

*Оптическое отождествление рентгеновских источников из обзора Галактики по данным обсерватории ИНТЕГРАЛ*

Роман Кривонос

ИКИ РАН

С. Цыганков, А. Лутовинов, С. Сазонов, И. Мереминский, Д. Карасев, А. Ткаченко, Г. Хорунжев, П. Медведев, М. Павлинский, Р. Буренин, М. Еселевич (ИСЗФ СО РАН, Иркутск), Е. Чуразов, Р. Сюняев



# 17 октября 2002 года

Обсерватория ИНТЕГРАЛ была выведена на орбиту с помощью российской ракеты-носителя «Протон»

Российские ученые получили 25% наблюдательного времени миссии

IBIS – кодированная маска

JEM-X – кодированная маска

Оптический монитор (ОМС)

Спектрометр (SPI)

ЭВМ и электроника  
обеспечения работы  
приборов

Детектор телескопа  
IBIS

Детектор рентгеновского  
телескопа JEM-X

Блок управления  
энергоснабжением

Реактивное колесо  
наведения КА

Аппаратура обработки  
данных и связи

Службный модуль

Звездные датчики

ЭВМ и электроника  
обеспечения работы  
приборов

Панель детекторов

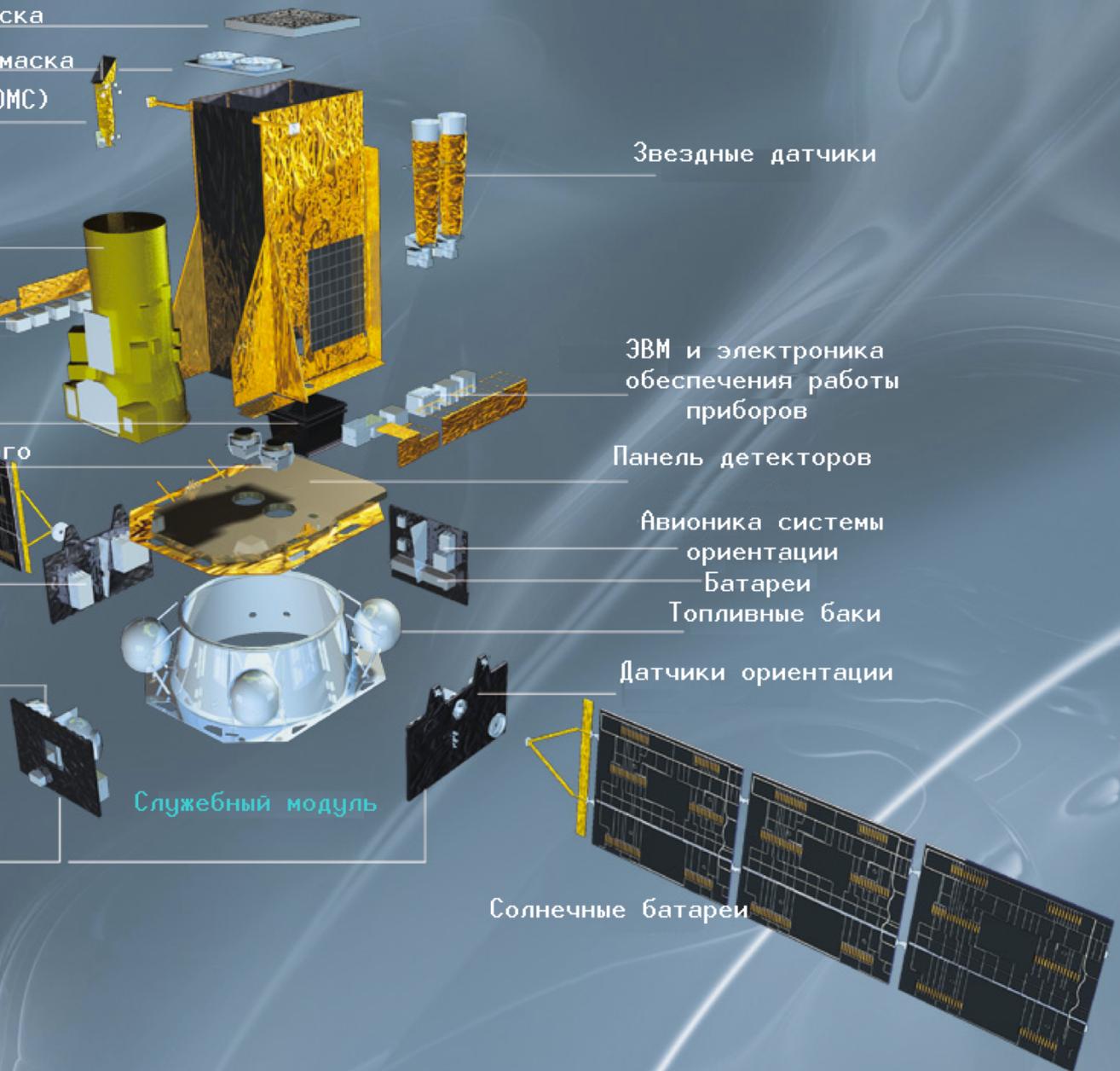
Авионика системы  
ориентации

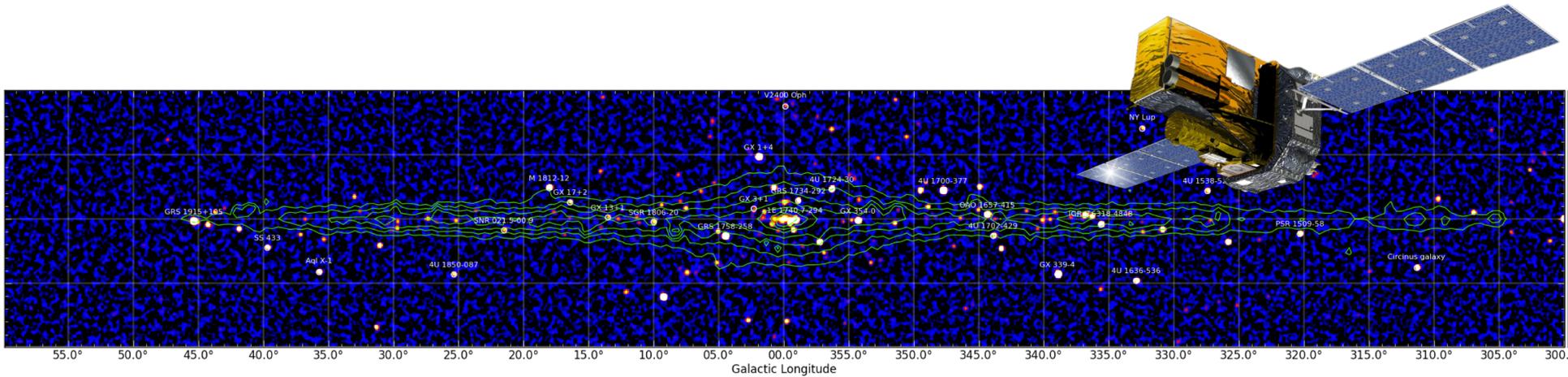
Батареи

Топливные баки

Датчики ориентации

Солнечные батареи





# Что значит рентгеновский обзор Галактики?

- Систематическое исследование популяций галактических источников
- Поиск новых явлений (новых типов источников)
- Единственный способ сделать «снимок» Галактики
- Возможность исследовать рентгеновские источники малой светимости
- Целенавешение для других телескопов

# Рентгеновские обзоры ИНТЕГРАЛа:

~1000 источника  
(42% IGRs):

~50% Галактика  
(45% IGRs)

~40% Внегалактика.  
~10% неизв. природы.

