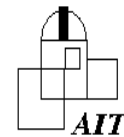
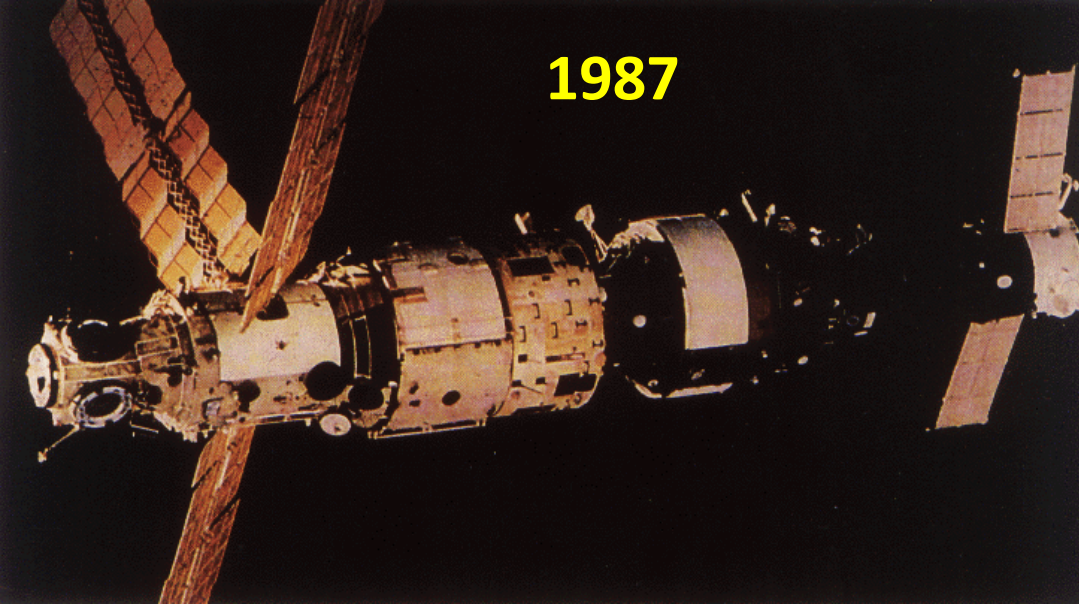


# Проект Спектр-РГ: от черных дыр до космологии

Е.Чуразов



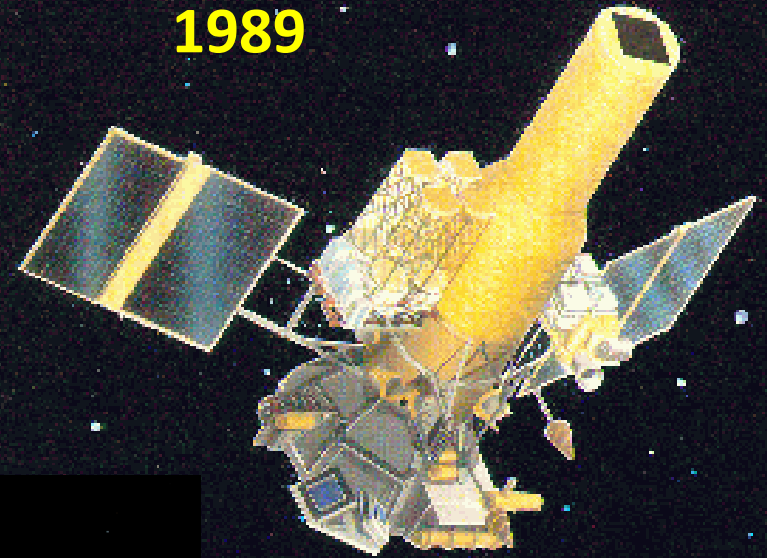
**1987**



## **МИР-КВАНТ**

**Cooperation with Germany,  
Netherlands and UK**

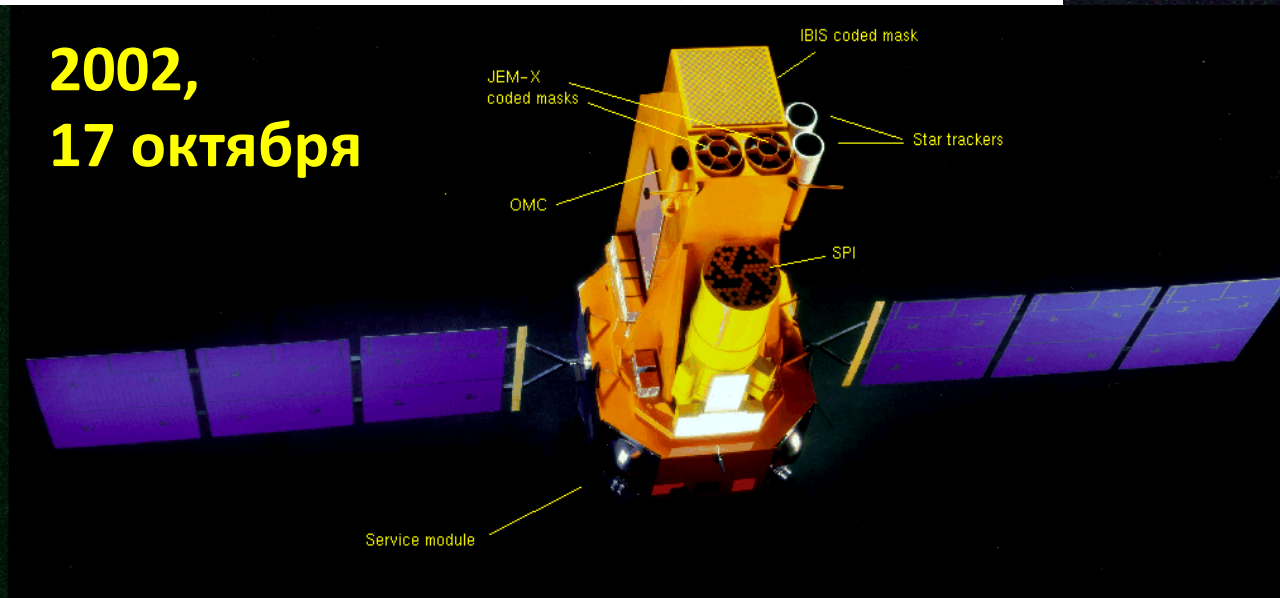
**1989**



## **ГРАНАТ**

**Cooperation with France and Denmark**

**2002,  
17 октября**



## **ИНТЕГРАЛ**

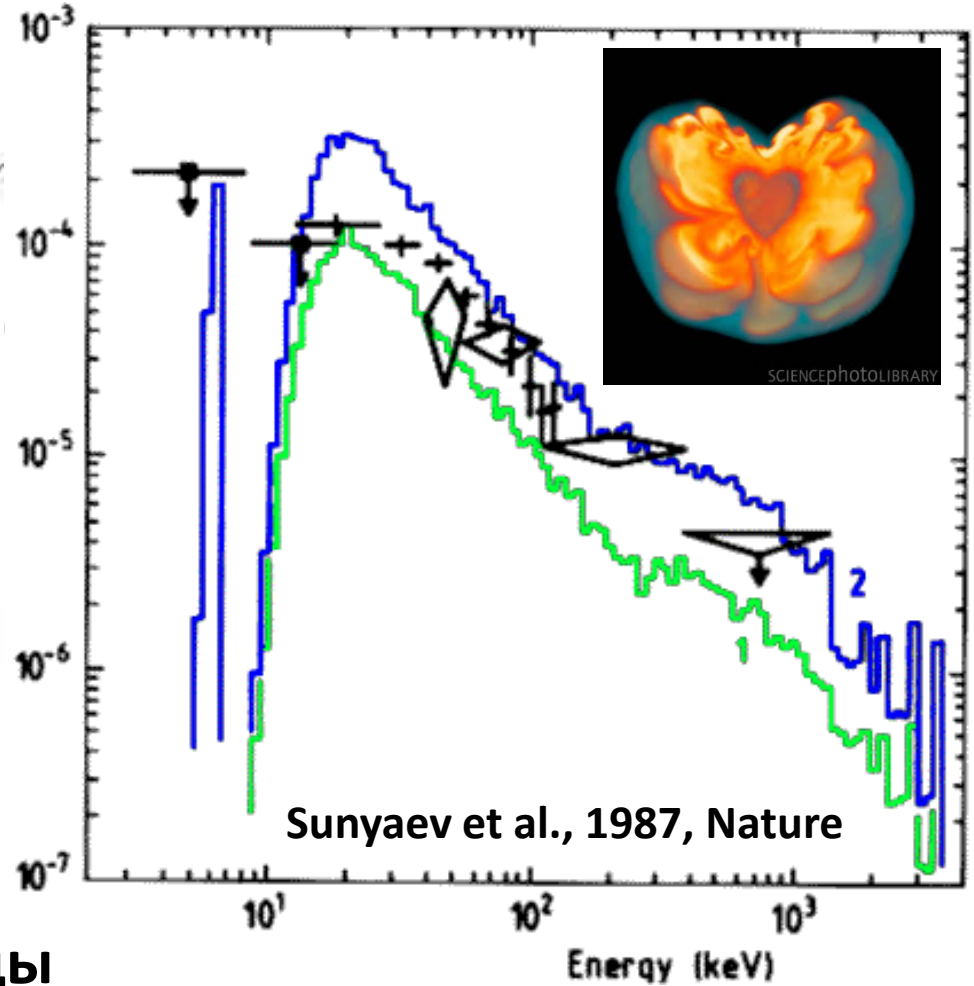
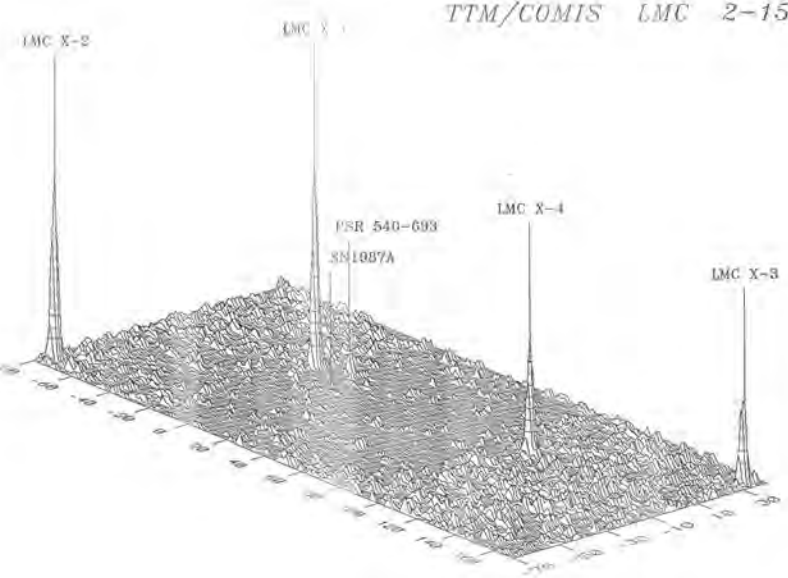
**ESA mission,  
Russian launch  
(observing time:  
25% share)**

