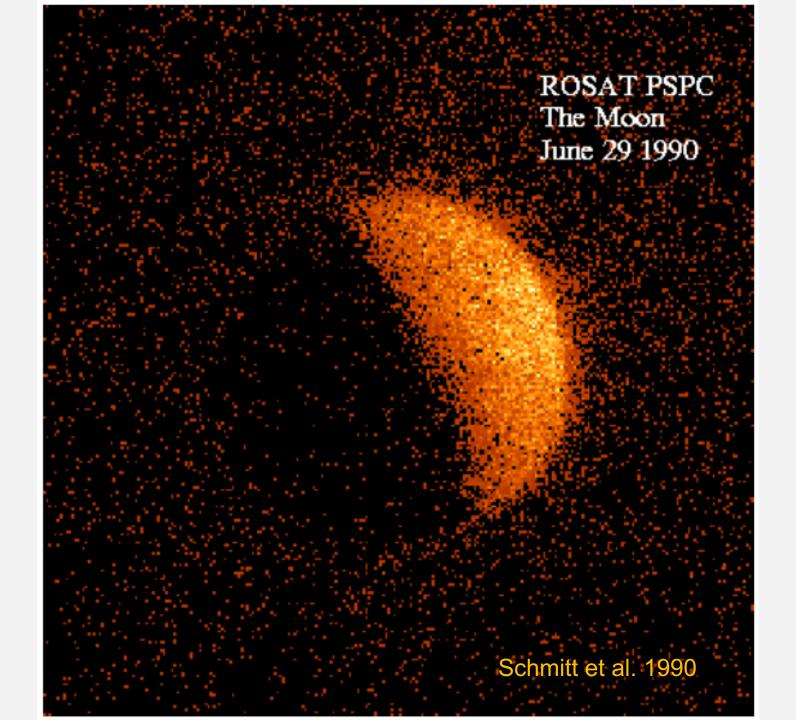


# Измерение космического рентгеновского фона в диапазоне 3-20 кэВ по данным орбитального телескопа НуСТАР

arXiv:2011.11469

Р. Кривонос ИКИ РАН

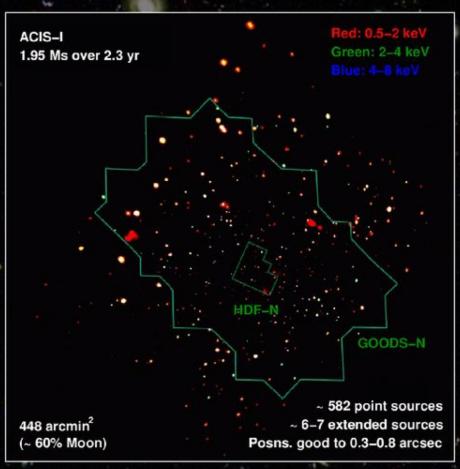


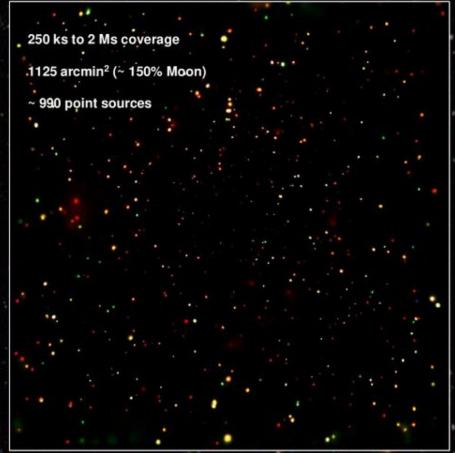


# The Deepest X-ray Surveys to Date

The Chandra Deep Field-North (CDF-N)

