



Мониторинг неба в рентгеновском диапазоне энергий обсерваторией INTEGRAL: обзоры большой площади и транзиентные источники

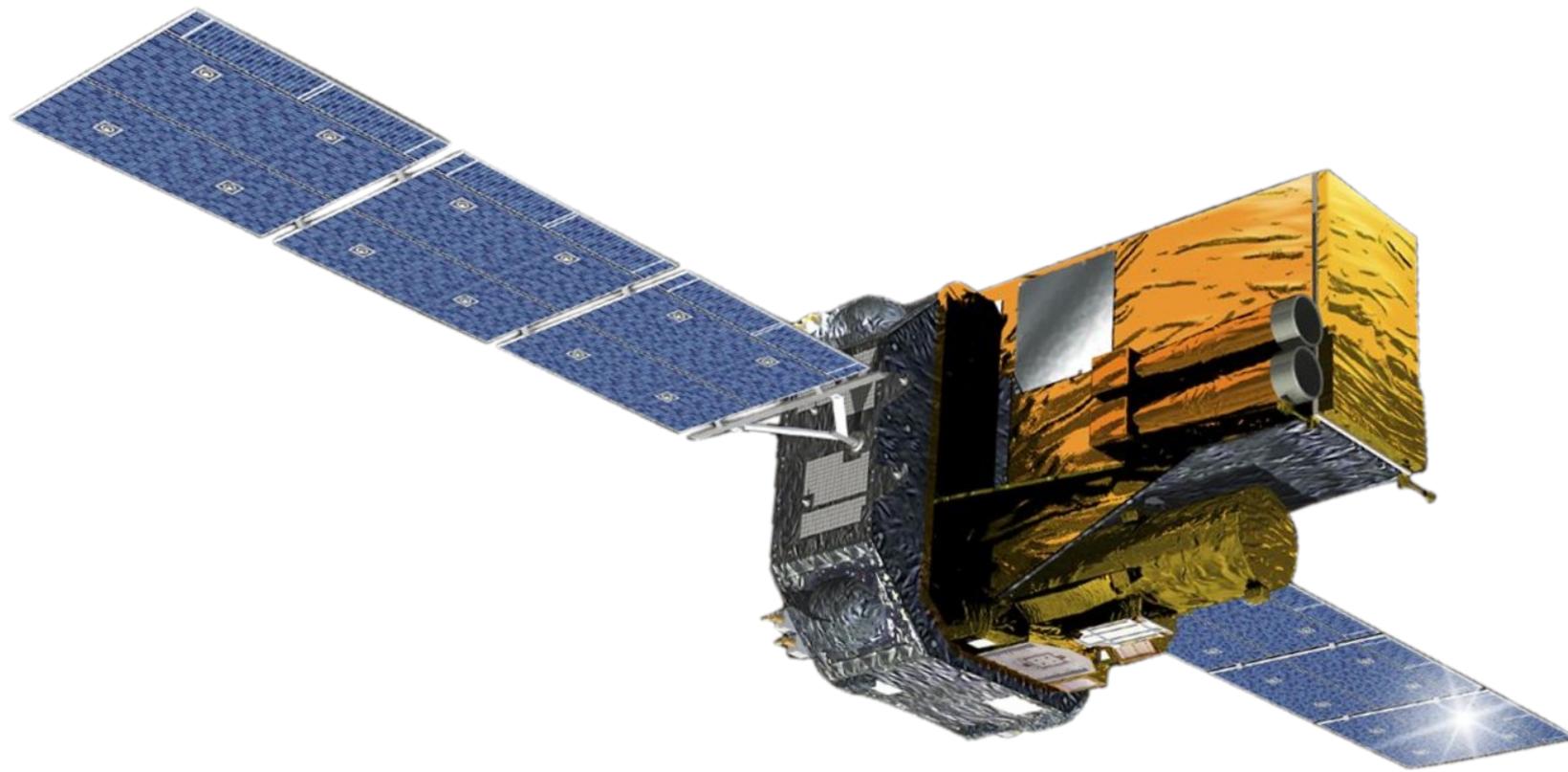
И.А. Мереминский

Научный руководитель: д.ф.-м.н. С.А. Гребенев

ИКИ РАН



Обсерватория INTEGRAL



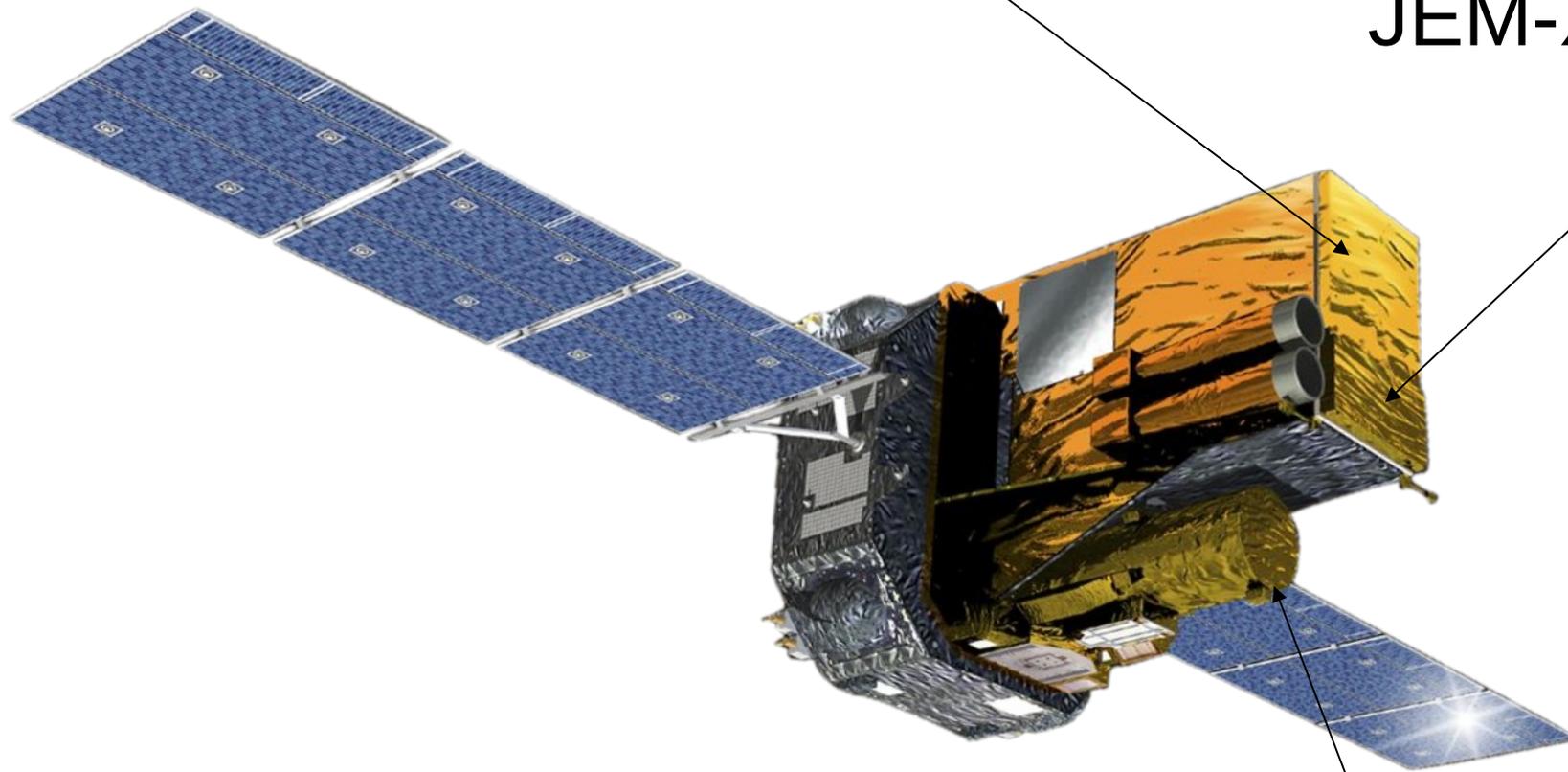
Запущен 17.10.2002



Обсерватория INTEGRAL

IBIS (17-300 keV)

JEM-X (3-35 keV)

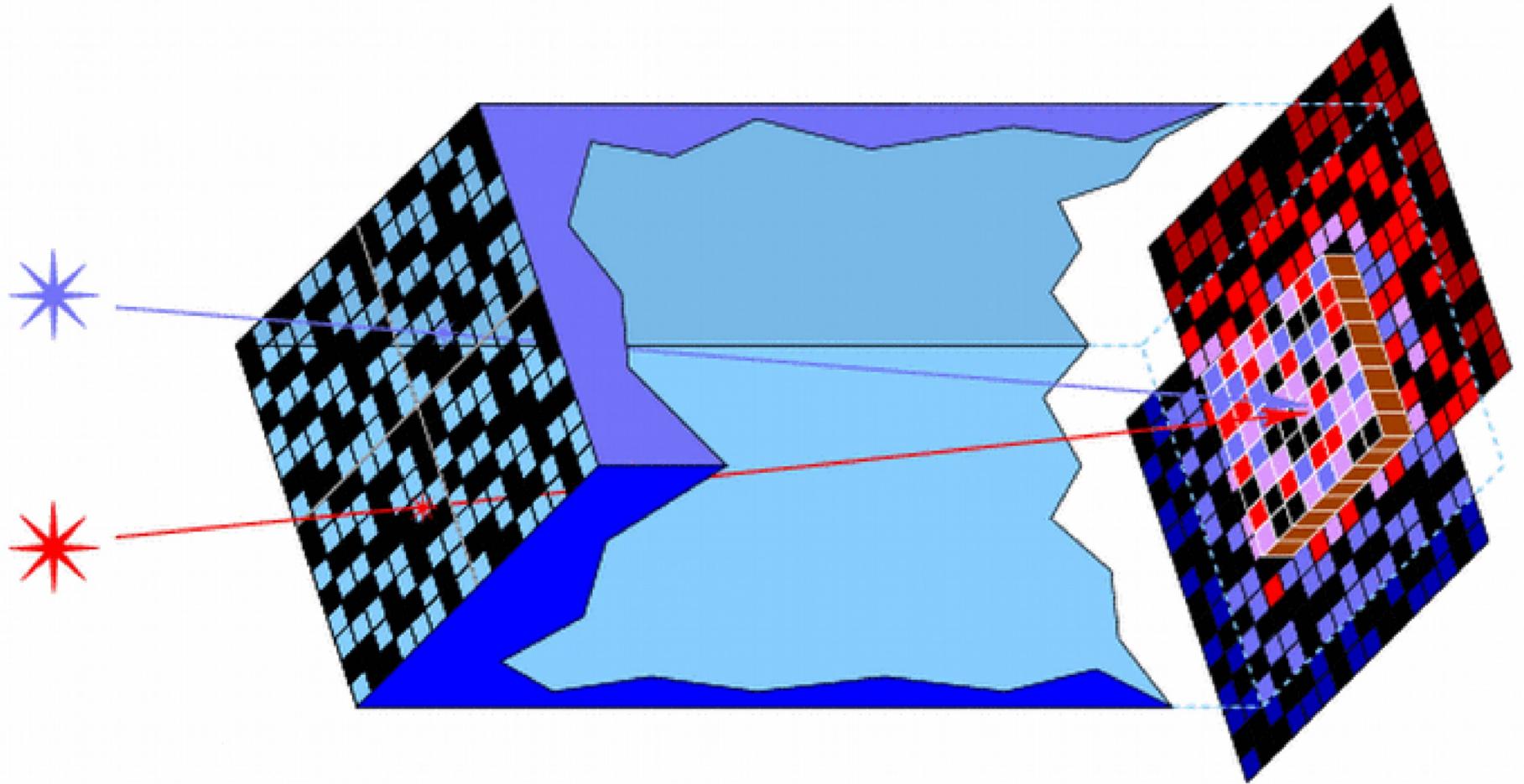


Запущен 17.10.2002

SPI (20-8000 keV)



Кодированная апертура



+ поле зрения
энергетический диапазон

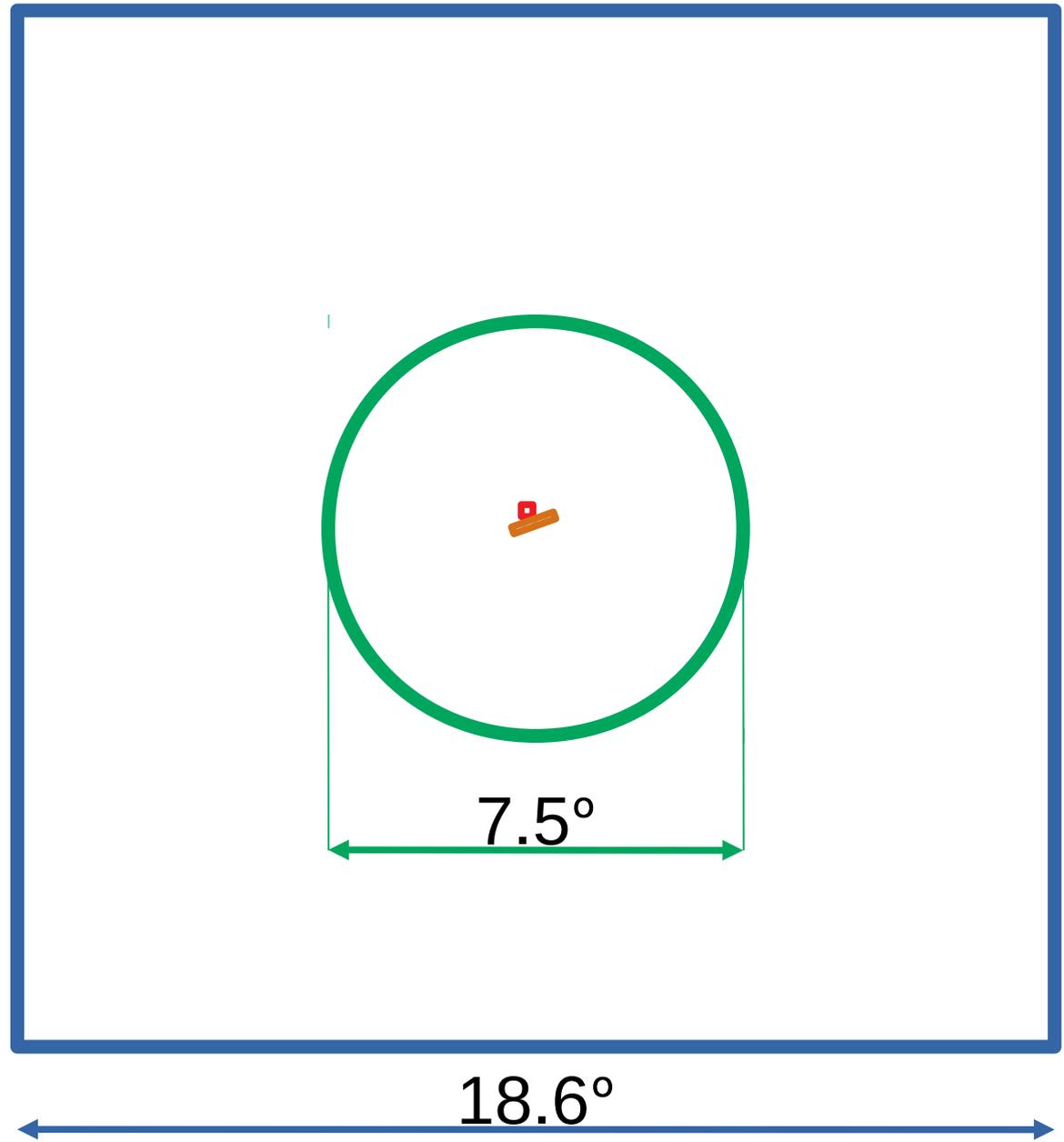
- чувствительность
угловое разрешение
какой фотон откуда?



Кодированная апертура

IBIS

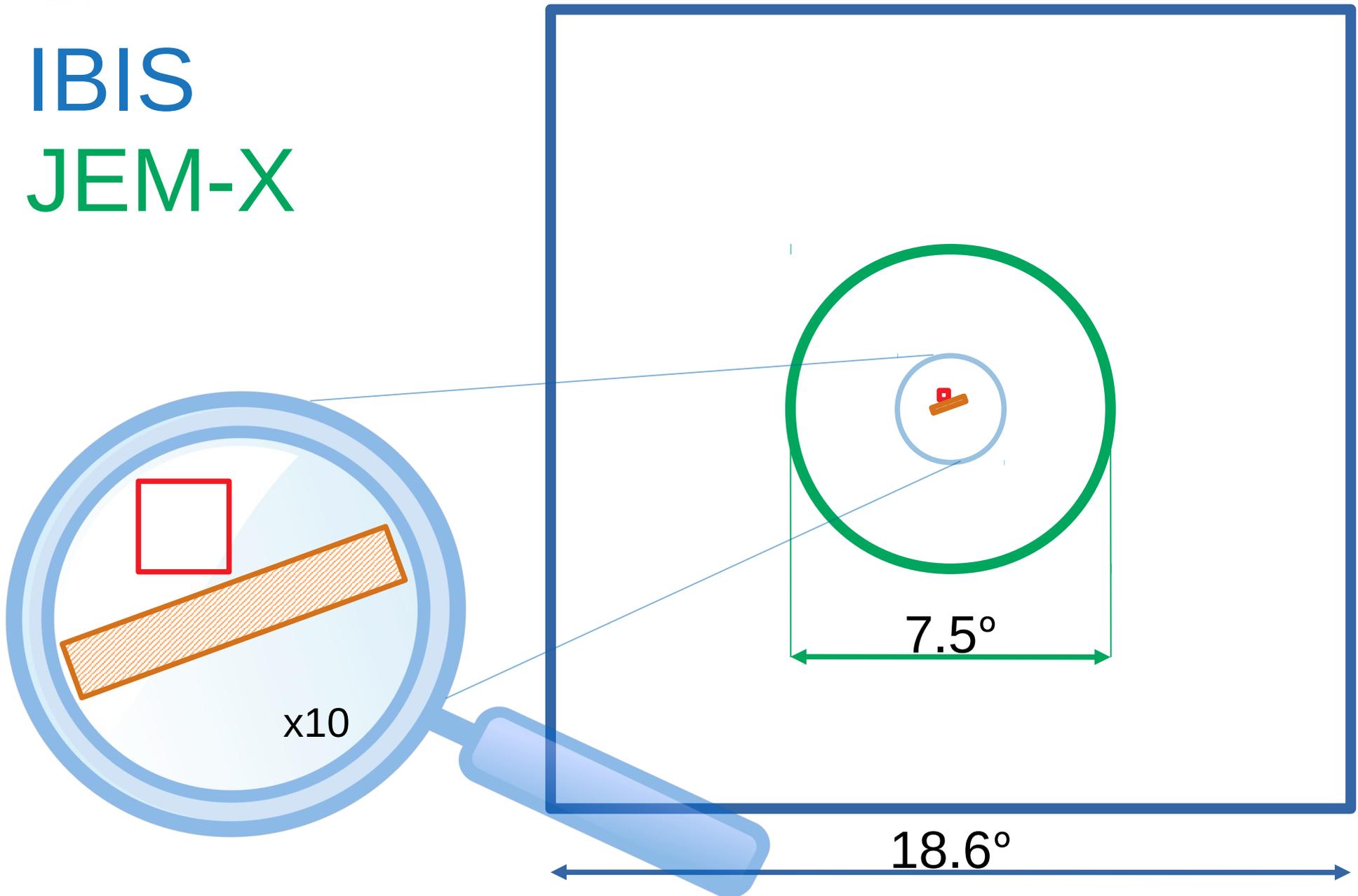
JEM-X





Кодированная апертура

IBIS
JEM-X



INTEGRAL: что сделано?

Обзоры неба: Ревнивцев+2004, Мольков+2004, Кривонос+2007,2010,2012,2014, Гребенев+2013, Бёрд+2010,2012,2016...

Исследование популяций Галактических источников — LMXB — Ревнивцев+2008, CV — Ревнивцев+2008, НМХВ — Лутовинов+2013, Уолтер+2015.

GRXE — Кривонос+2007

Ядерная спектроскопия — Чуразов+2005,2014, Диль+2006, Гребенев+2013, Зигерт+2017...