Molkov et al., 2004;

Lebrun et al., 2004;

Revnitsev et al., 2004,2006;

Krivosos et al., 2005, 2007, 2010, 2012, 2015, 2017;

Bird et al, 2006, 2007, 2010, 2016;

Bassani et al. 2006;

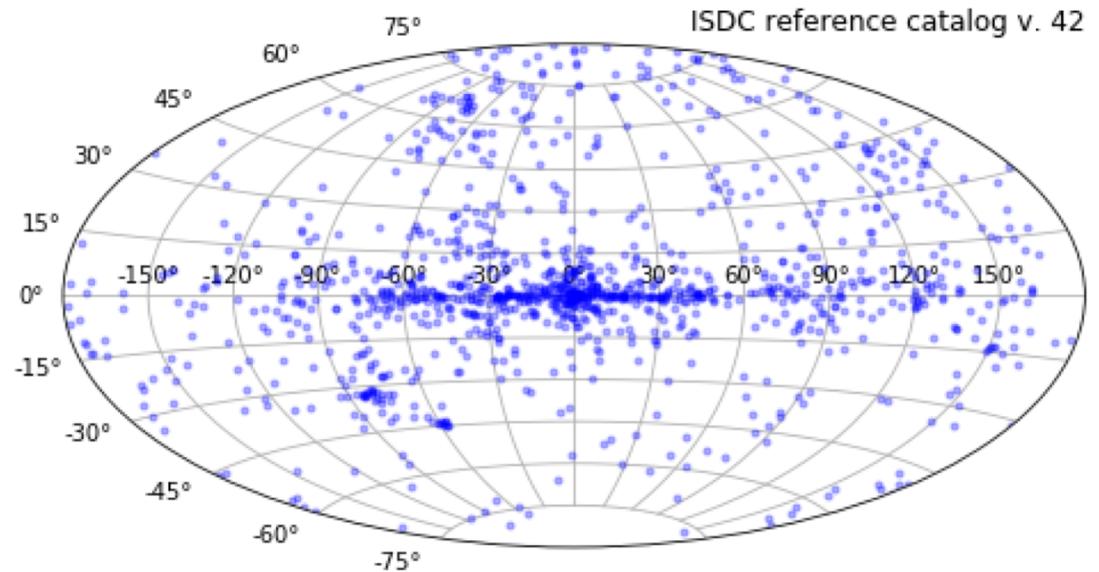
Bazzano et al., 2006;

Beckmann et al. 2006;

Grebenev et al. 2013, 2015;

Tsygankov et al., 2015;

Mereminskiy et al., 2016;