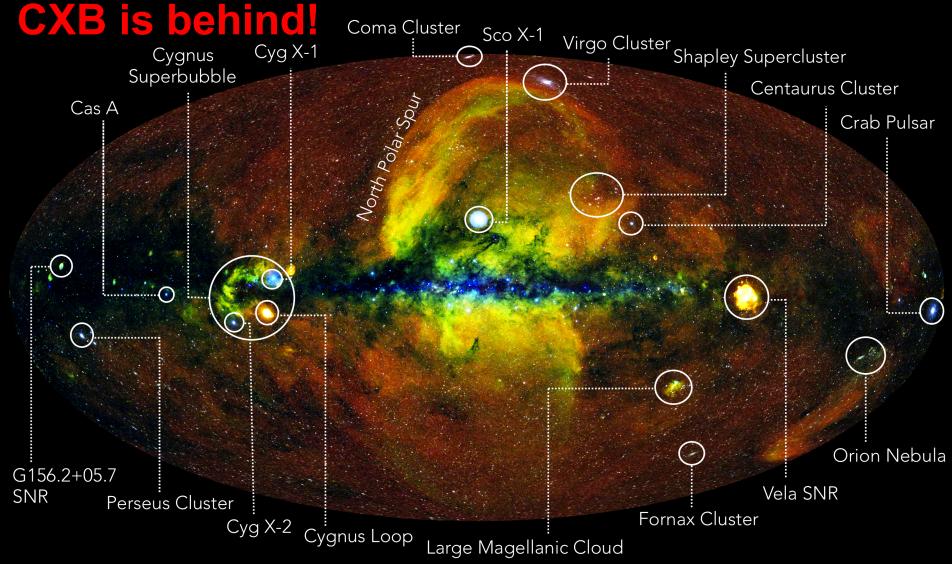
The CDF-S and Extended CDF-S



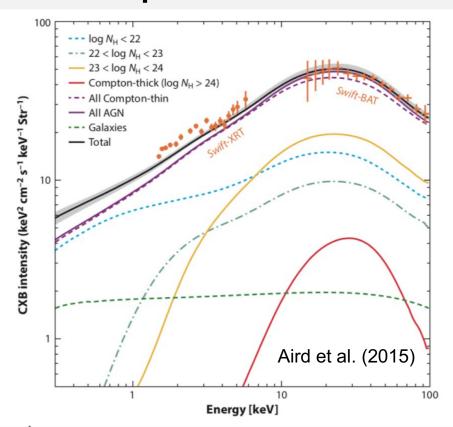


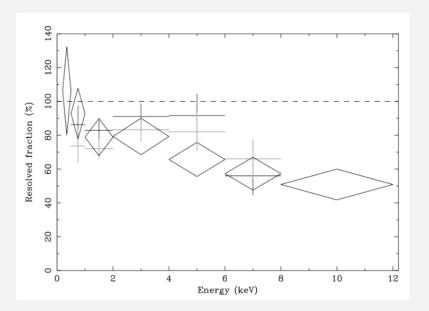
# Navigating the eROSITA X-ray sky



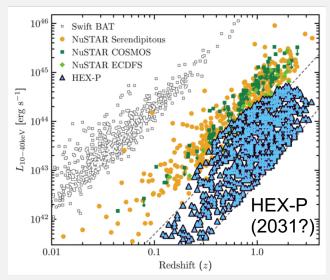


# Спектр КРФ

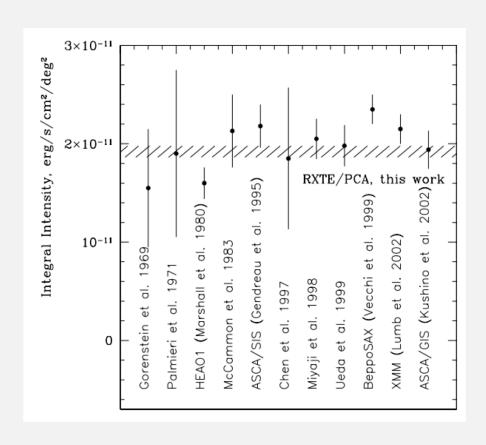




Разрешенная доля КРФ падает с энергией, т.е. активные ядра галактик, которые дают основной вклад в излучение в пике энерговыделения на ~30 кэВ никогда не были наблюдены индивидуально



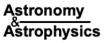
# Сложности измерения КРФ



Ревнивцев и др., 2003

# **Исследование космического фона в ИКИ РАН**

A&A 411, 329–334 (2003) DOI: 10.1051/0004-6361:20031386 © ESO 2003



### The spectrum of the cosmic X-ray background observed by RTXE/PCA

M. Revnivtsev<sup>1,2</sup>, M. Gilfanov<sup>1,2</sup>, R. Sunyaev<sup>1,2</sup>, K. Jahoda<sup>3</sup>, and C. Markwardt<sup>3</sup>

- <sup>1</sup> Max-Planck-Institute f
  ür Astrophysik, Karl-Schwarzschild-Str. 1, 85740 Garching bei M
  ünchen, Germany
- Space Research Institute, Russian Academy of Sciences, Profsoyuznaya 84/32, 117810 Moscow, Russia
- <sup>3</sup> Laboratory for High Energy Astrophysics, Code 662, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771, USA



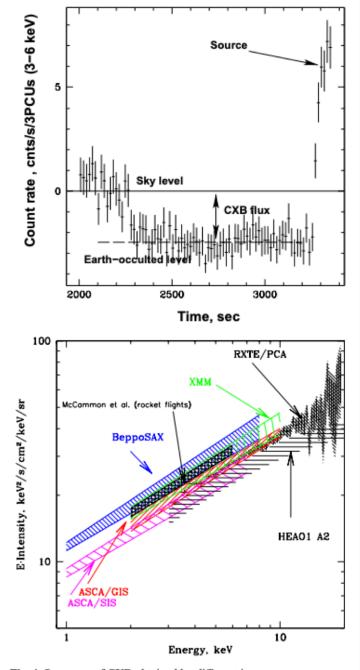


Fig. 4. Spectrum of CXB obtained by different instruments.

