

The background of the slide is a deep space image featuring a dense field of stars in various colors (white, yellow, blue) and large, wispy nebulae in shades of blue, orange, and brown. The text is overlaid on this cosmic scene.

Самые мощные взрывы во Вселенной и причём тут мы?

Иван Евгеньевич Панченко

Астрофизик

Сооснователь и вице-президент Postgres Professional

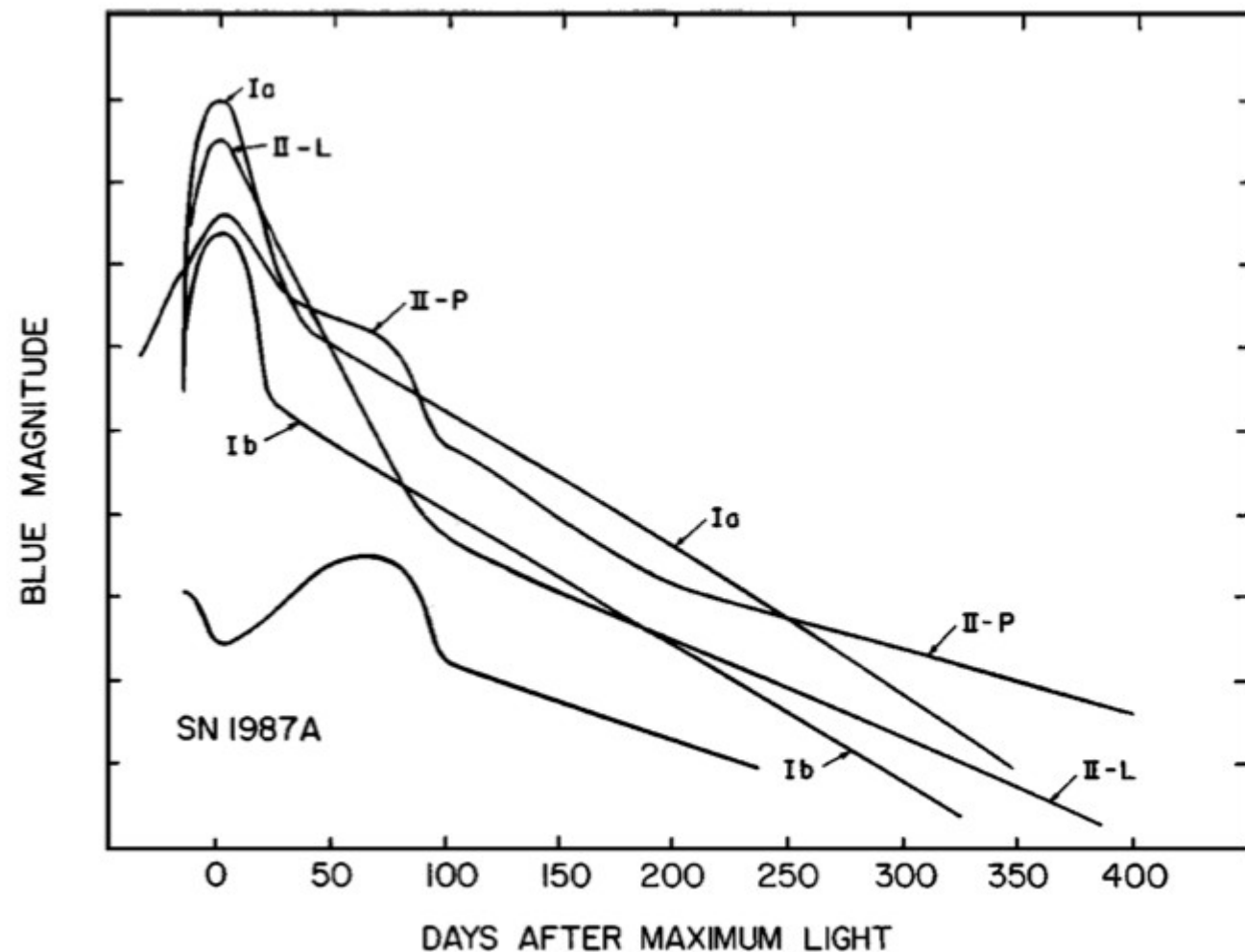
Солнце — большая звезда?

- Нет. Самая большая известная звезда «эта Киля» в 200 раз больше по массе.
- А светит в несколько миллионов раз ярче.
- Поэтому живёт недолго.
- Вряд ли есть звёзды больше. Но раньше могли быть.
- Взорвётся.



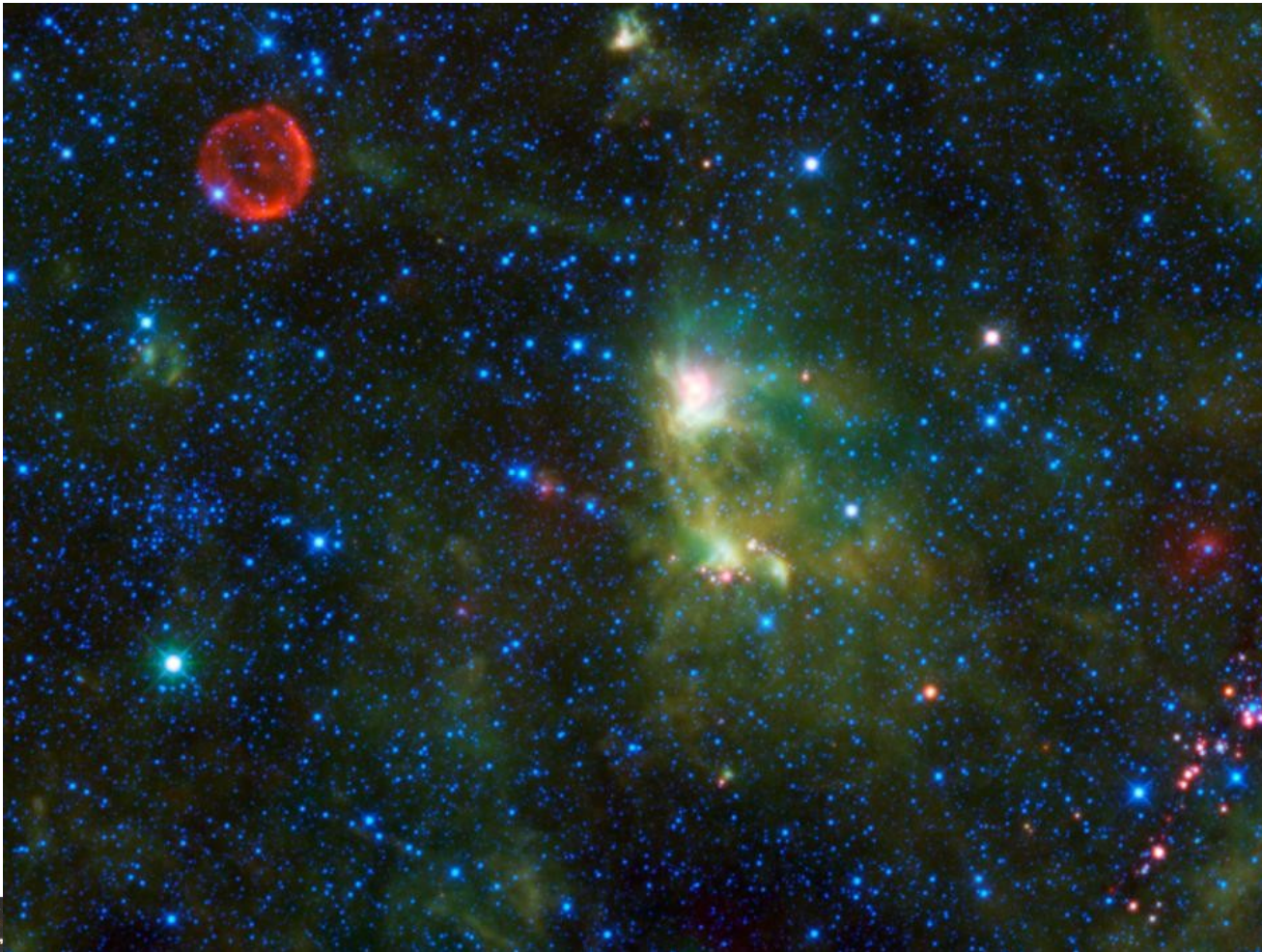
Сверхновые звёзды

- Вспышка Сверхновой длится несколько месяцев
- Сверхновая светит как целая галактика
- А в галактиках обычно 10-100 миллиардов звёзд.
- В нашей Галактике Сверхновая бывает раз в ~ 60 лет.
- Во всей наблюдаемой Вселенной – несколько раз в секунду



Что остается после Сверхновой?

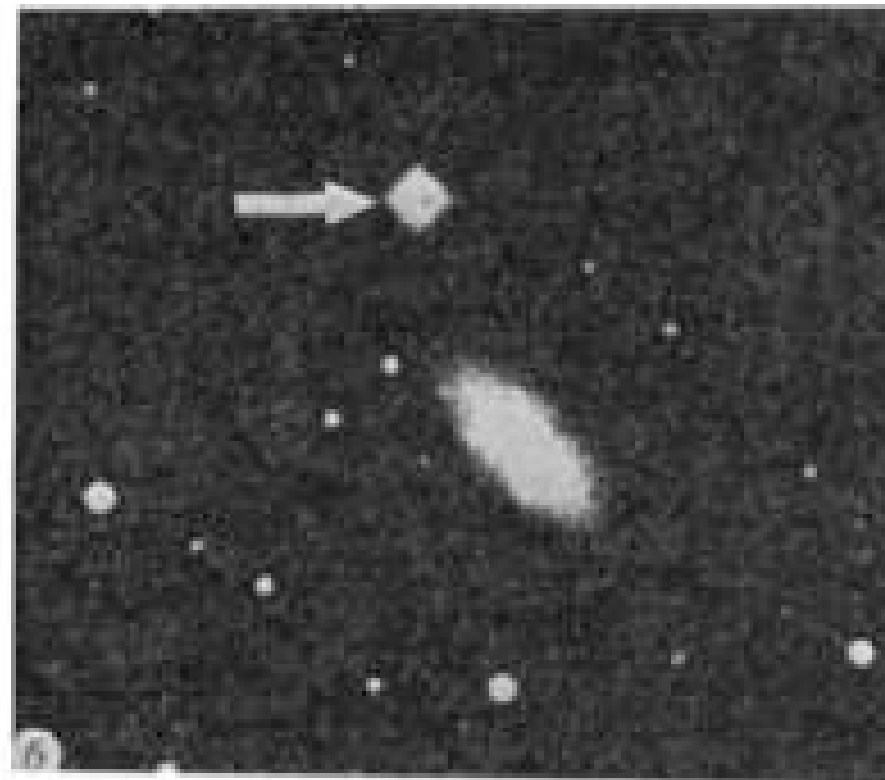
SN 1574 (Tycho)



SN 1054 (Crab)



Сверхновая в далеких галактиках...



Может ли что-то светить ярче звезды?

Чтобы обеспечить большую мощность,

- Нужна масса больше, чем у звезды
- Или это должен быть взрыв

Самый эффективный источник энергии — падение на черную дыру.

- до 40% от mc^2
- в термоядерной реакции — менее 1%
- mc^2 это очень много — 20 кТ т.э. на 1 грамм



Квазар и галактика

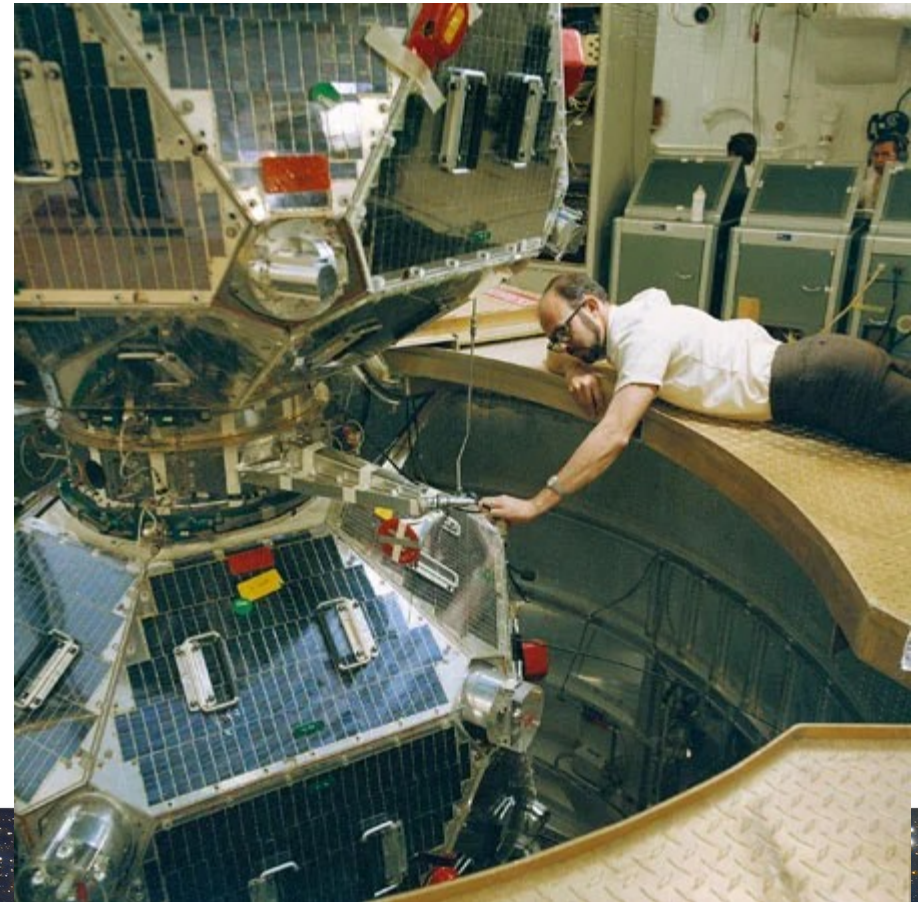


Но нашли что-то мощнее....