Отдельные источники

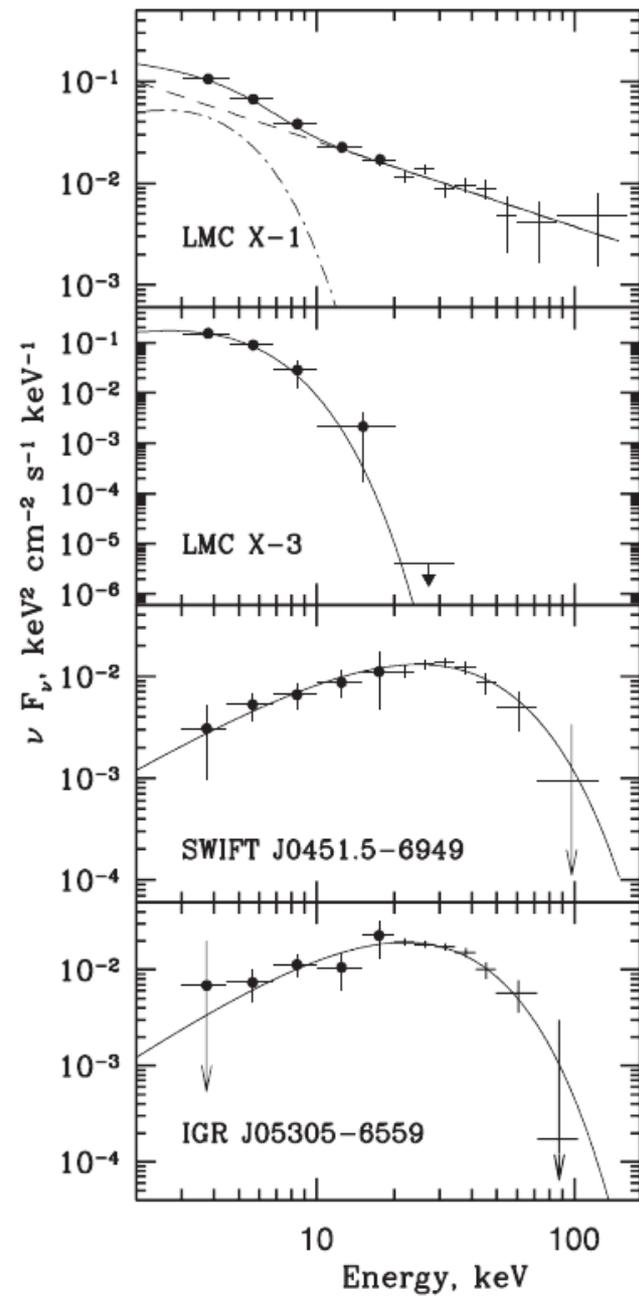
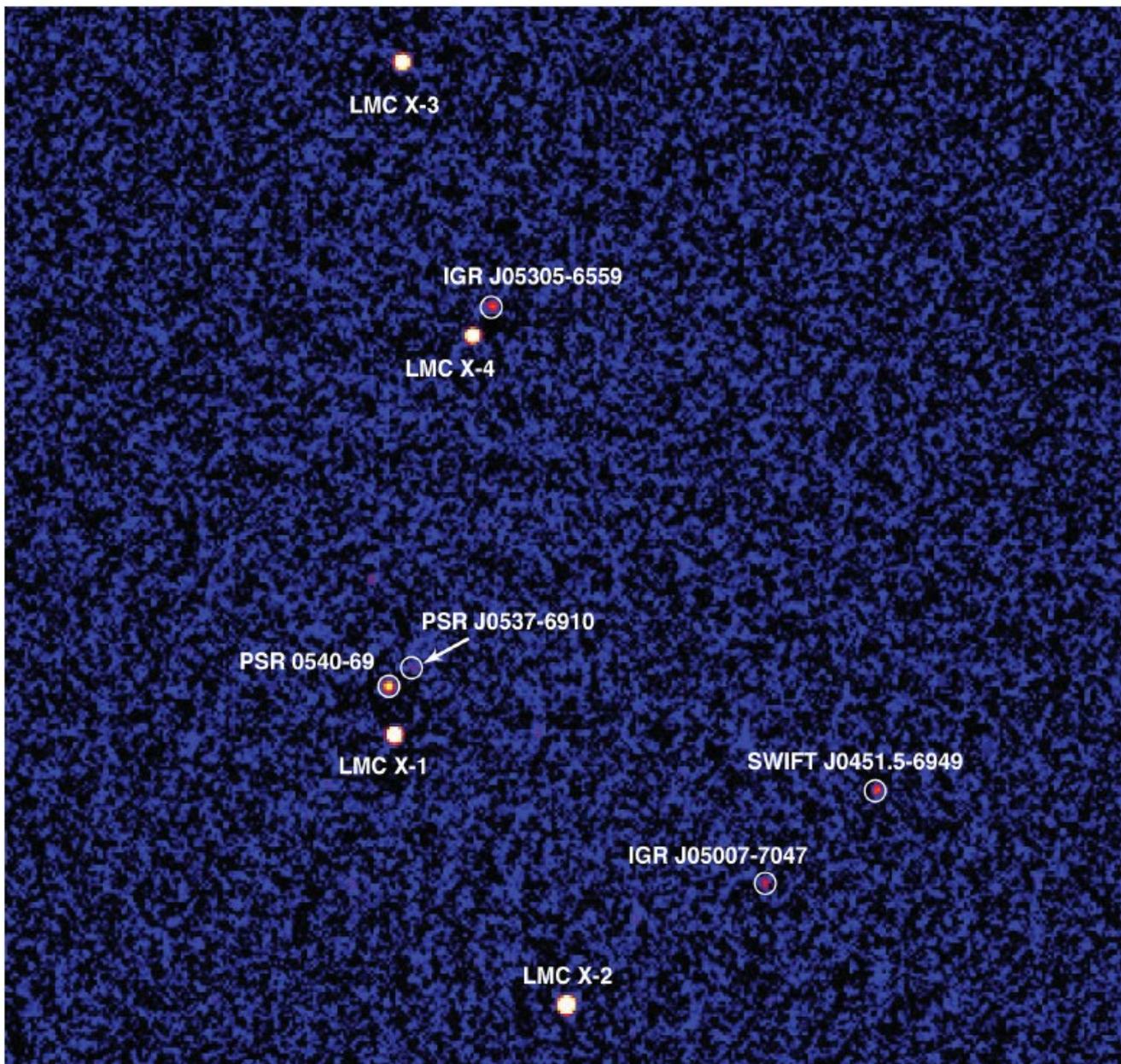
INTEGRAL: что делать?

Нет ни одного обзора по данным JEM-X — имеет ли смысл пробовать и что можно получить?

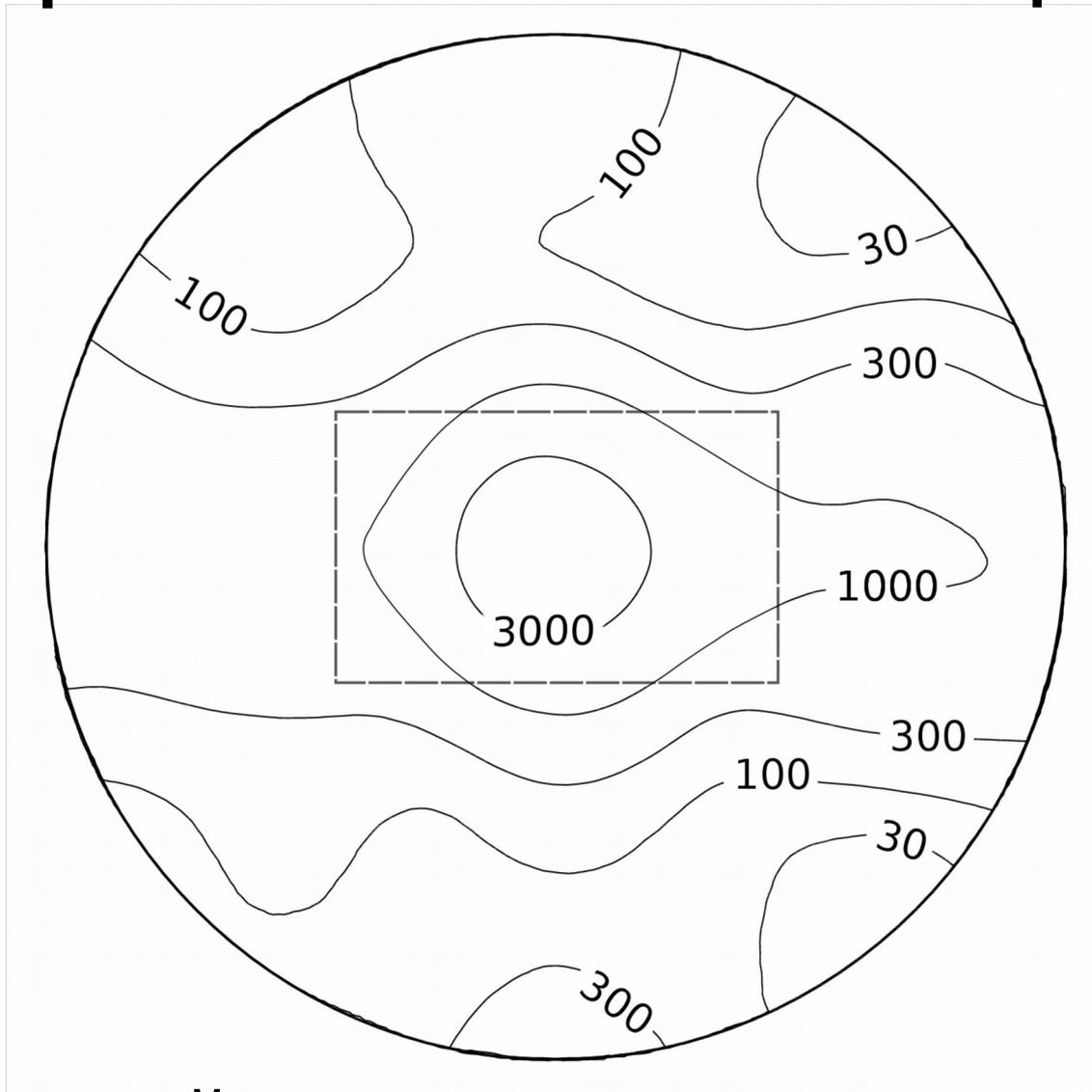
Новые данные в архиве — что можно сделать с ними?

Мониторинг неба в режиме «реального времени»

Пробный камень - БМО

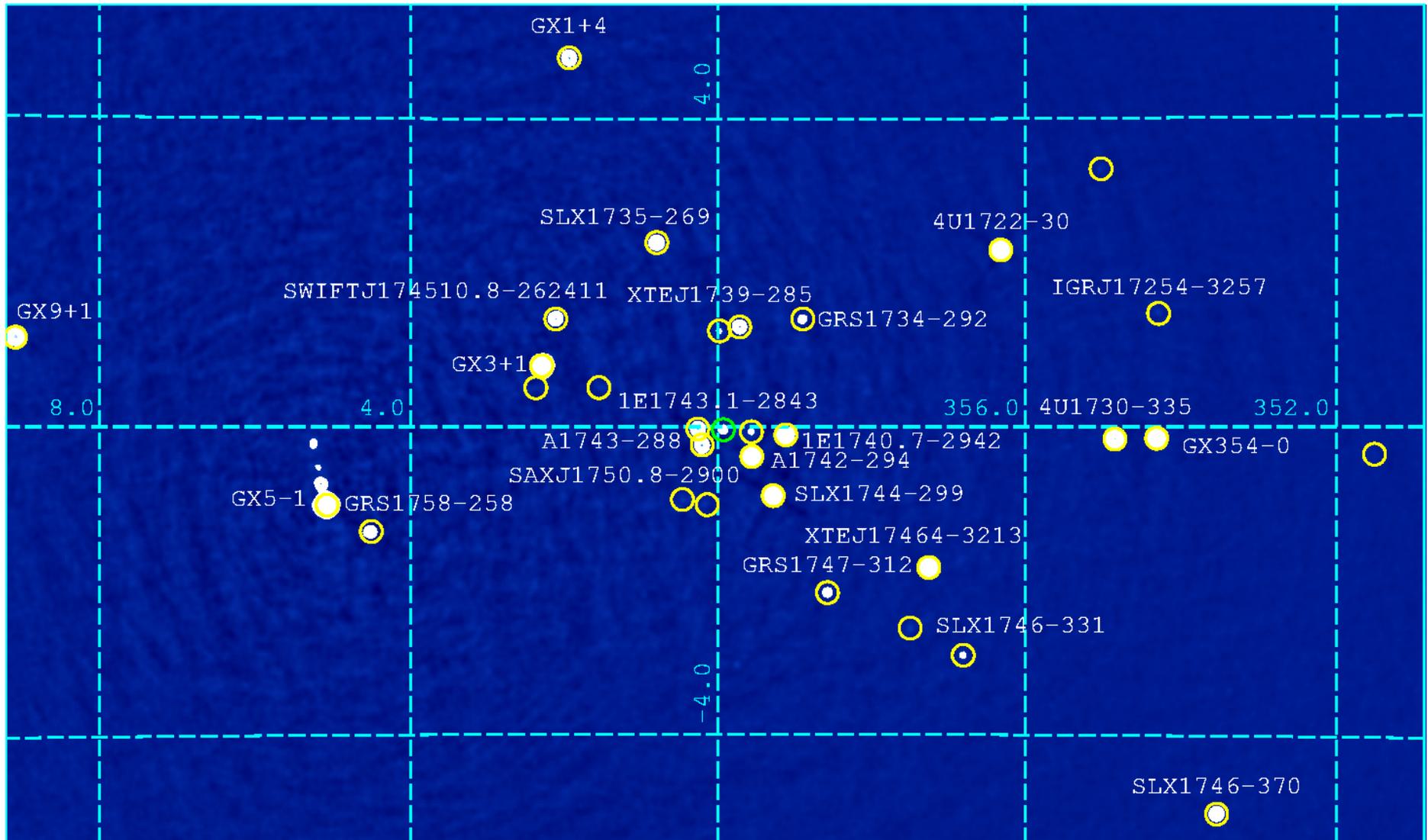


Обзор Галактического центра



10 лет наблюдений, два энергетических диапазона — 5-10 и 10-25 кэВ, радиус 20° , 2 мКраба (1.8×10^{-11} эрг $\text{см}^{-2} \text{с}^{-1}$)

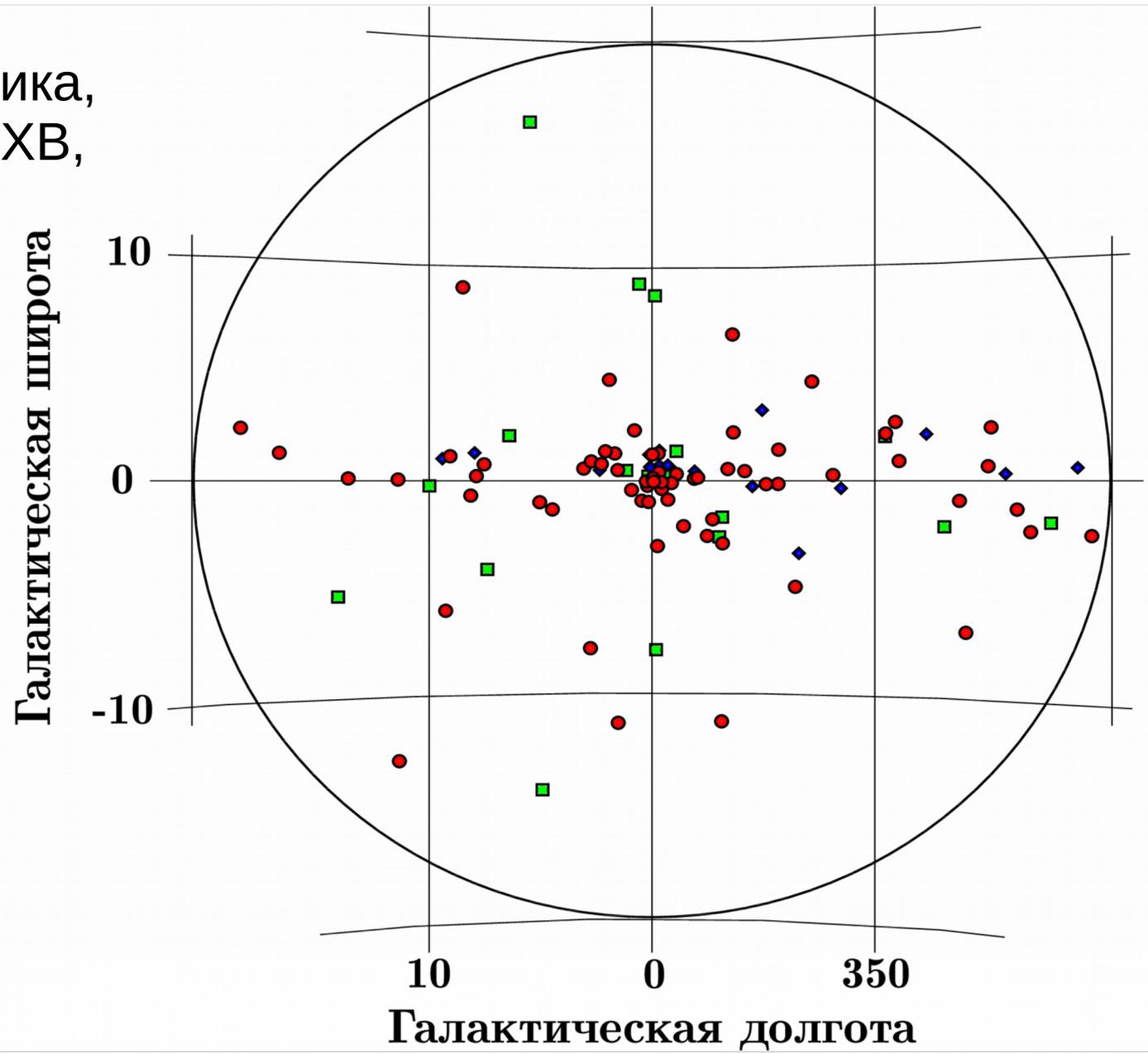
Обзор Галактического центра



10 лет наблюдений, два энергетических диапазона — 5-10 и 10-25 кэВ, радиус 20° , 2 мКраба (1.8×10^{-11} эрг $\text{см}^{-2} \text{с}^{-1}$)

Обзор Галактического центра

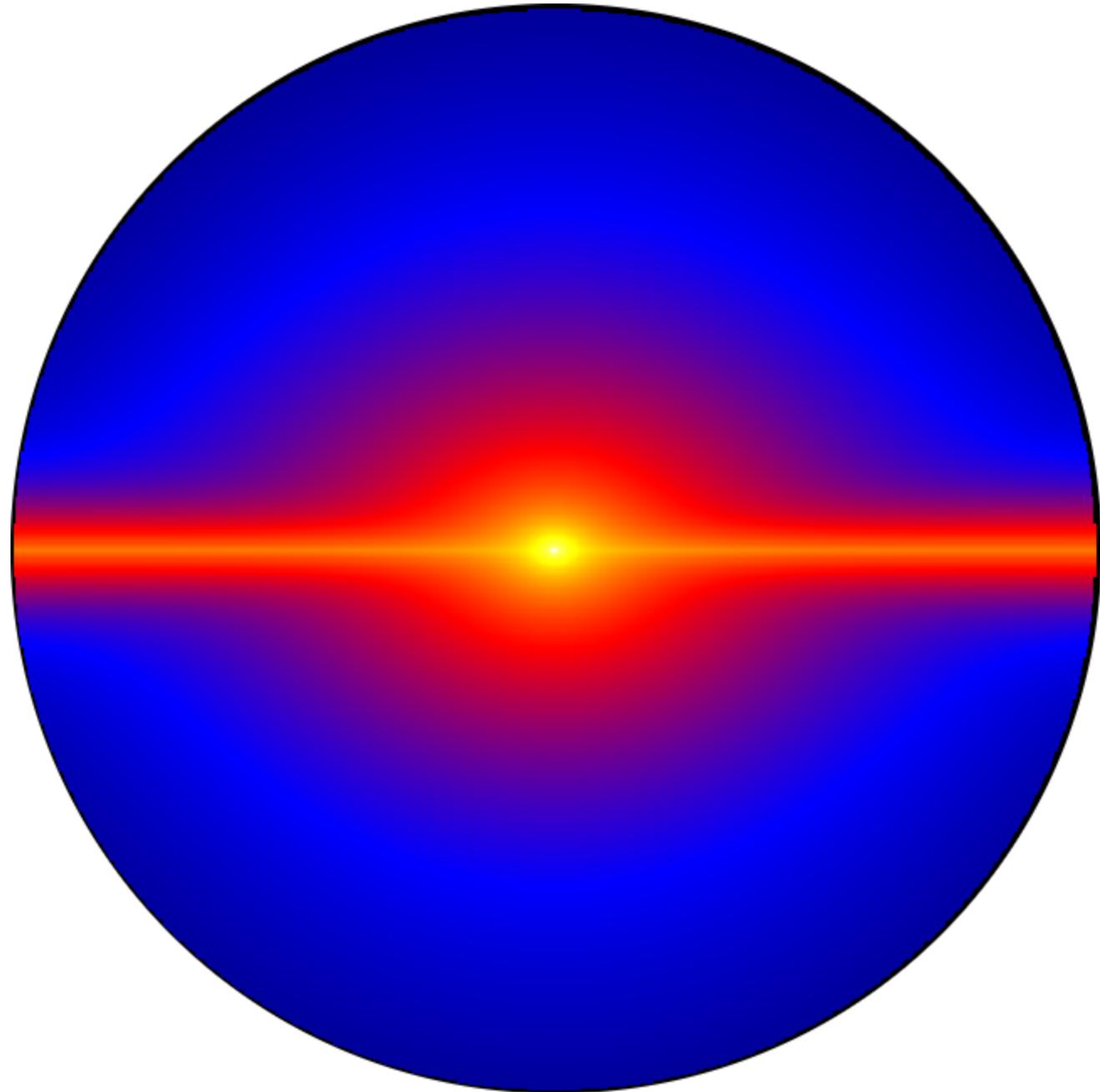
83 постоянных и 22
транзиентных источника,
большинство (73) LMXB,
18 HMXB,
3 CV, 4 AGN,...