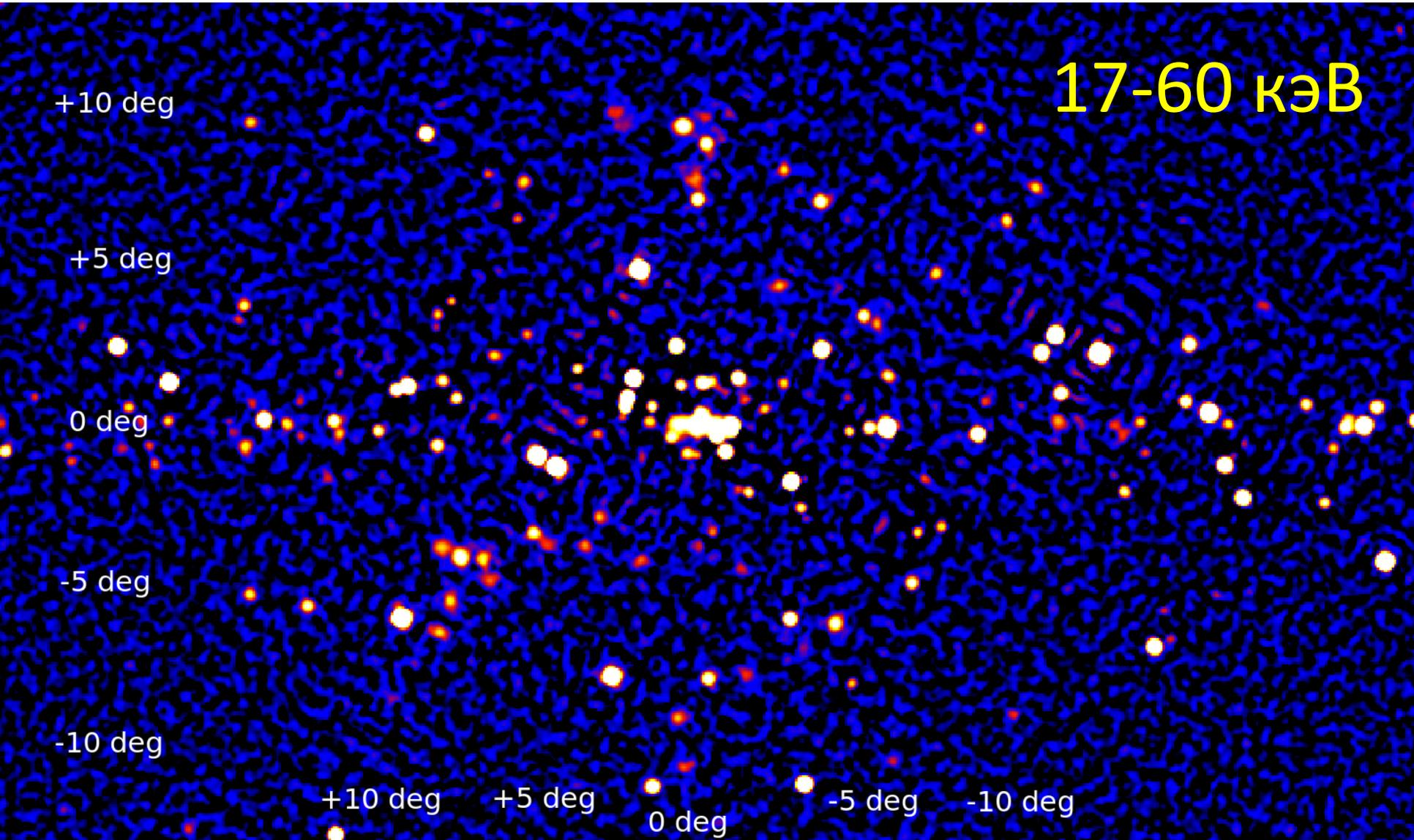


2394 sources

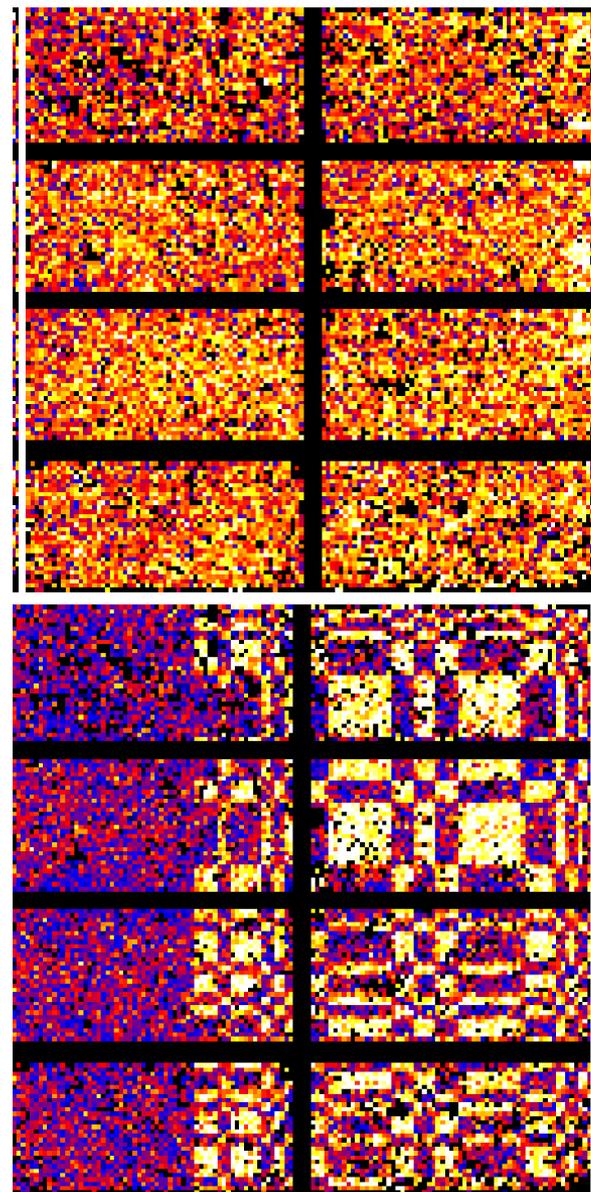
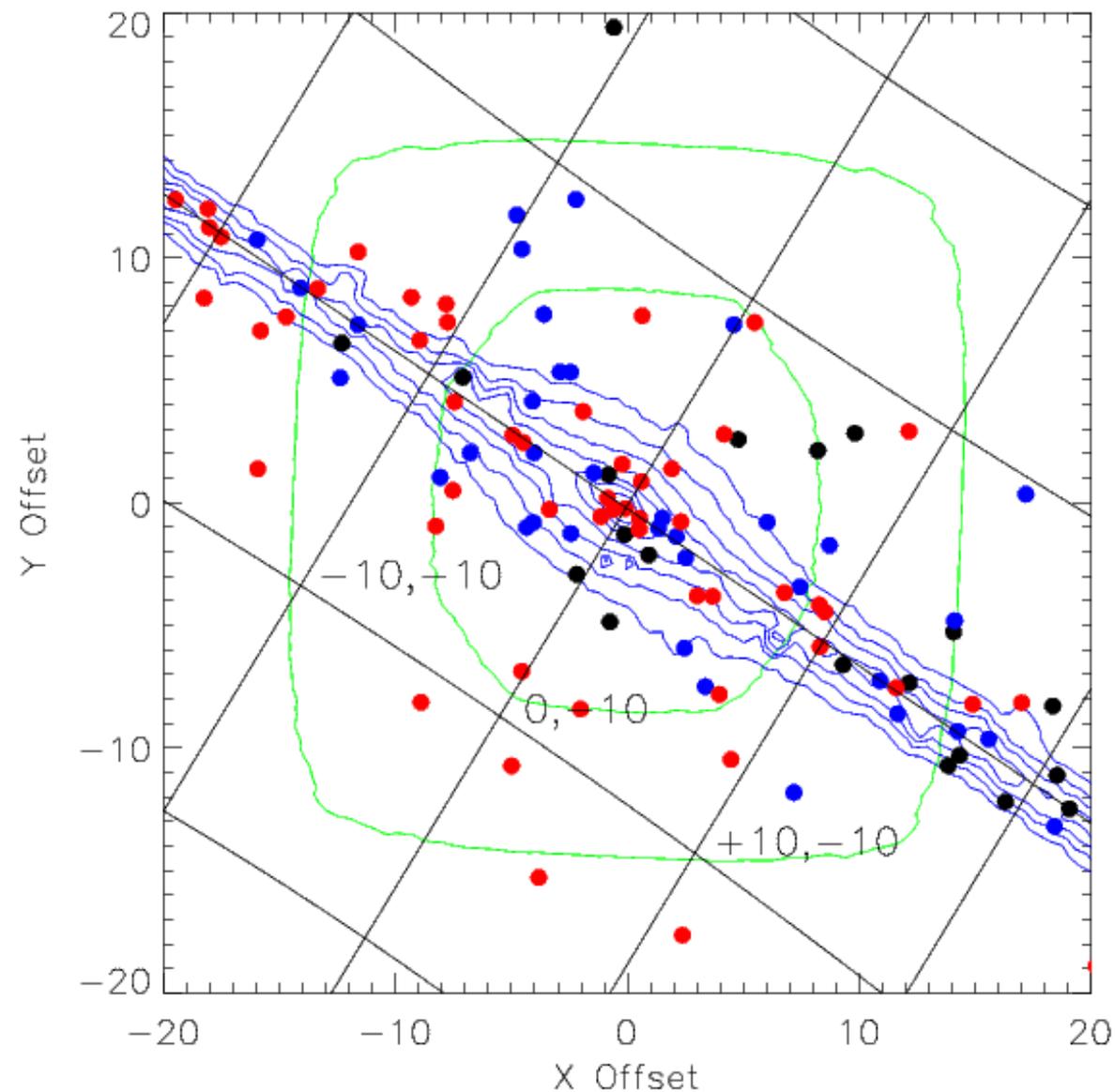
1213 IBIS/ISGRI

189 JEM-X (+83 из работы  
Гребенева и Мереминского  
2015).

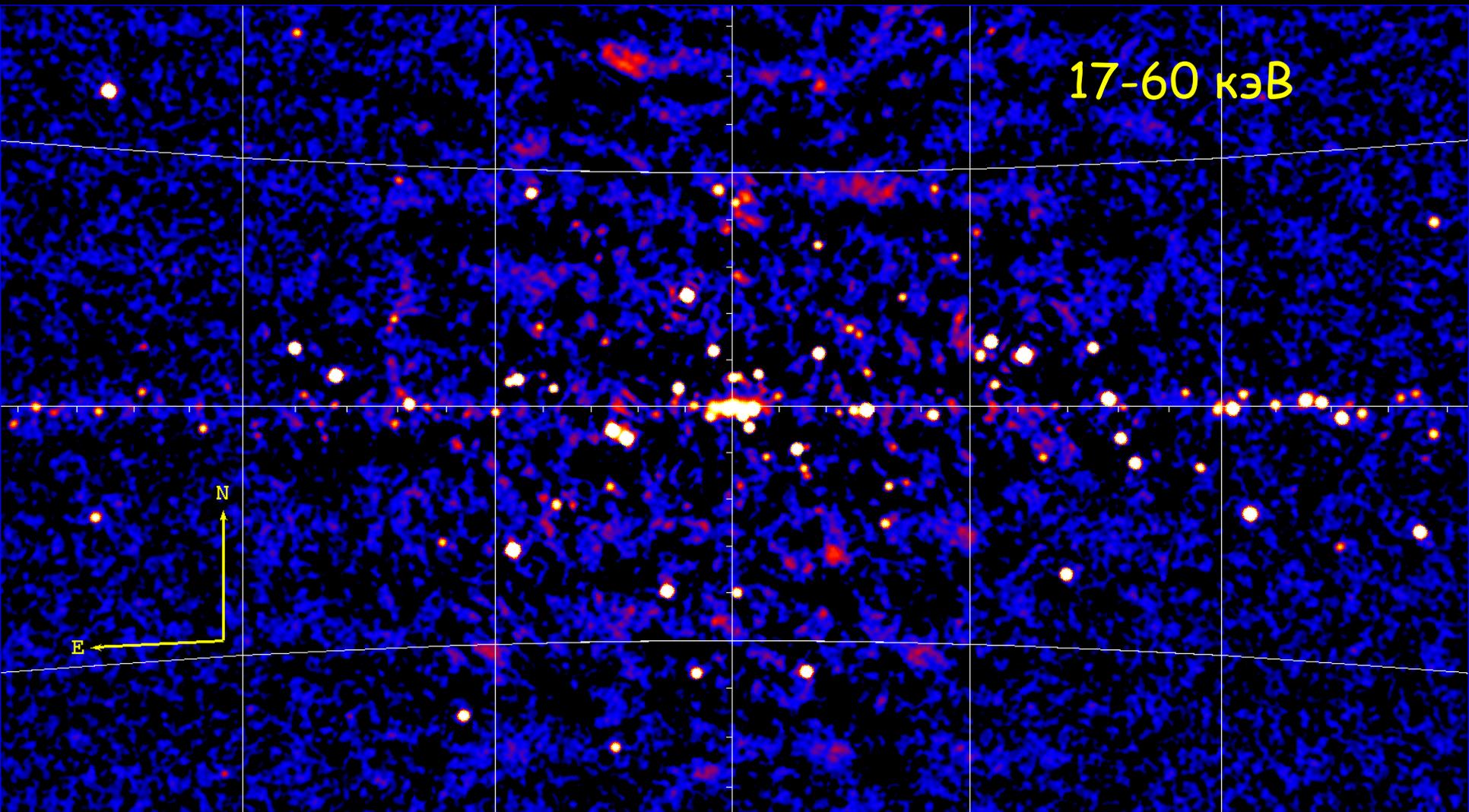
# Центр Галактики 40 млн. сек.