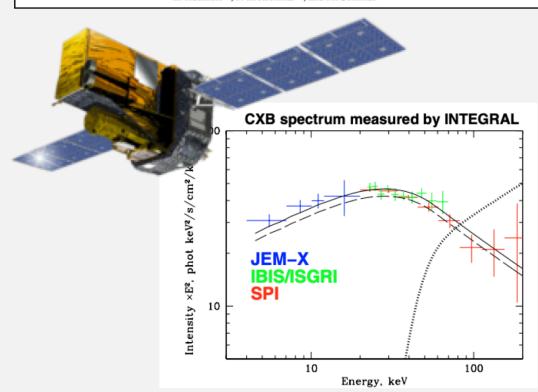
# **Исследование космического фона в ИКИ РАН**

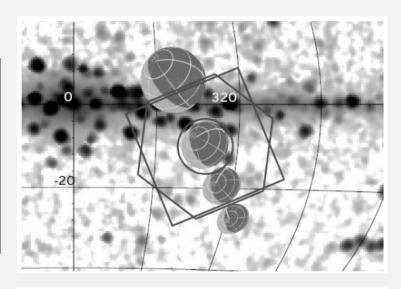
A&A 467, 529–540 (2007) DOI: 10.1051/0004-6361:20066230 © ESO 2007

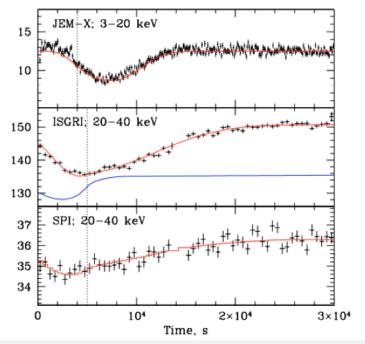
#### Astronomy Astrophysics

# INTEGRAL observations of the cosmic X-ray background in the 5–100 keV range via occultation by the Earth

E. Churazov<sup>1,2</sup>, R. Sunyaev<sup>1,2</sup>, M. Revnivtsev<sup>1,2</sup>, S. Sazonov<sup>1,2</sup>, S. Molkov<sup>1,2</sup>, S. Grebenev<sup>1</sup>, C. Winkler<sup>3</sup>, A. Parmar<sup>3</sup>, A. Bazzano<sup>4</sup>, M. Falanga<sup>5</sup>, A. Gros<sup>5</sup>, F. Lebrun<sup>5,6</sup>, L. Natalucci<sup>4</sup>, P. Ubertini<sup>4</sup>, J.-P. Roques<sup>7</sup>, L. Bouchet<sup>7</sup>, E. Jourdain<sup>7</sup>, J. Knödlseder<sup>7</sup>, R. Diehl<sup>8</sup>, C. Budtz-Jorgensen<sup>9</sup>, S. Brandt<sup>9</sup>, N. Lund<sup>9</sup>, N. J. Westergaard<sup>9</sup>, A. Neronov<sup>10</sup>, M. Türler<sup>10</sup>, M. Chernyakova<sup>10</sup>, R. Walter<sup>10</sup>, N. Produit<sup>10</sup>, N. Mowlavi<sup>10</sup>, J. M. Mas-Hesse<sup>11</sup>, A. Domingo<sup>12</sup>, N. Gehrels<sup>13</sup>, E. Kuulkers<sup>14</sup>, P. Kretschmar<sup>14</sup>, and M. Schmidt<sup>15</sup>