Обзор Галактического центра

83 постоянных и 22
транзиентных источника,
большинство (73) LMXB,
18 HMXB,
3 CV, 4 AGN,...

Видим весь балдж

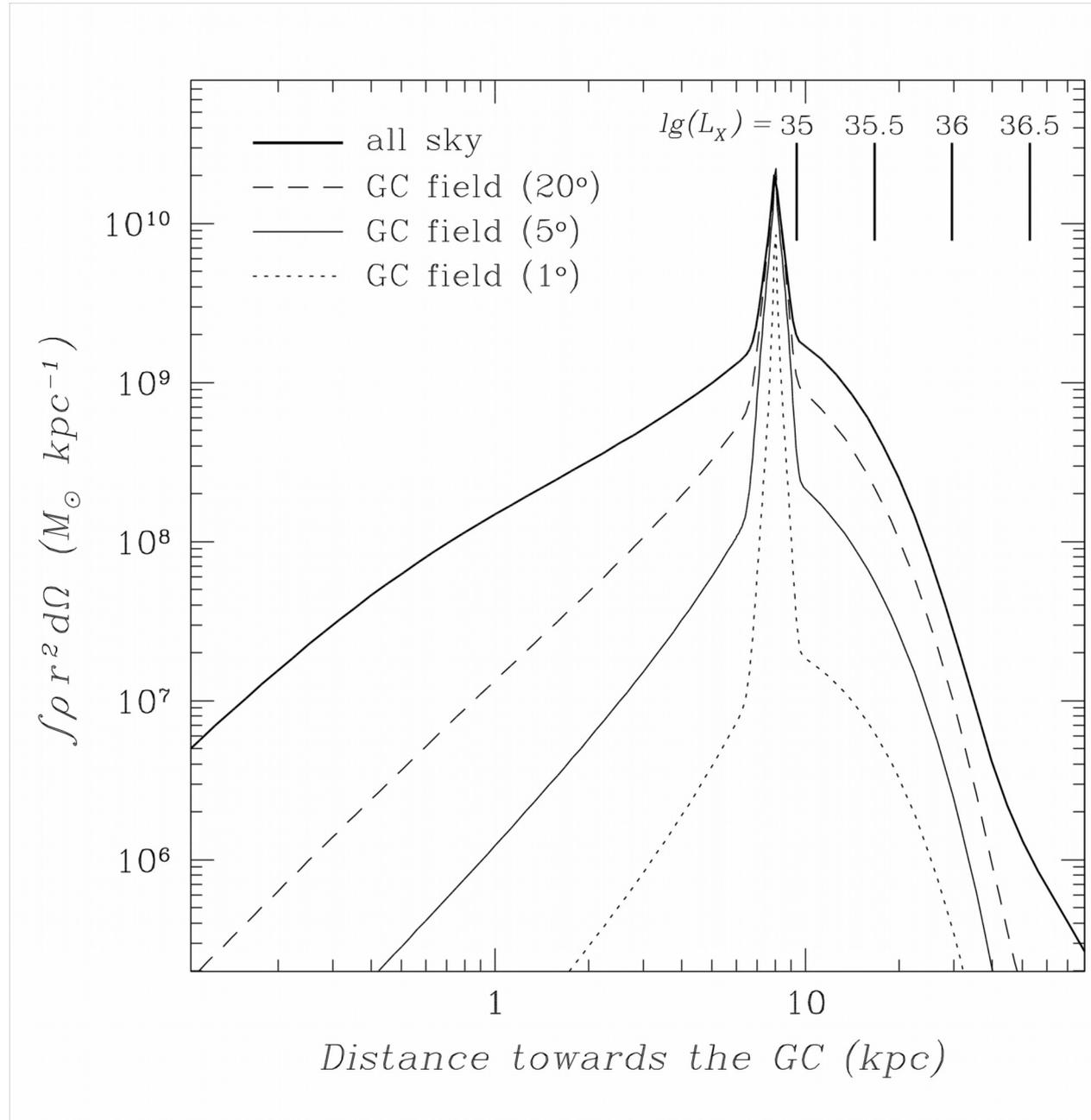


3-компонентная модель
Бакал, Сонейра 1980

Обзор Галактического центра

83 постоянных и 22
транзиентных источника,
большинство (73) LMXB,
18 HMXB,
3 CV, 4 AGN,...

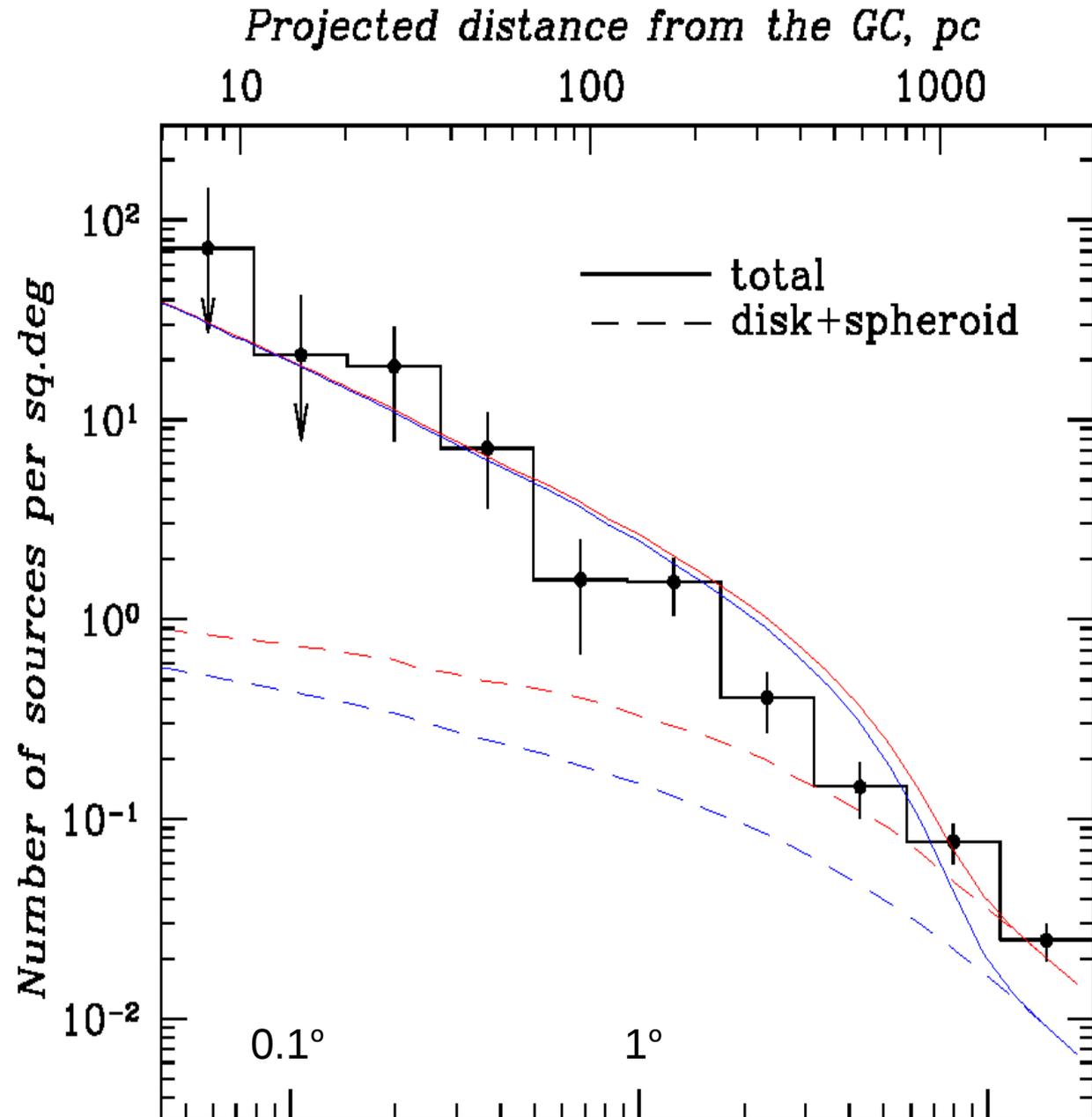
Видим весь балдж



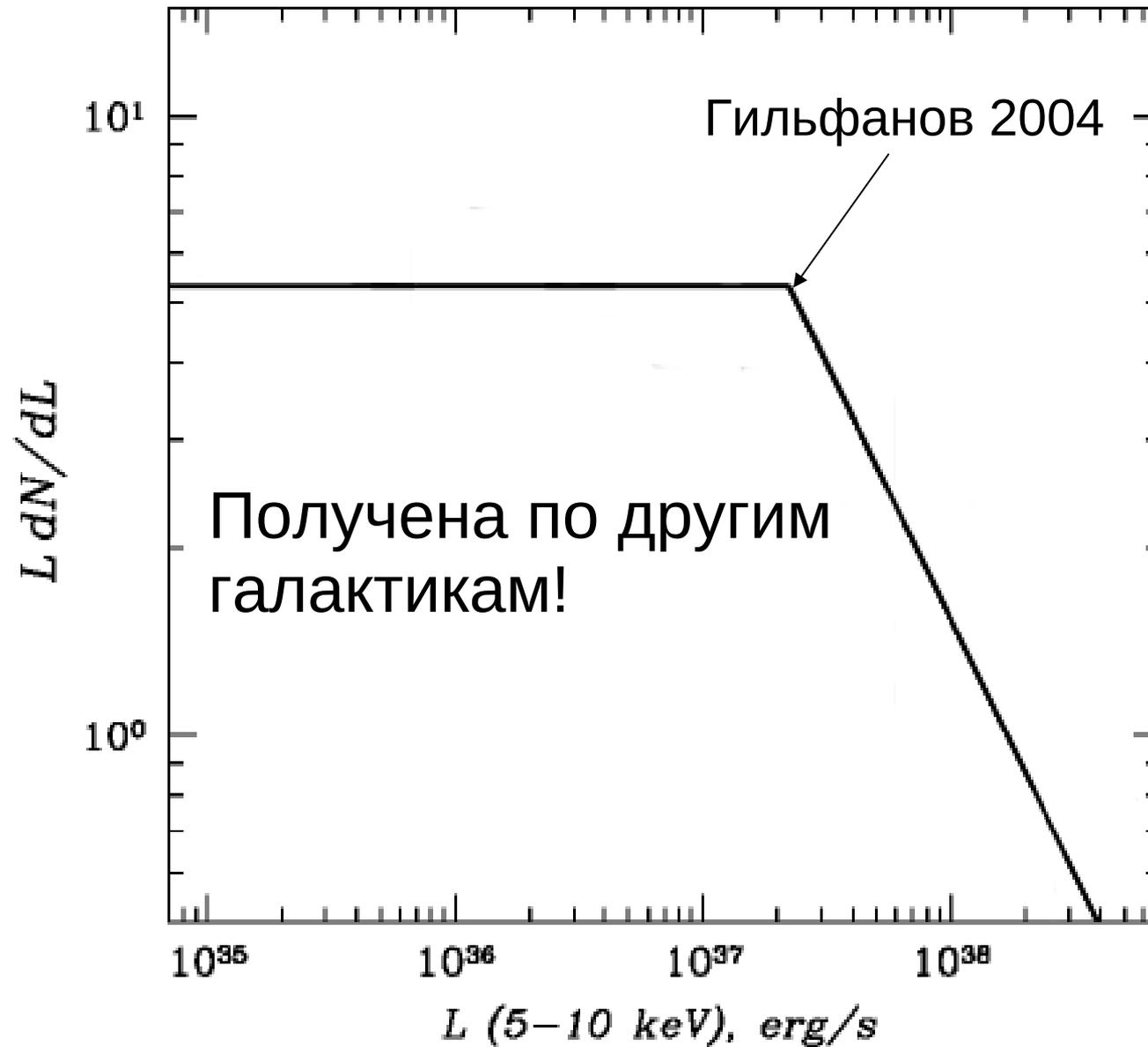
Обзор Галактического центра

83 постоянных и 22
транзиентных источника,
большинство (73) LMXB,
18 HMXB,
3 CV, 4 AGN,...