# Рентгеновское излучение сверхновой SN1987а



**КВАНТ**

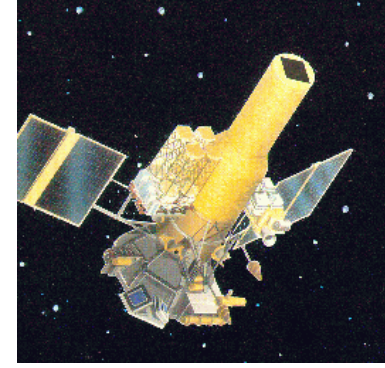
*TTM/COMIS LMC 2-15 keV*



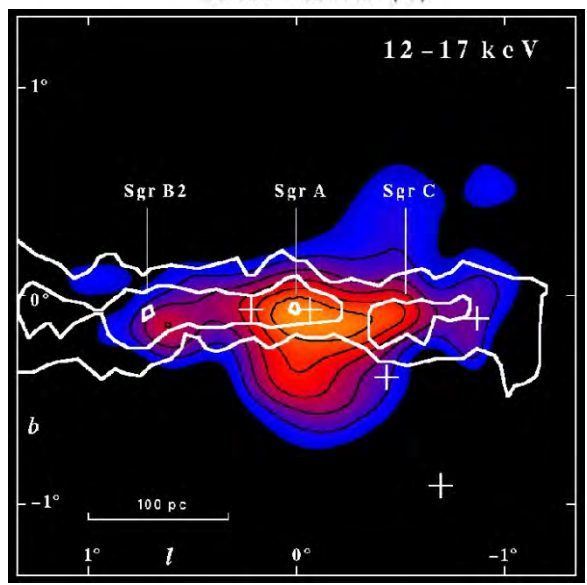
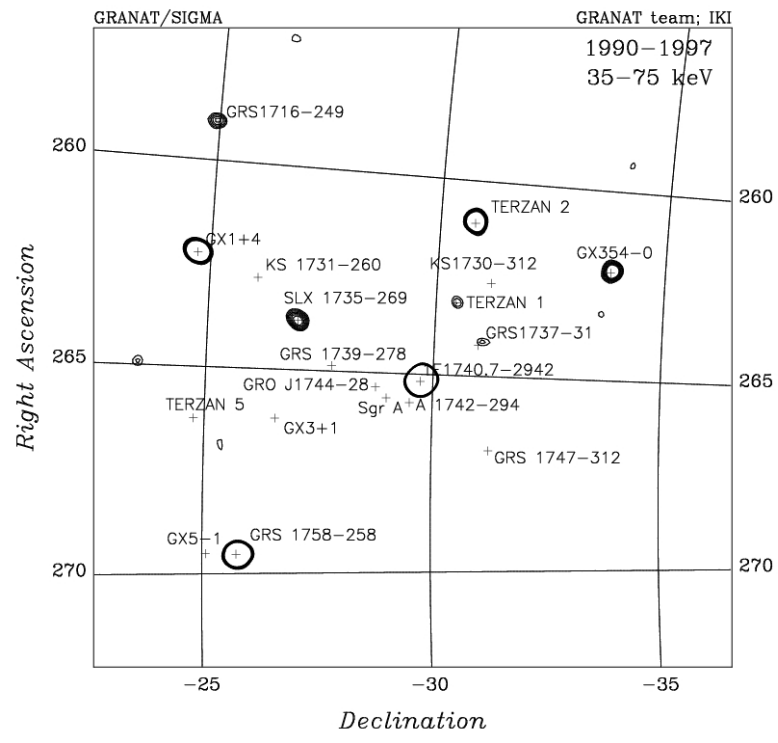
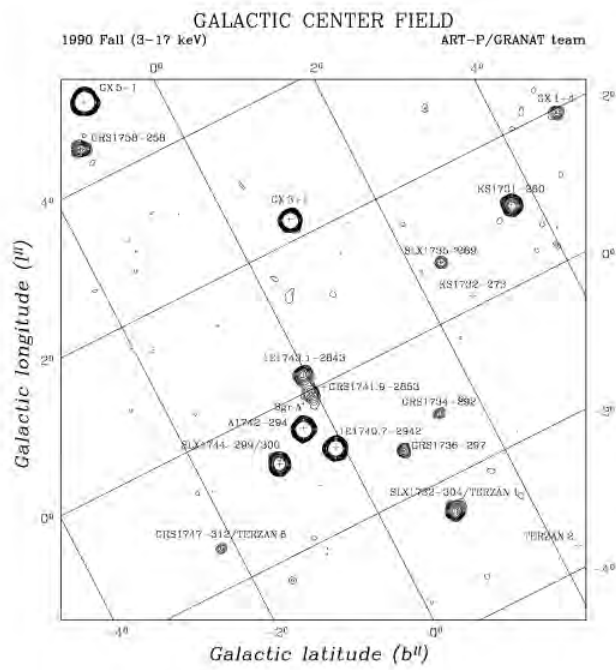
**Коллапс массивной звезды**

**Излучение – результат распада никеля  $^{56}\text{Ni} \rightarrow ^{56}\text{Co} \rightarrow ^{56}\text{Fe}$**

# Рентгеновские карты Центра Галактики

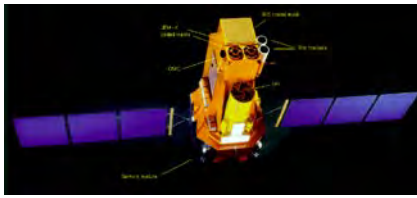


**ГРАНАТ**

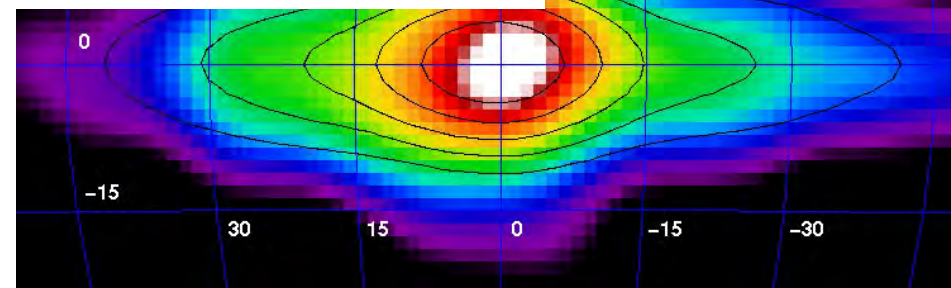
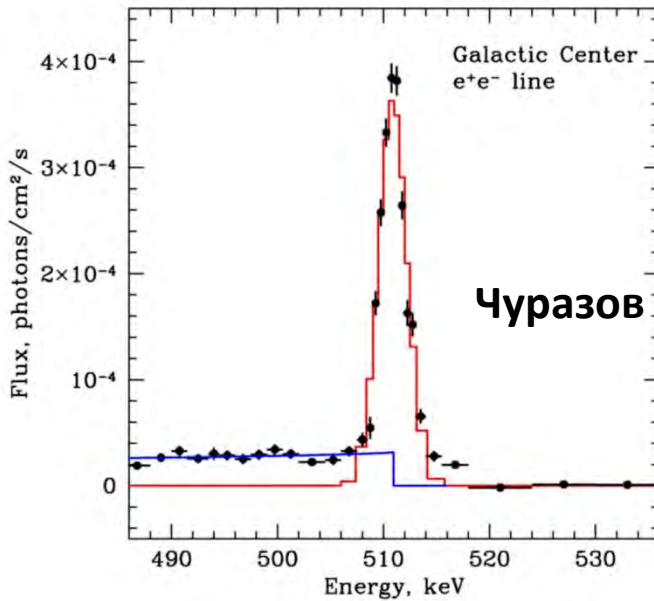
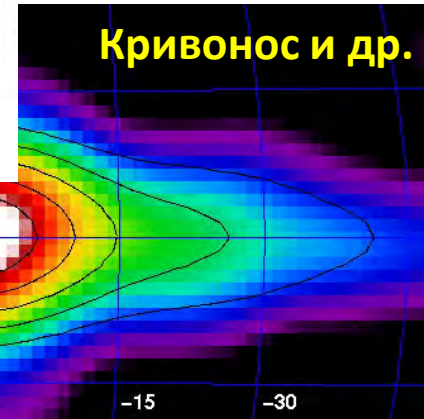
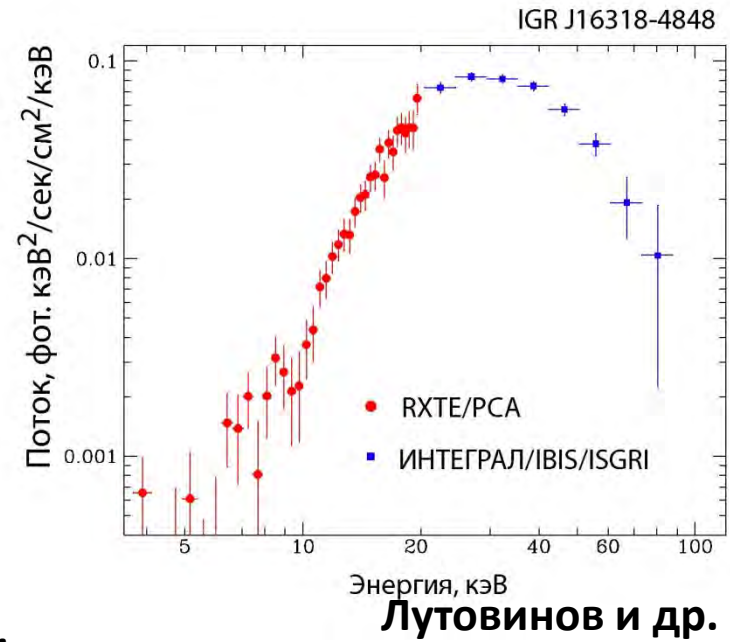
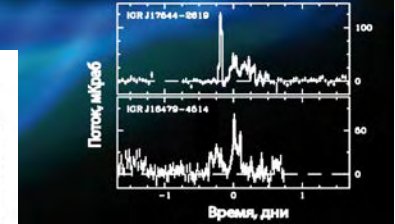
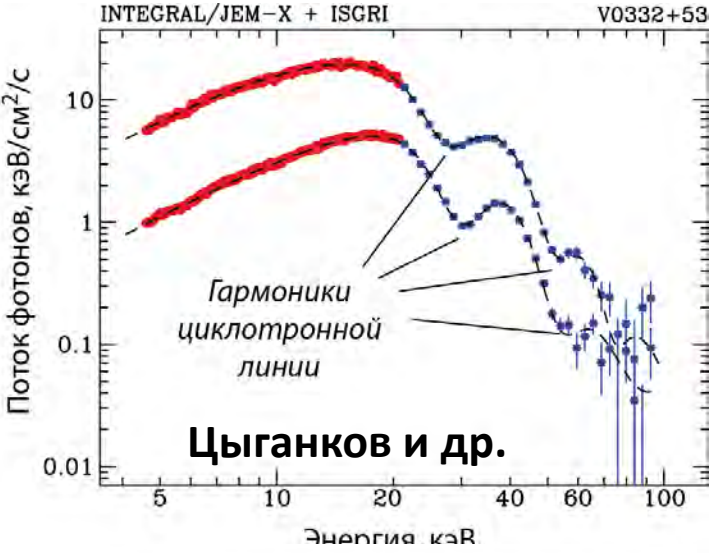