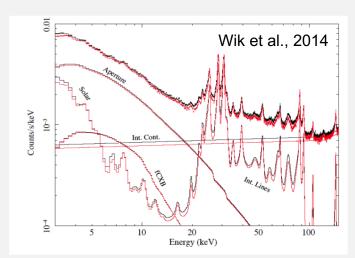




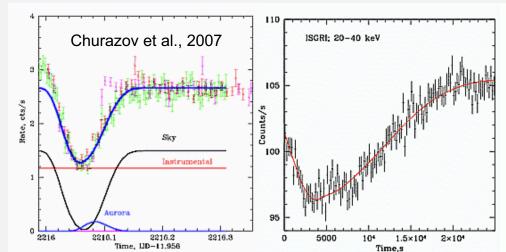


# Измерение сигнала от КРФ

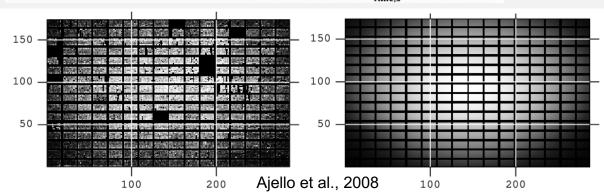
Спектральное моделирование детектора



Временная модуляция

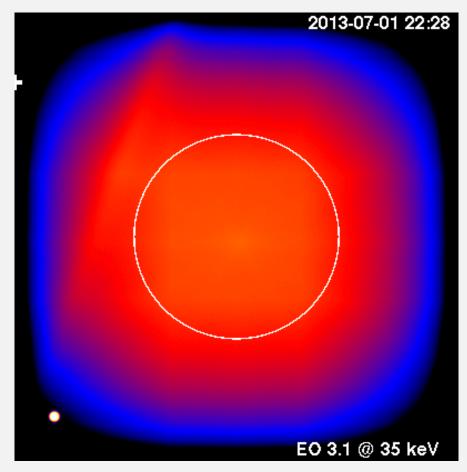


Пространственная модуляция



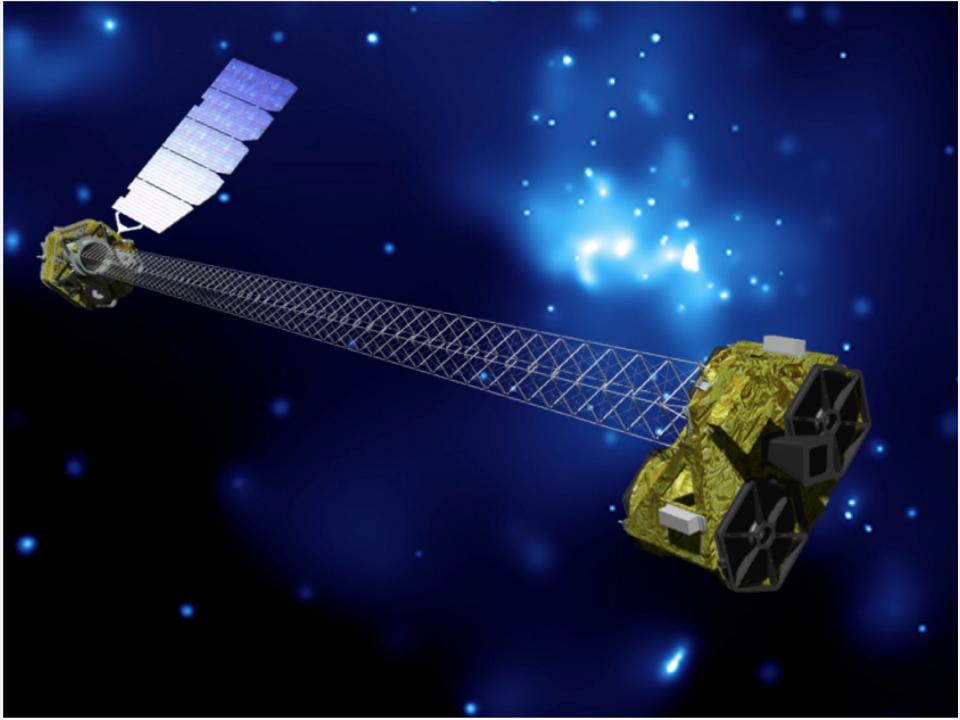
### Временная модуляция сигнала КРФ

# INTEGRAL OBSERVES THE EARTH OCCULTING GX 301-2 AND THE CXB

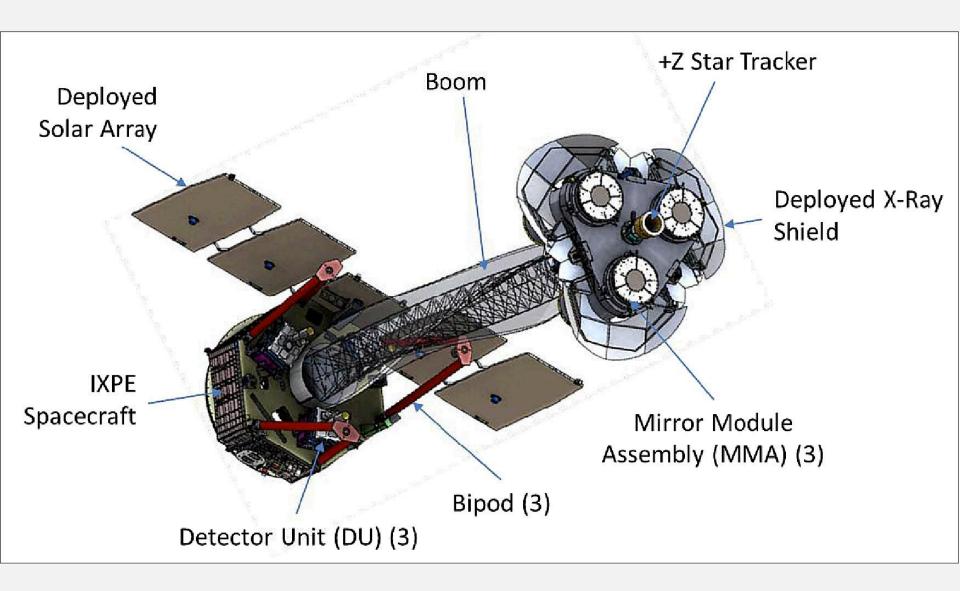


#### References:

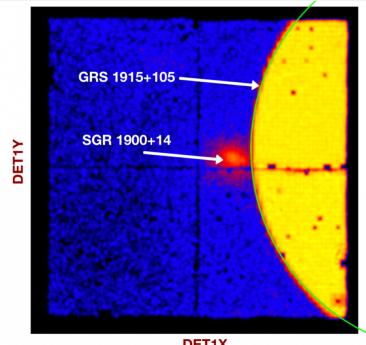
- [1] INTEGRAL observations of the cosmic X-ray background in the 5-100 keV range via occultation by the Earth, Churazov E., Sunyaev R., Revnivtsev M., et al. A&A 467, 529, 2007
- [2] INTEGRAL hard X-ray spectra of the cosmic X-ray background and Galactic ridge emission, Türler M., Chernyakova M., Courvoisier T. J.-L., et al. A&A 512, A49, 2010
- [3] Analysis of the new INTEGRAL Earth observations to measure the cosmic X-ray background, Türler M., Produit N., Pavan L., et al. Pos (INTEGRAL 2012) 067, 2013 arXiv:1302.6493