С чего началась загадка....

Для наблюдения за испытаниями ядерного оружия в 1960х гг. американцы запустили 12 спутников Vela ...



Как же обнаруживали ядерные взрывы?



Как же обнаруживали ядерные взрывы?

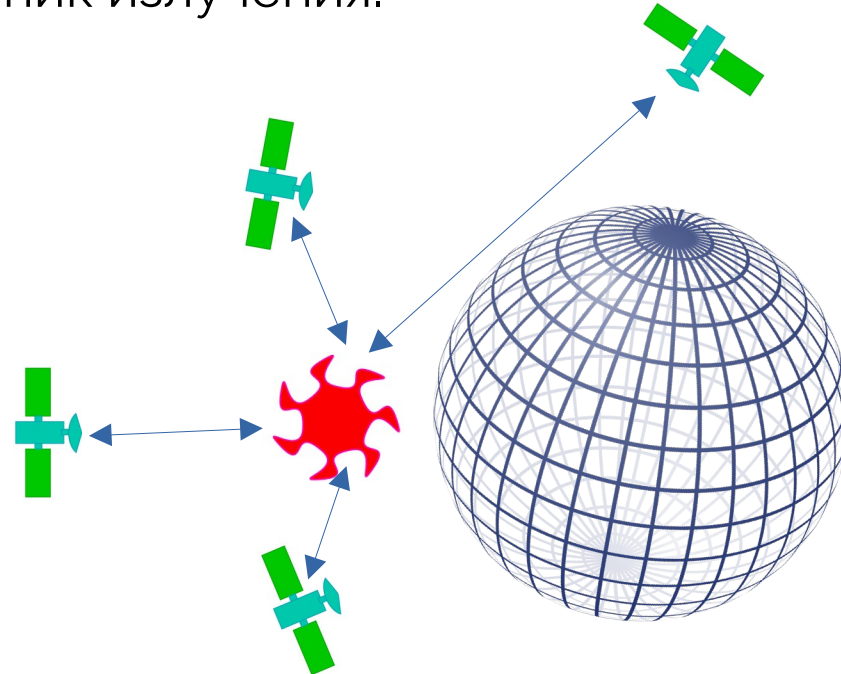
По гамма-излучению!

Что это такое?



Важные свойства гамма-излучения

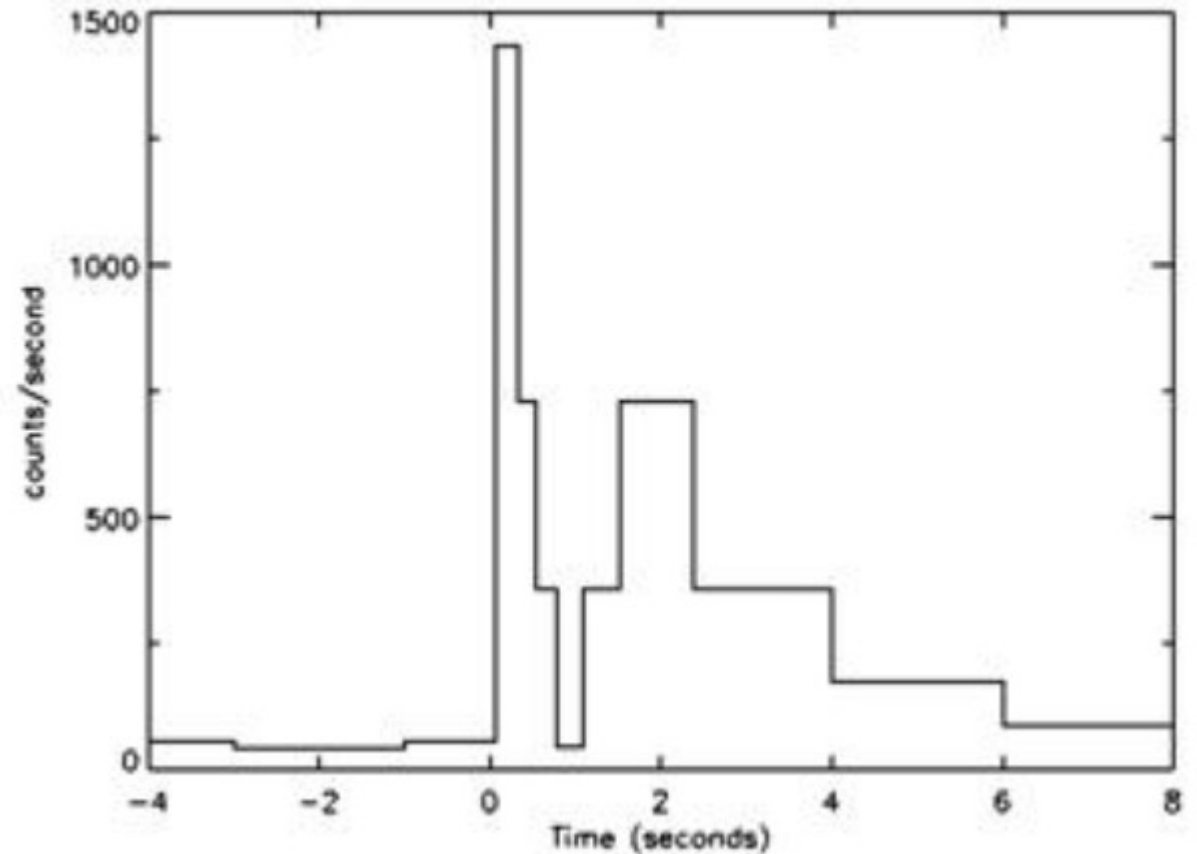
- Вредно для здоровья (один из поражающих факторов ядерного взрыва)
- Проникающая способность.
- Трудно построить зеркало или линзу.
Трудно определить направление на источник излучения.
Можно с помощью триангуляции.
Поэтому в системе Vela было много
(по тем временам) спутников.



Что увидели спутники?

- 1967 г: Кто-то проводит ядерные испытания **непойми-где!**
- **И никаких следов**
Только
гамма-излучение!

!ЗАГАДКА!