1. Светимость «нашей» сверхмассивной черной дыры в рентгеновском диапазоне ничтожна
2. 300 лет назад сверхмассивная дыра была мощнейшим источником рентгеновского излучения

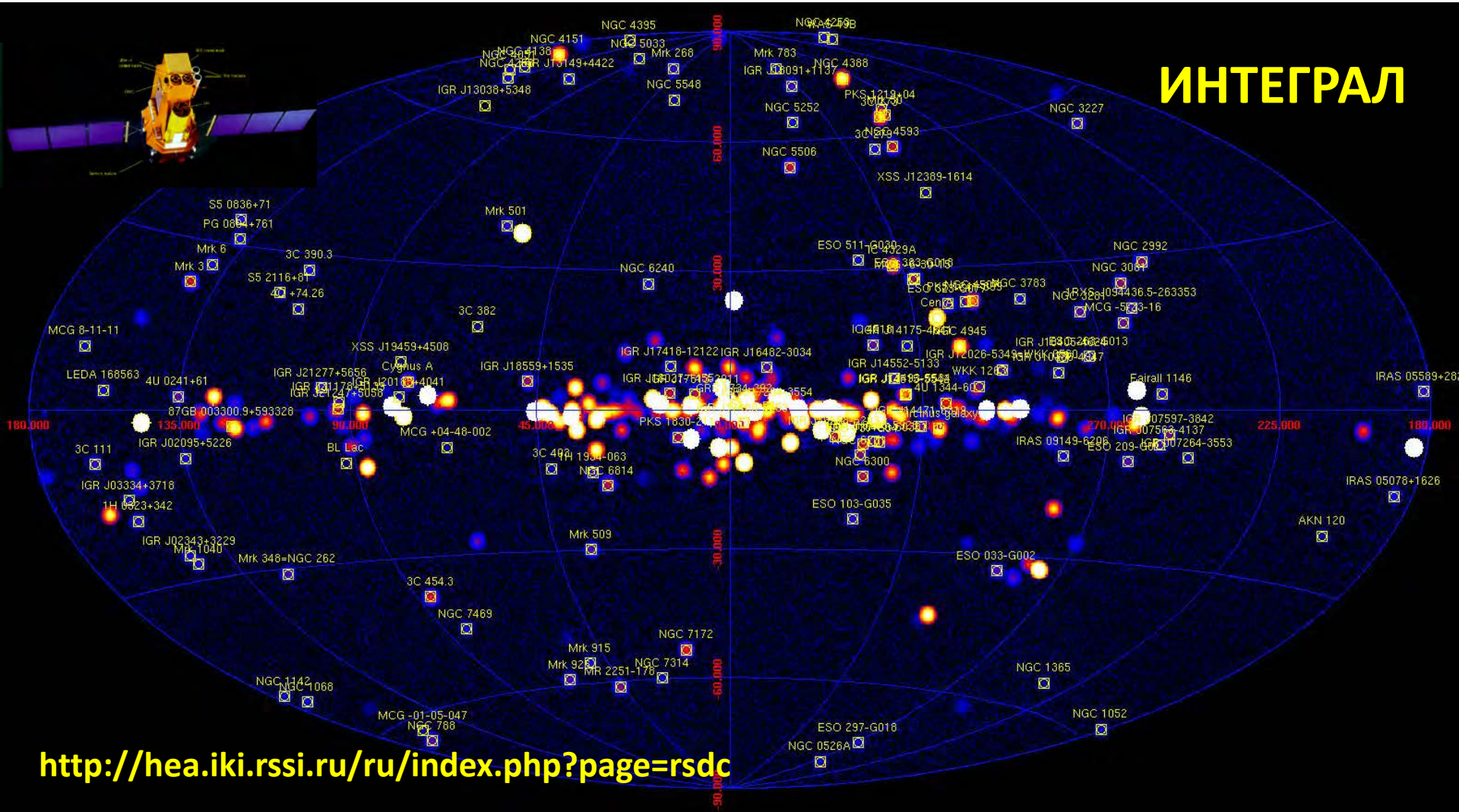
Следующая вспышка в 2013-1024 ?????



# ИНТЕГРАЛ



# Карта всего неба в диапазоне 17-60 кэВ



**523 источника**

**240 внегалактических**

| [AGN \(214\)](#) | [HMXB \(86\)](#) | [LMXB \(99\)](#) | [CV \(35\)](#)

**Кривонос и др. 2007, 2009**

# СРГ, ожидаемое число источников

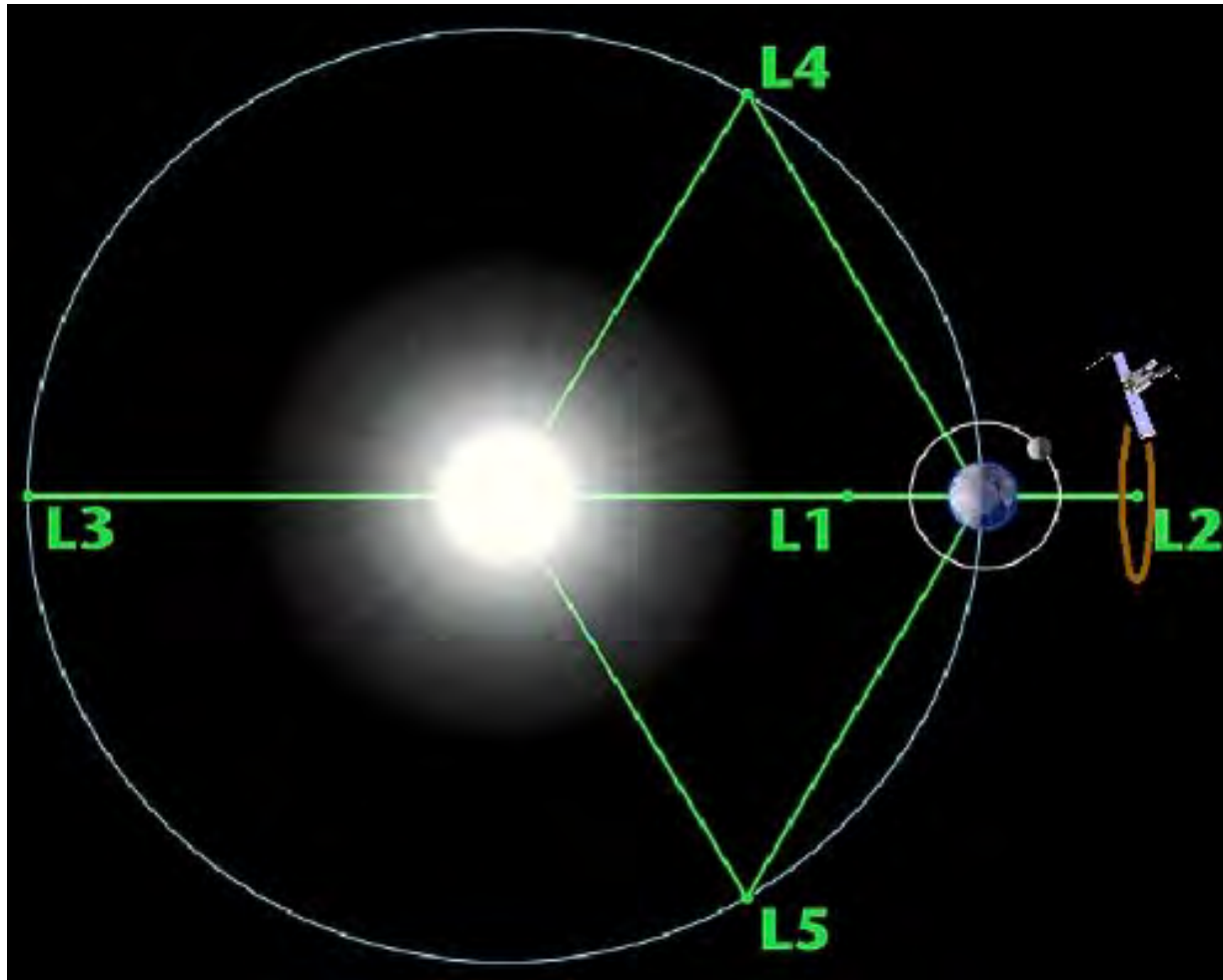
100 000 Скоплений галактик

3 000 000 Активных ядер галактик (сверхмассивных черных дыр)