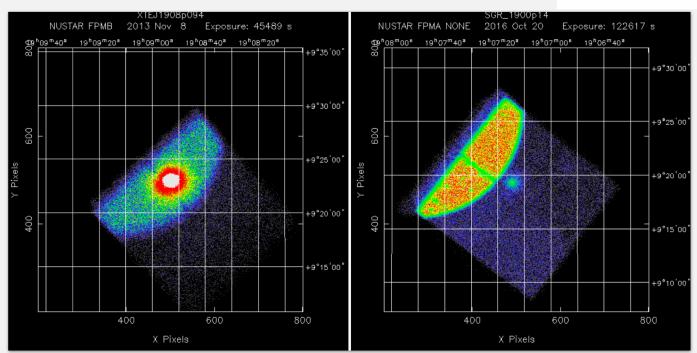
ІХРЕ: проблема боковой засветки устранена боковыми заслонками



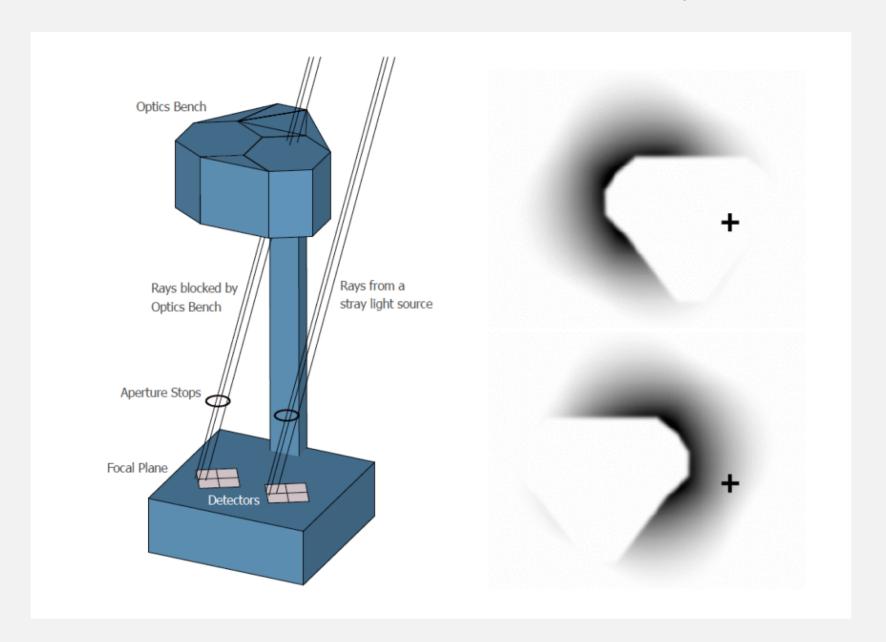
## Примеры боковой засветки от яркого точечного источника