Загадку Vela пытались решить другие спутники

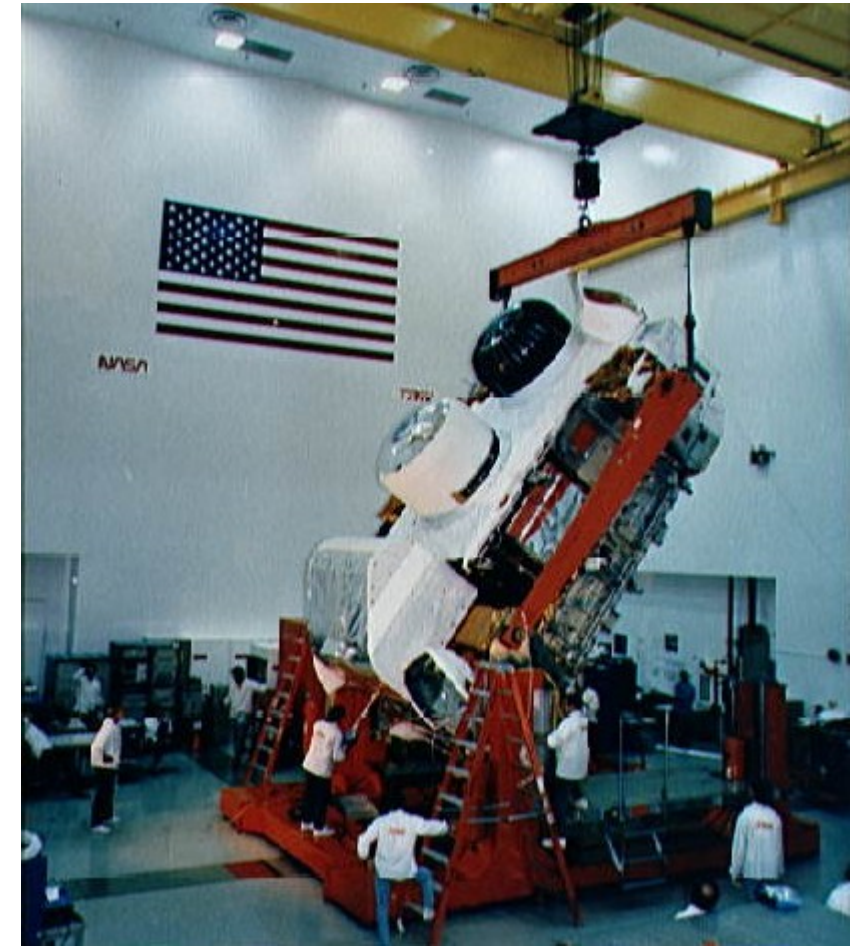


**Pioneer Venus Orbiter
(PVO)**

1978-1992
100кэВ - 2МэВ

**Compton
Gamma-ray
observatory
(CGRO)
прибор BATSE**
1991-2000

20кэВ-2МэВ



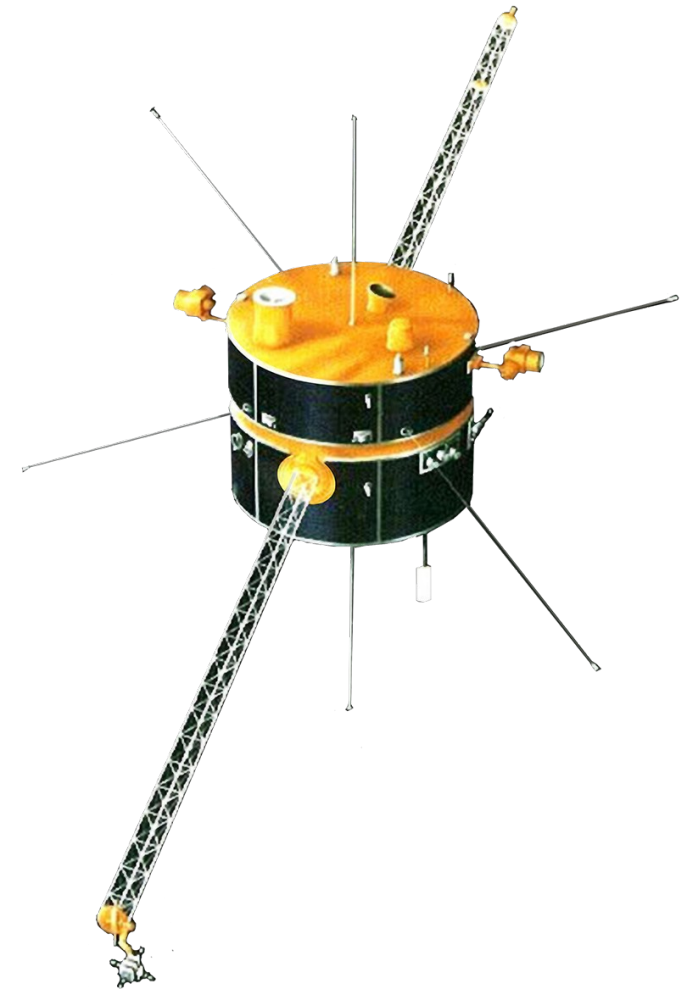
Наши: Konus-WIND

WIND — спутник NASA

1994-2025

20кэВ-20МэВ

Konus - гамма-спектрометр
ФТИ им. Иоффе,
Санкт-Петербург

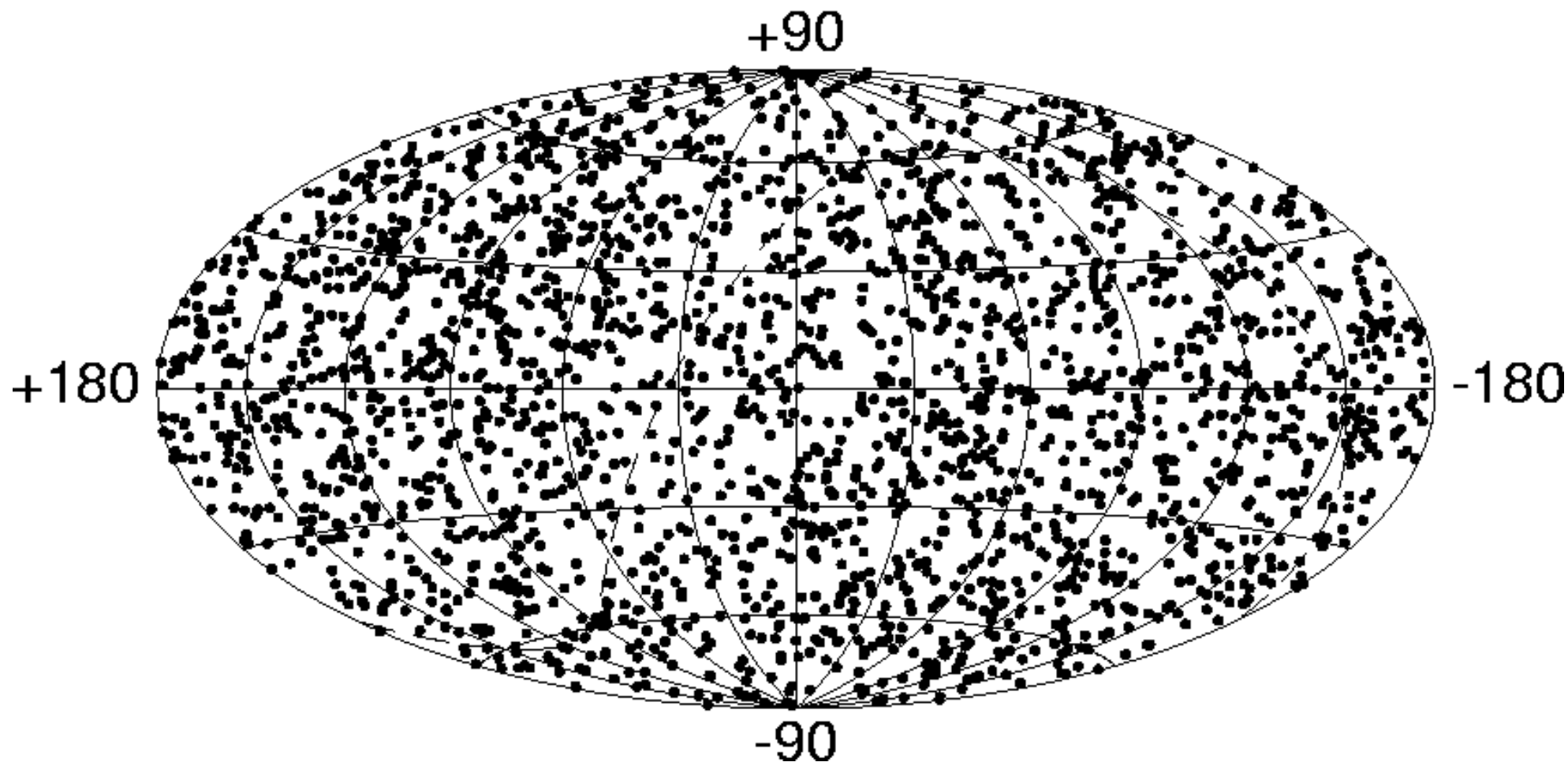


Краткая сводка наблюдений

Спутник	Годы	Количество событий	Результат
Vela	1963-1970	24	Энергия Профиль Направление
PVO	1978-1988 (1992)	278	Энергия Профиль
CGRO/BATSE	1991-2000	2700	Энергия Профиль Спектр Направление
Konus-WIND	1994-2025	~1000	Энергия Профиль Спектр

Что делать с ЭТИМИ данными?

7.7 Years of BATSE Observations: 2292 GRBs



Странное распределение в пространстве

- Равномерное по направлению
- Вдали меньше

Что это может быть?

Если в нашей Галактике — где?

- Далеко (> 100 кпк)
- Близко (внутри диска, < 300 пк)

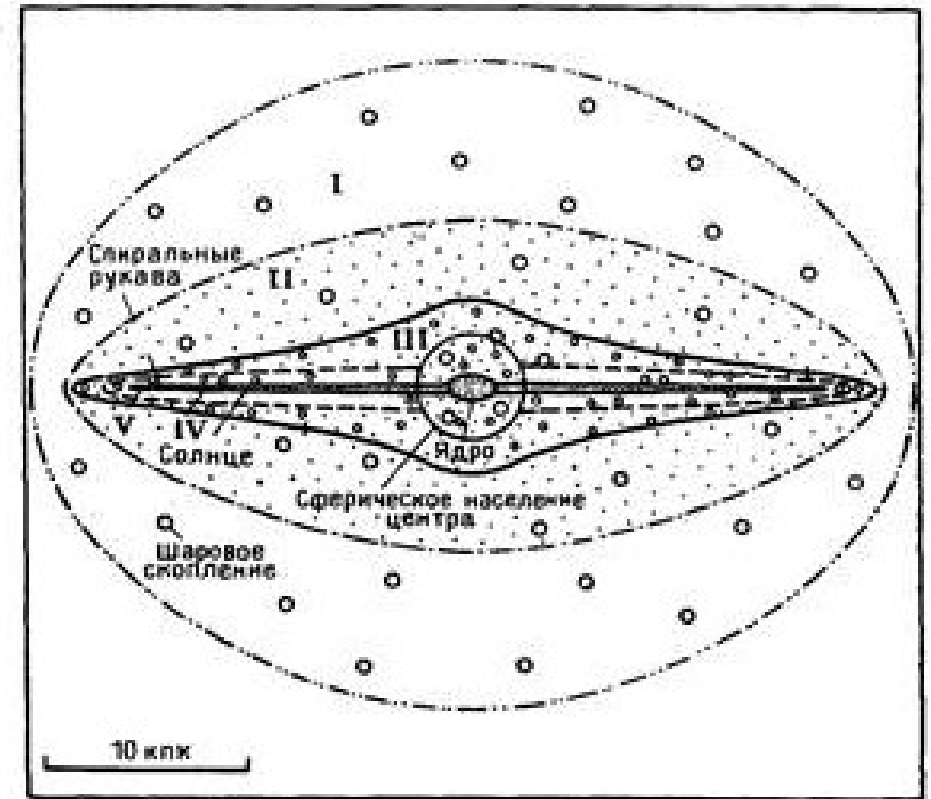


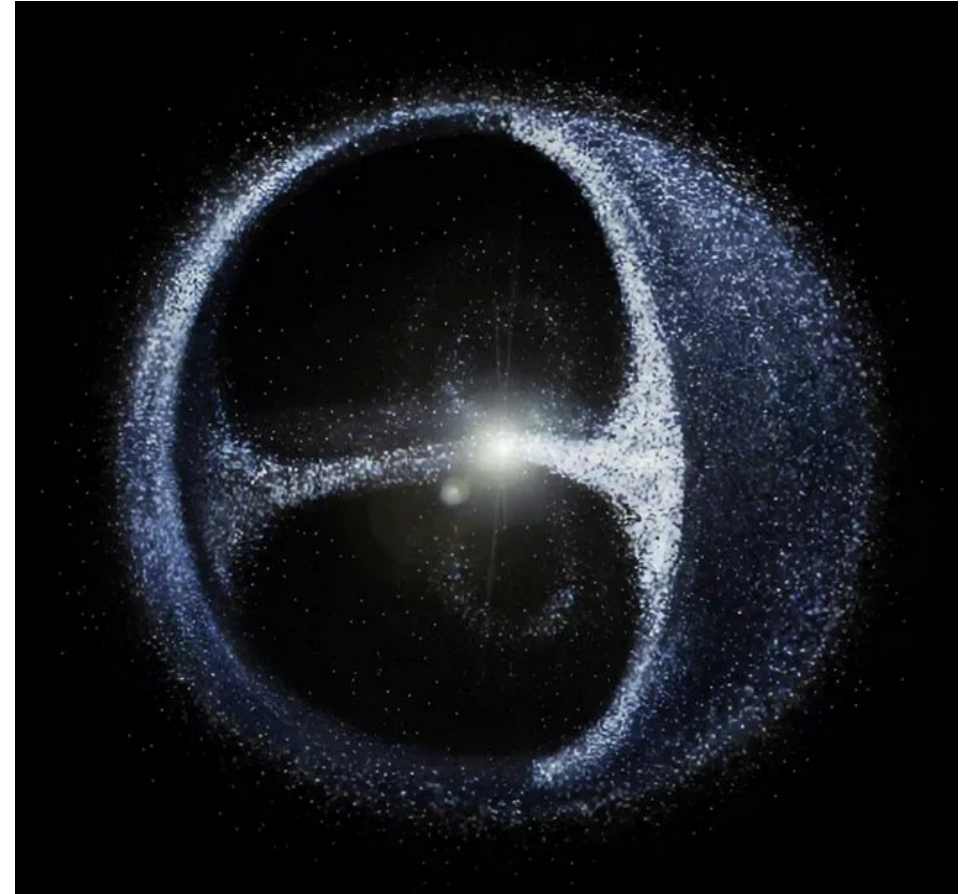
Рис. 109. Подсистемы Галактики: I — сферическая (гало), II — промежуточная сферическая, III — диск, IV — старая плоская и V — молодая плоская



