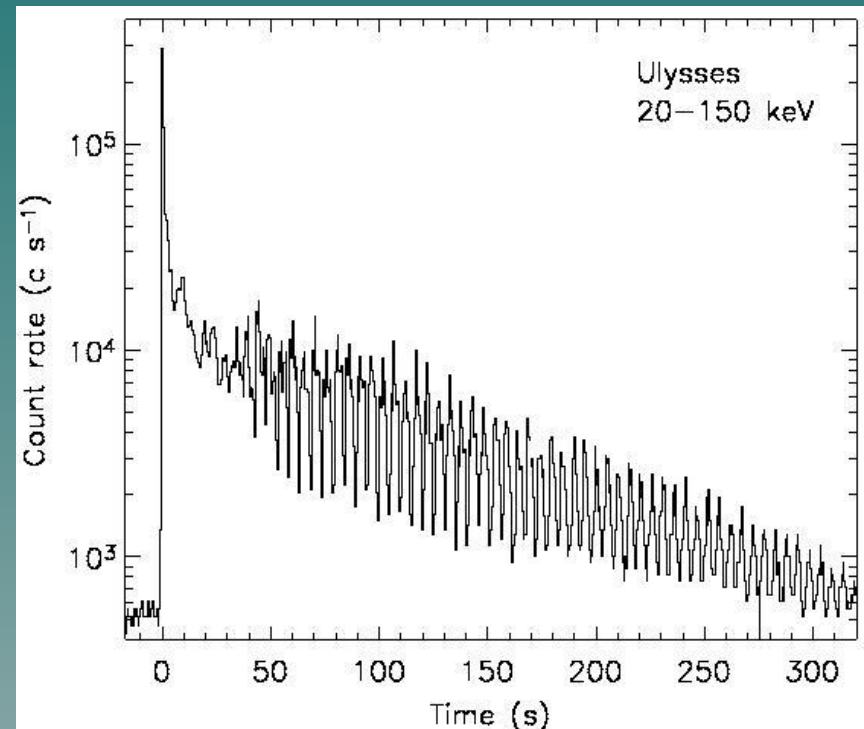
- ◆ Примеры четырех промежуточных всплесков. Однако иногда четвертый (правый нижний) некоторые считают гигантским (из статьи Woods, Thompson)



(из статьи Woods, Thompson 2004)