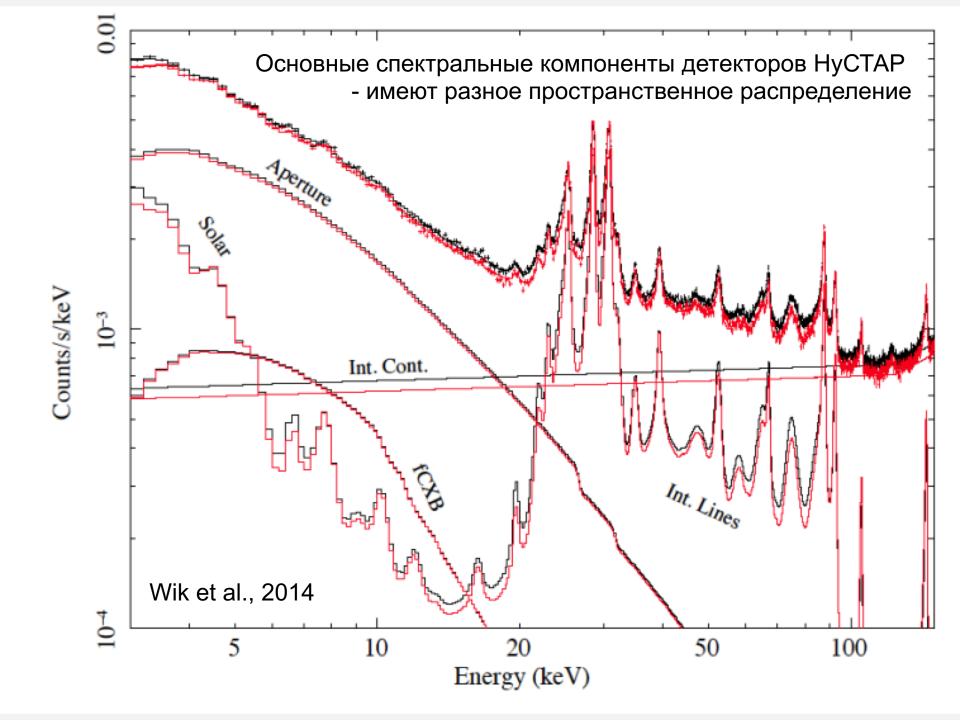




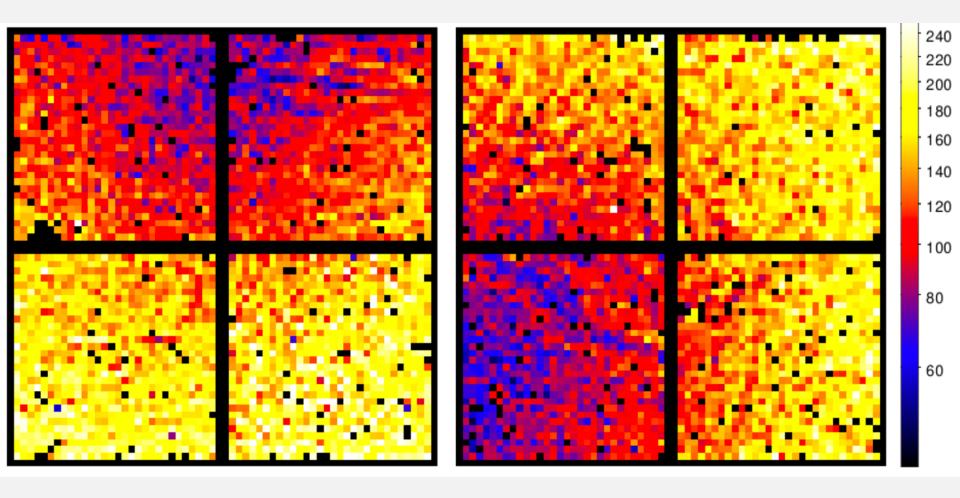


### Геометрическая модель телескопа НуСТАР

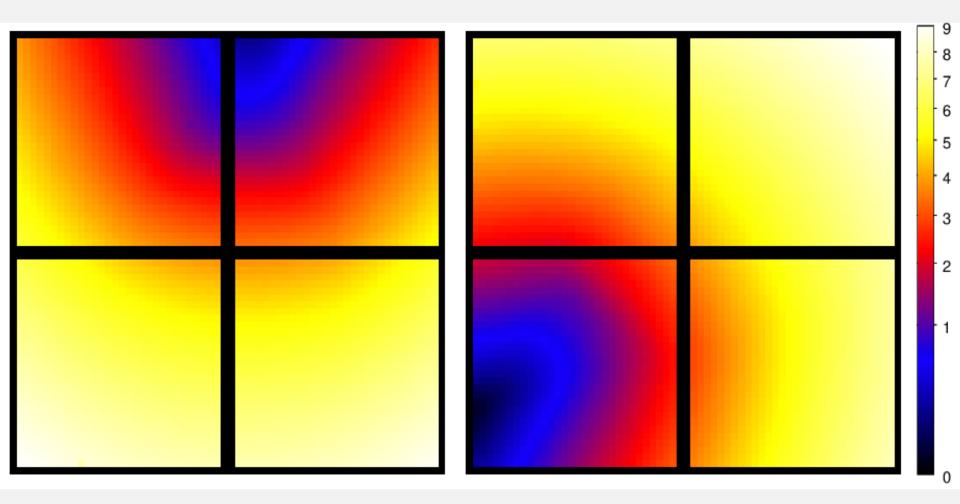




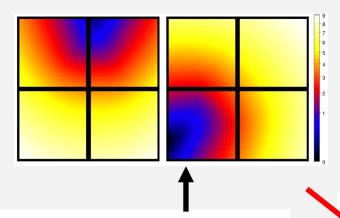
# Суммарное изображение в детекторных координатах, 3-20 кэВ, 2.4 Мсек



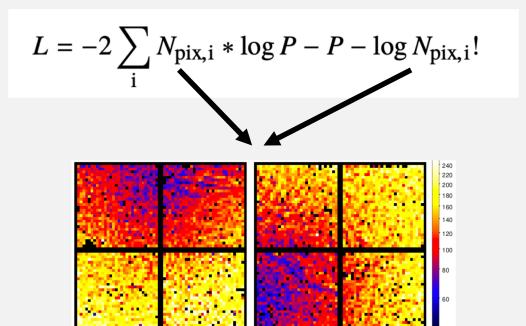
Модель боковой засветки -- определяет телесный угол для каждого элемента детектора