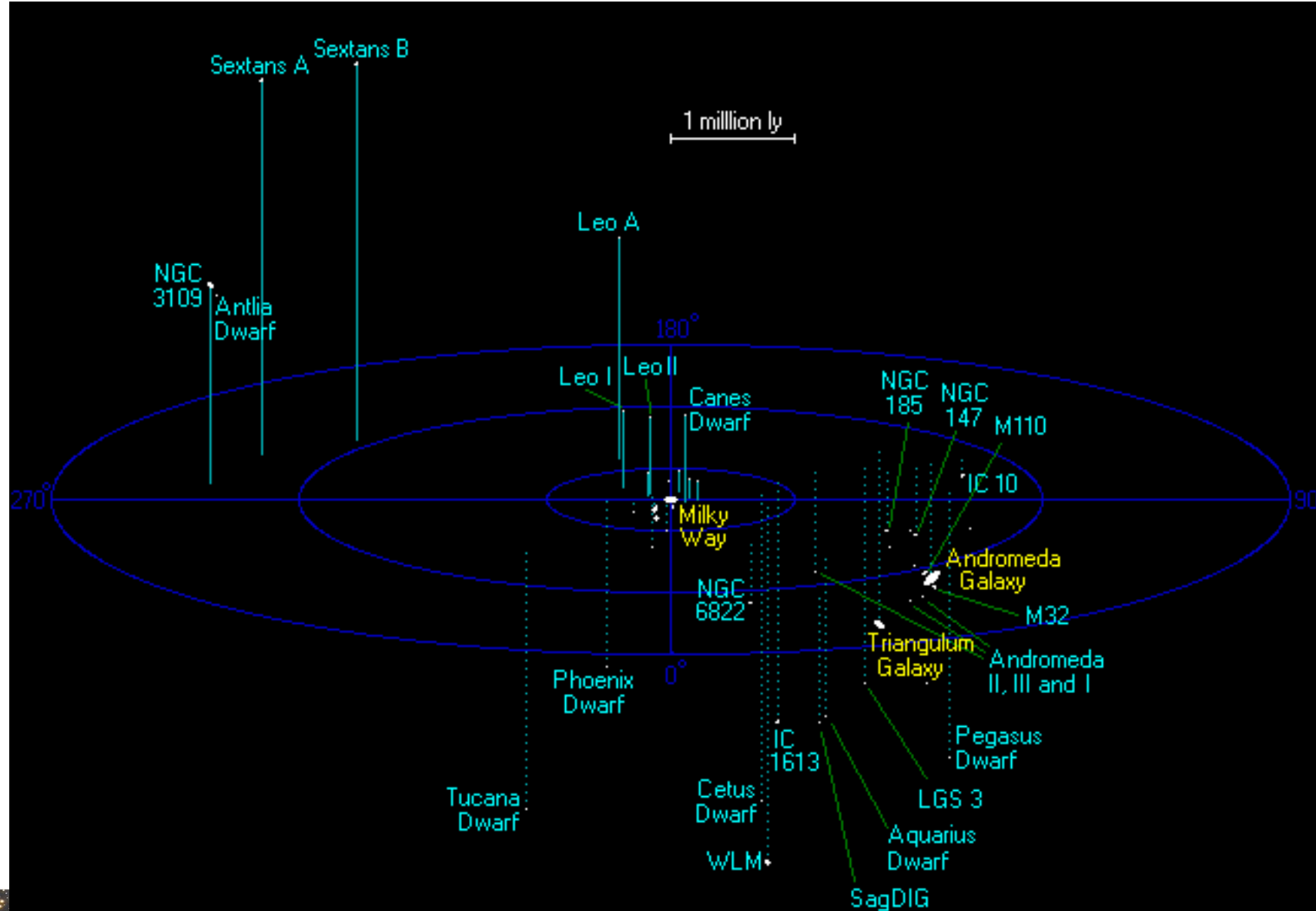
Странное распределение в пространстве

Если в Солнечной системе?
Только на периферии

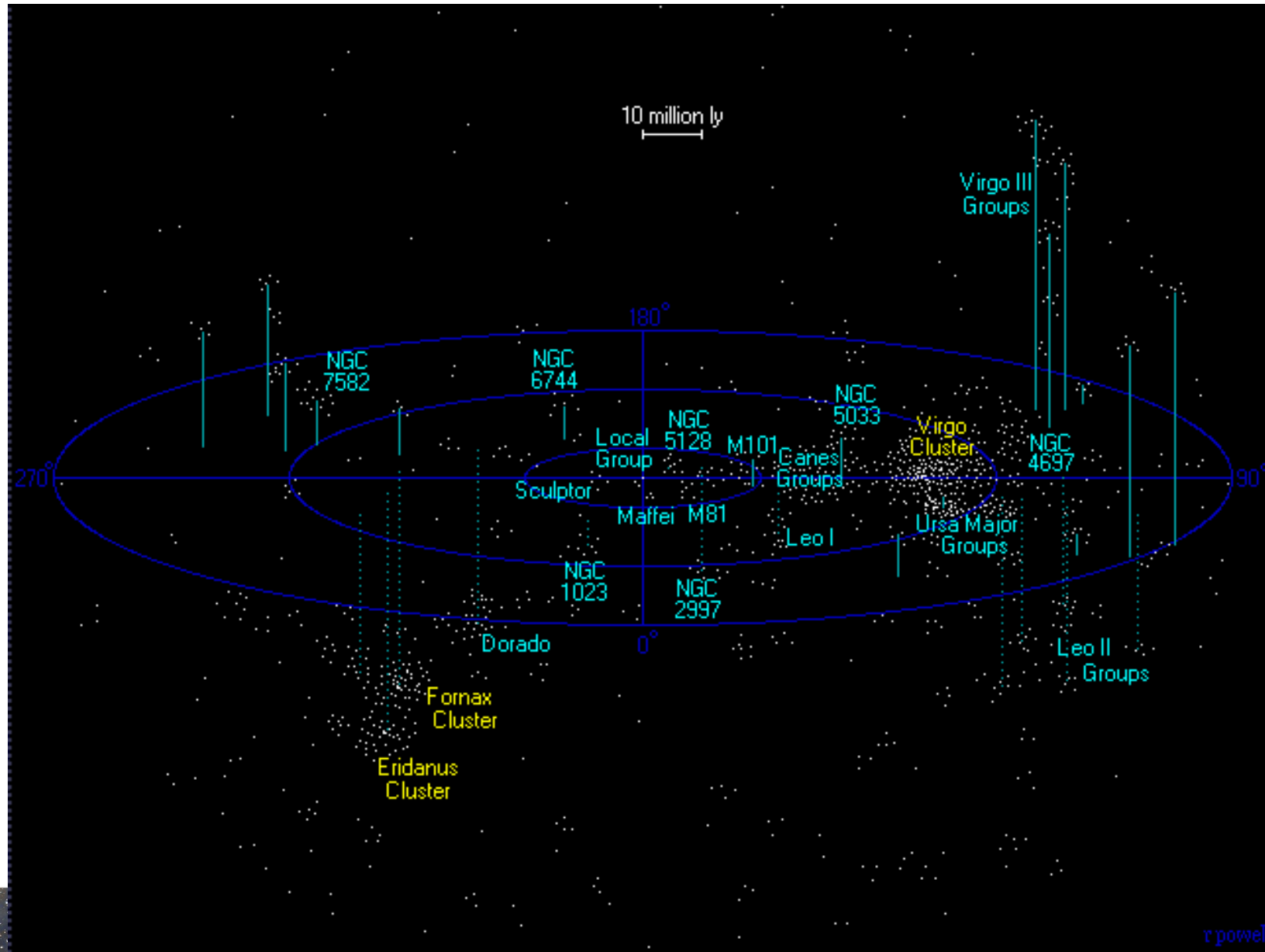
Если вне Галактики — где?
посмотрим
<http://www.atlasoftheuniverse.com>



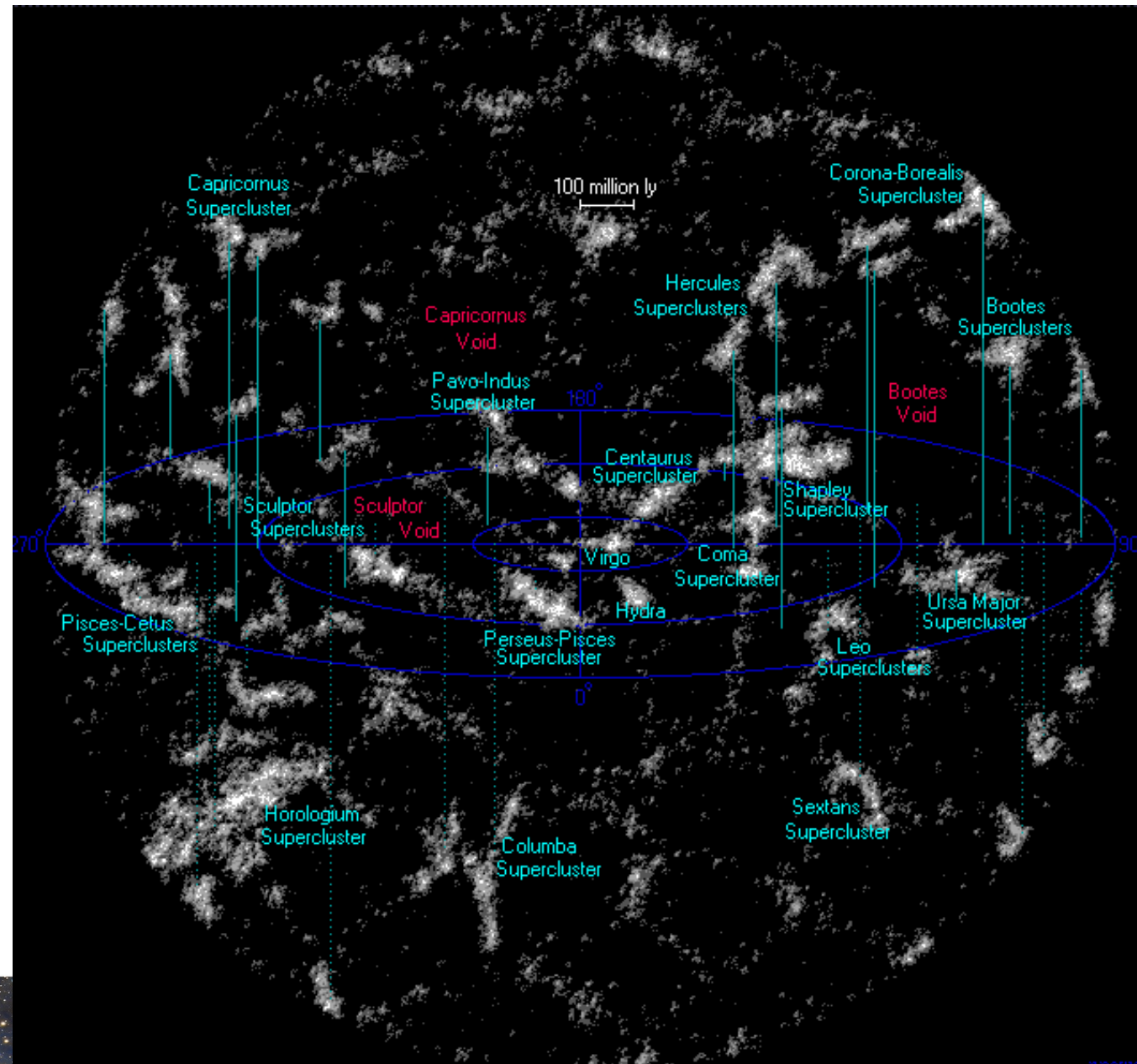
$$R = 2 \text{ Mpc}$$



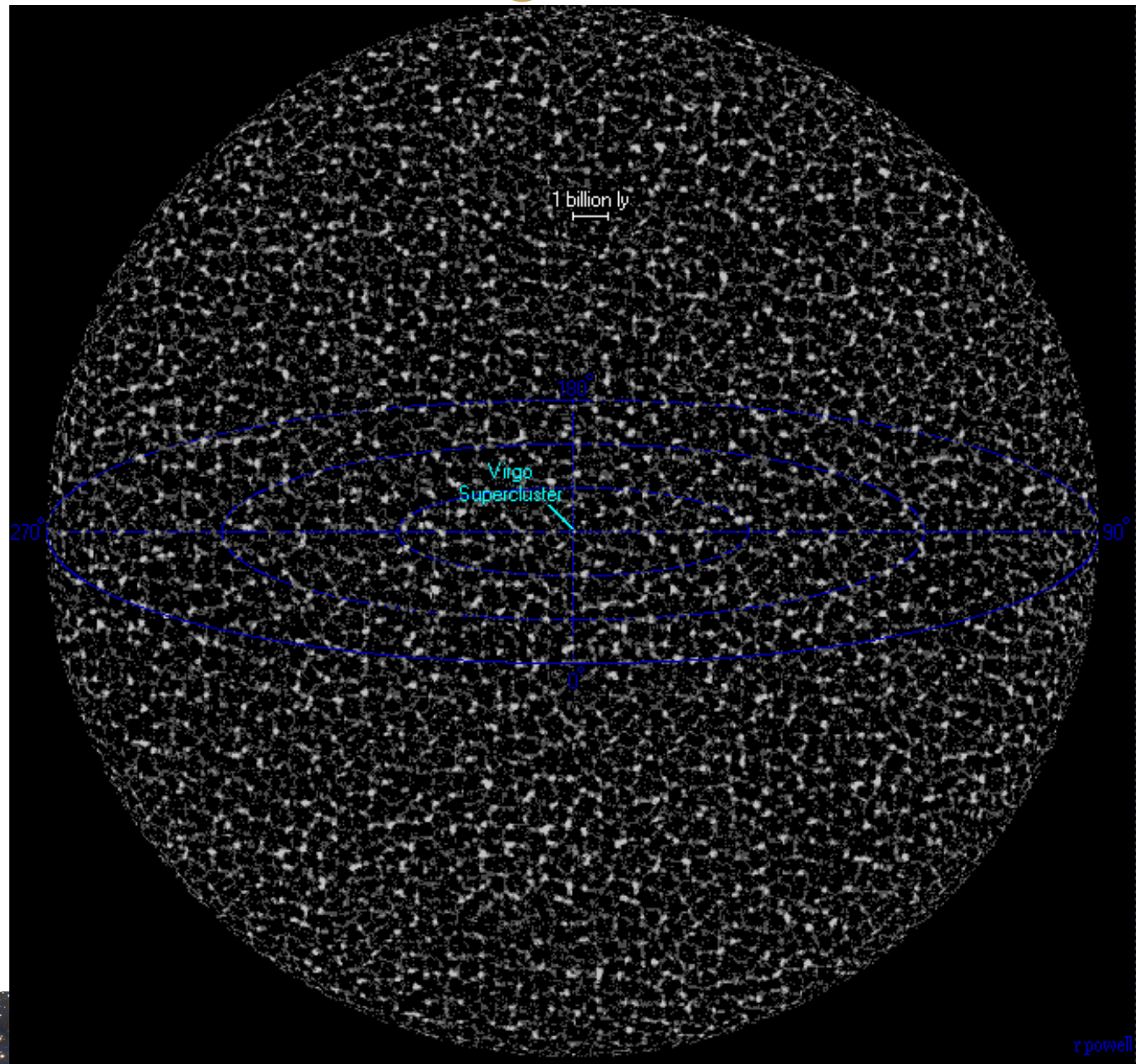
R= 30Mpk



$R = 300 \text{ Mpc}$



R= 5000Mпк



r.powell

Итак..