500 000 Звезд, излучающих рентгеновское излучение

> 100 000 Белых карликов

Десятки и сотни редчайших объектов во Вселенной



**Полет в точку L2 (~100 дней)**

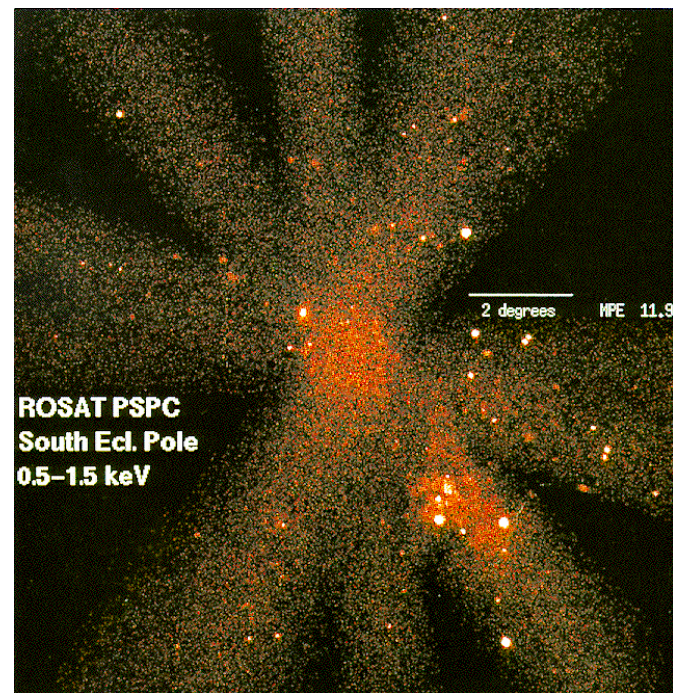
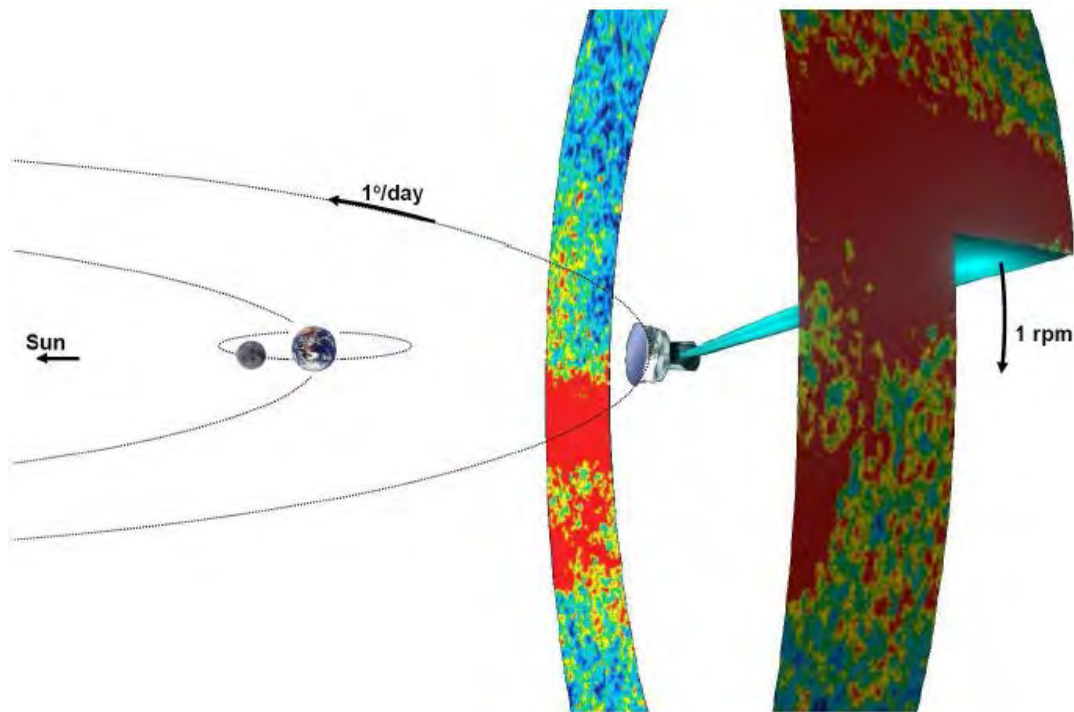
**WMAP, Планк, Гершель – сейчас в точке L2**

**Солнце, Земля, Луна с одной стороны**

**Вращение вокруг направления на Солнце**



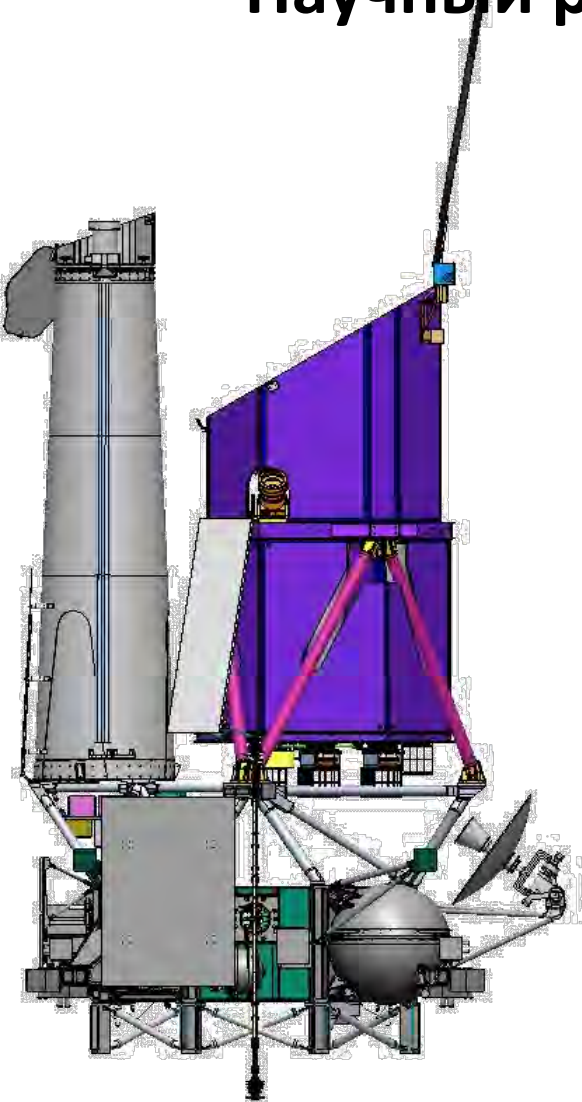
# Сканирование неба обсерваторией СРГ – 4 года 3+ года наблюдения отдельных объектов



Ось обсерватории описывает большой круг на небе  
Каждый день ось вращения сдвигается на 1 градус  
Полный обзор за полгода, 8 обзоров за 4 года

# Научные приборы обсерватории СРГ

Научный руководитель проекта Рашид Сюняев



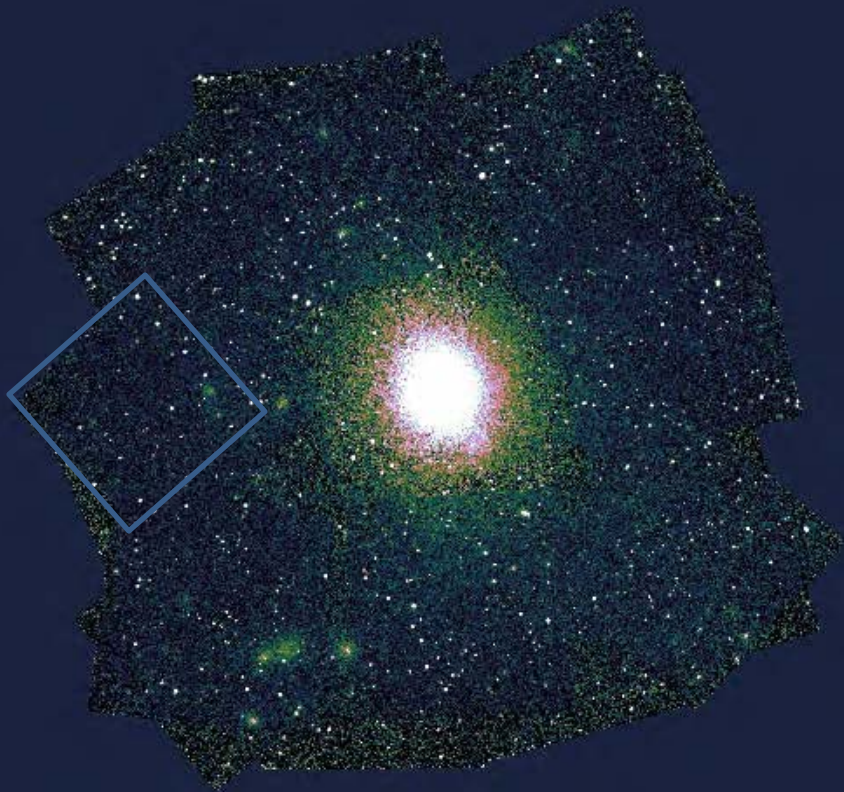
	<b>eRosita</b>	<b>ART-XC</b>
<b>Диапазон</b>	<b>0.3-10 кэВ</b>	<b>6-30 кэВ</b>
<b>Поле зрения</b>	<b>1 градус</b>	<b>30'</b>
<b>Угловое разрешение</b>	<b>15"</b>	<b>45"</b>
<b>Площадь</b>	<b>2400 см<sup>2</sup> @ 1 кэВ</b>	<b>450 см<sup>2</sup> @ 8 кэВ</b>