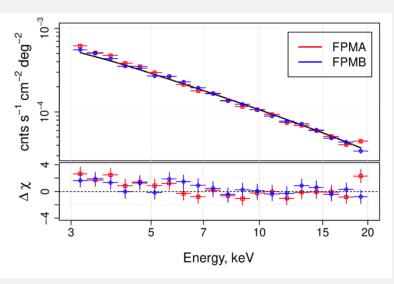
### Метод измерения КРФ



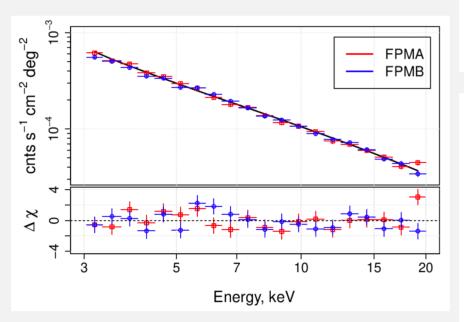
$$P = (N_{\text{bkg}} * M_{\text{bkg}} + N_{\text{apt}} * A_{\text{det}} * A_{\text{Be}} * \square * \Omega) * T,$$



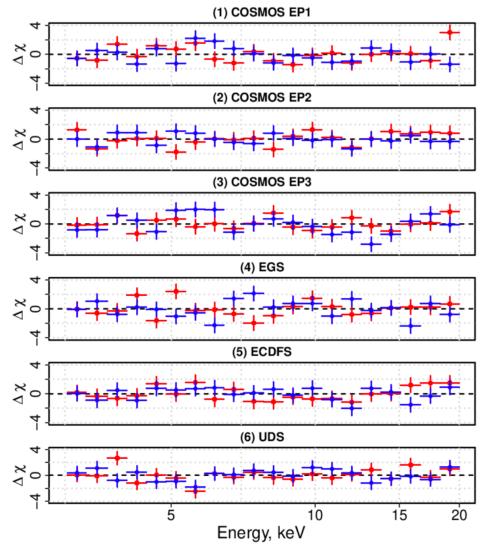
### Спектр апертурой компоненты



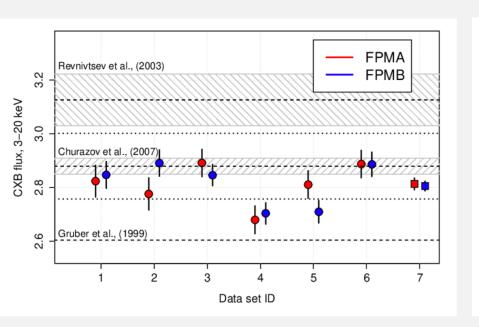
### COSMOS

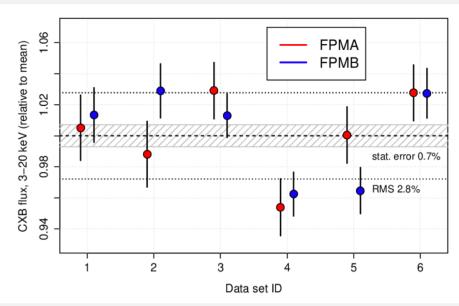


Field	R.A.	DEC.	Area (sq. deg)	Raw exposure	Ref.
COSMOS	150.2	2.2	1.7	$3.1~\mathrm{Ms}$	Civano et al. (2015)
EGS	214.8	52.8	0.18	$1.6 \mathrm{\ Ms}$	Aird et al., in prep
ECDFS	53.1	-27.8	0.25	$1.5 \mathrm{\ Ms}$	Mullaney et al. (2015)
UDS	34.4	-5.1	0.4	$1.7~\mathrm{Ms}$	Masini et al. (2018)