- Периферия Солнечной системы
- Ближайшая окрестность Солнца в диске Галактики
- Периферия нашей Галактики
- Сверхдальний космос



Итак..

- Периферия Солнечной системы
кометные ядра (холодные льдышки)
- Ближайшая окрестность Солнца в диске Галактики
ничего нет (слишком мало объектов, либо те же кометные ядра)
- Периферия нашей Галактики
старые нейтронные звёзды - продукт эволюции звёзд.
- Сверхдальний космос (космологические гамма-всплески)
какие-то мощные взрывы в далёких галактиках



Нужно согласовать частоту и мощность событий

~ 1 раз в сутки
 10^{-5} Вт/м²

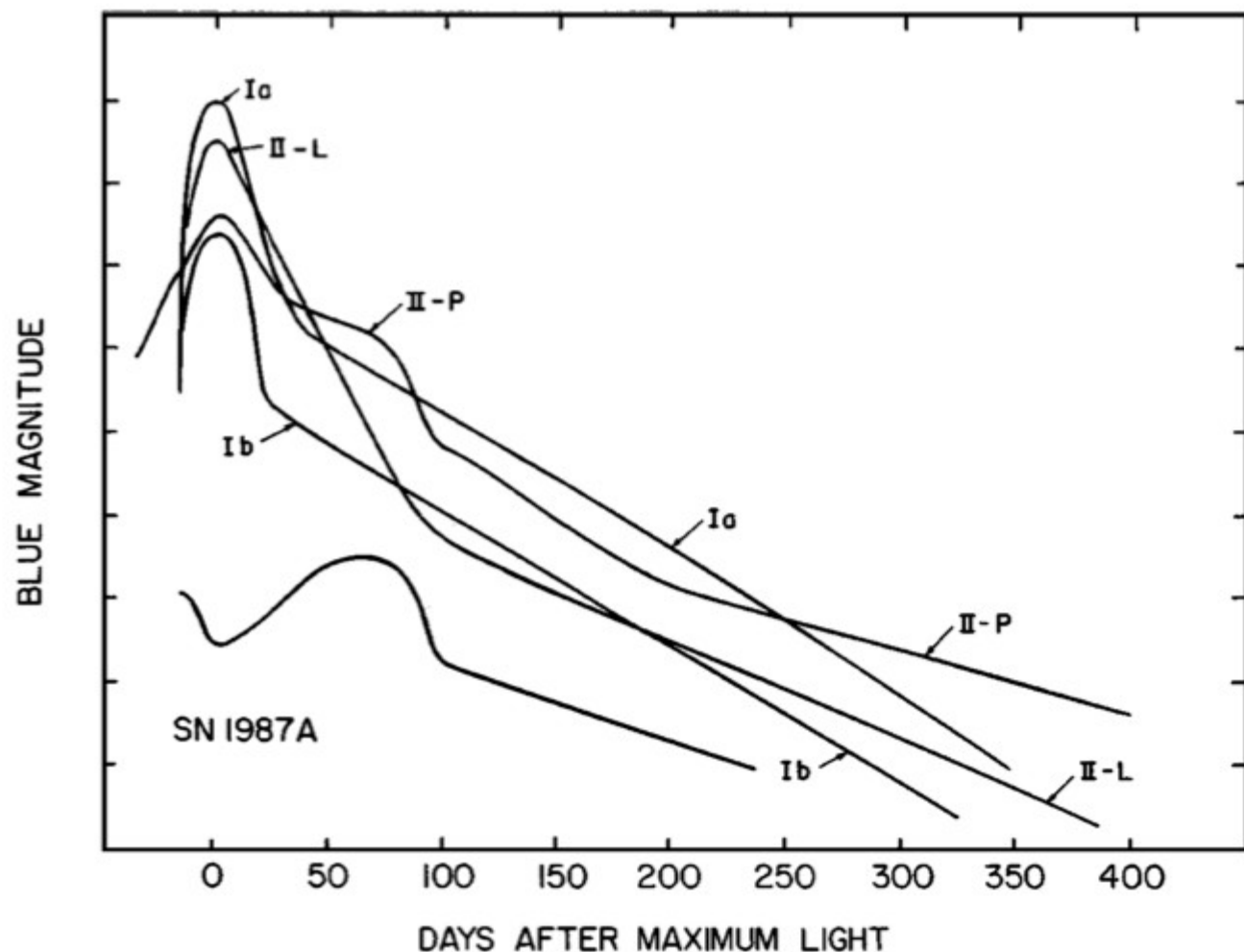
- Периферия Солнечной системы
кометные ядра (холодные льдышки)
Электрические бури в трескающемся льду?
- Периферия нашей Галактики
старые нейтронные звёзды - продукт взрывов Сверхновых.
Звёздотрясения?
- Сверхдальний космос
какие-то мощные взрывы в далёких галактиках
Катастрофические взрывы звёзд?

К концу XX века

- Периферия нашей Галактики
старые нейтронные звёзды
- Сверхдальний космос
какие-то мощные взрывы в далёких галактиках



А может быть, Сверхновые звёзды - это и есть гамма-всплески?



По энергии могло бы подойти..
Но слишком медленно,
слишком часто,
мало гамма-излучения

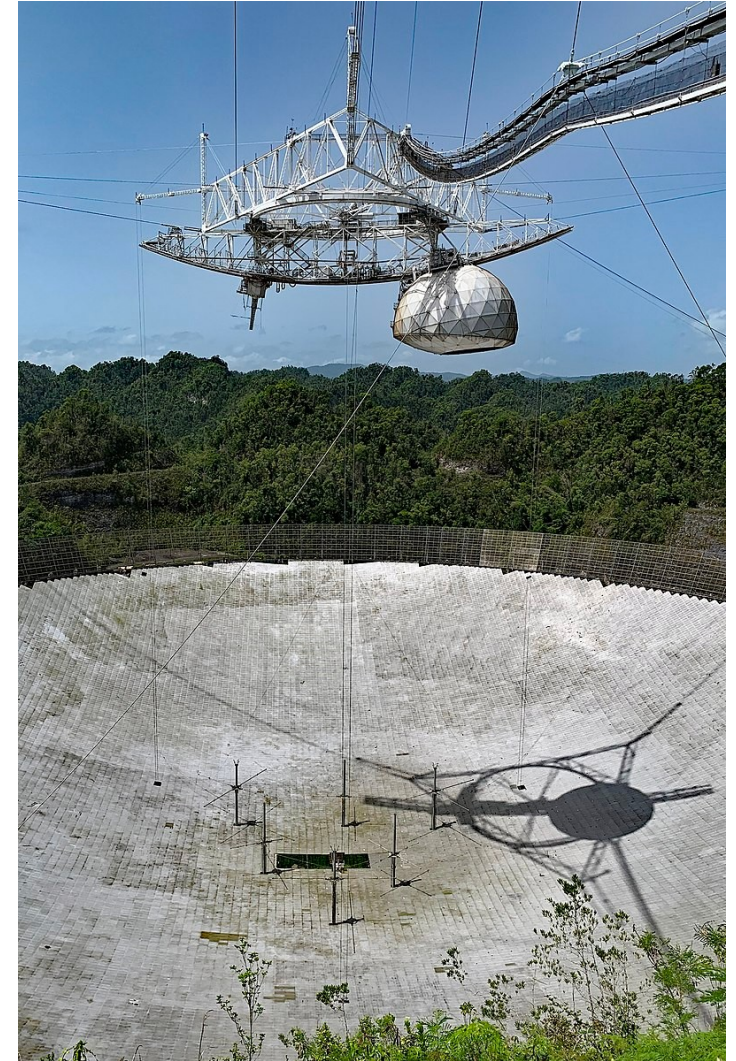
Длительность события (~1 сек)
ограничивает размер объекта
(300 000 км)

А что с далёким космосом?

В 1974 г. Халс и Тэйлор в Аресибо открыли радиопульсар, период которого циклически менялся. $P=59\text{мс}\pm 0.5\text{мс}$

Период изменений- около 8 часов.

- В 1993 г. они получили нобелевскую премию.
- Почему?

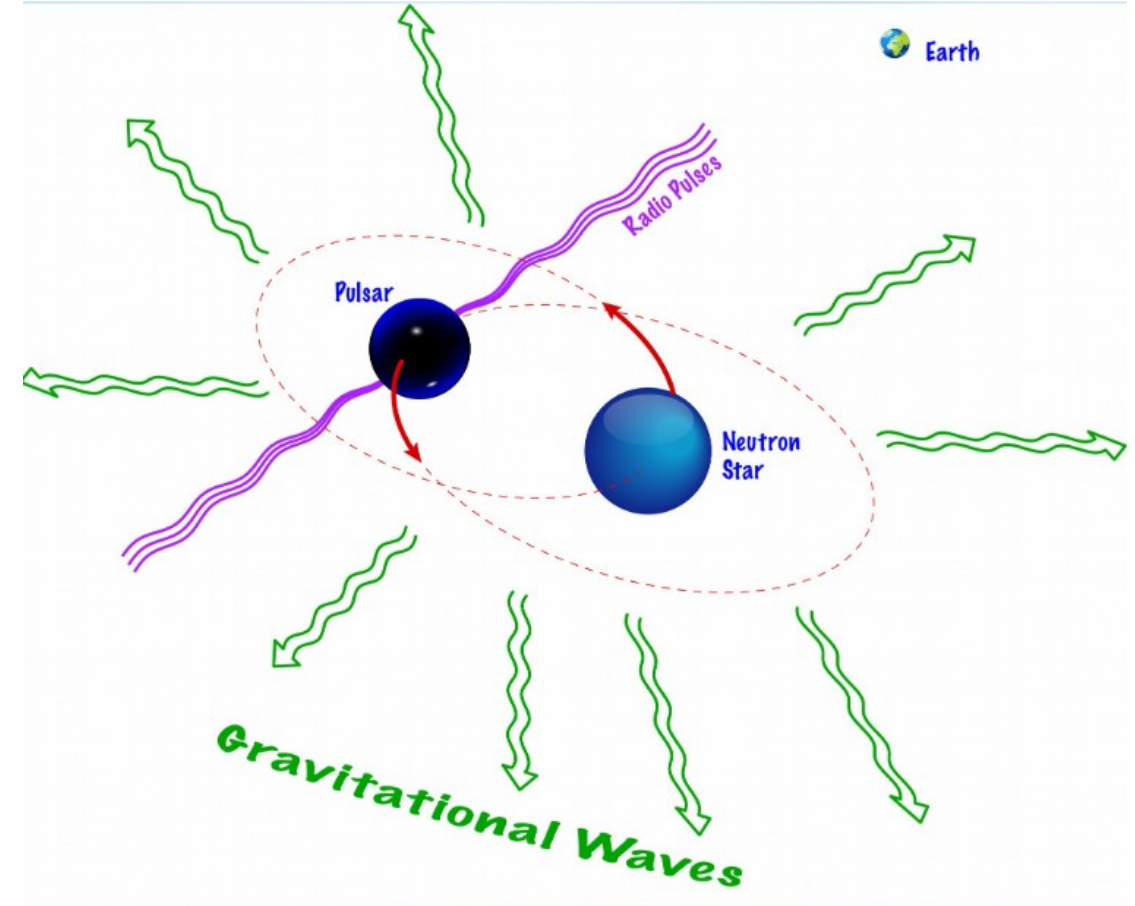


Чем же важен пульсар Халса-Тэйлора?

Это оказалась двойная нейтронная звезда.
И!

Оказывается, есть более тонкий эффект.