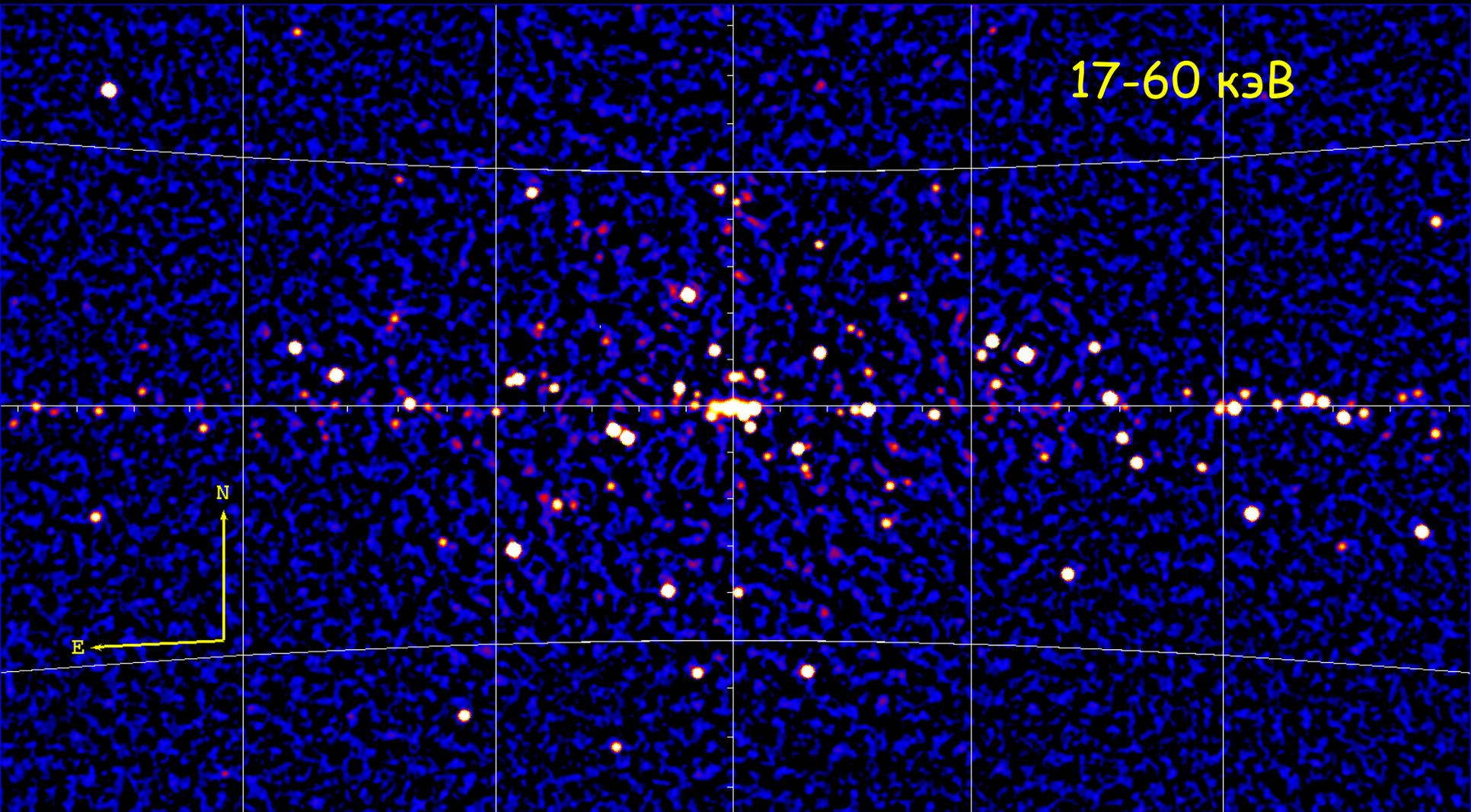
# на пределе телескопа кодированной апертуры



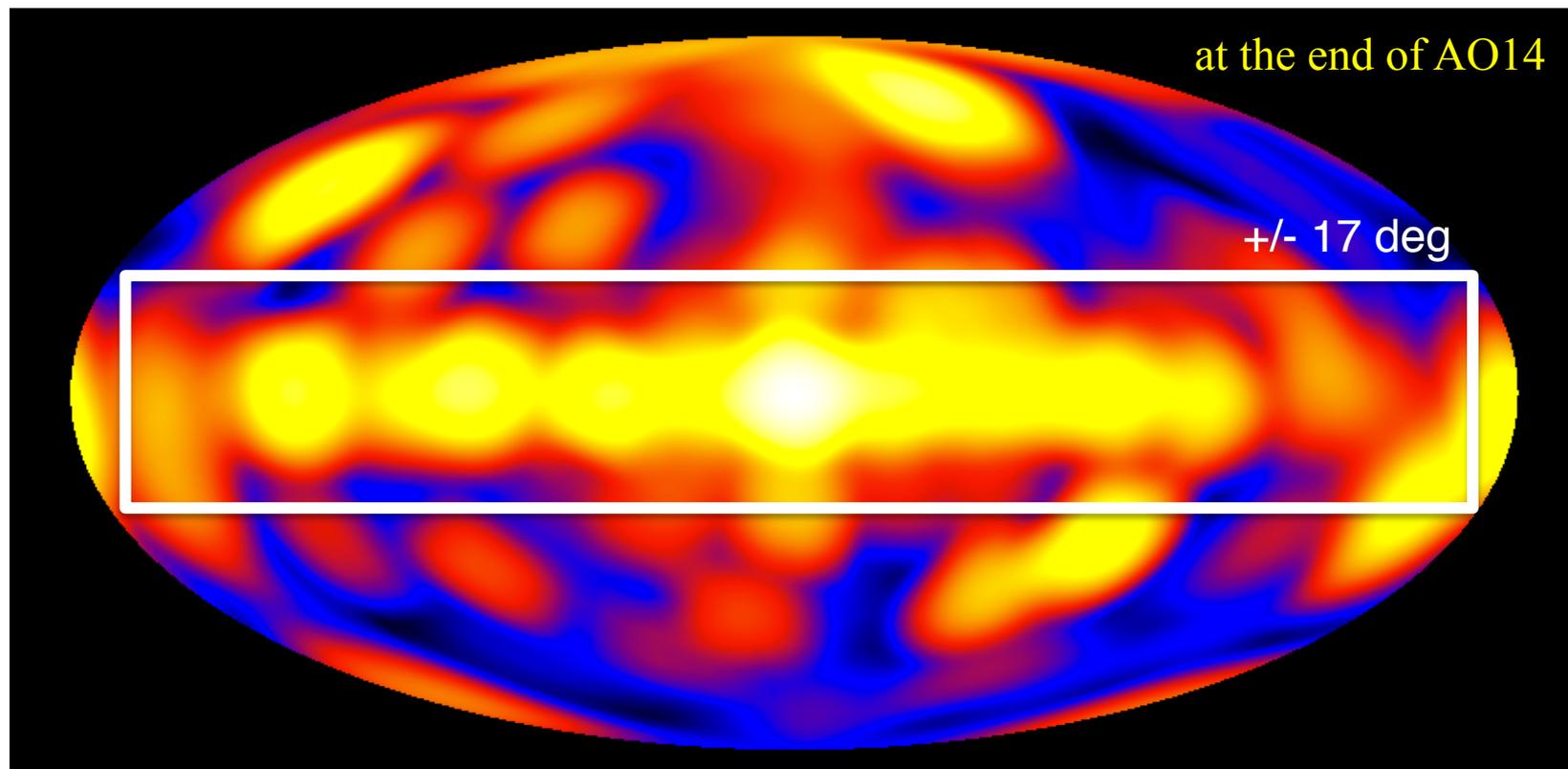
# Центр Галактики 20 млн. сек.