**Ключевой параметр:**

**сочетание большого поля зрения и площади!**

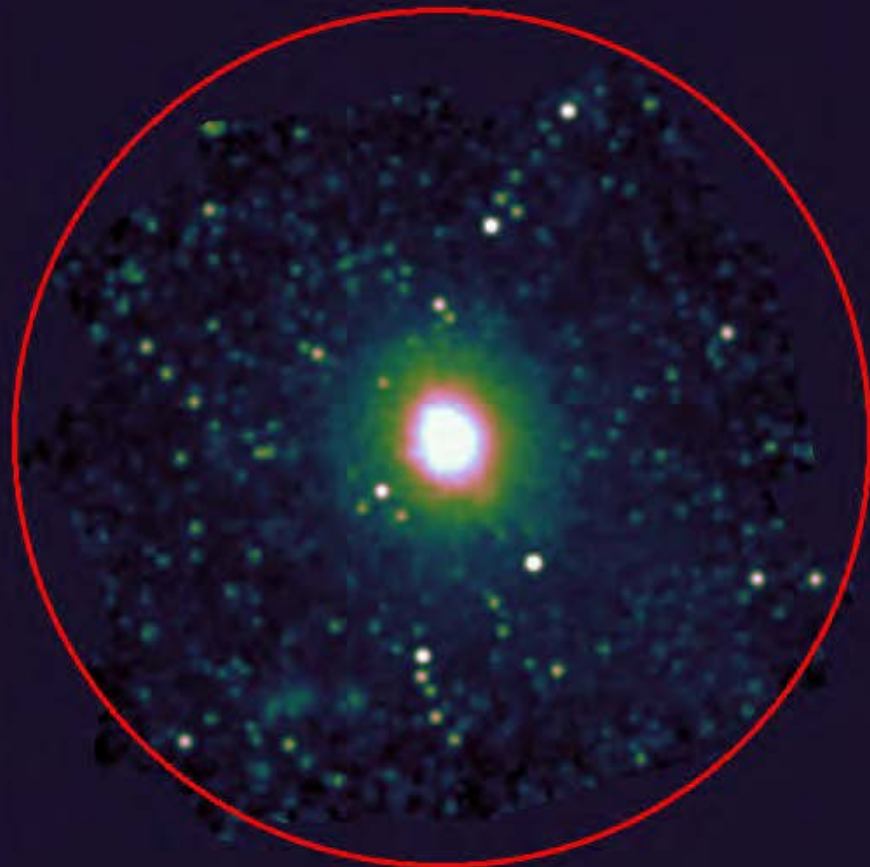
# Chandra

$Z \sim 0.06$



$\sim 30$  наведений  
 $\sim 2$  млн. секунд

# eRosita



$\sim 1$  наведение, 1.9 Мрс  
 $\sim 80$  тыс. секунд

# **СРГ, главные научные задачи**

**сочетание большого поля зрения и площади  
позволяет просмотреть рекордный объем Вселенной**

**Скопления галактик и космология**

**Рост и эволюция сверхмассивных черных дыр**

**Полные выборки компактных галактических объектов**

**Звезды**

**Диффузное излучение и остатки сверхновых**

**Объекты в Солнечной системе**

**Редчайшие объекты во Вселенной**

# THE BIG BANG

INFLATION

COSMIC MICROWAVE  
BACKGROUND  
400,000 YEARS AFTER  
BIG BANG

THE DARK AGES

FIRST STARS  
400,000,000 YEARS  
AFTER BIG BANG

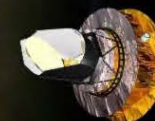
FIRST GALAXIES  
1 000,000,000 YEARS  
AFTER BIG BANG

GALAXY EVOLUTION  
CONTINUES...

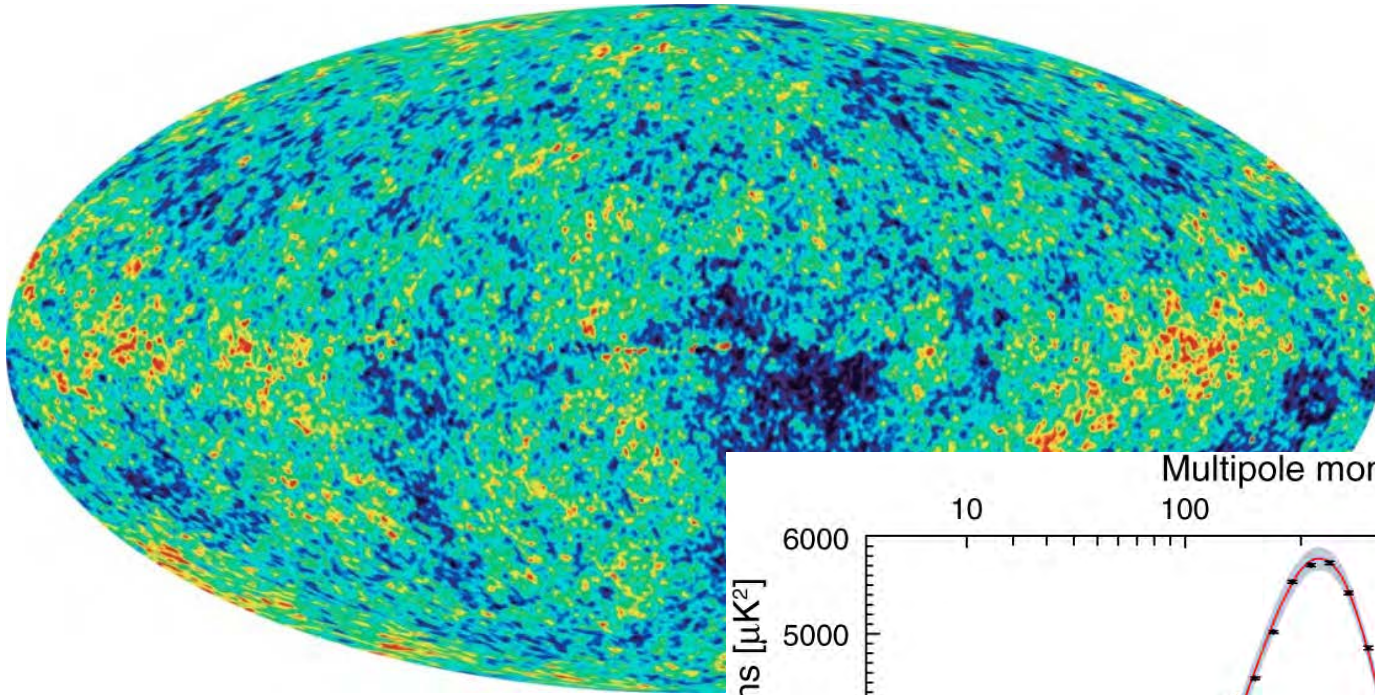
DARK ENERGY ?

FORMATION OF  
THE SOLAR SYSTEM  
8,700,000,000 YEARS  
AFTER BIG BANG

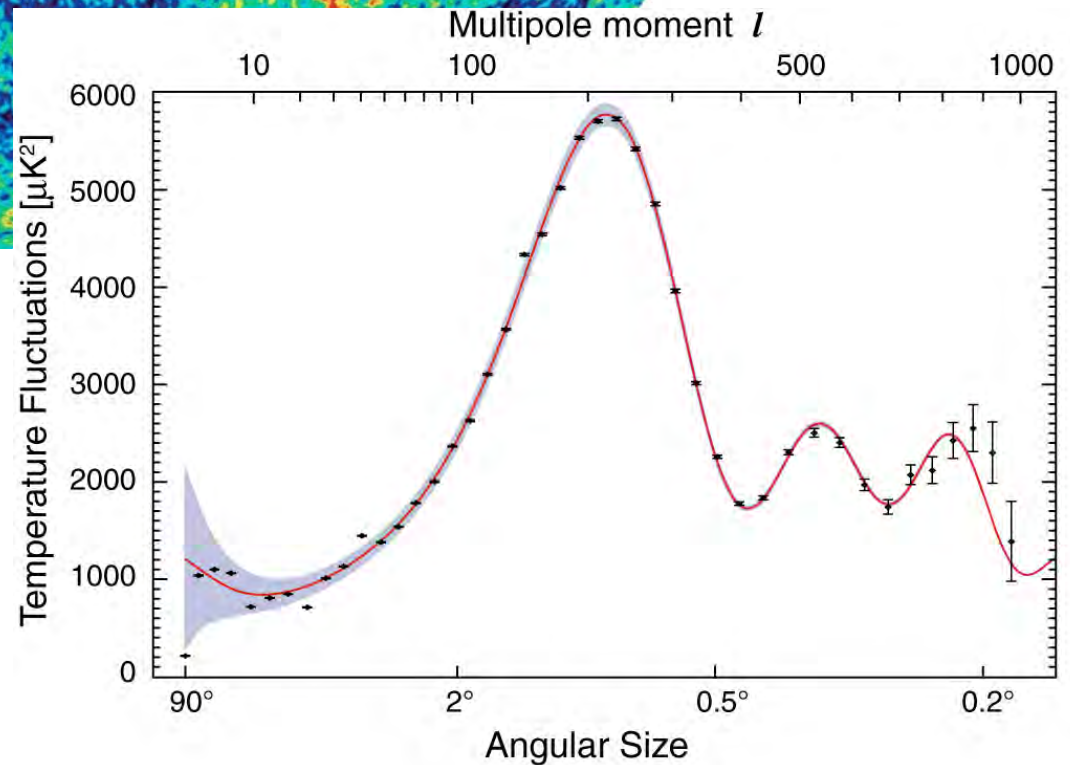
Now  
13,700,000,000 YEARS  
AFTER BIG BANG