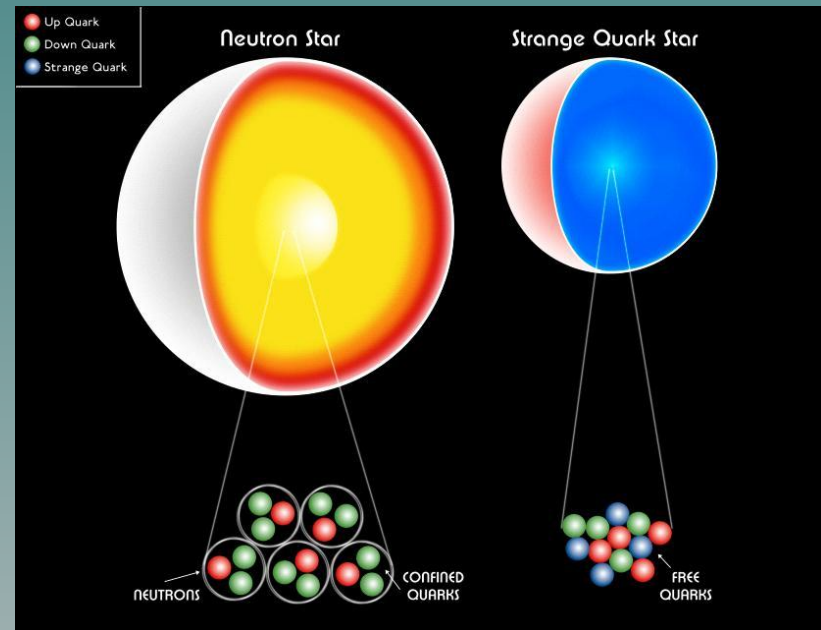
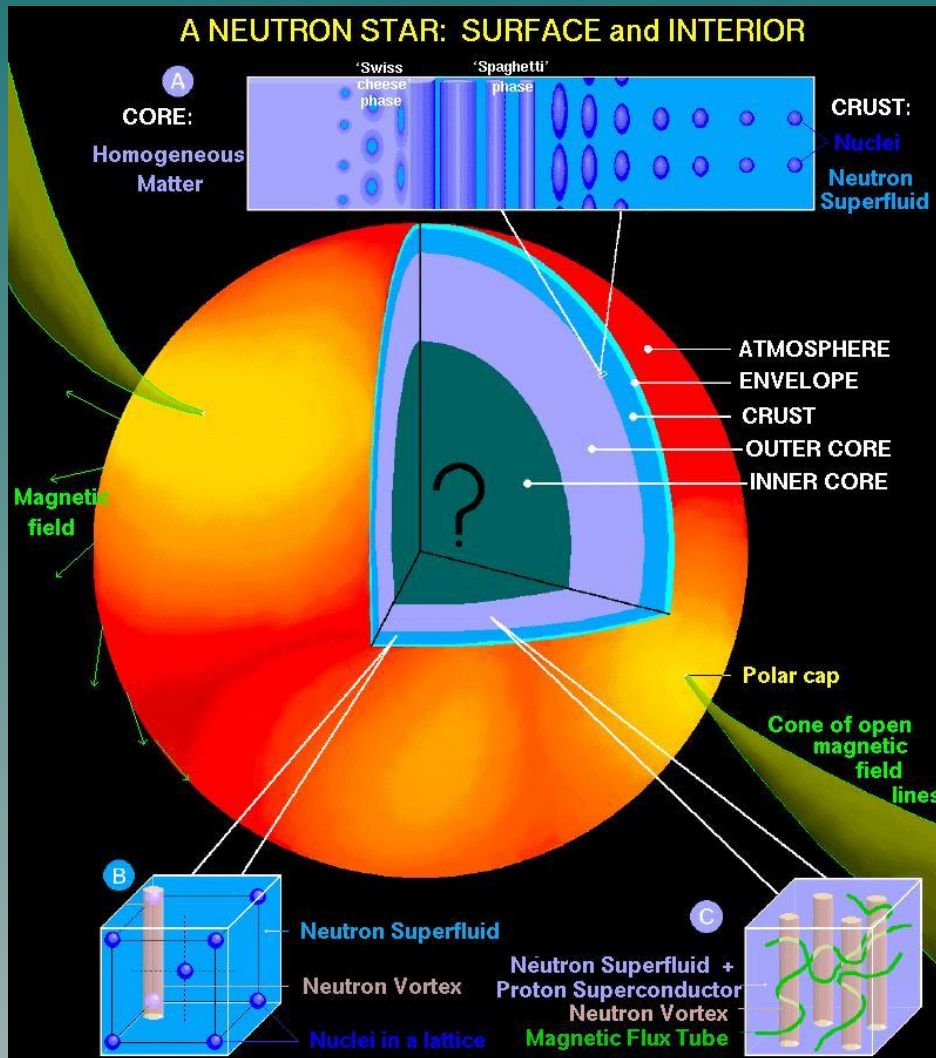
# Гигантская вспышка SGR 1900+14 (27 Августа 1998)

- ◆ Данные со спутника Улисс (рис. из Hurley et al. 1999a)
- ◆ Импульс 0.35 сек
- ◆  $P=5.16$  сек
- ◆  $L > 3 \cdot 10^{44}$  эрг/с
- ◆  $E_{\text{TOTAL}} > 10^{44}$  эрг



# Нейтронные звезды

Радиус 10 км  
Масса 1-2 солнечной  
Плотность порядка ядерной  
Сильные магнитные поля



# Нейтронные звезды - 2

Сверхплотное вещество и сверхсильные магнитные поля