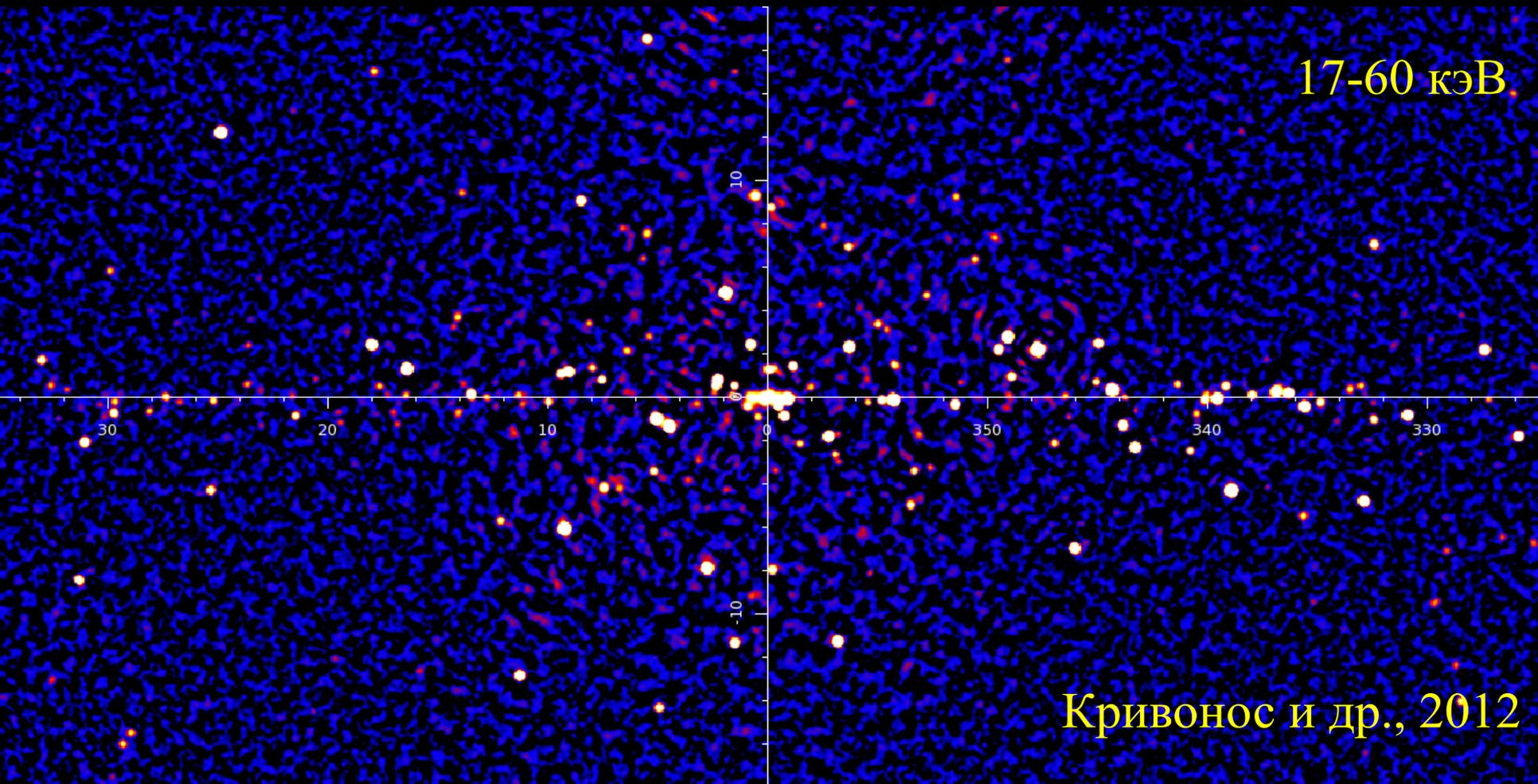


# Центр Галактики 20 млн. сек.



# Карта экспозиции ИНТЕГРАЛа



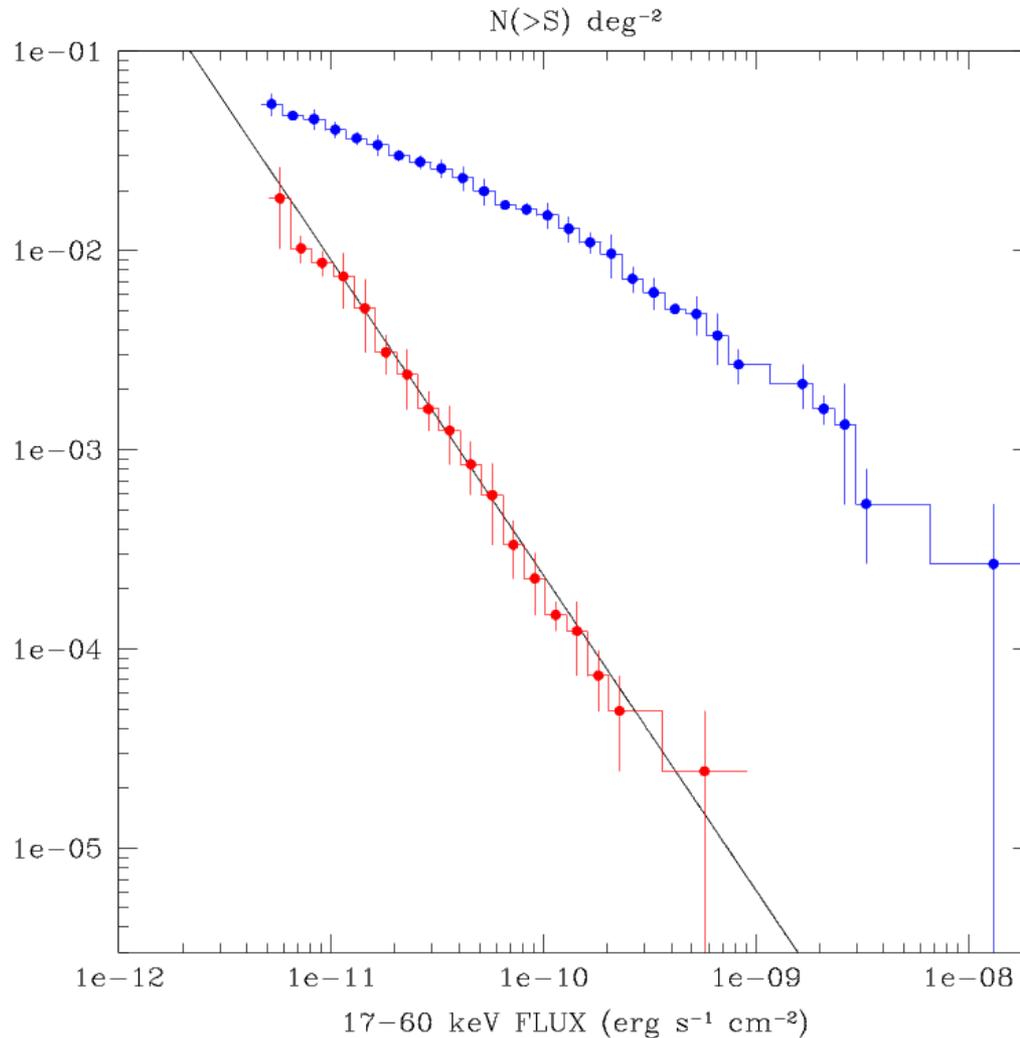


17-60 кэВ

Кривонос и др., 2012

AGN: 116, LMXB: 108, HMXB: 82, CV: 35 ( $|b| < 17$  deg)

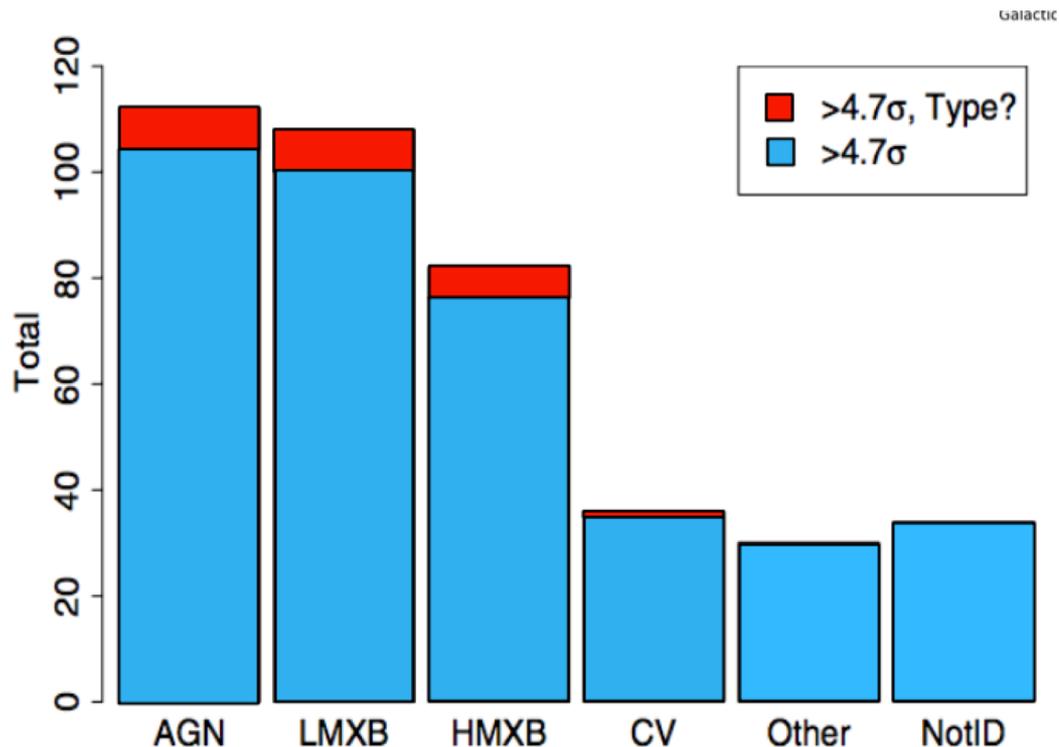
# Поверхностная плотность рентгеновских источников: Галактика и «внегалактика»