- Период в 7.7 часов уменьшается на 16 мкс в год
- (орбита сжимается на 3мм в год).
- Тем самым были открыты гравитационные волны

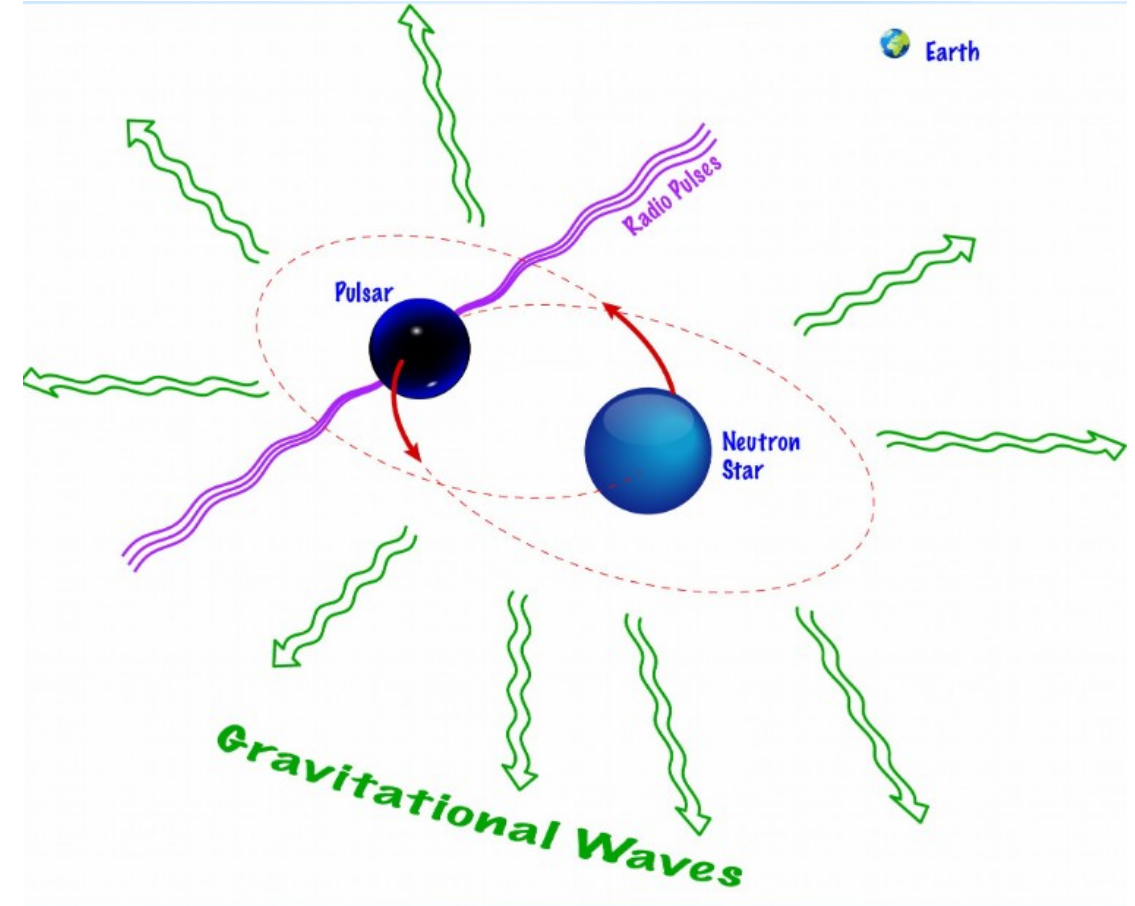


Чем же важен пульсар Халса-Тэйлора?

Это оказалась двойная нейтронная звезда.
И!

Оказывается, есть более тонкий эффект.

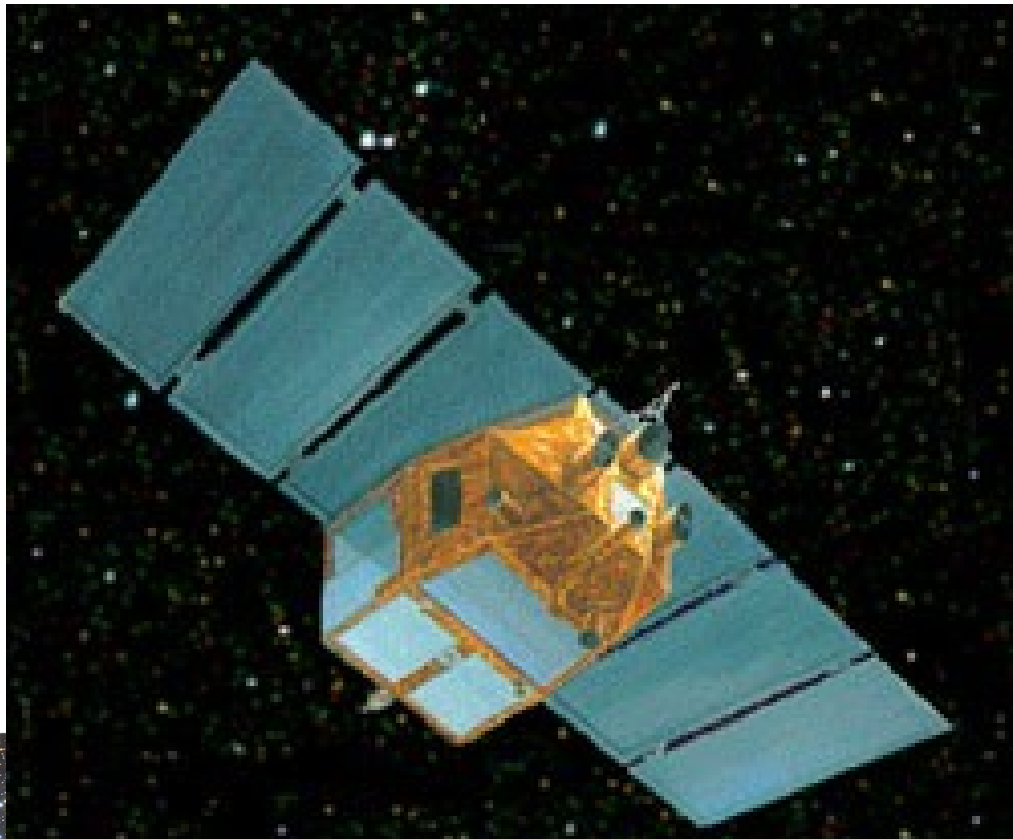
- Период в 7.7 часов уменьшается на 16 мкс в год
- (орбита сжимается на 3мм в год).
- Тем самым были открыты гравитационные волны
- **До неминуемого слияния нейтронных звёзд остается ~300 млн лет!**



Оно или не оно?

Надо увидеть своими глазами.

Мы хотим быстро и точно навести оптический телескоп на гамма-всплеск.



BeppoSAX (1996 - 2002)

Рентгеновский космический телескоп

Пронаблюдал 1082 всплесков

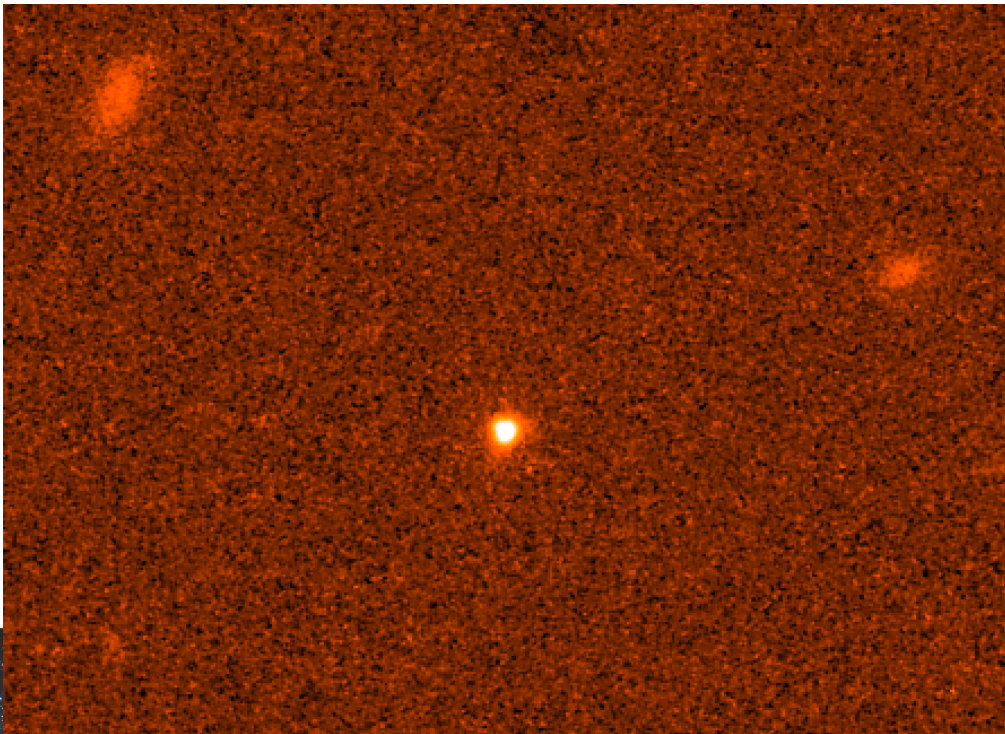
Разрешающая способность 5 угл. минут

Загадка решена?

GRB 970508

BeppoSAX и другие спутники

Все телескопы мира искали...



GRB 970508

J. Heise, and J. in 't Zand, Space Research Organization of the Netherlands, Utrecht; E. Costa, M. Feroci, L. Piro, P. Soffitta, L. Amati, and M. N. Cinti, Istituto Astrofisica Spaziale, CNR, Frascati; F. Frontera and G. Zavattini, Universita di Ferrara; L. Nicastro and E. Palazzi, Istituto Tecnologie e Studio Radiazioni Extraterrestri, CNR, Bologna; A. Tesseri, G. Gandolfi, M. Smith, H. Muller, D. Ricci, and A. Coletta, BeppoSAX, Rome; and M. Tavani, Columbia Astrophysics Laboratory and Istituto di Fisica Cosmica e Tecnologie Relative, CNR, Milan, report: "On the basis of the satellite attitude reconstruction of the BeppoSAX observation during GRB 970508, the position of the x-ray counterpart of the burst in the Wide Field Camera WFC2 is determined to be R.A. = 6h53m28s, Decl. = +79°17'.4 (equinox 2000.0), with a 3' error radius (99-percent confidence level) that is offset 2'.9 from the preliminary position reported on [IAUC 6649](#). There are no catalogued sources within the error region. No other x-ray sources in the field-of-view of both WFCs were detected for independent verification of the satellite attitude."

H. E. Bond, Space Telescope Science Institute, writes: "I have found a starlike variable source within the error box of GRB 970508, based on CCD observations with the Kitt Peak 0.9-m reflector. Between May 9.19 and 10.18 UT, the source brightened by about 1.0 mag in the V band, and on May 10.18 was at V about 20.5, V-I = +0.9. This starlike source is located at R.A. = 6h53m49s.2, Decl. = +79°16'19" (equinox 2000.0), within both of the error boxes given above and on [IAUC 6649](#). The variable is about 3" east and 13" south of a slightly brighter star. Although the brightening (rather than fading) may make the identification with the GRB dubious, follow-up observations are desirable."

В чем научный смысл?

GRB 970508

Красное смещение $z = 0.835$

Вывод: гамма-всплески находятся на космологических расстояниях.

Следствие: они являются мощнейшими взрывами во Вселенной.