# WMAP: Анизотропия реликтового излучения



$$\frac{\Delta T}{T} \sim \text{few } 10^{-5}$$



Parameter	Value	Description
$t_0$	$13.75 \pm 0.11 \times 10^9$ years	Age of the universe
$H_0$	$70.4_{-1.4}^{+1.3}$ km s <sup>-1</sup> Mpc <sup>-1</sup>	Hubble constant
$\Omega_b h^2$	$0.02260 \pm 0.00053$	Physical baryon density
$\Omega_c h^2$	$0.1123 \pm 0.0035$	Physical dark matter density
$\Omega_b$	$0.0456 \pm 0.0016$	Baryon density
$\Omega_c$	$0.227 \pm 0.014$	Dark matter density
$\Omega_\Lambda$	$0.728_{-0.016}^{+0.015}$	Dark energy density
$\Delta_R^2$	$2.441_{-0.092}^{+0.088} \times 10^{-9}$ , $k_0 = 0.002$ Mpc <sup>-1</sup>	Curvature fluctuation amplitude
$\sigma_8$	$0.809 \pm 0.024$	Fluctuation amplitude at $8h^{-1}$ Mpc
$n_s$	$0.963 \pm 0.012$	Scalar spectral index
$z_*$	$1090.89_{-0.69}^{+0.68}$	Redshift at decoupling
$t_*$	$377730_{-3200}^{+3205}$ years	Age at decoupling
$\tau$	$0.087 \pm 0.014$	Reionization optical depth
$z_{\text{reion}}$	$10.4 \pm 1.2$	Redshift of reionization

# THE BIG BANG

INFLATION

COSMIC MICROWAVE  
BACKGROUND  
400,000 YEARS AFTER  
BIG BANG

THE DARK AGES

FIRST STARS  
400,000,000 YEARS  
AFTER BIG BANG

FIRST GALAXIES  
1 000,000,000 YEARS  
AFTER BIG BANG

GALAXY EVOLUTION  
CONTINUES...

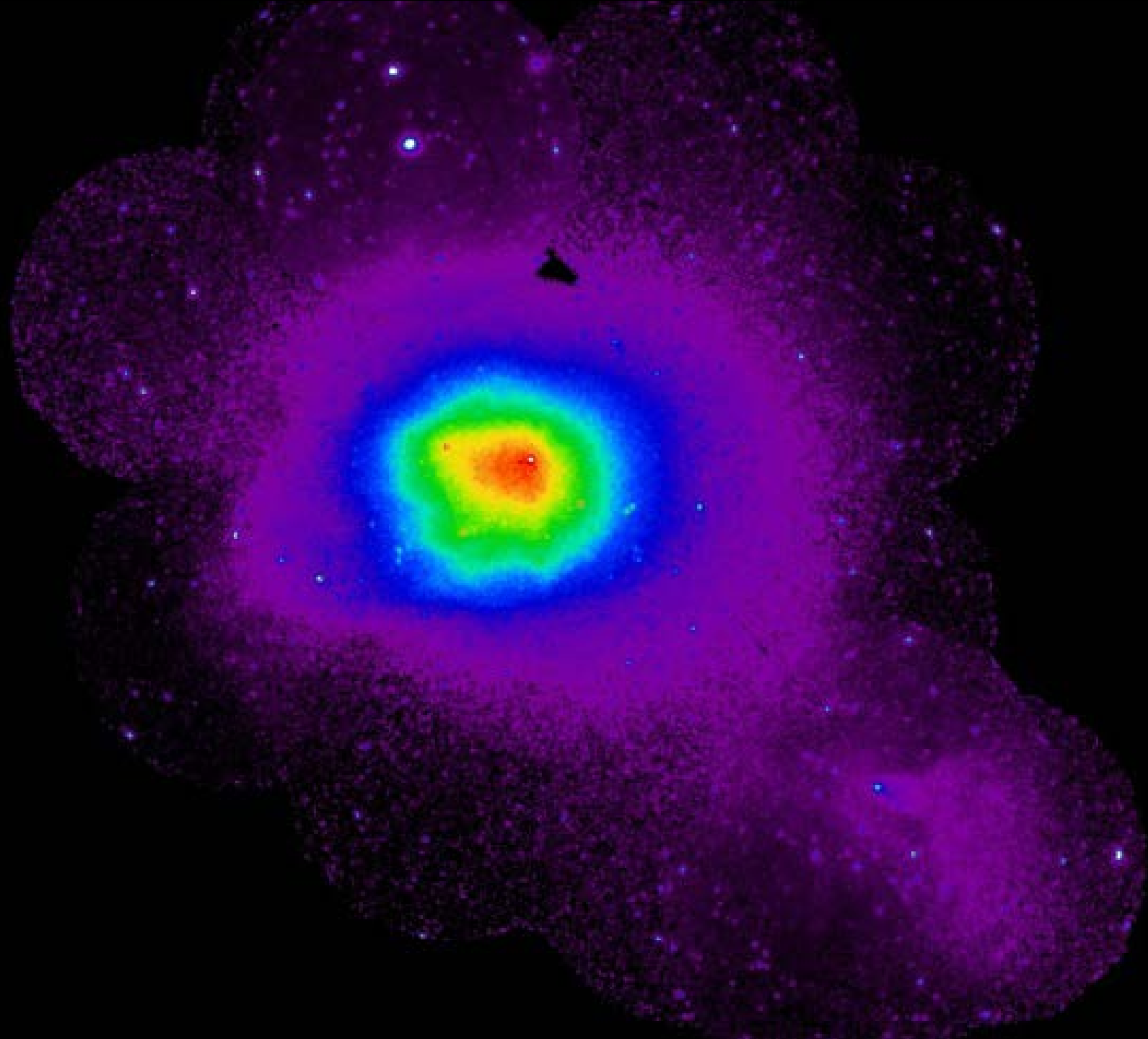
DARK ENERGY ?

Первое скопление  
с массой  $10^{15} M_{\text{sun}}$   
6,000,000,000 лет

FORMATION OF  
THE SOLAR SYSTEM  
8,700,000,000 YEARS  
AFTER BIG BANG

Now  
13,700,000,000 YEARS  
AFTER BIG BANG





# THE BIG BANG

INFLATION

COSMIC MICROWAVE  
BACKGROUND  
400,000 YEARS AFTER  
BIG BANG

FIRST STARS  
400,000,000 YEARS  
AFTER BIG BANG

THE DARK AGES

FIRST GALAXIES  
1,000,000,000 YEARS  
AFTER BIG BANG

GALAXY EVOLUTION  
CONTINUES...

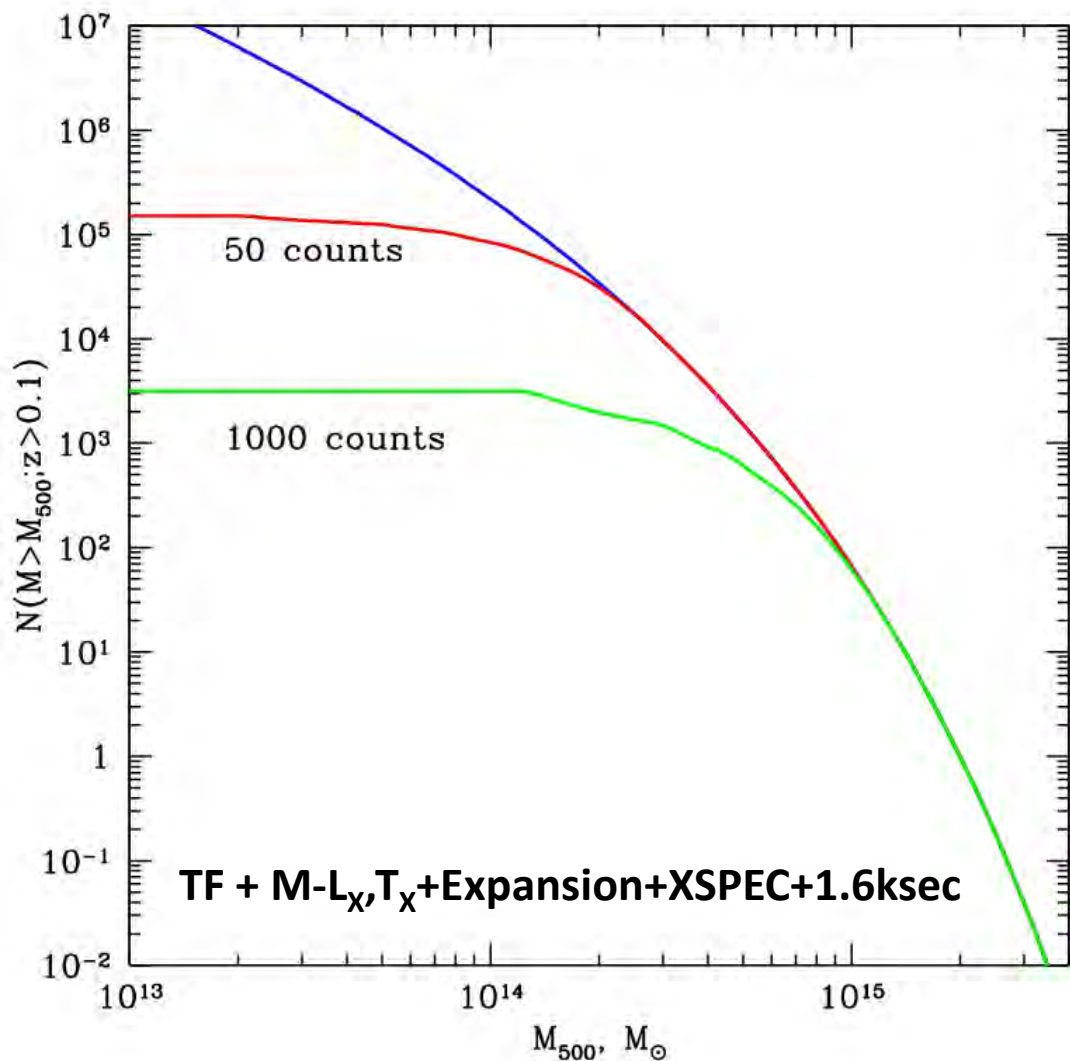
DARK ENERGY?