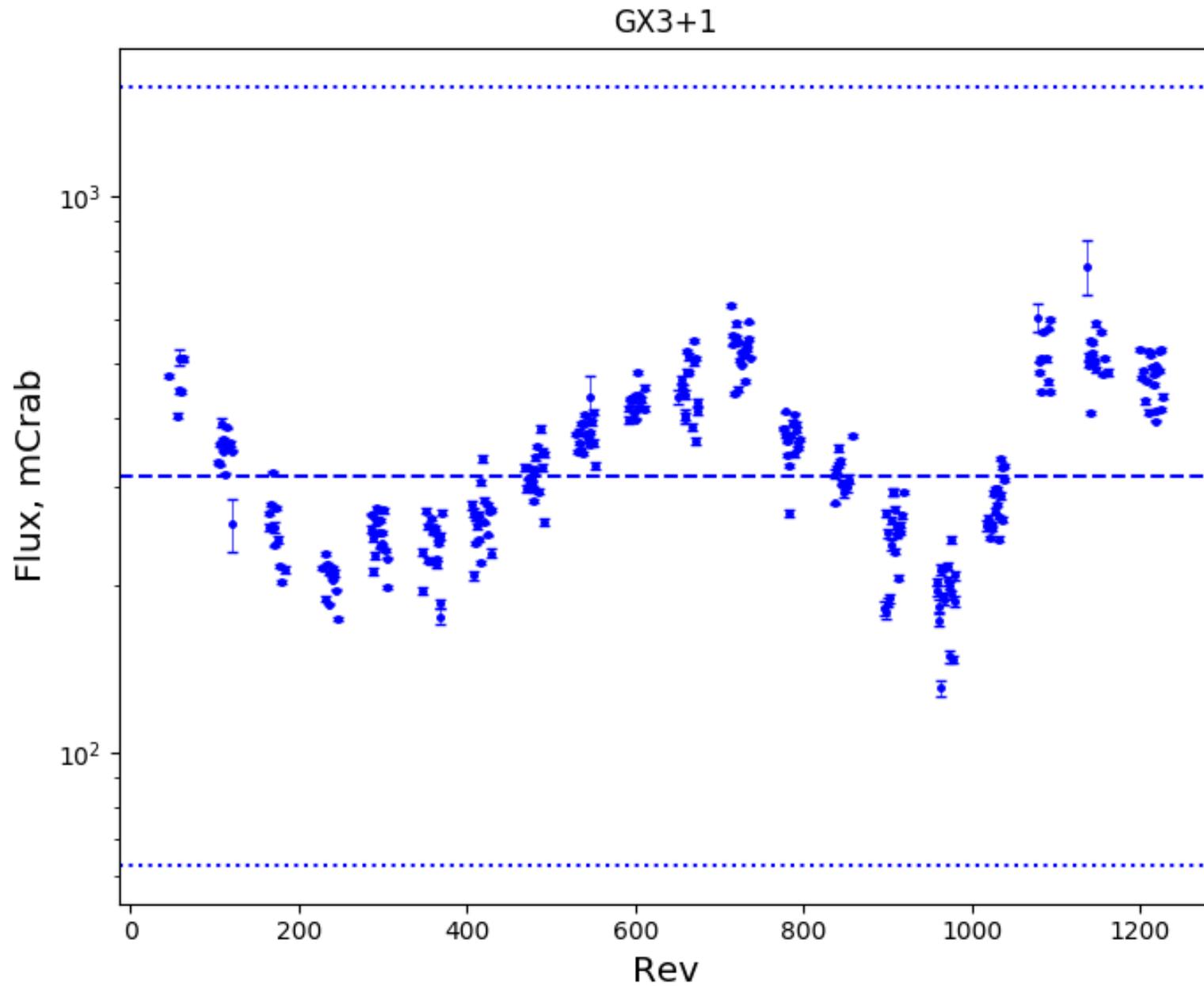
Видим весь балдж



Функция светимости LMXB

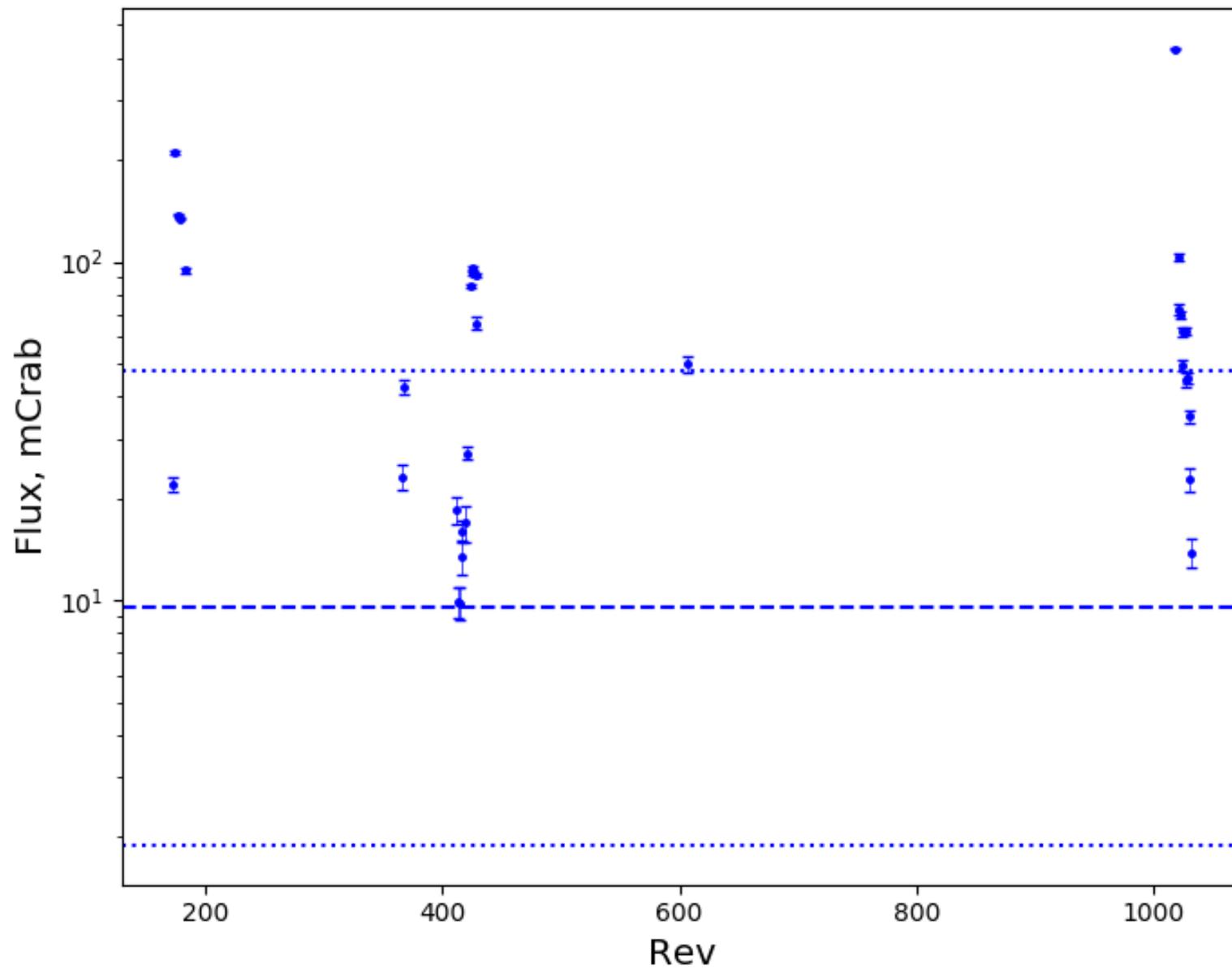


Переменность источников

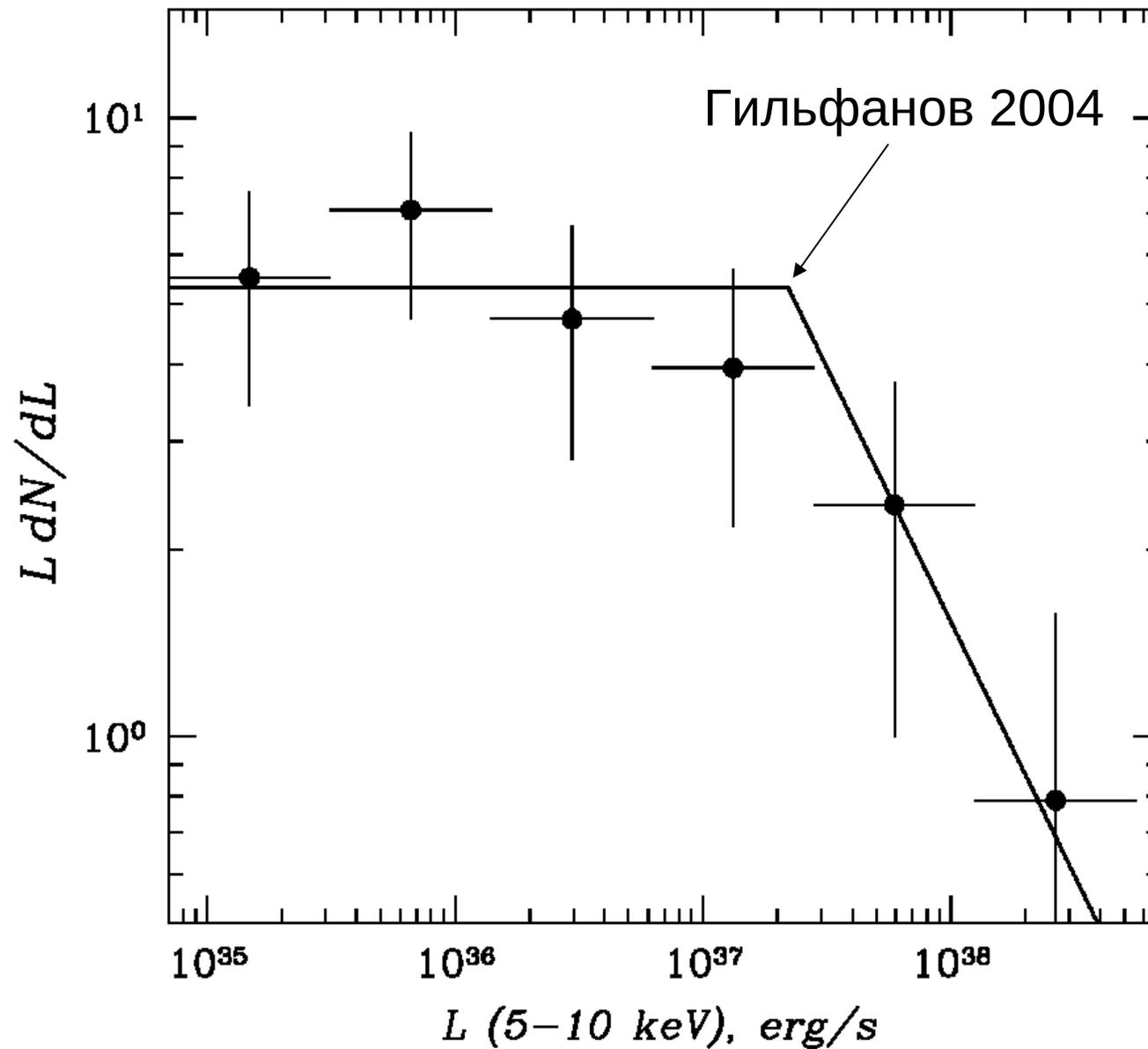


Переменность источников

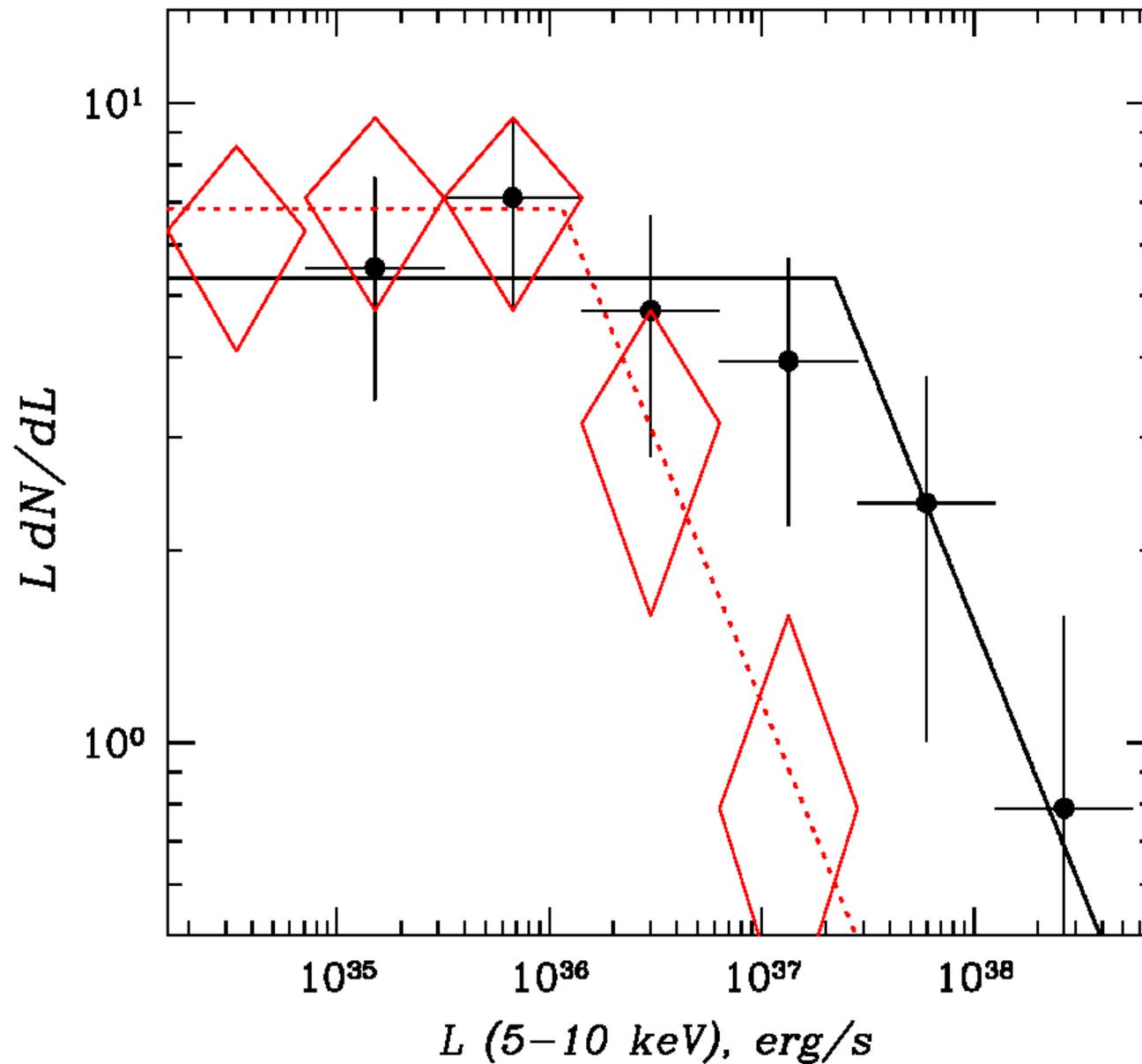
A1743



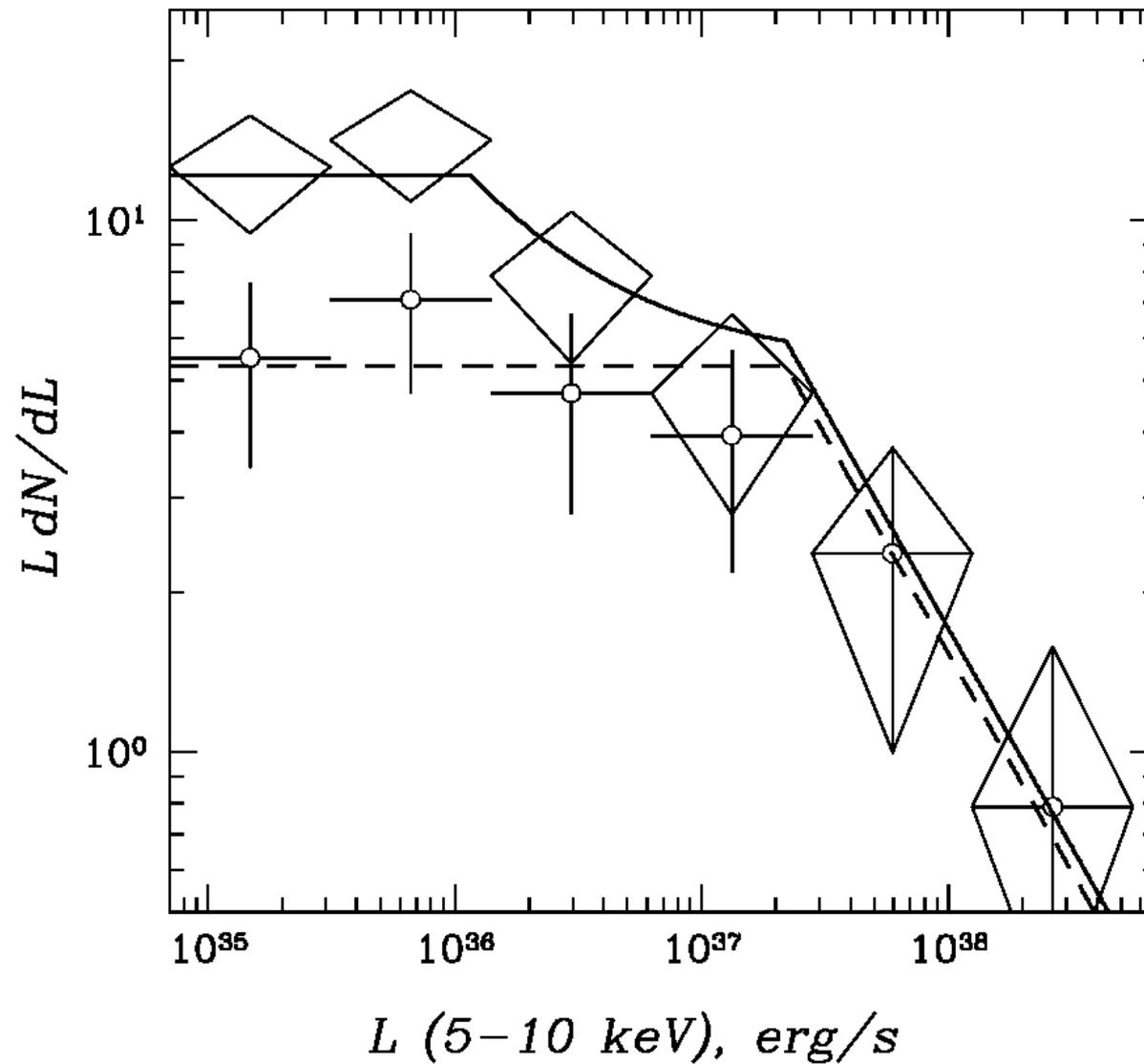
Функция светимости LMXB



Функция светимости LMXB



Функция светимости LMXB



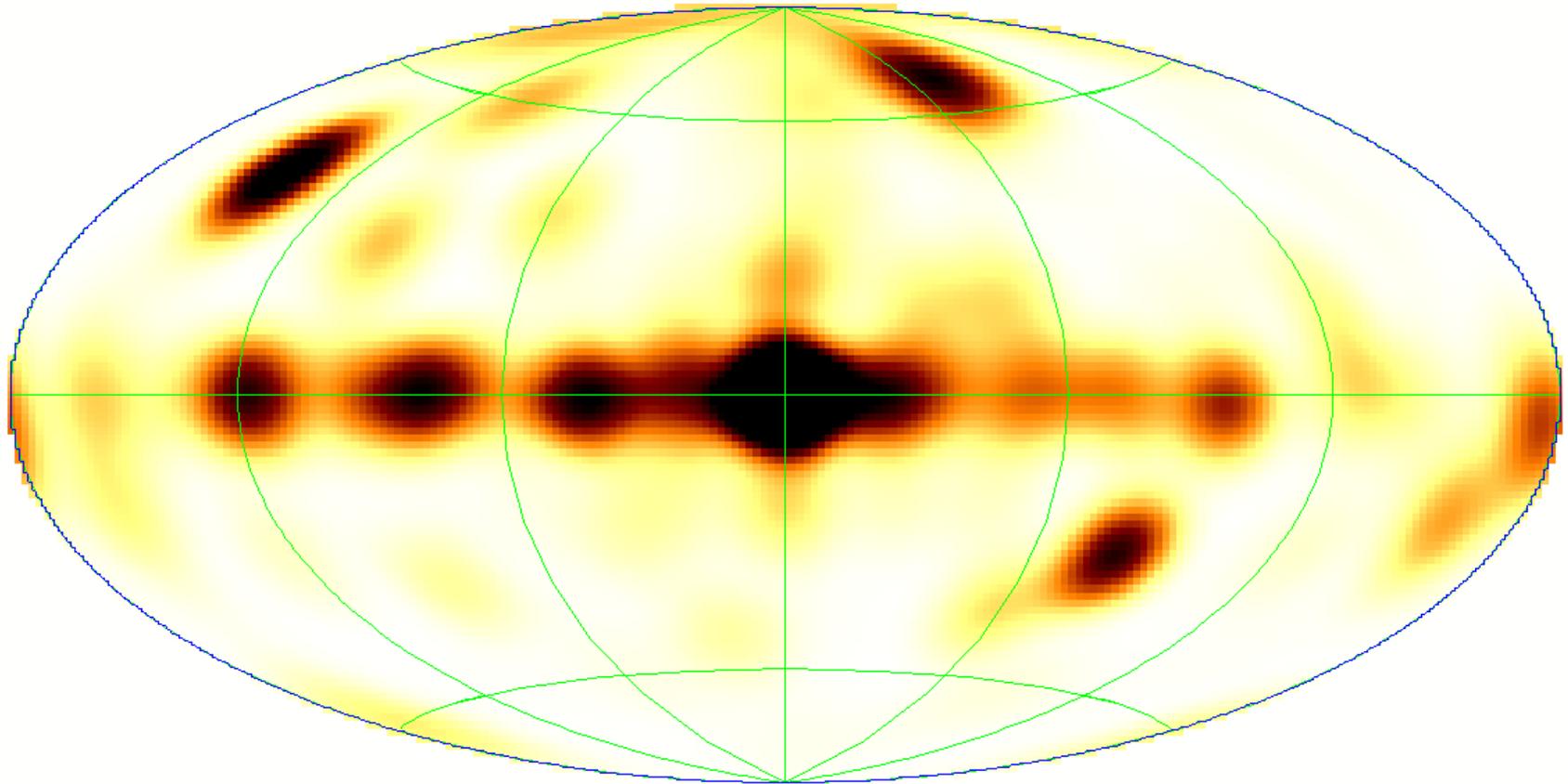
Обзор Галактического центра

Проведен обзор Галактического центра

Получена функции светимости постоянных и транзитных LMXB

Получен каталог ярких рентгеновских источников и данные о их переменности