Их стали открывать всё больше

GCN — международная сеть наблюдателей

GCN Circular 253

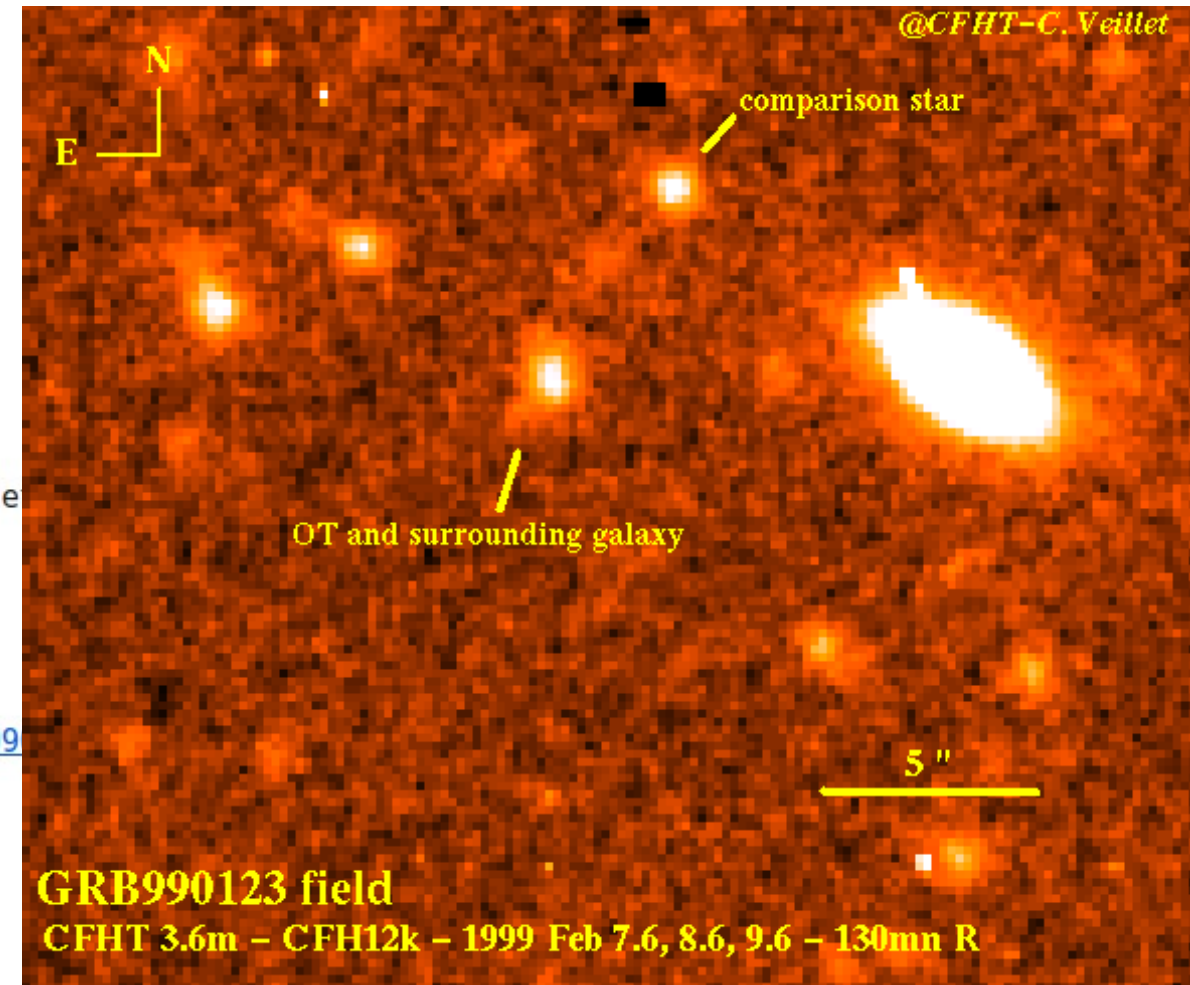
Subject GRB19990123 observations
Date 1999-02-08T17:31:10Z (26 years ago)
From Christian Veillet at CFHT <veillet@cfht.hawaii.edu>

Christian Veillet reports:

The optical transient (OT) associated with the gamma ray burst GRB990123 has been observed with the new wide field camera CFH12k at the prime focus of the 3.6-m CFH Telescope for three consecutive nights on 1999 Feb 5.6, 6.6 and 7.6 by C. Veillet in the course of the French GRB follow-up program at CFHT (M. Boer, CESR, C. Veillet).

A composite image of the field around the OT has been made from eighteen 10min exposures (six per night). Using the standards published by Nilakshi et al. (GCN [252](#)), the mean R magnitude of the OT averages to $R = 23.45 (0.1)$ on 1999 Feb 6.6. Images of the field, with a detection limit of $R=25.0$ (3 sigma), can be seen at the Web site <http://www.cfht.hawaii.edu/~veillet/grb99>. No object is detected in a radius of 5" centered on the OT.

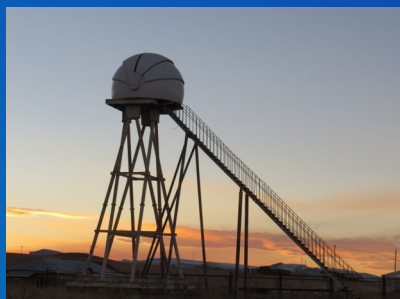
This message may be cited.



Русский робот Мастер



МАСТЕР
Востряково
(2002)



МАСТЕР
Кавказ
(2008)



MASTER
South Africa
(2014)



МАСТЕР
Байкал
(2010)



MASTER
Argentina
(2016)



MASTER
Canary
(2015)



МАСТЕР
Крым
(2015)



MASTER Mexico
(2014)



МАСТЕР
Амур
(2014)

Причем тут мы? Postgres внутри!

Пространственный поиск для быстрого отождествления найденного на небе объекта с каталогом. Нечеткий пространственный JOIN.

Наши уникальные разработки:

GiST — встраивание в Postgres различных типов поисковых индексных структур, в т.ч. для пространственного поиска

kNN — алгоритм для сверхбыстрого поиска ближайших соседей по индексам в БД

pg_sphere — работа с данными в сферических координатах (в т.ч. поиск)

Q3c — ещё один алгоритм быстрого поиска в сферических координатах (используется на спутнике EKA GAIA)



И вот что странно!

Спектры содержат линии поглощения межзвездного газа

Всплески происходят в галактиках

В молодом звёздном населении

А слияния нейтронных звёзд должны происходить далеко от таких мест....

Что же это?

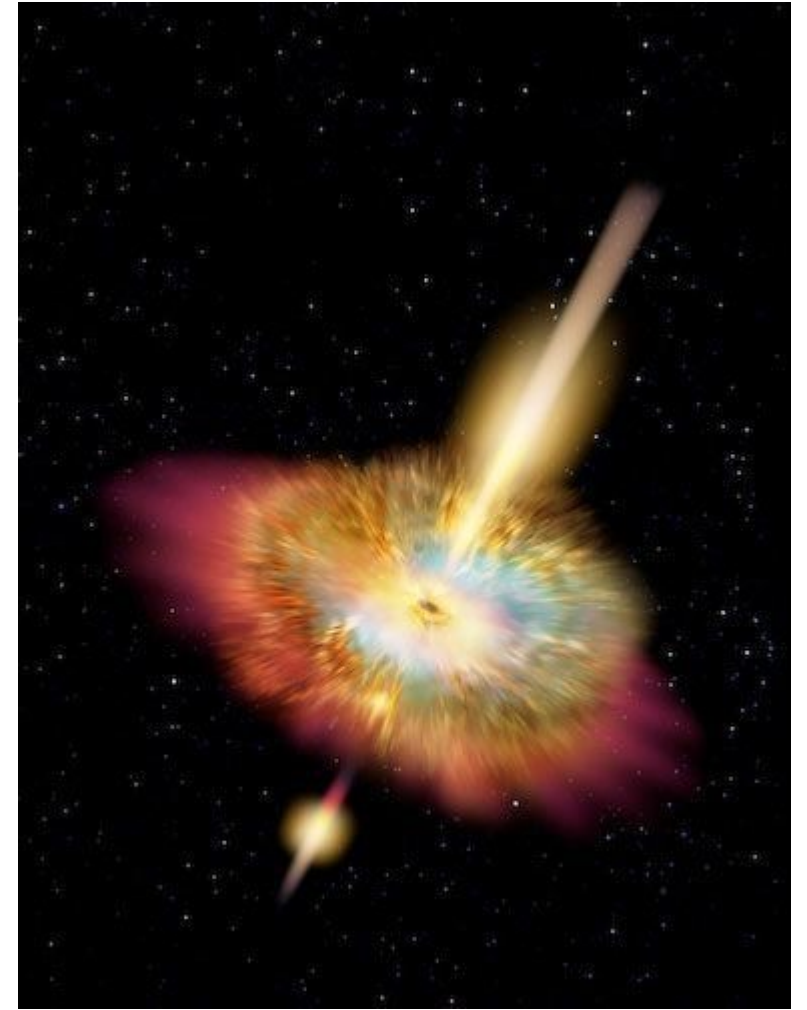


Гиперновая!

Быстро вращающаяся сверхновая
с несимметричным коллапсом ядра

Заглянув через полюс, мы можем увидеть
самое-самое!

Подходит по всем характеристикам.

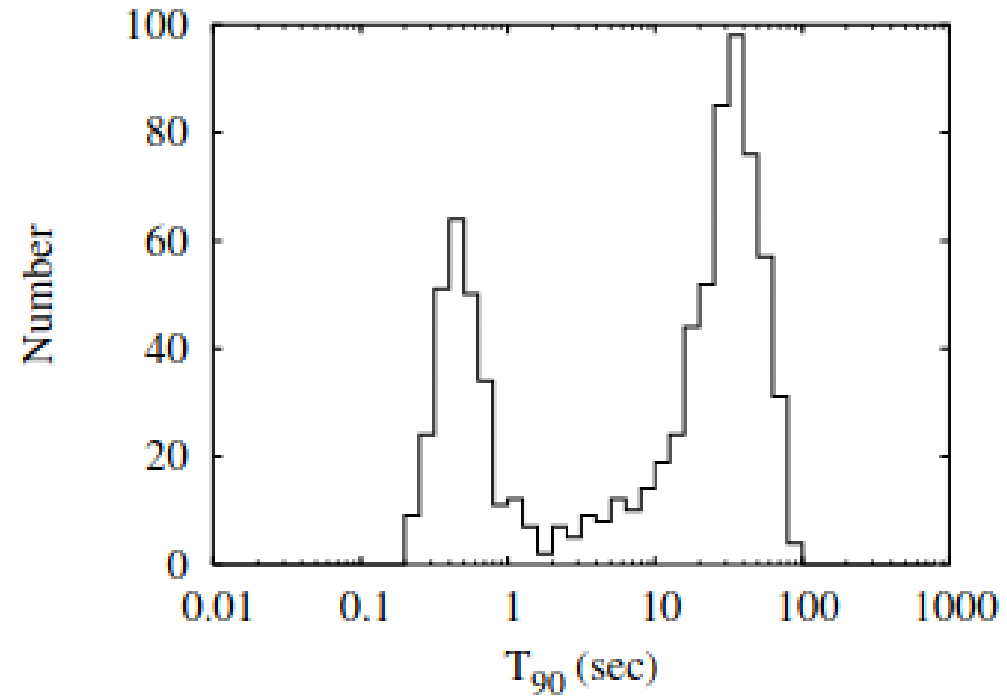


Загадка раскрыта?

Есть длинные и короткие гамма-всплески.
Возможно, разной природы...
Короткие всплески не удалось отождествить
с гиперновыми.

И где-то должны быть (обязательно!) слияния
нейтронных звёзд (и черных дыр)

Где они?



Toma, Yamazaki, Nakamura 2018

На помощь приходит гравитационно-волновая астрономия



Virgo



LIGO



Гравитационные волны открыты в сентябре 2015 г

Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger

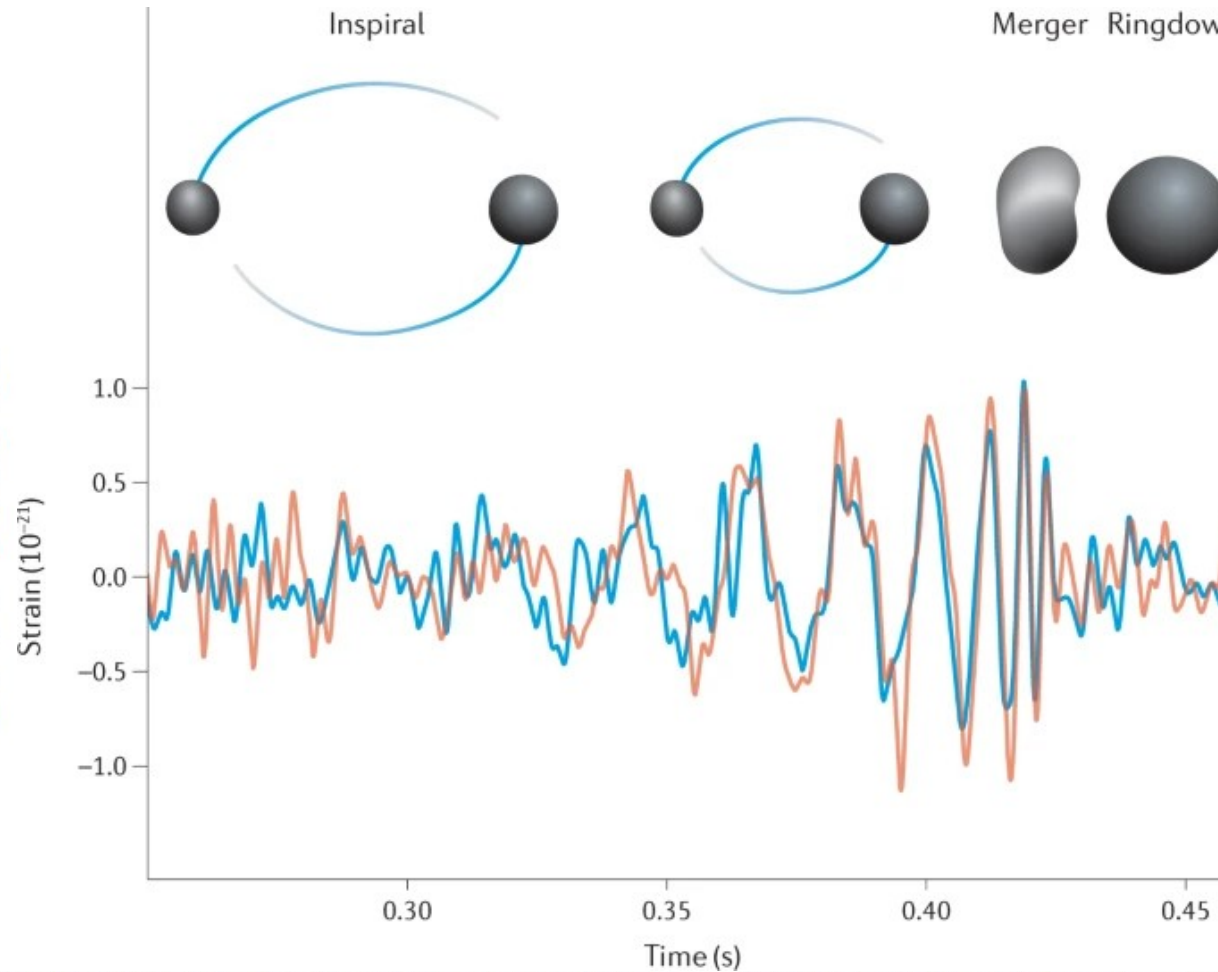
B. P. Abbott *et al.**

(LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration)