# 2012: Обзор плоскости Галактики

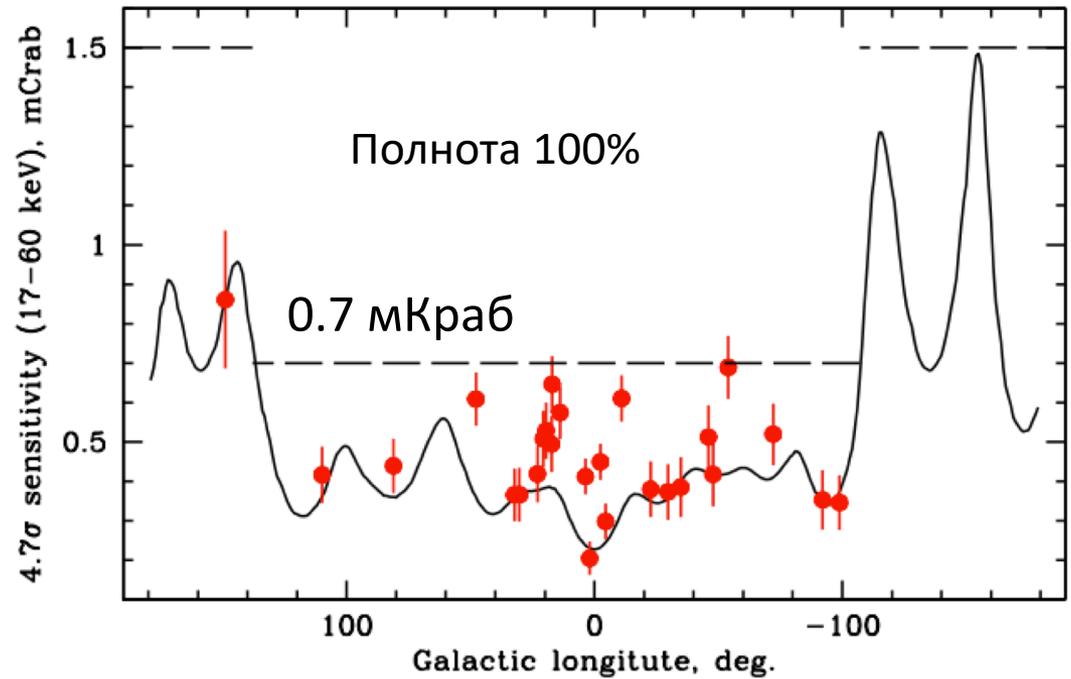
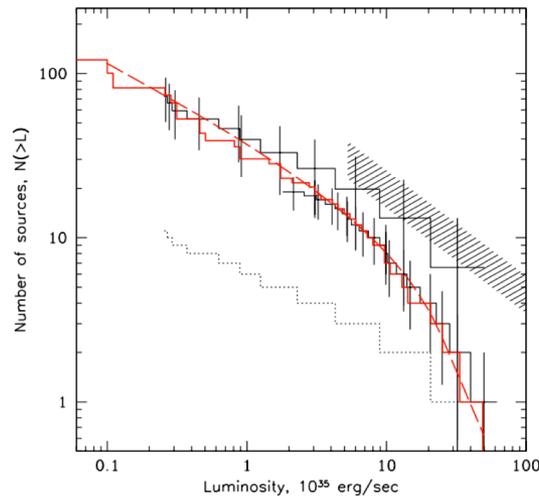
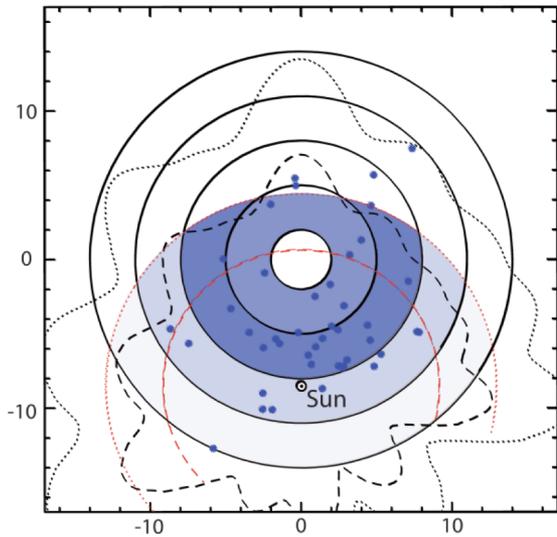
## 9 лет экспозиции, **17-60 keV**

- 402 источника  $> 4.7$  сигма
- Галактика: 253 (полнота 92%), «Внегалактика»: 115, не отождествлены: 34



Krivosos et al. (2012)

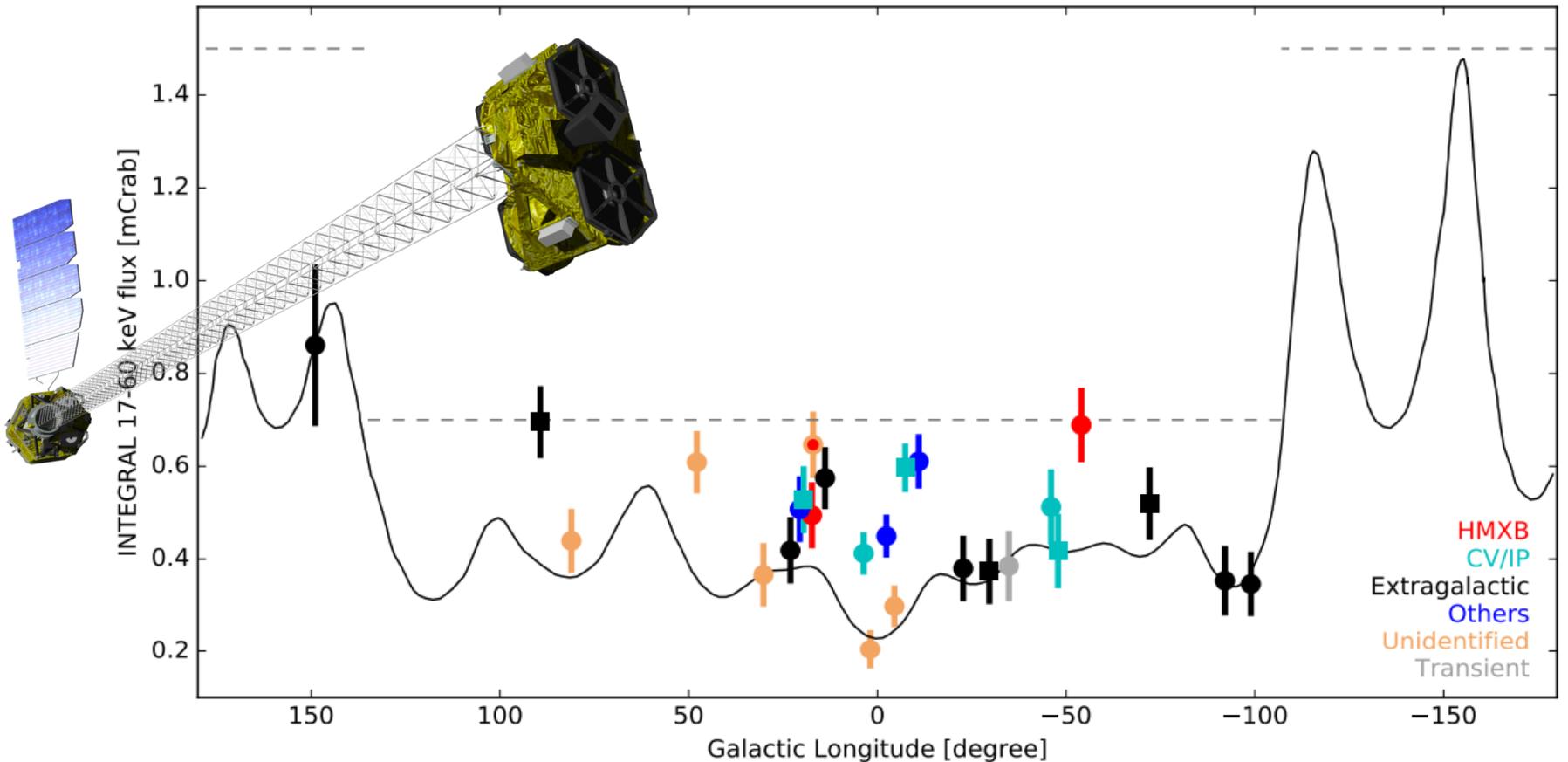
# Популяция массивных рентгеновских двойных в Галактике (Лутовинов и др., 2013)