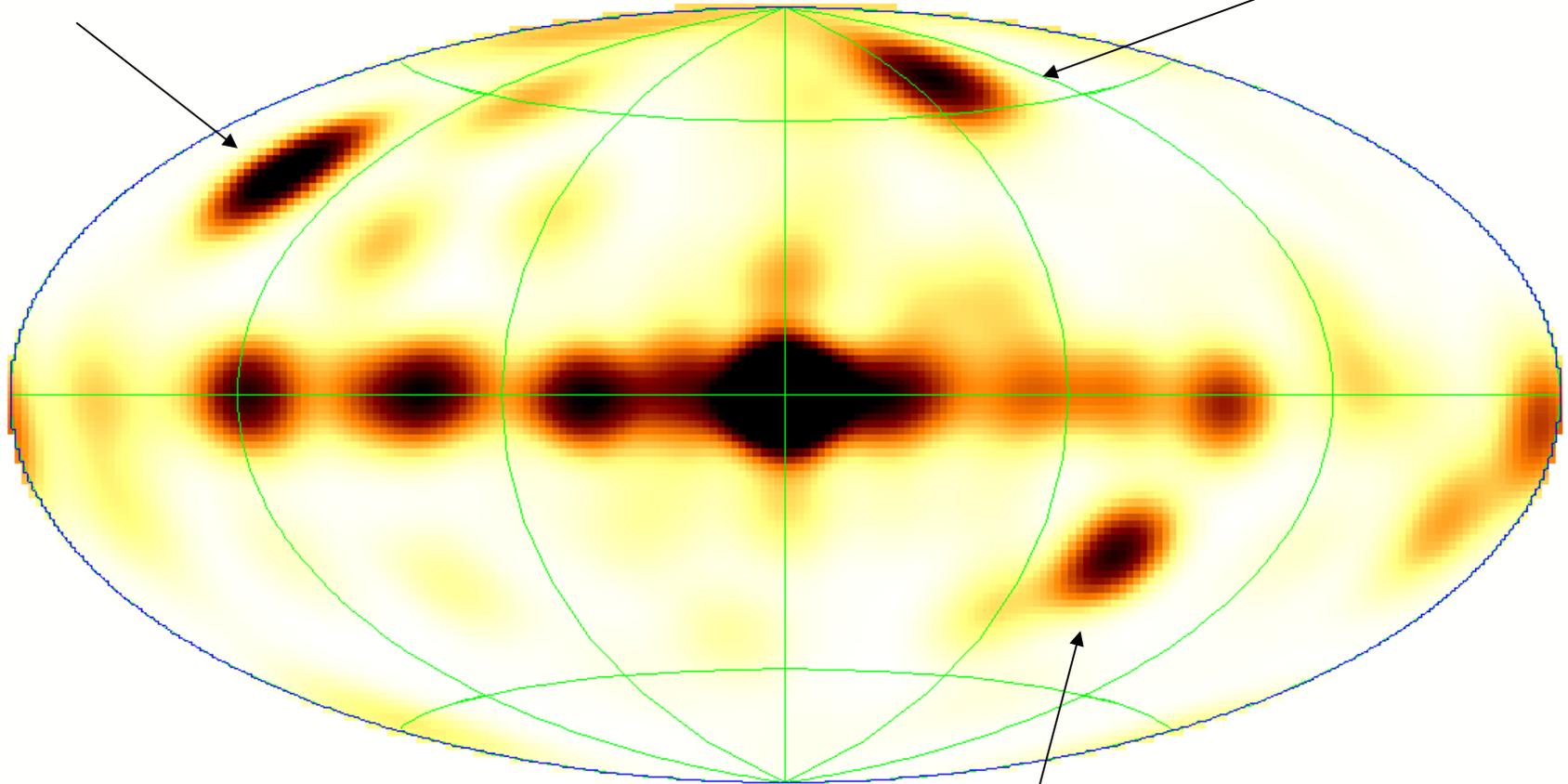
Обзоры неба IBIS



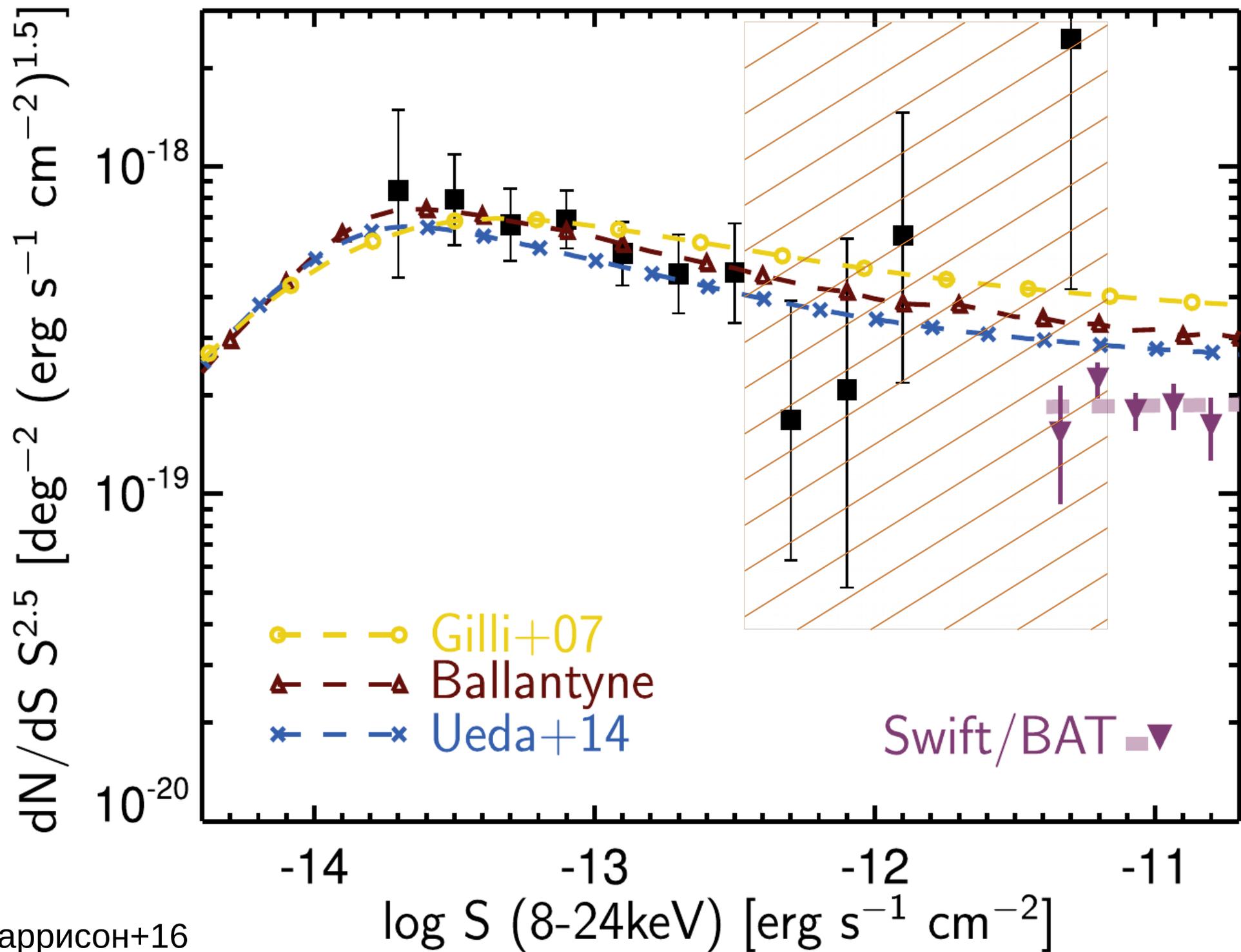
Архивы IBIS

M81

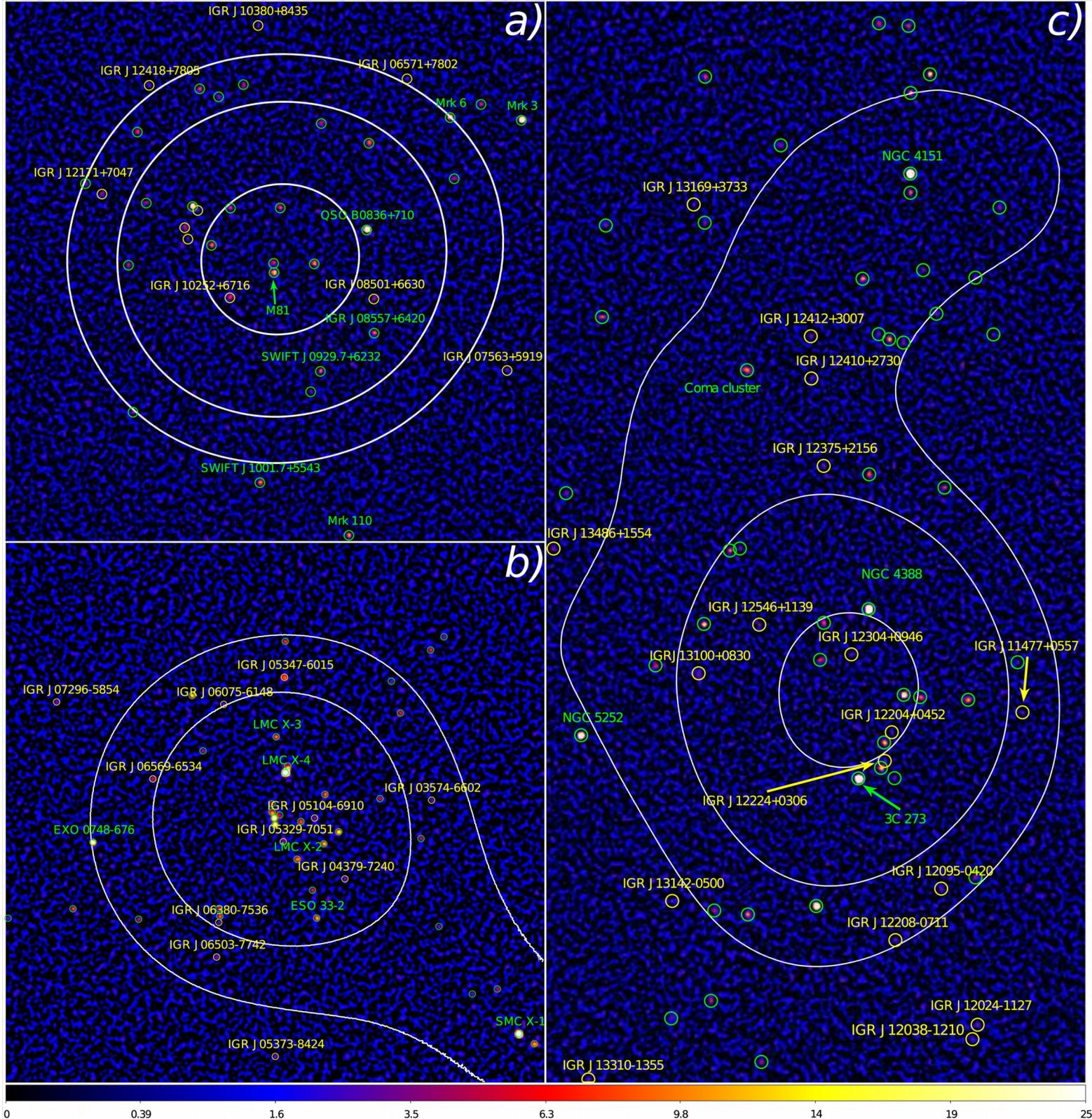
3C 273



БМО



~4900 кв.
градусов
17-60 кэВ,
0.18 мКраб
(2.6×10^{-12} эрг
 $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$)



Каталог источников

147 источников:

98 AGN

17 двойных рентгеновских систем в БМО/ММО

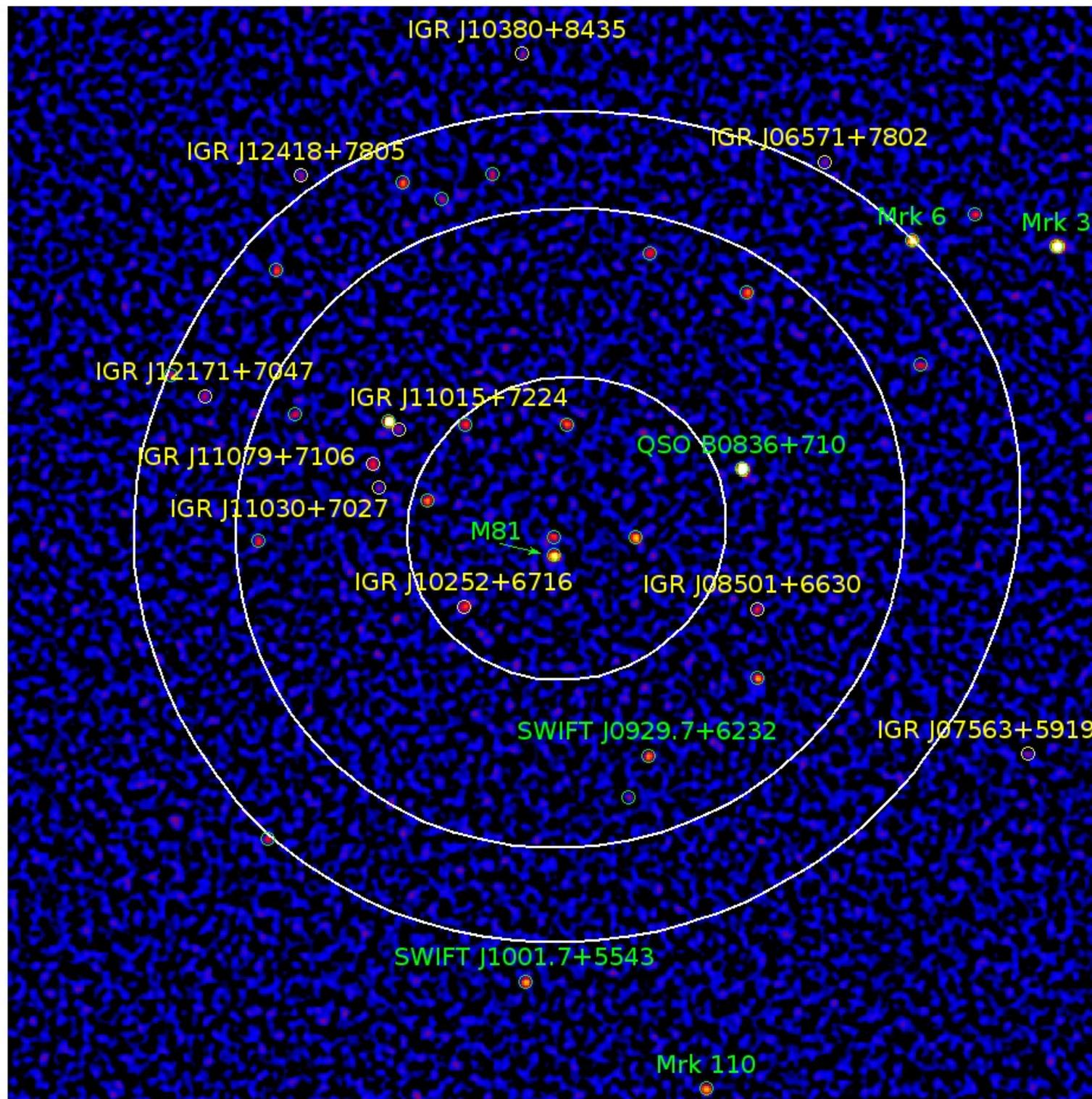
3 Галактические катаклизмические переменные

2 скопления галактик

1 ULX

37 источников - впервые зарегистрированы в жестком рентгене

13 из них отождествлены с мягкими рентгеновскими источниками.