Первое скопление  
с массой  $10^{15} M_{\text{sun}}$   
6,000,000,000 лет

FORMATION OF  
THE SOLAR SYSTEM  
8,700,000,000 YEARS  
AFTER BIG BANG

Now  
13,700,000,000 YEARS  
AFTER BIG BANG

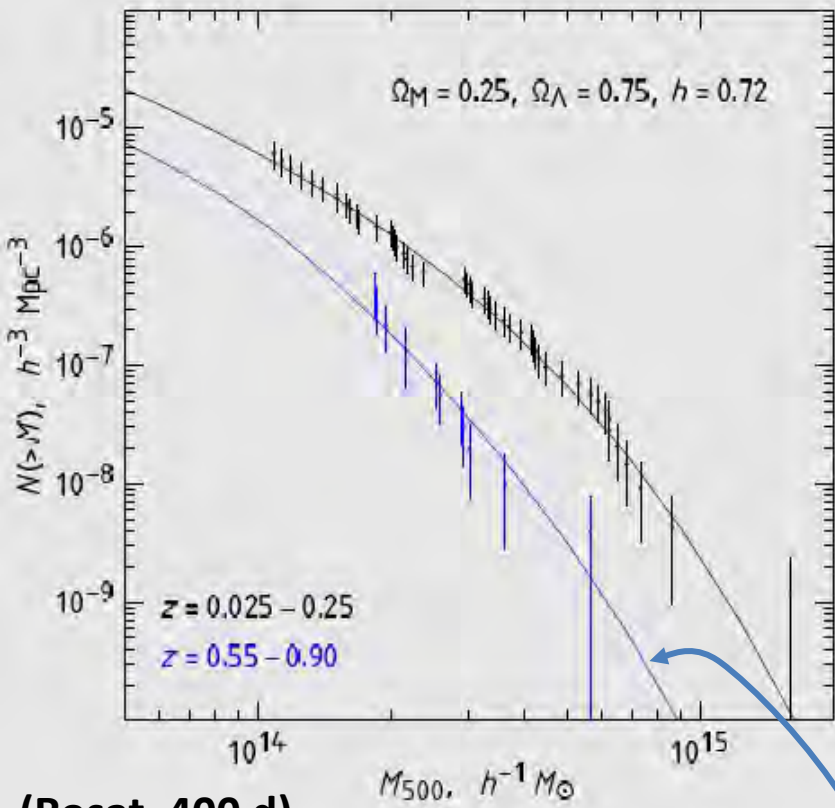
# СРГ увидит ВСЕ массивные скопления во Вселенной



M	z	N	eRosita
$10^{14}$	$\sim 3$	$8 \cdot 10^4$	40%
$3 \cdot 10^{14}$	$\sim 2$	$8 \cdot 10^3$	100%
$10^{15}$	$\sim 1$	50	100%

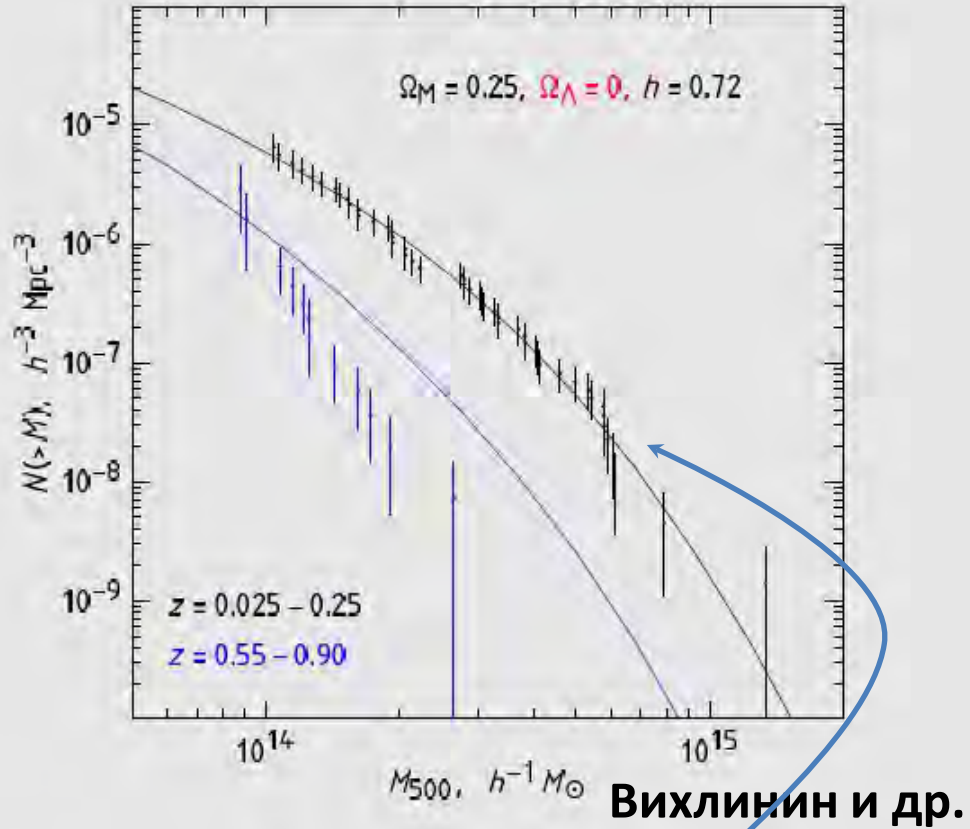
$Z_{\max} \sim 2, \quad M \sim 3 \cdot 10^{14} M_{\text{Sun}}$

# Чувствительность к темной энергии (49+36=85 скоплений)



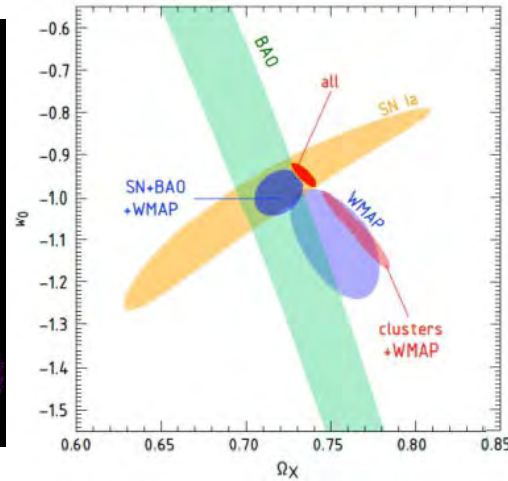
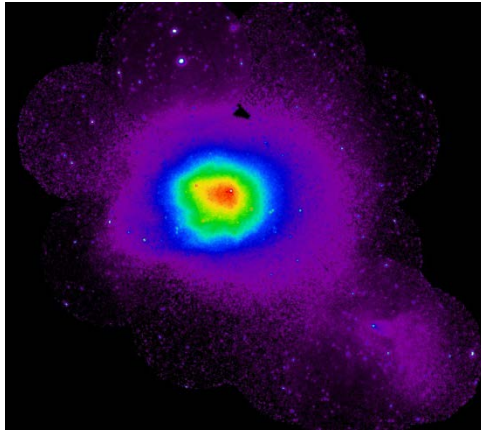
11

(>1000 в обзоре СРГ)



40

(десятки тысяч в обзоре СРГ)



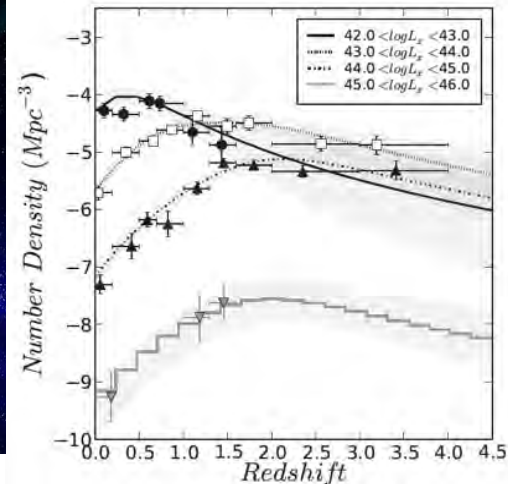
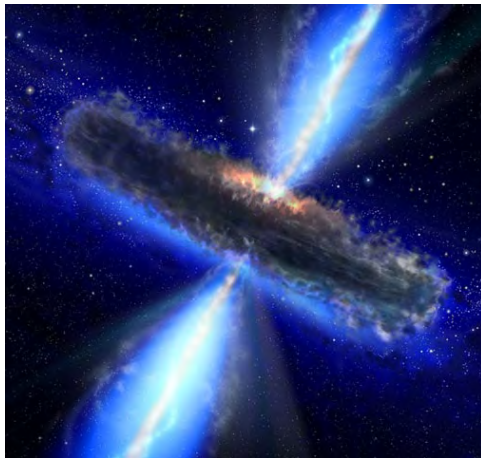
## Скопления галактик