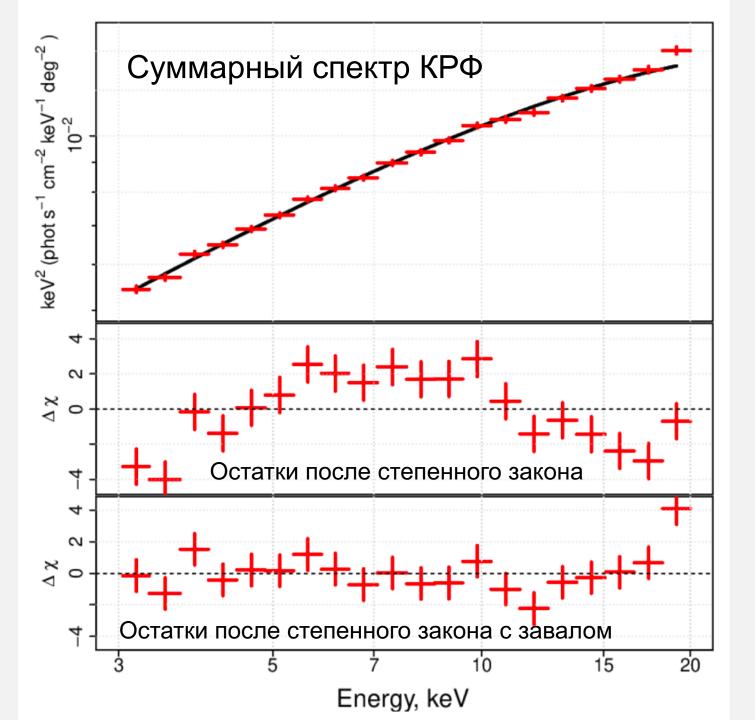


### Результаты измерения КРФ

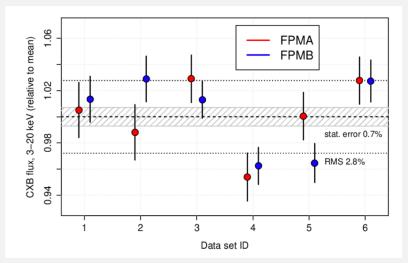




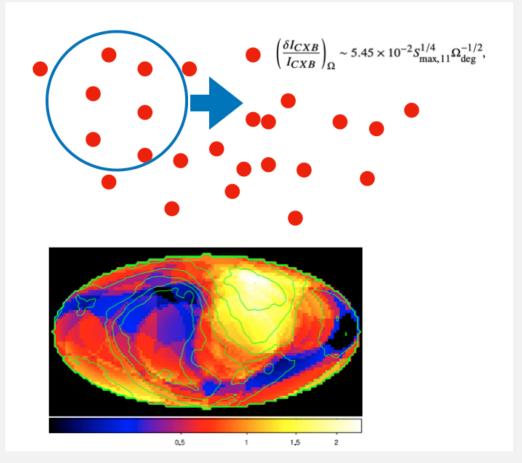
ID	Field	Begin	End	$T_{\rm exp}$
1	COSMOS EP1	26-12-2012	20-01-2013	750  ks
2	COSMOS $EP2$	03-04-2013	21-05-2013	630  ks
3	COSMOS EP3	03-12-2013	25-02-2014	1020  ks
4	EGS	15-11-2013	27-11-2014	$1.5~\mathrm{Ms}$
5	ECDFS	28-09-2012	01-04-2013	$1.4~\mathrm{Ms}$
6	UDS	24-01-2016	18-11-2016	$1.7~\mathrm{Ms}$

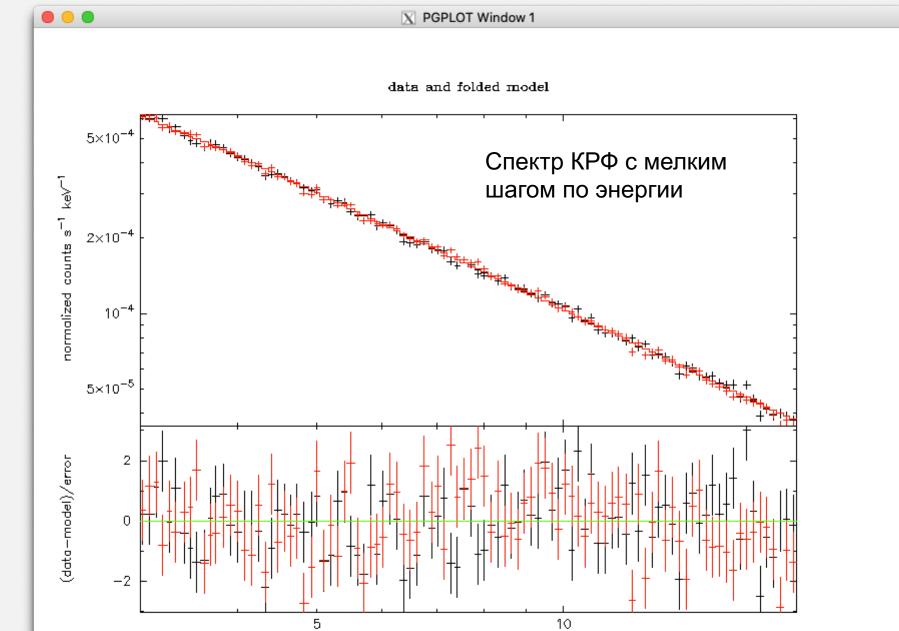


### Анизотропия КРФ



### Вариации космического рентгеновского фона





Energy (keV)

# Результаты и будущие планы

- Получен спектр КРФ с рекордной чувствительностью <1% в диапазоне 3-20 кэВ
- Систематическая неопределенность сравнима с ожидаемой дисперсией КРФ
- Спектр высокого разрешения позволяет ставить строгие ограничения на эмиссионные линии распада частиц Темной Материи (стерильного нейтрино)
- Архив наблюдательных данных телескопа HyCTAP содержит уже более 100 (x2) Мс данных, доступных для анализа, что открывает новые возможности для измерения КРФ по всему небу, включая поиск анизотропии.
- Рентгеновский фон Галактики (aka GRXE, Ridge, «хребет Галактики»)

Публикации: <u>arXiv:1609.00667</u>, <u>arXiv:1901.01262</u>, <u>arXiv:1909.0</u> 5916, <u>arXiv:1908.09037</u>, <u>arXiv:2102.01236</u>, <u>arXiv:2011.11469</u>