M81

20

IGR J10380+8435

IGR J12418+7805

IGR J06571+7802

IGR J12171+7047

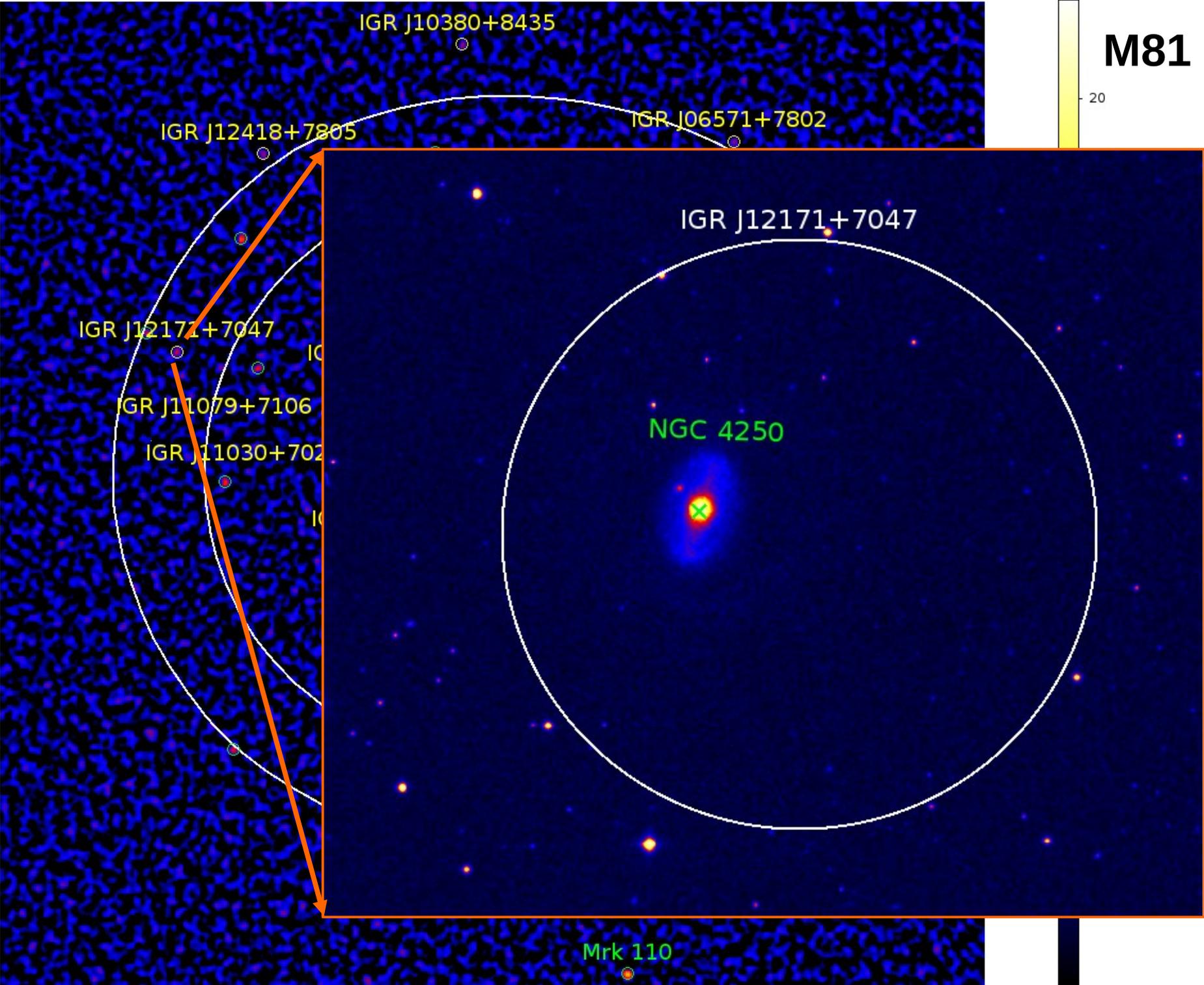
IGR J11079+7106

IGR J11030+702

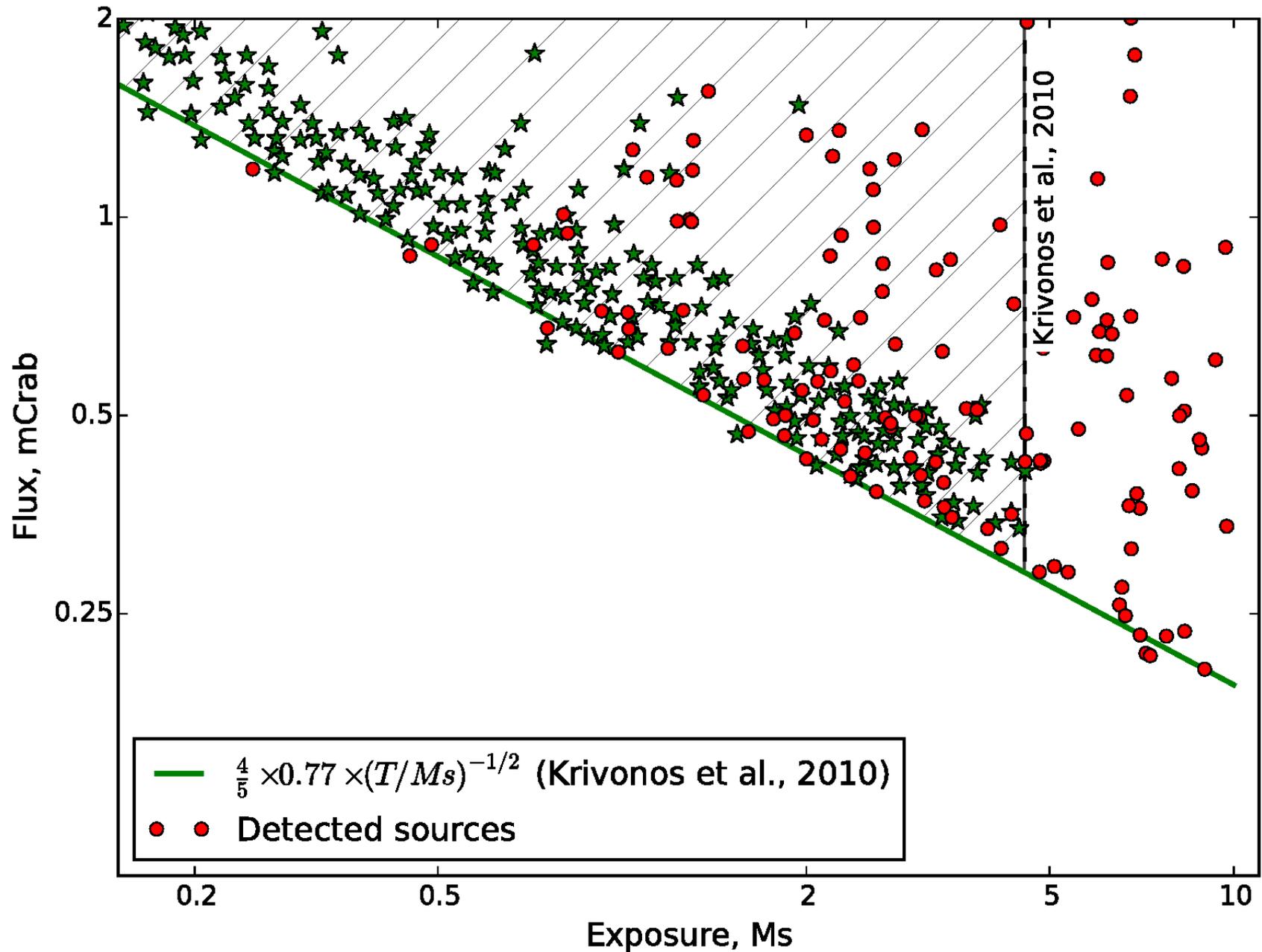
IGR J12171+7047

NGC 4250

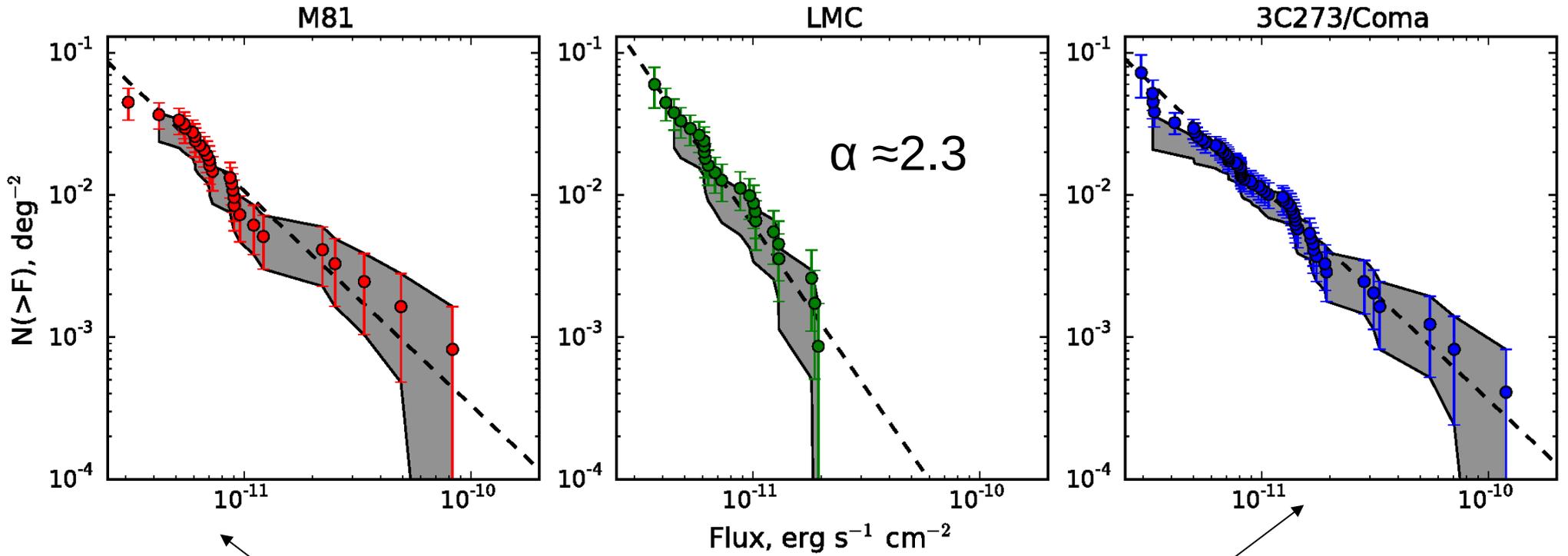
Mrk 110



Каталог источников

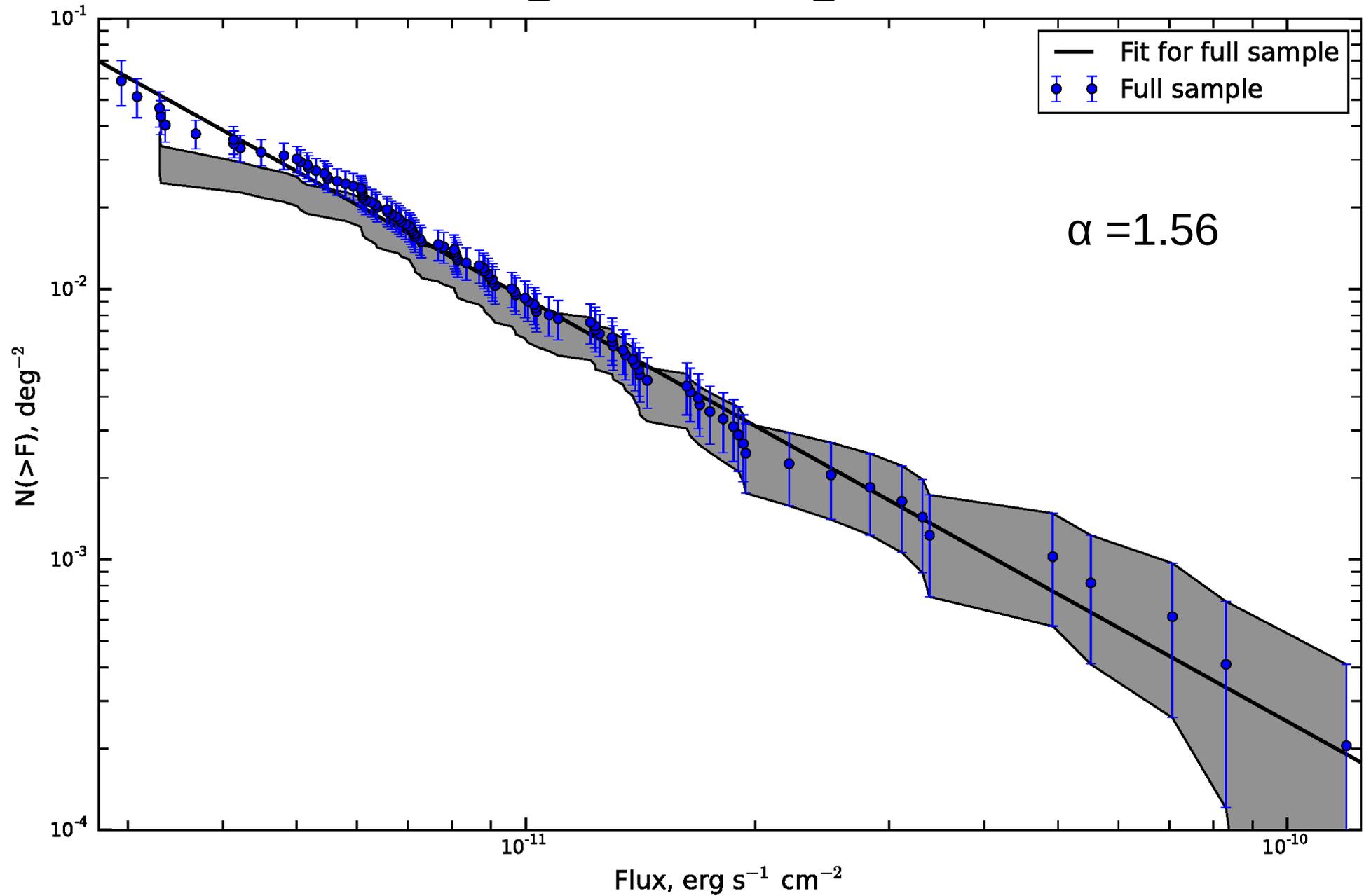


log N – log S

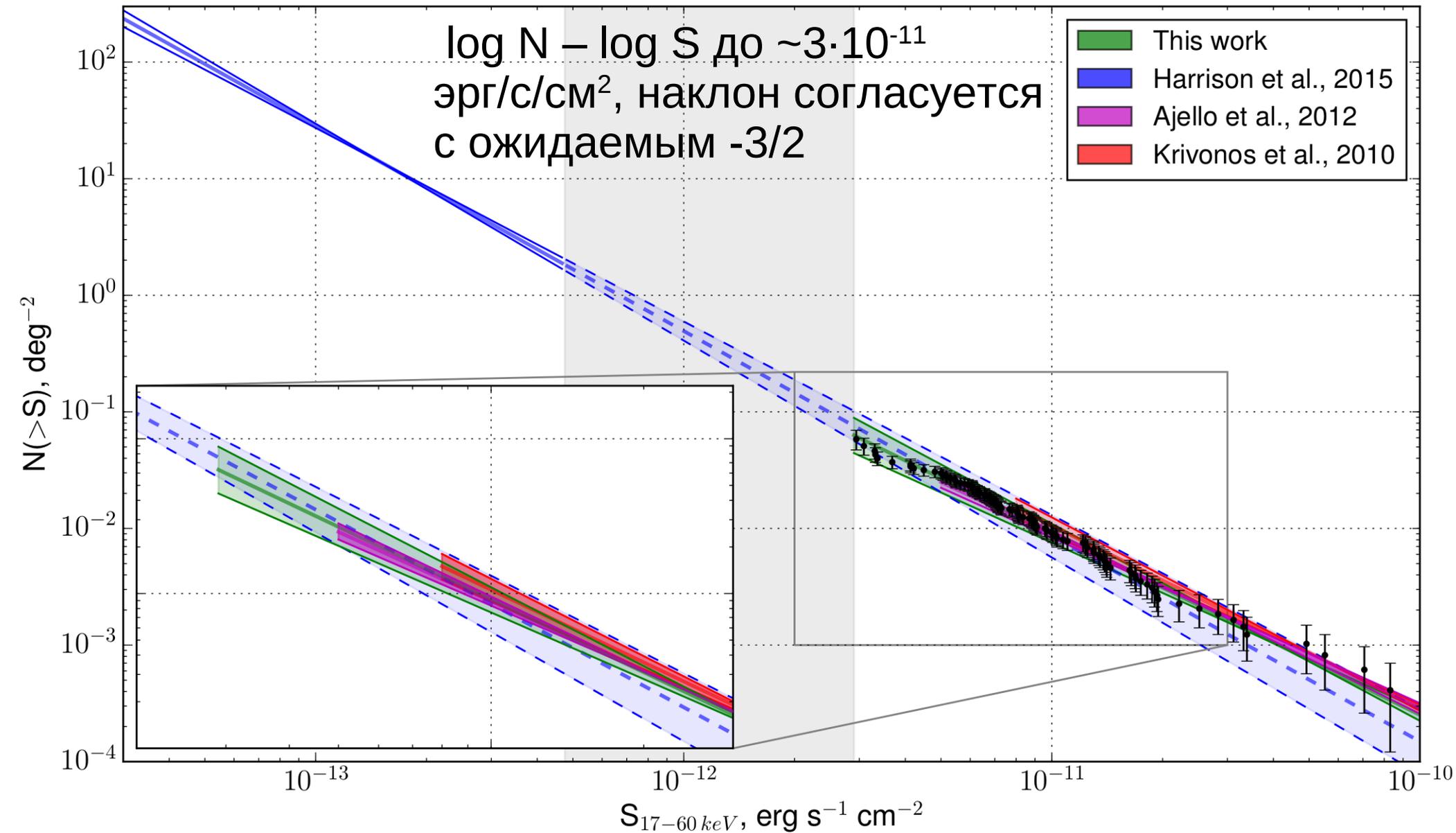


$\alpha \approx 1.5$

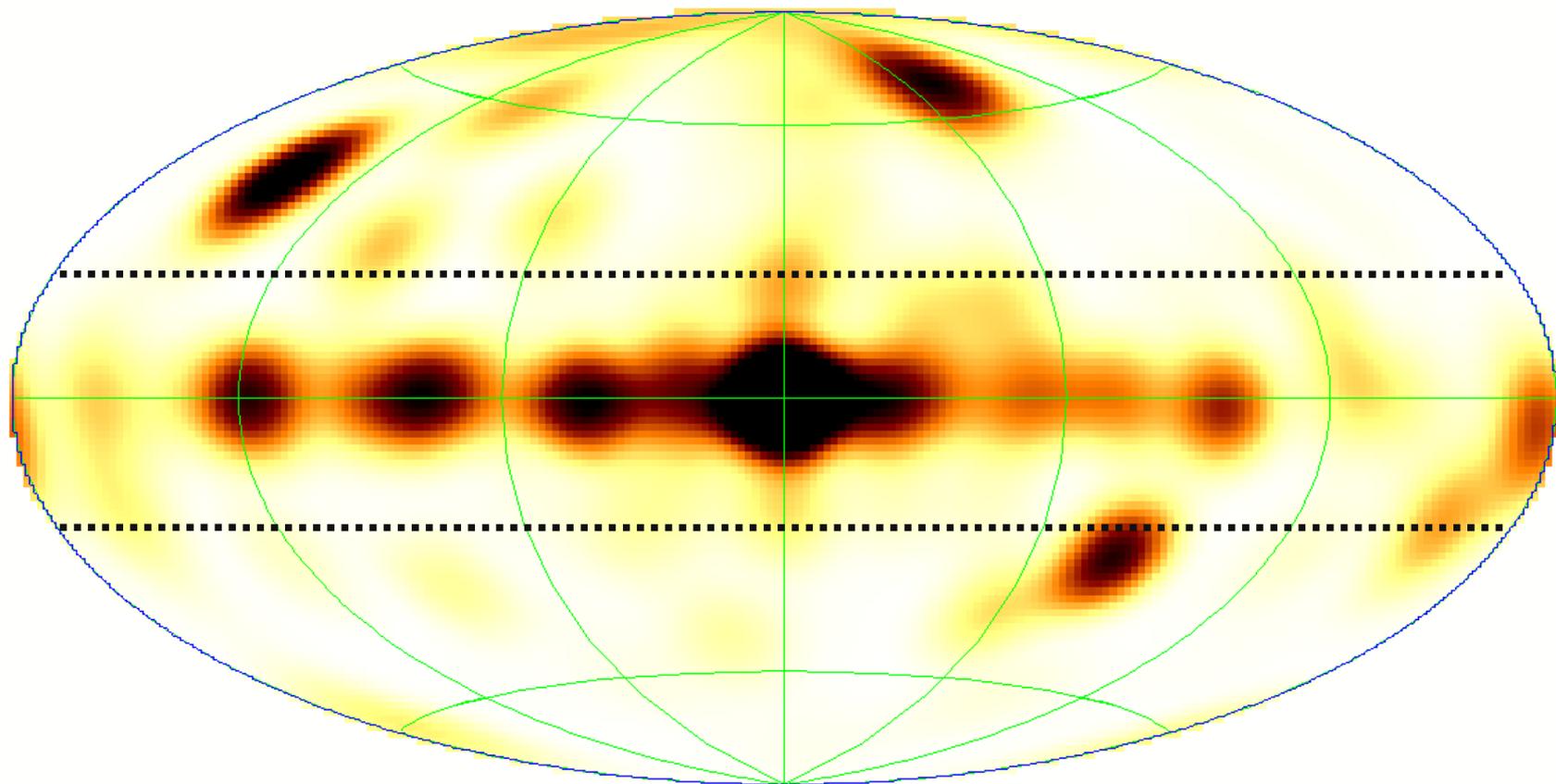
log N – log S



Полученное $\log N - \log S$

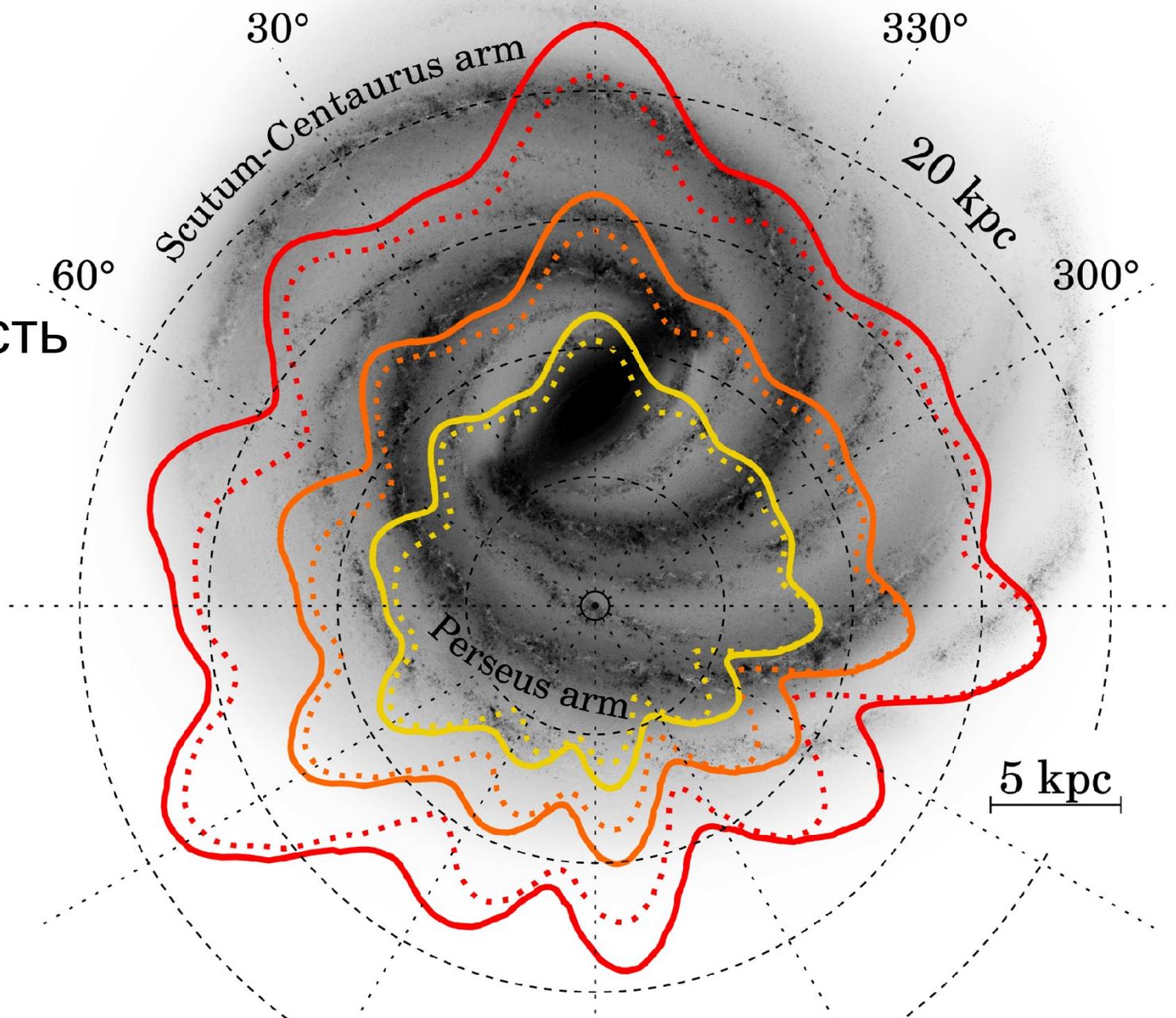


...возвращаясь к архивам



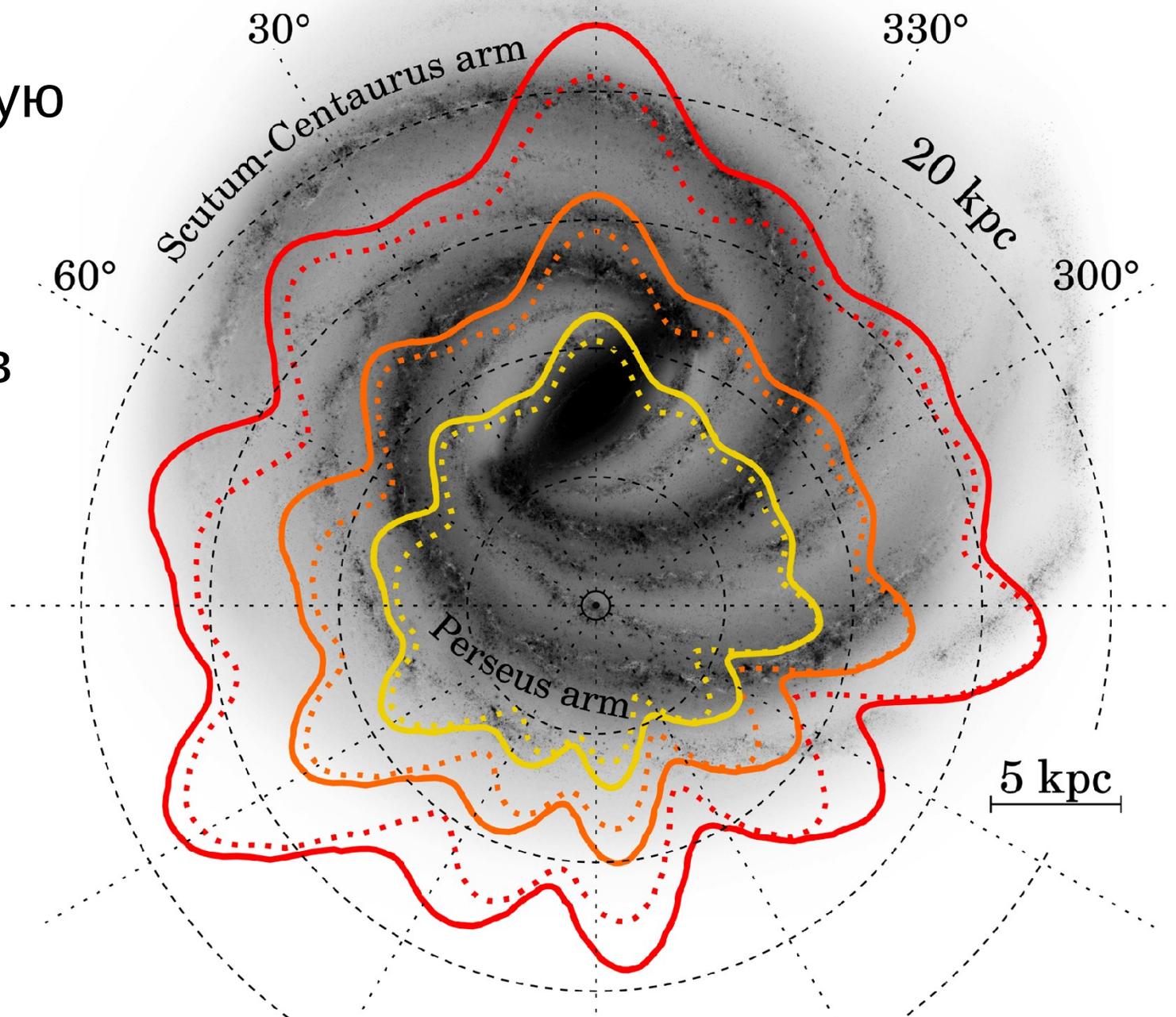
Обзор Галактической плоскости

14 лет
наблюдений,
 $|b| < 17.5^\circ$
Чувствительность
до 0.15 мКраб



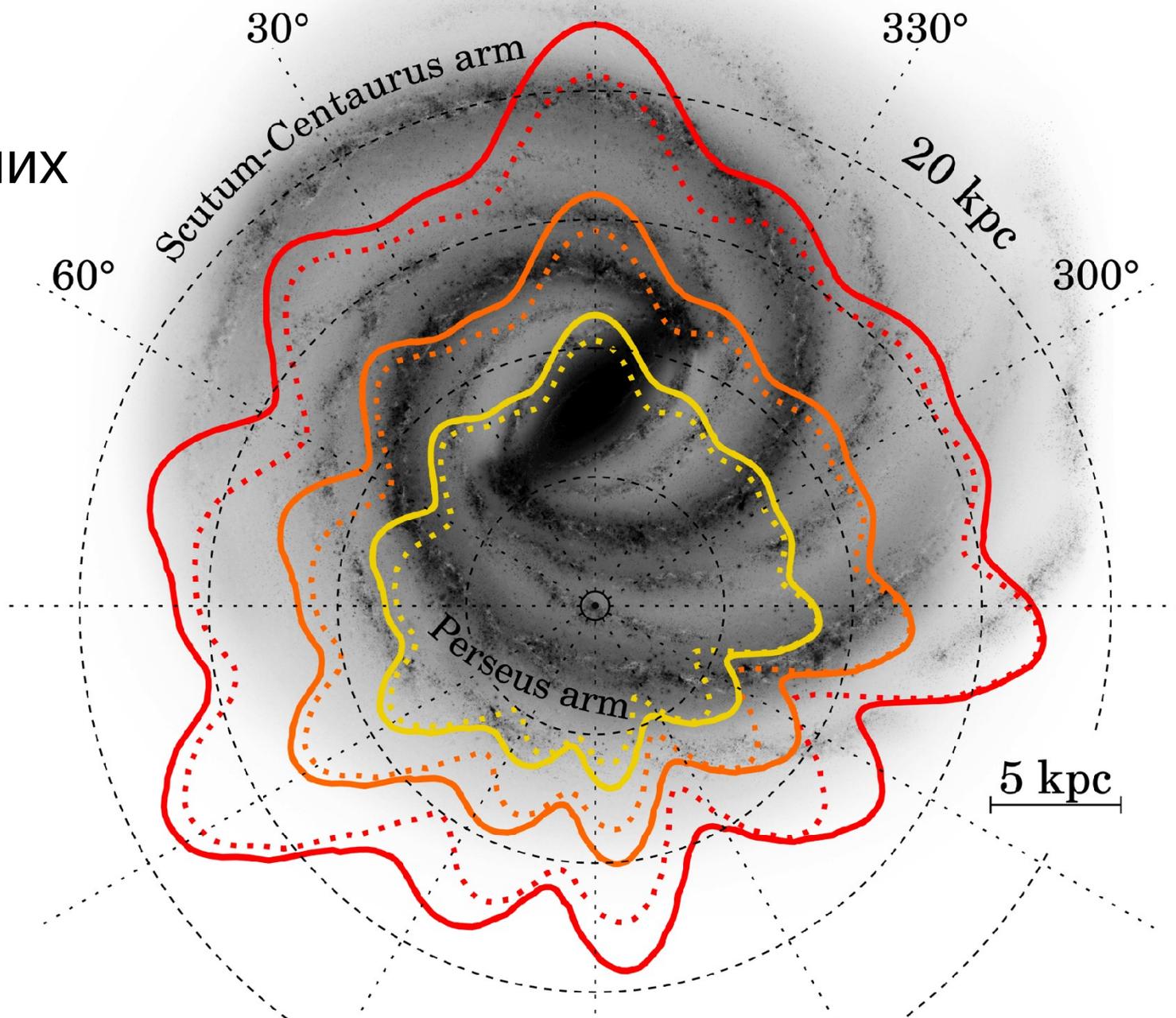
Обзор Галактической плоскости

Видим большую часть балджа Галактики вплоть до светимостей в 5×10^{34} эрг с^{-1}