26 non-ID sources below 0.7 mCrab from INTEGRAL 9-year survey (Krivonos+ 2012)

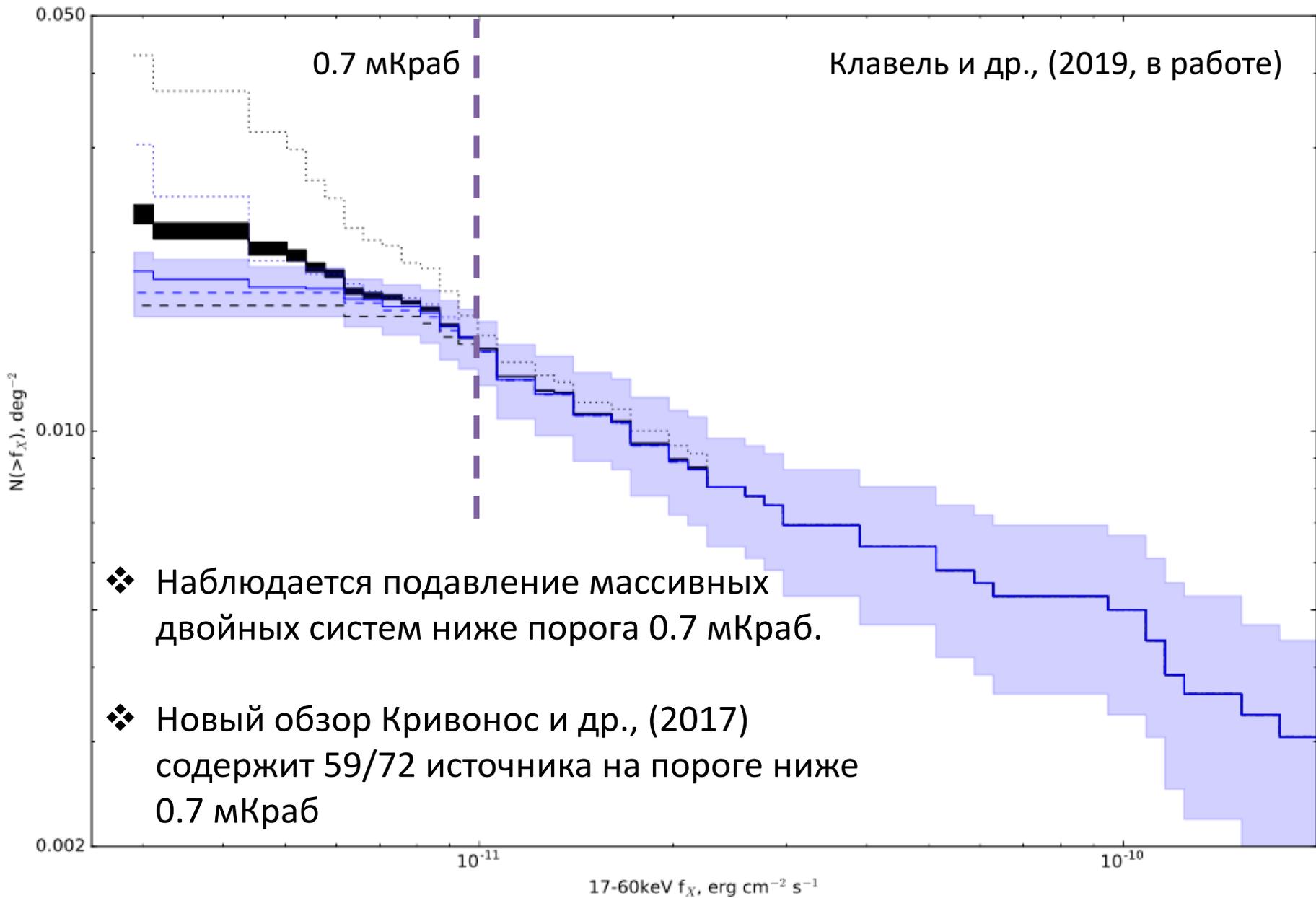
# Программа наблюдений на телескопе NuSTAR

(Томсик, Кривонос, Клавель, и др., 2015-2019)



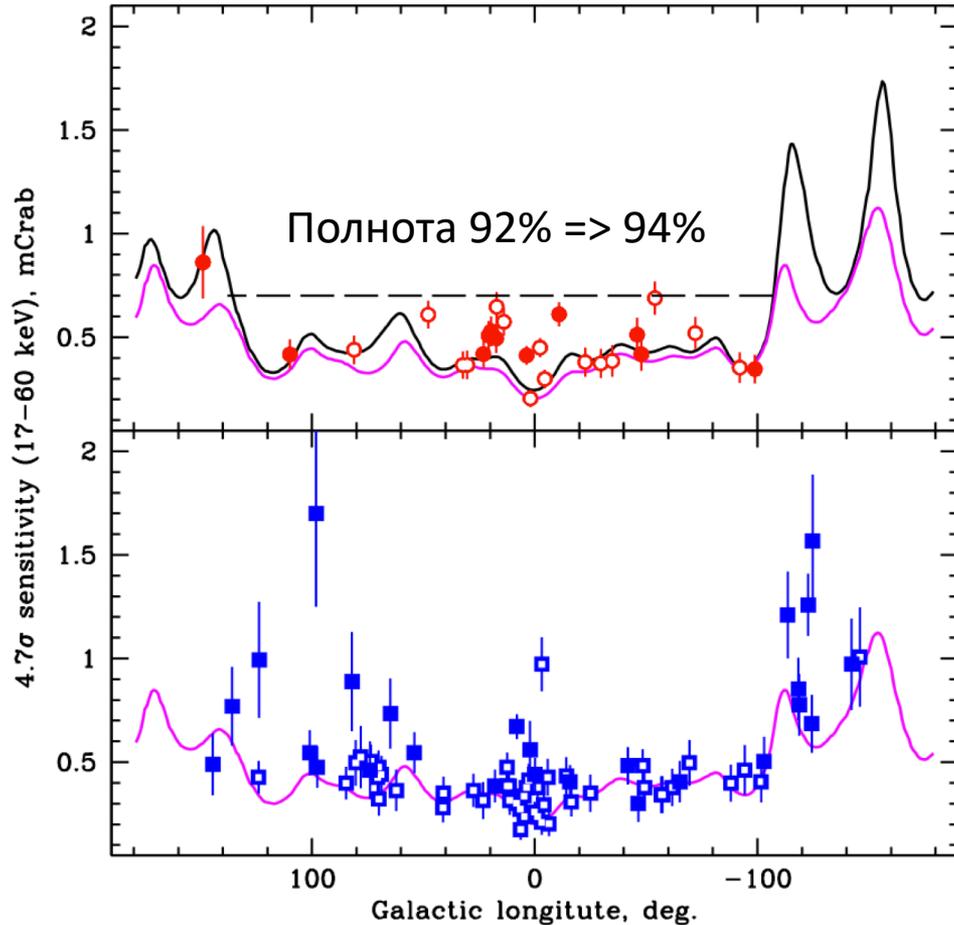
Name	$l$ (deg)	$b$ (deg)	17–60keV Flux (mCrab)	Type (2019)	Reference
IGR J04059+5416	148.93	1.54	0.8611	AGN	Tomsick et al. (2015)
IGR J08297–4250	–98.92	–2.21	0.3465	AGN	Tomsick et al. (2015)
IGR J09189–4418	–92.07	3.65	0.3535	AGN	Tomsick et al. (2012)
IGR J10447–6027	–72.10	–1.32	0.5196	AGN	<i>NuSTAR</i> - This work
IGR J16181–5407	–29.66	–2.63	0.3736	AGN	<i>NuSTAR</i> - This work
IGR J16560–4958	–22.68	–4.17	0.3800	AGN	Tomsick et al. (2012)
IGR J18134–1636	13.87	0.58	0.5746	AGN	Zolotukhin & Revnivtsev (2015)
IGR J18381–0924	23.05	–1.36	0.4189	AGN	Rahoui et al. (2017)
IGR J20569+4940	89.31	2.76	0.6952	Blazar	<i>NuSTAR</i> - This work
IGR J14091–6108	–47.84	0.33	0.4175	CV/IP	<i>NuSTAR</i> - Tomsick et al. (2016b)
IGR J14257–6117	–45.99	–0.46	0.5125	CV/IP	Bernardini et al. (2018)
IGR J17402–3656	–7.38	–3.27	0.5970	CV/IP	<i>NuSTAR</i> - This work
IGR J18088–2741	3.65	–3.84	0.4124	CV/IP	Rahoui et al. (2017)
IGR J18293–1213	19.56	–0.71	0.5282	CV/IP	<i>NuSTAR</i> - Clavel et al. (2016)
IGR J13186–6257	–53.99	–0.24	0.6890	HMXB	D’Aì et al. (2011)
IGR J18219–1347	17.33	0.12	0.4945	HMXB	La Parola et al. (2013)
IGR J17164–3803	–10.94	0.07	0.6107	Symbiotic star	Rahoui et al. (2017)
IGR J17233–2837	–2.37	4.26	0.4496	LMXB/Pulsar	Bogdanov et al. (2014)
IGR J18256–1035	20.60	0.80	0.5076	LMXB?	Masetti et al. (2013)
IGR J17315–3221	–4.50	0.81	0.2986	?	—
AX J1753.5–2745	1.91	–0.88	0.2046	?	—
XTE J1824–141 *	17.04	–0.71	0.6465	HMXB?/Pulsar	Markwardt (2008)
IGR J18497–0248	30.19	–0.93	0.3662	?	—
IGR J19113+1413	47.84	2.13	0.6088	?	—
Swift J2037.2+4151	81.08	0.53	0.4394	?	—
IGR J15335–5420	–34.80	1.37	0.3853	Transient	Tomsick et al. (2016a)