(Received 21 January 2016; published 11 February 2016)

On September 14, 2015 at 09:50:45 UTC the two detectors of the Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory simultaneously observed a transient gravitational-wave signal. The signal sweeps upwards in frequency from 35 to 250 Hz with a peak gravitational-wave strain of 1.0×10^{-21} . It matches the waveform predicted by general relativity for the inspiral and merger of a pair of black holes and the ringdown of the resulting single black hole. The signal was observed with a matched-filter signal-to-noise ratio of 24 and a false alarm rate estimated to be less than 1 event per 203 000 years, equivalent to a significance greater than 5.1σ . The source lies at a luminosity distance of 410^{+160}_{-180} Mpc corresponding to a redshift $z = 0.09^{+0.03}_{-0.04}$. In the source frame, the initial black hole masses are $36^{+5}_{-4} M_{\odot}$ and $29^{+4}_{-4} M_{\odot}$, and the final black hole mass is $62^{+4}_{-4} M_{\odot}$, with $3.0^{+0.5}_{-0.5} M_{\odot} c^2$ radiated in gravitational waves. All uncertainties define 90% credible intervals. These observations demonstrate the existence of binary stellar-mass black hole systems. This is the first direct detection of gravitational waves and the first observation of a binary black hole merger.

DOI: 10.1103/PhysRevLett.116.061102



Осталось отождествить их с гамма-всплеском...

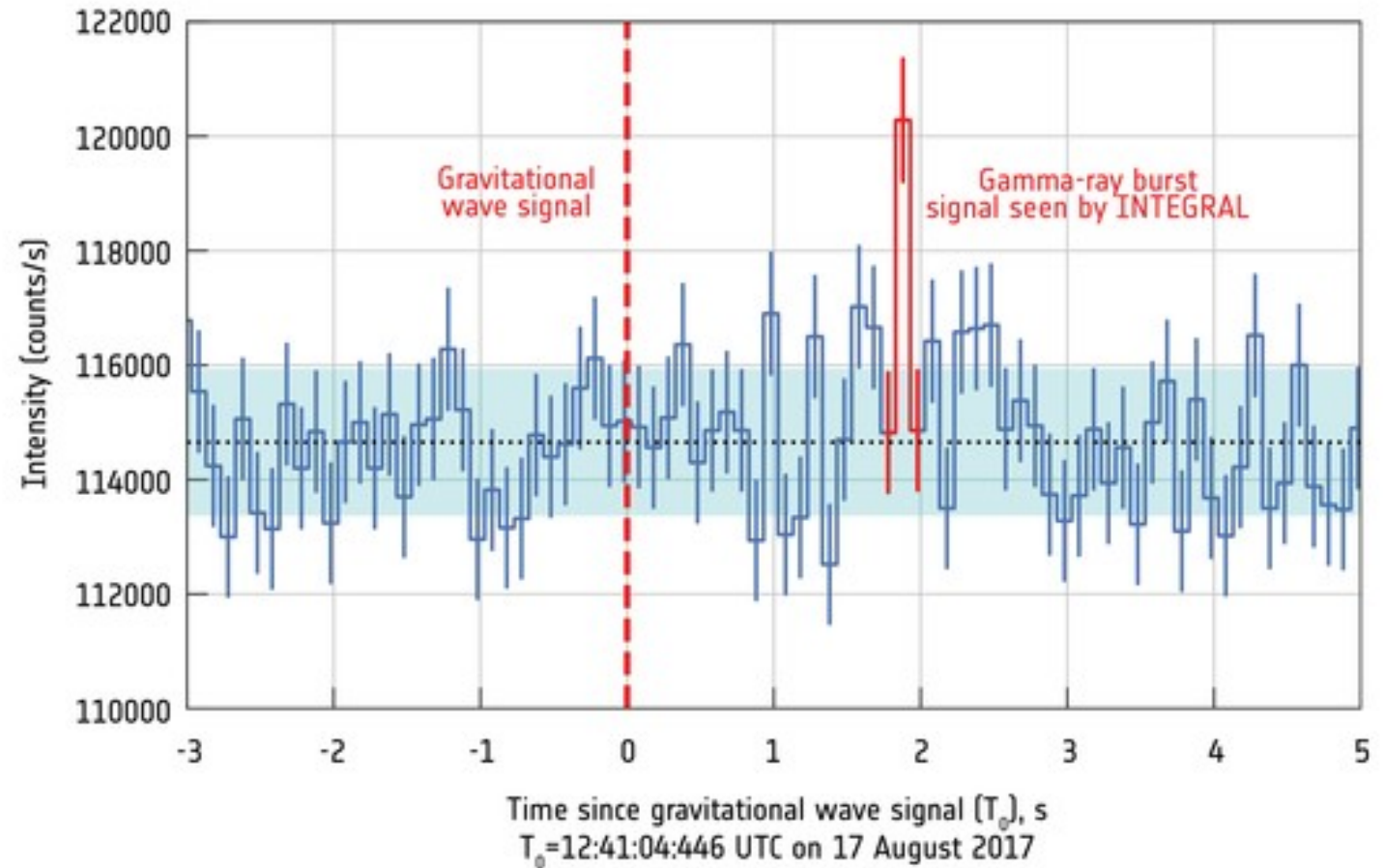
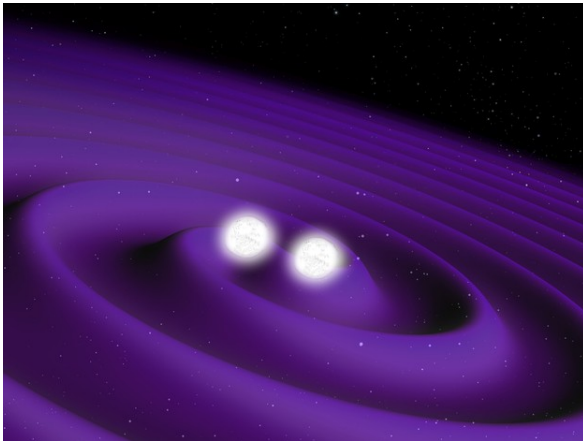
Но это трудно из-за широкой направленности гравитационных антенн

Date: 16 October 2017

Satellite: INTEGRAL

Copyright: ESA/INTEGRAL/SPI/ISDC

GRB 170817A = GW 170817



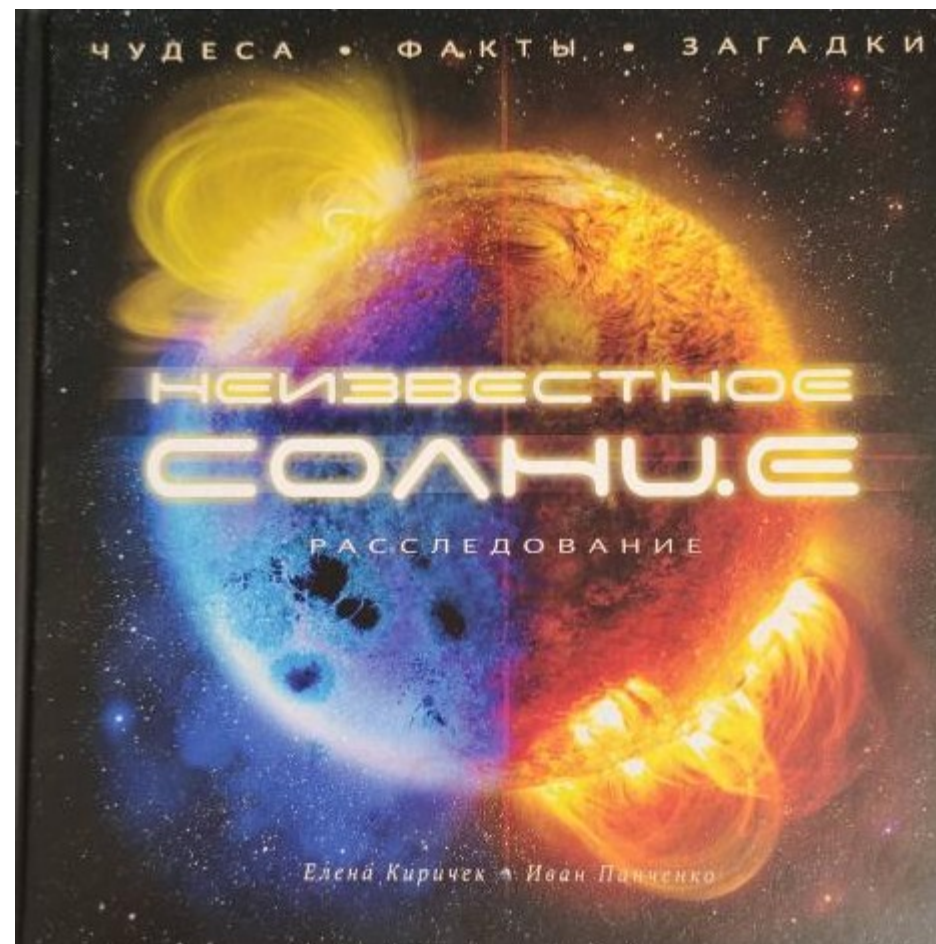
В целом загадка раскрыта, но....



КНИГА

О том, как работает
Солнце — для больших и
маленьких

Е. Киричек, И. Панченко.
Неизвестное Солнце. 2021-2024 г

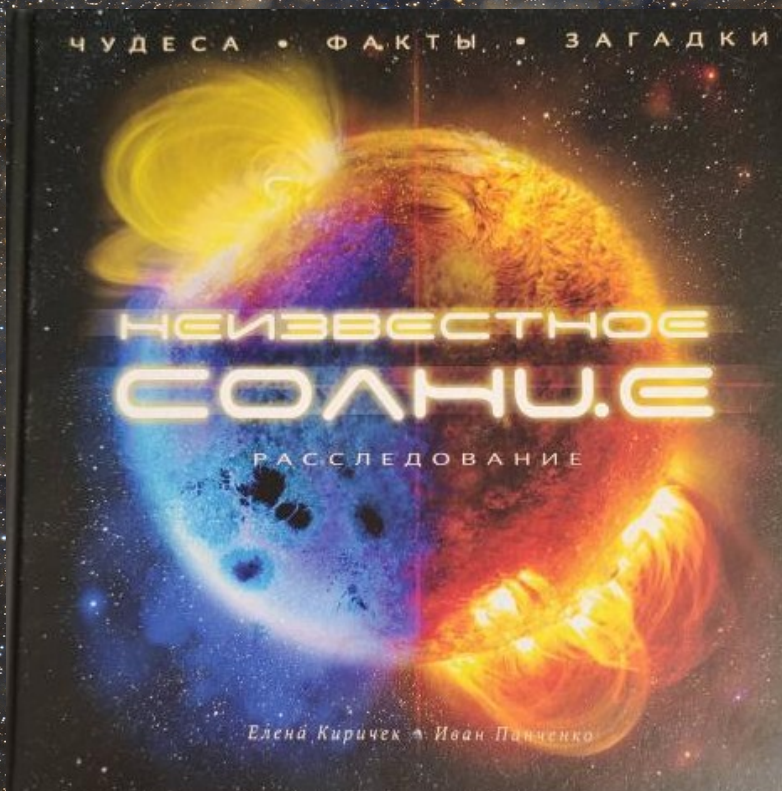


ДРУГИЕ КНИГИ



Издательство Бумба

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



Канал «Дети и наука»