Обзор Галактической плоскости

522 источника,
72 новых*, из них
для 11 найден
мягкий
рентгеновский
компаньон

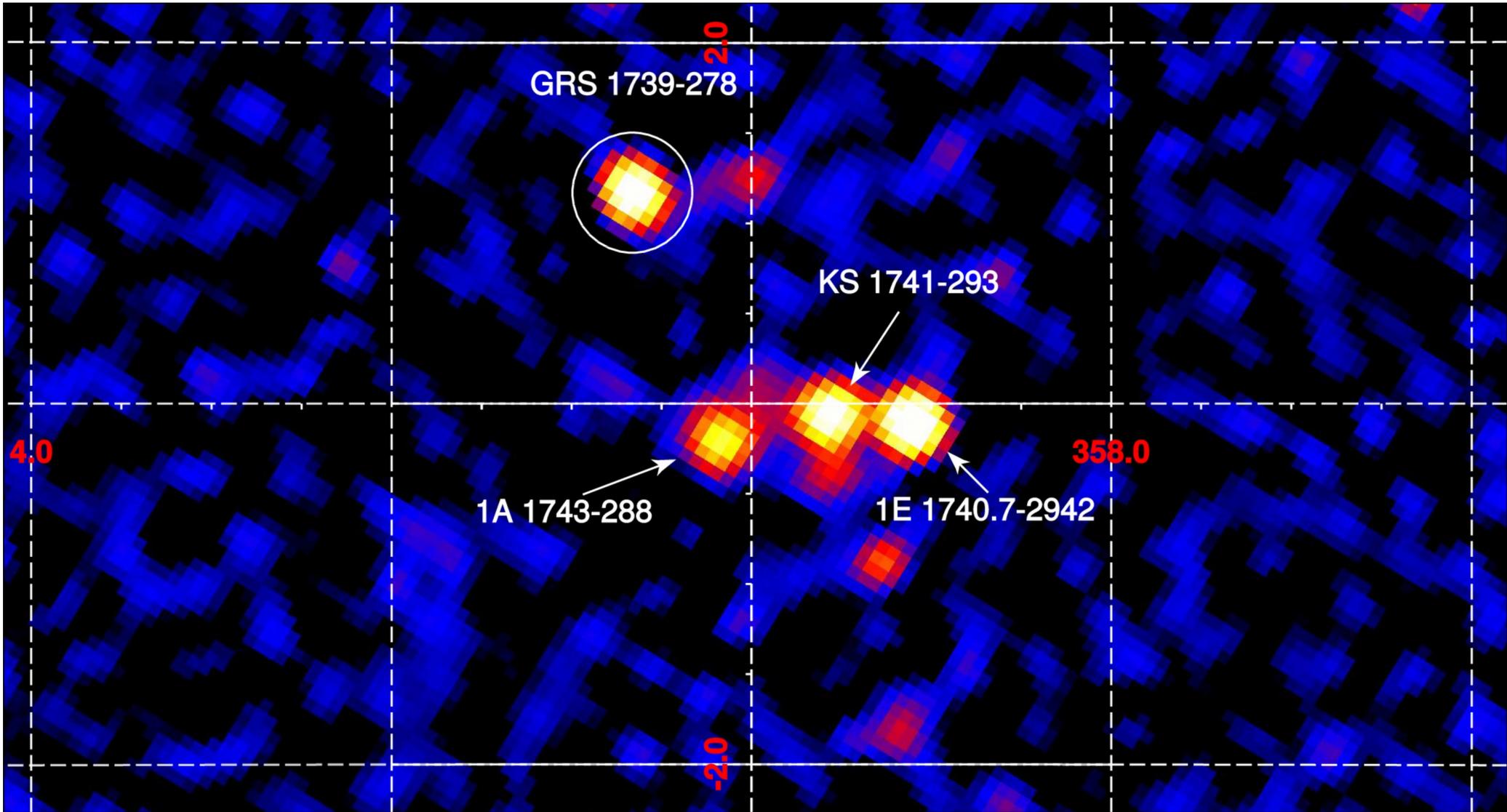


Обзоры глубоких полей и Галактической плоскости

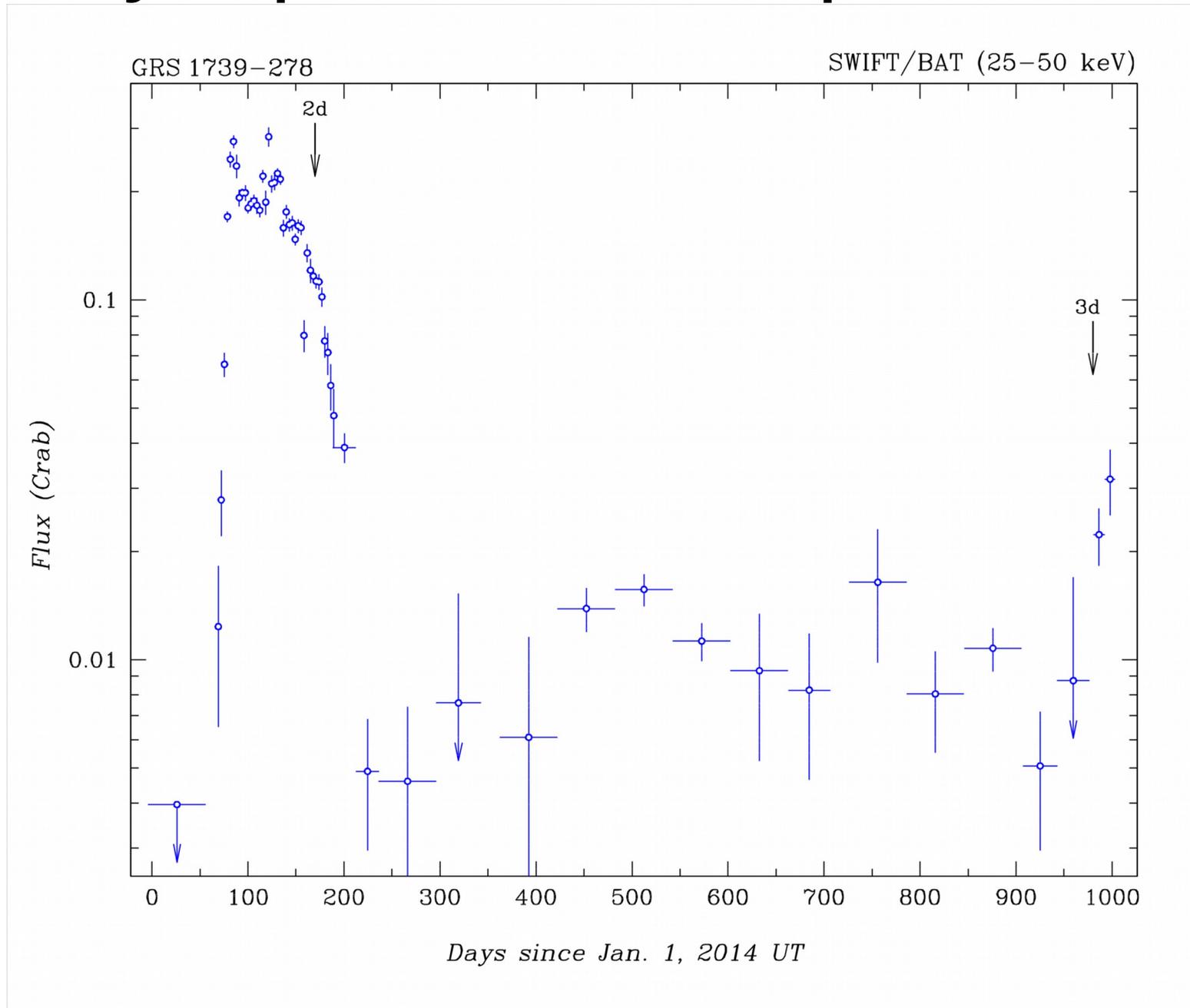
Построено $\log N - \log S$ до $\sim 3 \cdot 10^{-11}$ эрг/с/см²,
наклон согласуется с ожидаемым $-3/2$ (поле БМО!)

Найдены мягкие рентгеновские компаньоны для
24 источников, в основном кандидаты в АЯГ