**26 (Non-ID) = 12 (ID) + 6 (NuSTAR-ID) + 8 (?)**

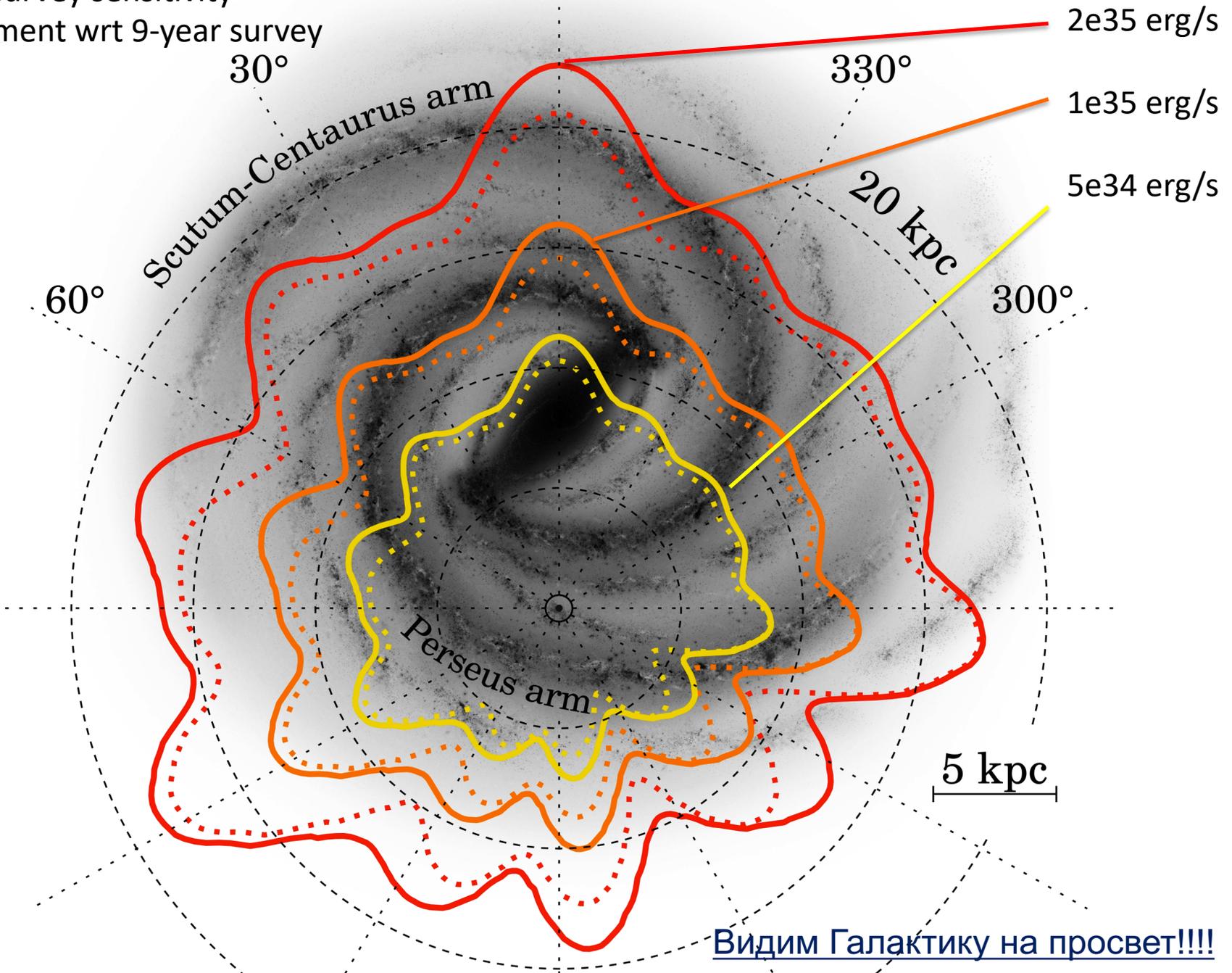


# 2017: Обзор плоскости Галактики, 14 лет экспозиции, **17-60 keV**

- 522 источника > 4.7 сигма
- Экспозиция 220 Мсес, 124727 отдельных наведений
- Предельная чувствительность  **$2.2 \times 10^{-12}$  erg/s/cm<sup>2</sup> (0.15 mCrab)**
- **72 новых источника**



14-year survey sensitivity  
improvement wrt 9-year survey



Видим Галактику на просвет!!!!

# ОПТИЧЕСКОЕ ОТОЖДЕСТВЛЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ИСТОЧНИКОВ ИЗ 14-ЛЕТНЕГО ОБЗОРА ВСЕГО НЕБА ОБСЕРВАТОРИИ ИНТЕГРАЛ

© 2018 г. Д. И. Карасев<sup>1\*</sup>, А. А. Лутовинов<sup>1</sup>, А. Ю. Ткаченко<sup>1</sup>, Г. А. Хорунжев<sup>1</sup>,  
Р. А. Кривонос<sup>1</sup>, П. С. Медведев<sup>1</sup>, М. Н. Павлинский<sup>1</sup>, Р. А. Буренин<sup>1</sup>, М. В. Еселевич<sup>2</sup>

## Телескопы РТТ-150 и АЗТ-33ИК

Название	RA (J2000)	Dec (J2000)	$z$	Класс объекта	Примечания
IGR J01017+6519	01 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> 26	65°21'17".87	0.085	Sy1	WISE J010158.29+652117.5
IGR J08215-1320	08 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> 51	-13°21'04".51	0.014	Sy2	MCG-02-22-003
IGR J08321-1808	08 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> 37	-18°08'35".21	0.135	Sy1	WISE J083158.37-180835.2
IGR J11299-6557	11 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup> 444	-65°55'21".83	—	АЯГ?	WISE J112956.44-655521.8
IGR J14417-5533	14 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> 742	-55°33'35".17	—	АЯГ?	WISE J144118.74-553335.1
IGR J16494-1740	16 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup> 04	-17°38'40".17	0.027	Sy2	ESO 586-4
IGR J17098-2344	17 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> 70	-23°46'53".21	0.036	NLSy1 или Sy1.2 ?	WISE J170944.70-234653.1
IGR J17422-2108	17 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> 43	-21°03'53".48	0.106	Sy1	PSO J174211.443-210353.335
IGR J18044-1829	18 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> 042	-18°30'05".09	—	?	—
IGR J18141-1823	18 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> 526	-18°23'10".42	—	АЯГ?	G012.4048-00.4216
IGR J18544+0839	18 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> 297	+8°38'46".22	—	АЯГ?	WISE J185422.29+083846.2

# ИНТЕГРАЛ



European Space Agency



15 лет успешной  
работы на орбите