

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 CDF-S and Extended CDF-S

#### The Chandra Deep Field-North (CDF-N)





SRG/eROSITA 0.3-2.3 keV - RGB Map





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 Astronomy Astrophysics

### 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>

Max-Planck-Institute für Astrophysik, Karl-Schwarzschild-Str. 1, 85740 Garching bei München, Germany
 Space Research Institute, Russian Academy of Sciences, Profsoyuznaya 84/32, 117810 Moscow, Russia
 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



#### 2013-07-01 22:28

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



#### IXPE: проблема боковой засветки устранена боковыми заслонками



# Примеры боковой засветки от яркого точечного источника



DET1Y



#### 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





![](_page_18_Figure_0.jpeg)

![](_page_18_Figure_1.jpeg)

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

![](_page_18_Figure_3.jpeg)

### Результаты измерения КРФ

![](_page_19_Figure_1.jpeg)

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

![](_page_20_Figure_0.jpeg)

#### Анизотропия КРФ

![](_page_21_Figure_1.jpeg)

#### Вариации космического рентгеновского фона

![](_page_21_Figure_3.jpeg)

0.5 1 1.5 2

![](_page_22_Figure_0.jpeg)

krivonos 26-Mar-2021 11:43

## 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 (х2) 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>