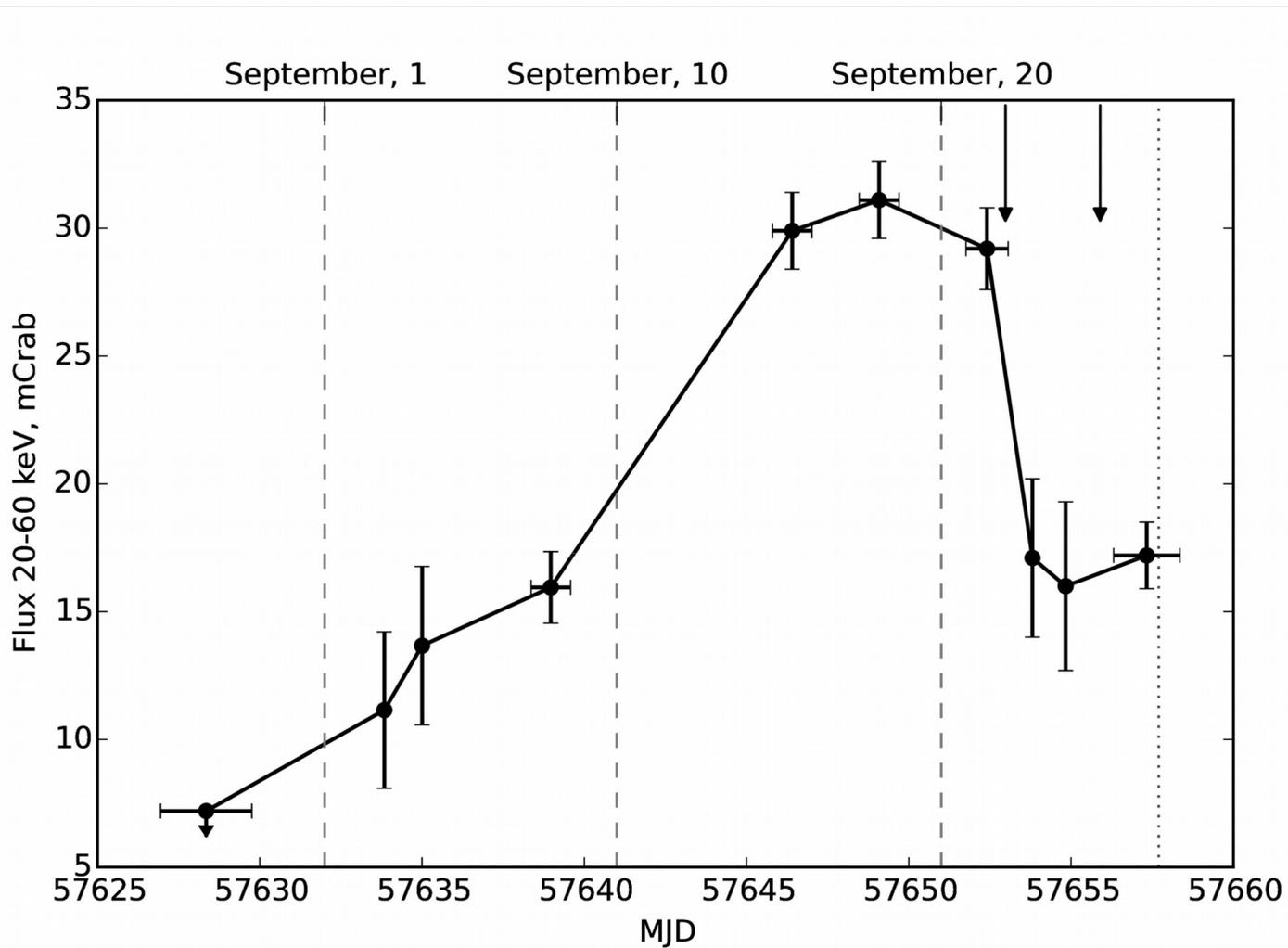
Регулярный мониторинг неба



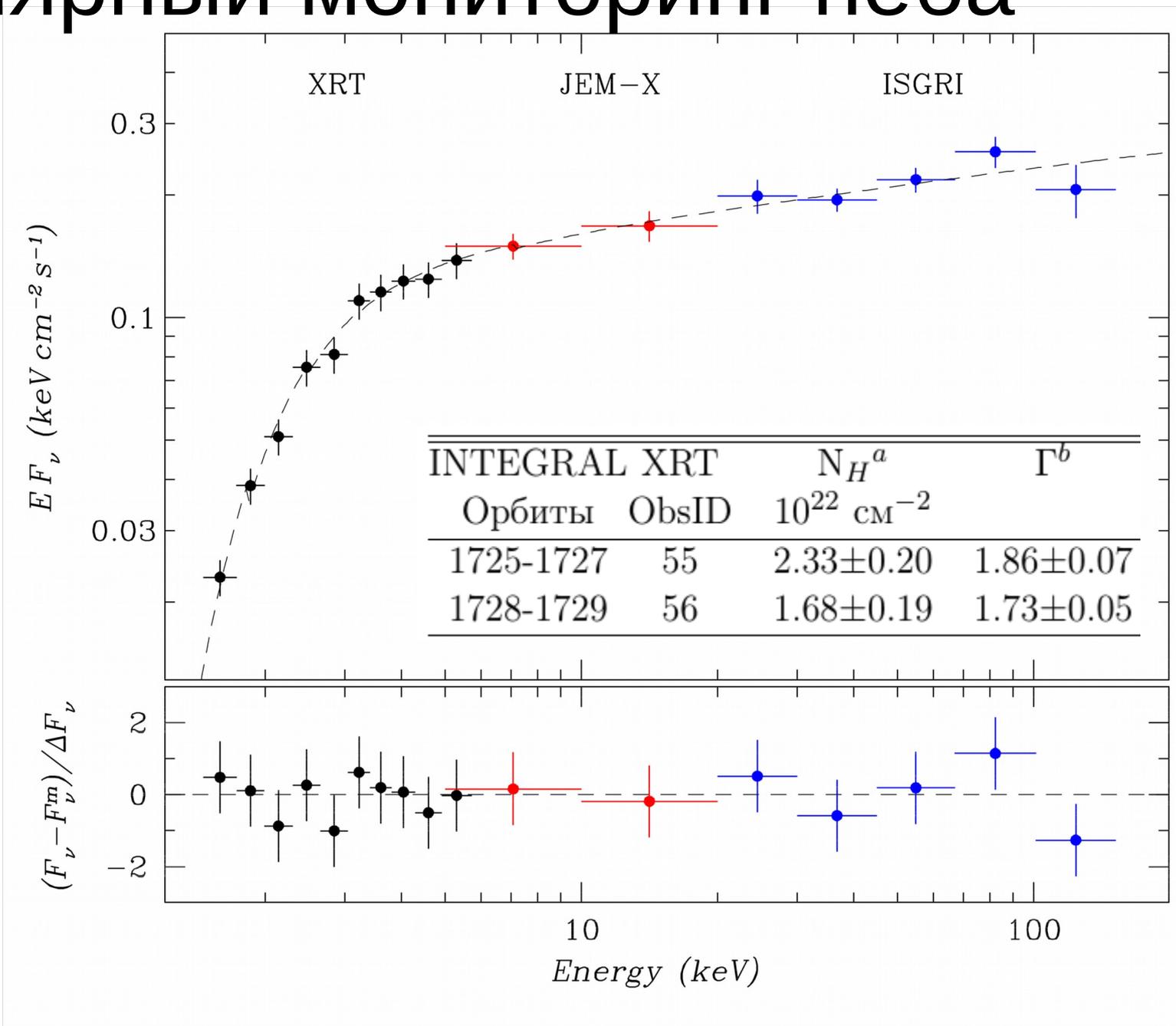
Регулярный мониторинг неба



Регулярный мониторинг неба



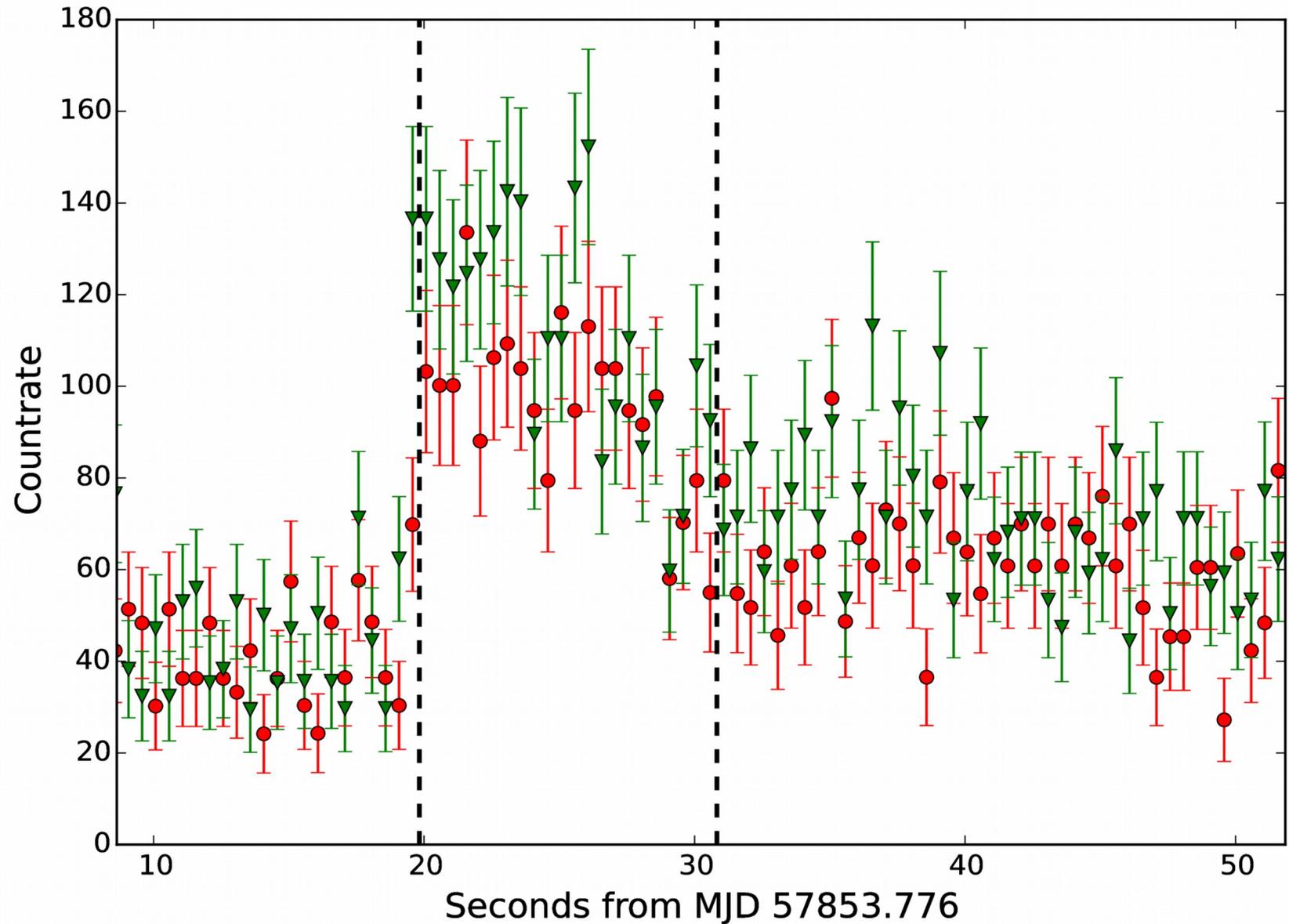
Регулярный мониторинг неба



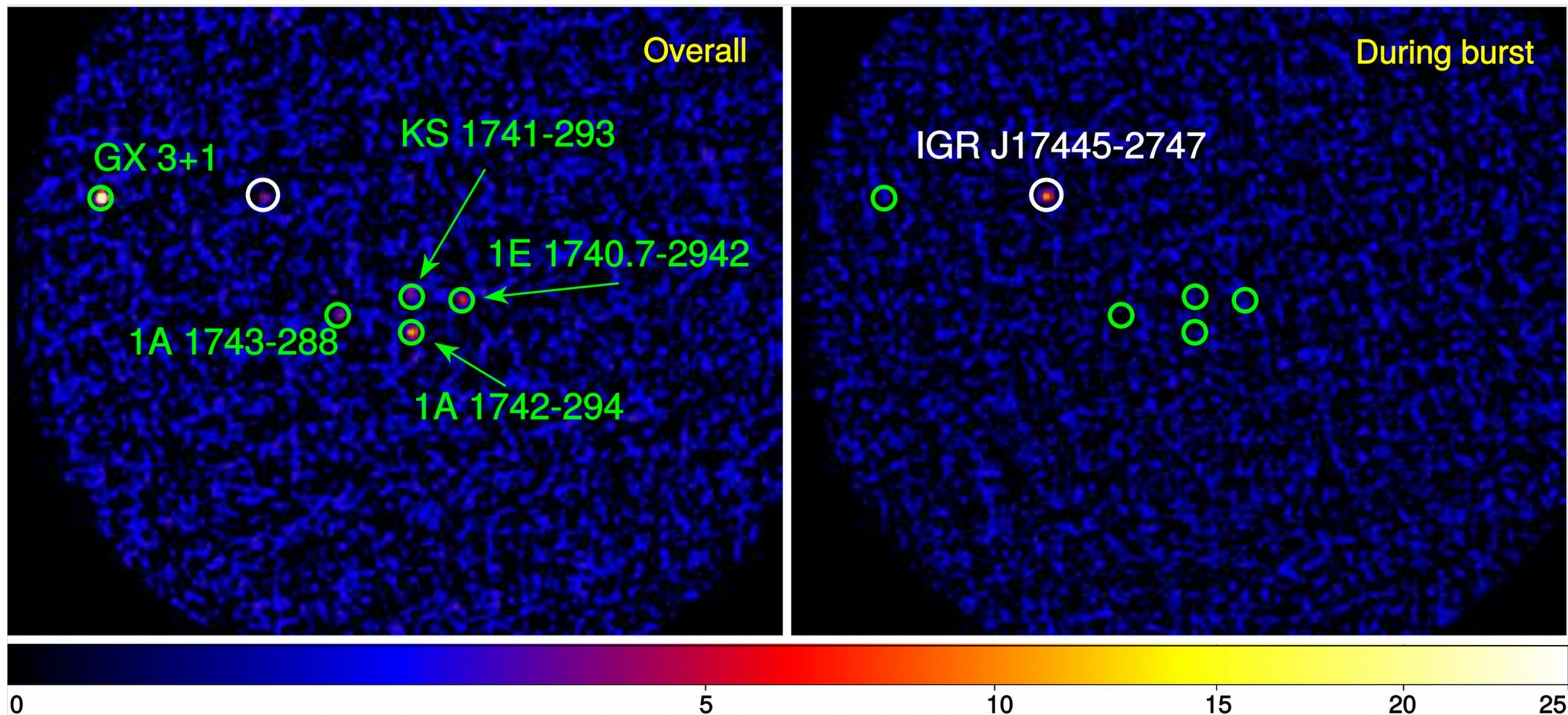
GRS 1739-278

Обнаружена первая «провалившаяся» вспышка от источника (всего третья по счету), наблюдался жесткий степенной спектр до ~ 100 кэВ без экспоненциального завала.

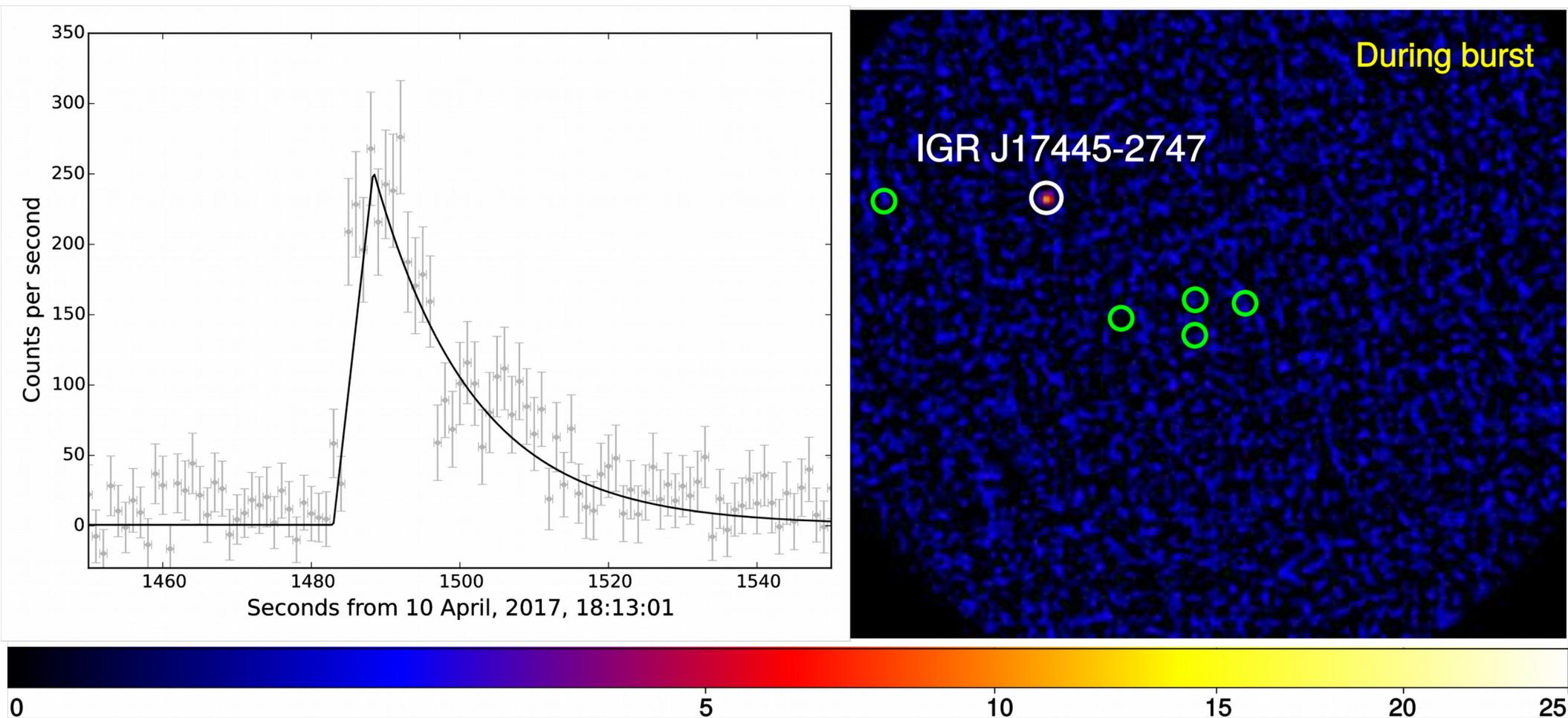
Регулярный мониторинг неба



Регулярный мониторинг неба

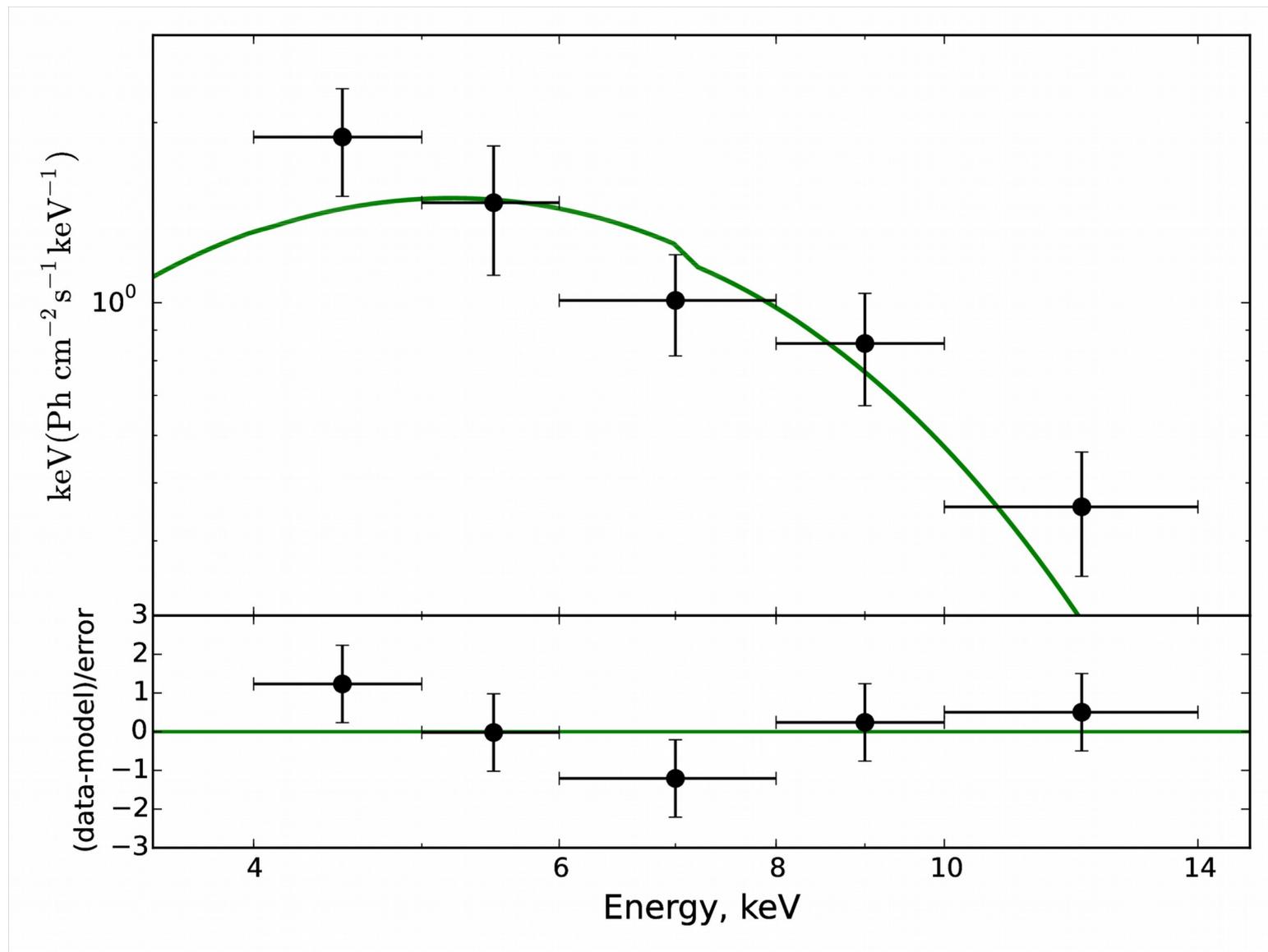


Регулярный мониторинг неба

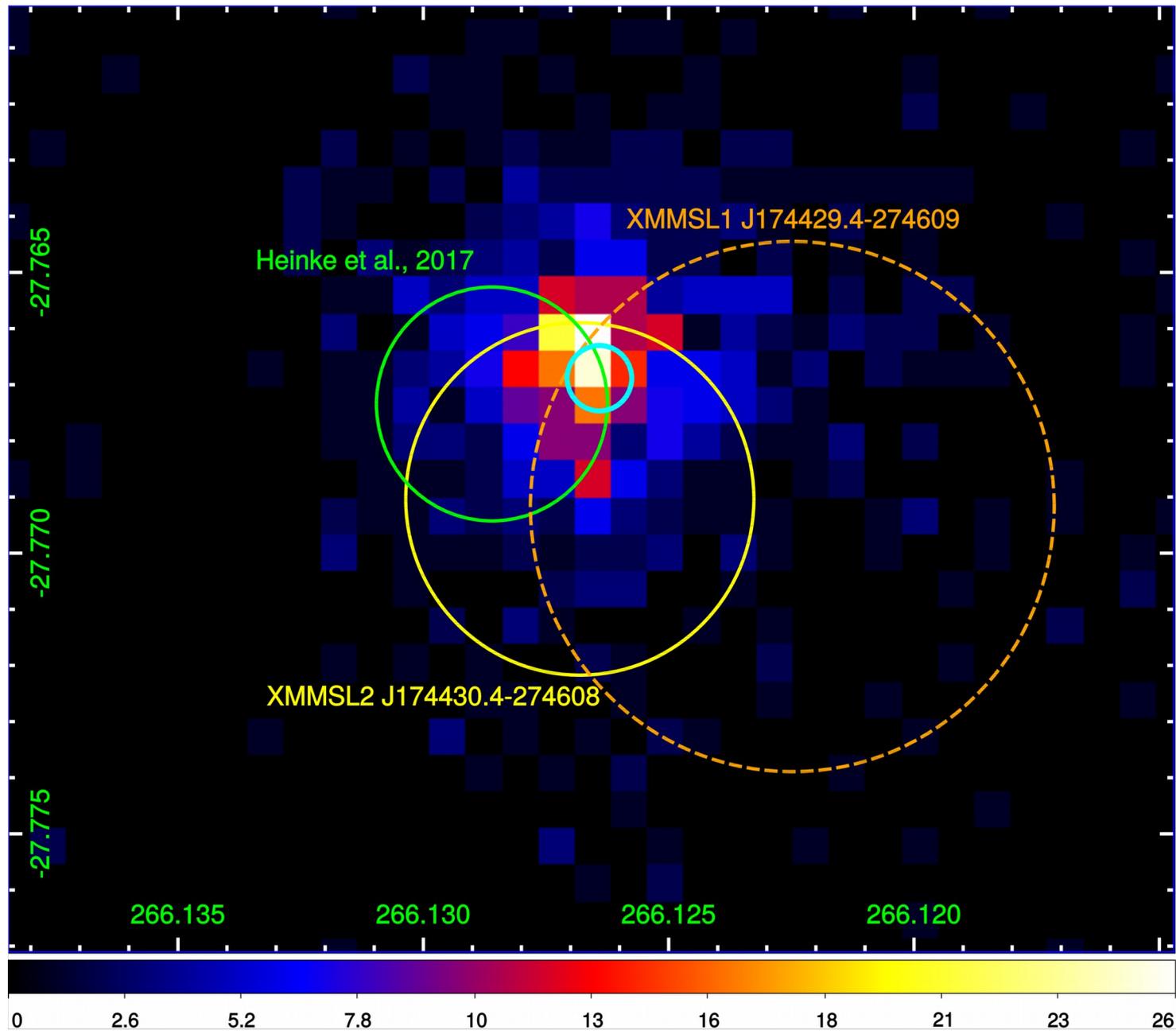


Регулярный мониторинг неба

$kT \sim 1.6$ кэВ,
 $D \sim 5$ кпк для
 $R_{NS} = 12$ км
Из $L_{Edd} \rightarrow$
 $D \leq 12.3$ кпк



Регулярный мониторинг неба



IGR J17445-2747

Обнаружен первый рентгеновский всплеск первого рода от IGR J17445-2747, получена точная локализация источника и ограничения на расстояние до него $5 < D < 12$ кпк.

Положения выносимые на защиту

1) Проведен обзор области центра Галактики телескопом JEM-X в диапазонах энергий 5-10 и 10-35 кэВ. Зарегистрировано 105 источников, большинство из которых являются маломассивными рентгеновскими двойными (LMXB). Получена функция светимости (в диапазоне 5-10 кэВ) постоянных LMXB в интервале 8×10^{34} - 6×10^{38} эрг с^{-1} , её форма хорошо соответствует предсказанию модели Гильфанова (2004). Исследован вклад сильнопеременных LMXB в усредненную за большой период времени (10 лет) функцию светимости, добавка таких источников начинает превосходить вклад постоянных источников на светимостях ниже 10^{36} эрг с^{-1} . Показано, что пространственное распределение LMXB следует распределению массы Галактики в трех-компонентной модели Бакала и Сонейры (1980).

2) Проведен глубокий обзор трех внегалактических полей телескопом IBIS в диапазоне энергий 17-60 кэВ. Зарегистрировано 147 источников, 37 из которых были обнаружены впервые. С использованием данных телескопов Swift-XRT, XMM и ROSAT 13 (из 37) новых источников были отождествлены с известными оптическими компаньонами и классифицированы как АЯГ. Наклон кривой подсчетов источников соответствует ожидаемому ($-3/2$) вплоть до потоков $\sim 3 \times 10^{-12}$ эрг $\text{с}^{-1} \text{см}^{-2}$, а нормировка незначительно меньше значения, полученного в обзоре всего неба (Кривонос и др., 2010). Нормировка кривой подсчетов АЯГ в направлении на БМО ниже, чем для других полей, а наклон кривой - круче. Этот эффект вызывается отсутствием в этом направлении ярких АЯГ. Оценки плотности АЯГ в локальной Вселенной в направлении на все три поля согласуются между собой.

Положения выносимые на защиту

3) Для 11 из 41 новых жестких рентгеновских источников, зарегистрированных в 14-летнем обзоре Галактической плоскости телескопом IBIS были найдены мягкие рентгеновские компаньоны. Четыре из них являются кандидатами в АЯГ. Еще один кандидат в поглощенные АЯГ найден на основании совпадения положения с центром близкой оптической галактики.

4) Обнаружена и исследована вспышка рентгеновской новой GRS 1739-278. Вспышка оказалась ``неудавшейся'', источник не перешел из низкого жесткого состояния в высокое мягкое, о чем свидетельствуют полученные широкополосные (0.8-100 кэВ) спектры.

5) Обнаружен первый рентгеновский всплеск I типа от источника IGR J17445-2747. Это позволило установить, что компактным объектом в этой системе является нейтронная звезда со слабым магнитным полем. Получены уточненные координаты источника и пределы на расстояние до него ($5.0 \leq D \leq 12.3$ кпк). Регистрация всплеска позволяет предположить, что IGRJ17445-2747 - маломассивная рентгеновская двойная, расположенная в балдже Галактики.

Список публикаций

- 1) "Deep hard X-ray survey of the Large Magellanic Cloud" Grebenev, S. A., Lutovinov, A. A., Tsygankov, S. S., Mereminskiy, I. A., 2013, MNRAS, 428
- 2) "Обзор области Галактического центра в рентгеновских лучах телескопом JEM-X обсерватории INTEGRAL" Гребенев С.А., Мереминский И.А., 2015, Письма в Астрономический Журнал
- 3) "INTEGRAL/IBIS deep extragalactic survey: M81, LMC and 3C 273/Coma fields" Mereminskiy I.A., Krivonos R.A., Lutovinov A.A., Sazonov S.Yu., Revnivitsev M.G., Sunyaev R.A., 2016, MNRAS
- 4) "New hard X-ray sources discovered in the ongoing INTEGRAL Galactic plane survey after 14 years of observations" Krivonos R.A., Tsygankov S.S., Mereminskiy I.A., Lutovinov A.A., Sazonov S.Yu., Sunyaev R.A., 2017, MNRAS
- 5) "Вспышка рентгеновской новой GRS 1739-278 в сентябре 2016 г" Мереминский И.А., Филиппова Е.В., Кривонос Р.А., Гребенев С.А., Буренин Р.А., Сюняев Р.А., 2017, Письма в Астрономический Журнал
- 6) "IGR J17445-2747 - еще один рентгеновский барстер в балдже Галактики" Мереминский И.А., Гребенев С.А., Сюняев Р.А., 2017, Письма в Астрономический Журнал, 43, 727
- 7) "Рентгеновские всплески I рода, обнаруженные телескопом JEM-X обсерватории INTEGRAL в 2003-2015 гг" Человеков И.В., Гребенев С.А., Мереминский И.А., Просветов А.В., 2017, Письма в Астрономический журнал

Спасибо за внимание!