Обнаружение ВСЕХ скоплений

Поиск самых массивных скоплений

Уравнение состояния Темной Энергии

Масса и число типов нейтрино



## Сверхмассивные ЧД

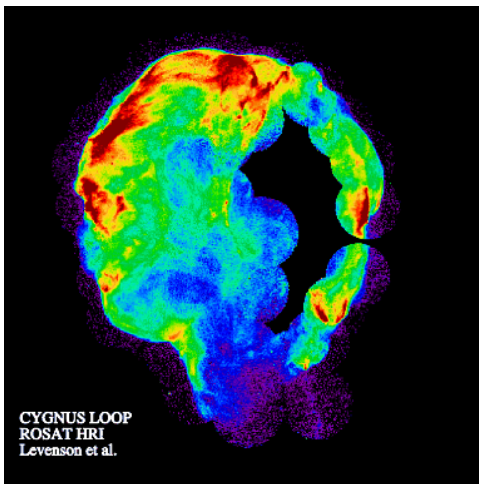
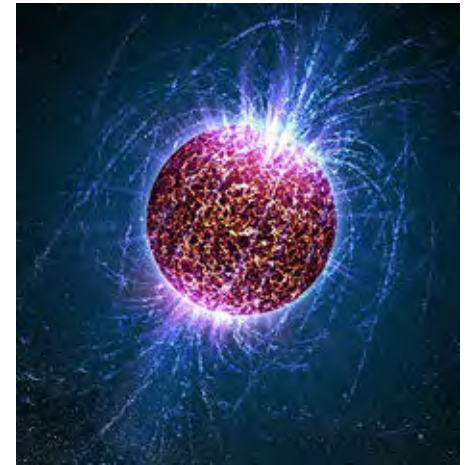
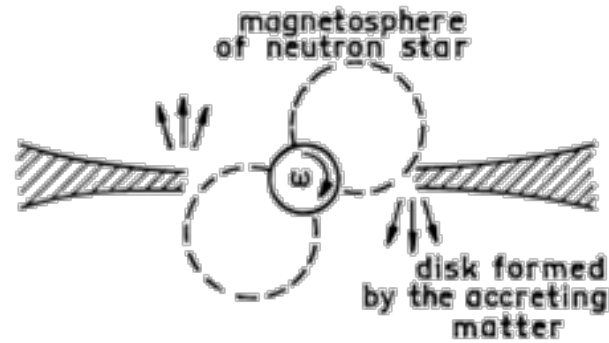
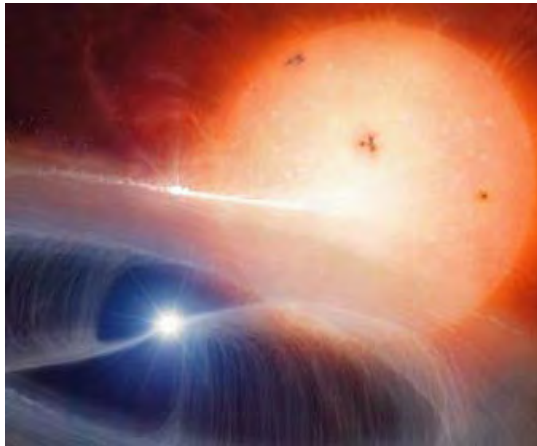
Истории аакреции на  
сверхмассивные черные дыры

Совместная эволюция галактик и ЧД

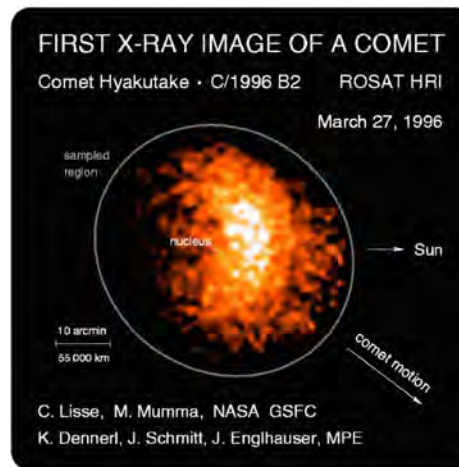
Связь ЧД со звездообразованием

**ОБЗОР ВСЕГО НЕБА => редчайшие объекты во Вселенной**

# Исследование популяций галактических источников: черных дыр, нейтронных звезд, белых карликов, молодых и коронально активных звезд



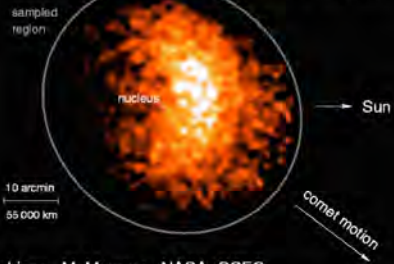
CYGNUS LOOP  
ROSAT HRI  
Levenson et al.



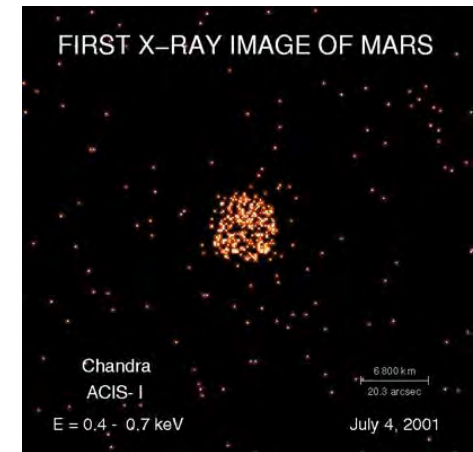
FIRST X-RAY IMAGE OF A COMET

Comet Hyakutake · C/1996 B2 ROSAT HRI

March 27, 1996



C. Lisse, M. Mumma, NASA GSFC  
K. Dennerl, J. Schmitt, J. Englhauser, MPE



FIRST X-RAY IMAGE OF MARS

Chandra  
ACIS-I

E = 0.4 - 0.7 keV

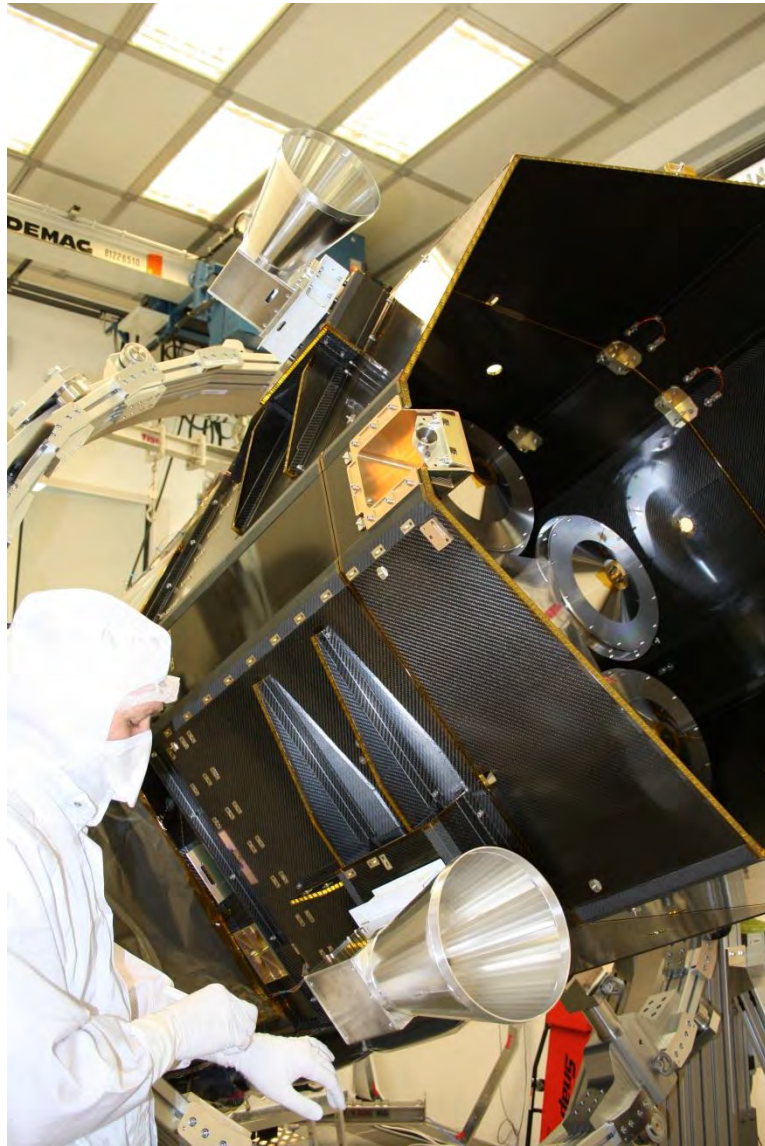
6 800 km  
20.3 arcsec

July 4, 2001

Исследование остатков вспышек сверхновых, комет и даже планет

**ОБЗОР ВСЕГО НЕБА**

**eRosita**



**ART-XC**





# Science with eROSITA and ART-XC aboard Spectrum-RG

Русский

*X-ray sky: from stars and black holes to cosmology*



Kazan, 3-7 September, 2012

- Main
- Committees
- Venue
- Visa
- Accommodation
- Cultural program
- Information
- Profile

## SCIENTIFIC RATIONALE

The **Spectrum-Roentgen-Gamma** (Spectrum-RG) observatory is planned to be launched in 2013 into an L2 orbit. Over the first 4 years, its X-ray telescopes **eROSITA** and **ART-XC** will survey the whole sky with a record sensitivity in the 0.5-10 keV energy band. It is expected that the survey will discover practically all massive clusters of galaxies in the observable Universe and provide a uniquely rich database for studying the large scale structure of the Universe, testing cosmological models and constraining the nature of dark energy. The survey should also discover several millions of active galactic nuclei with which it will be possible to trace the history of growth of supermassive black holes in evolving galaxies. There also will be extensive observations of essentially all classes of Galactic X-ray

- **Scientific program** (PDF|quick view)
- **Talks and Posters**
- **List of participants**
- **Book of Abstracts** (PDF|quick view)



**2014**