

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИКИ РАН)

УДК 520.8 524.3 520 681.7

Номер государственной регистрации 0120.0 602990

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Института космических исследований
Российской академии наук
чл.-корр. РАН



А.А.Петрукович

«20» декабря 2021г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Исследования в области астрофизики высоких энергий, теоретической физики и
наблюдательной космологии

по теме:

ВСЕЛЕННАЯ

(промежуточный, этап №1)

0024-2021-0001

Научный руководитель
академик

Р.А. Сюняев

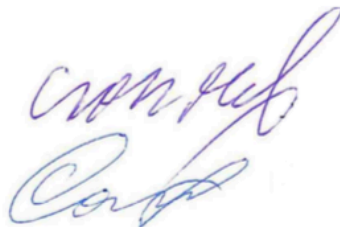
«20» декабря 2021 г.

Москва

2021

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы
г.н.с. зав. лаб., академик



Сюняев Р.А. (все разделы) (17.12.21)

Зам. руководителя темы
в.н.с. зав. лаб., д.ф.-м.н.



Сазонов С.Ю. (все разделы) (17.12.21)

Исполнители темы:

с.н.с., к.ф.-м.н.



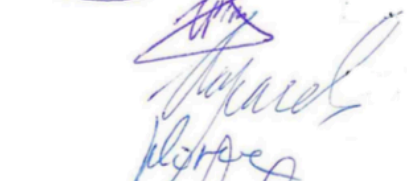
Арефьев В.А. (разделы 3,6) (17.12.21)

с.н.с., к.ф.-м.н.



Буренин Р.А. (разделы 3,6) (17.12.21)

в.н.с., чл.-корр. РАН



Гильфанов М.Р. (разделы 3,6) (17.12.21)

в.н.с., зав. лаб., д.ф.-м.н.



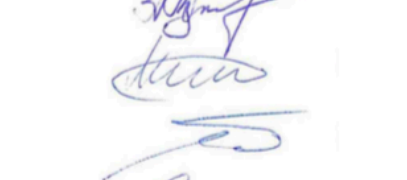
Гребенев С.А. (разделы 3,6) (17.12.21)

зав. лаб., д.ф.-м.н.



Измоденов В.В. (раздел 5) (17.12.21)

н.с., к.ф.-м.н.



Карасев Д.И. (разделы 3,6) (17.12.21)

с.н.с., к.ф.-м.н.



Кривонос Р.А. (разделы 3,6) (17.12.21)

с.н.с., к.ф.-м.н.



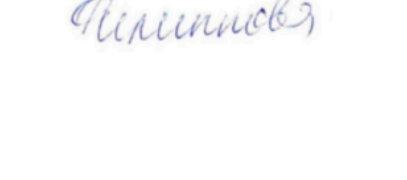
Лапшов И.Ю. (разделы 3,6) (17.12.21)

начальник сектора



Левин В.В. (разделы 1,3,6) (17.12.21)

н.с., к.ф.-м.н.



Лыскова Н.С. (разделы 3,6) (17.12.21)

н.с., к.ф.-м.н.



Медведев П.С. (разделы 3,6) (17.12.21)

зам. директора, д.ф.-м.н.

Лутовинов А.А. (разделы 3,6) (17.12.21)

н.с., к.ф.-м.н.

Мереминский И.А. (разделы 3,6) (17.12.21)

с.н.с., к.ф.-м.н.

Мещеряков А.В. (разделы 3,6) (17.12.21)

с.н.с., к.ф.-м.н.

Мольков С.В. (разделы 3,6) (17.12.21)

с.н.с., д.ф.-м.н.

Моисеев А.В. (разделы 3,6) (17.12.21)

зав. лаб., д.ф.-м.н.

Попель С.И. (раздел 4) (17.12.21)

н.с., к.ф.-м.н.

Семена А.Н. (разделы 3,6) (17.12.21)

зав. лаб., д.т.н.

Семена Н.П. (разделы 3,6) (17.12.21)

с.н.с., к.ф.-м.н.

Ткаченко А.Ю. (разделы 3,6) (17.12.21)

н.с., к.ф.-м.н.

Филиппова Е.В. (разделы 3,6) (17.12.21)

С.Н.С., к.ф.-м.н.

Н.С., к.ф.-м.н.


Хорунжев

Хабибуллин И. И. (разделы 3,6) (17.12.21)

Хорунжев Г. А. (разделы 3,6) (17.12.21)

С.Н.С., к.ф.-м.н.

В.Н.С., академик РАН



Человеков И.В. (разделы 3,6) (17.12.21)

Чуразов Е.М. (разделы 2,3,6) (17.12.21)

Нормоконтроль



Карасев Д.И. (17.12.21)

РЕФЕРАТ

Отчет 55 с., 17 рисунков, 0 таблиц, 70(статей)+ 19(телеграммы)+8(труды конф.) источника.

АСТРОФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА
НАБЛЮДАТЕЛЬНАЯ КОСМОЛОГИЯ, ЭФФЕКТ СЮНЯЕВА-ЗЕЛЬДОВИЧА,
СКОПЛЕНИЯ ГАЛАКТИК, НЕЙТРОННЫЕ ЗВЕЗДЫ, ПУЛЬСАРЫ, СВЕРХНОВЫЕ,
ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ, РЕНТГЕНОВСКИЕ ИСТОЧНИКИ, ТЕЛЕСКОПЫ, АСТРОПЫЛЬ

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	5
1 Важнейшие (уникальные) результаты за 2021 год	6
2 Наиболее значимые результаты за 2021 год	8
3 Проведение фундаментальных исследований по теме «Вселенная» в области космологии, изучения строения и эволюции галактик, звезд, изучение глобальной структуры и эволюции нашей Вселенной.....	9
4 Раздел «Плазменно-пылевые процессы в космических объектах»	17
5 Раздел «Межпланетная среда»	19
6 Раздел «Научные исследования, поддержанные грантами РНФ и Мегагрантом»	20
Заключение	41
 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	 42

ВВЕДЕНИЕ

Институт космических исследований Российской академии наук проводит научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в соответствии с государственным заданием ЧАСТЬ 2: ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РАБОТЫ по следующим научным направлениям.

- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области астрофизики и радиоастрономии
- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области Физики космической плазмы, энергичных частиц, Солнца и солнечно- земных связей
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планет и малых тел Солнечной системы
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планеты Земля
- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области механики, систем управления и информатики
- Развитие исследовательской, конструкторской, опытно-экспериментальной базы научного космического приборостроения и методов экспериментальной физики

Эти направления НИР и ОКР соответствуют следующим направлениям фундаментальных исследований, указанным в Программе фундаментальных исследований государственных академий наук на 2021-2030 годы: 1.3.7. (Астрономия и исследования космического пространства).

Фундаментальные и прикладные научные исследования в области астрофизики и радиоастрономии проводятся по теме ВСЕЛЕННАЯ

Тема ВСЕЛЕННАЯ является частью государственного задания ЧАСТЬ 2: ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РАБОТЫ.

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2021. по теме ВСЕЛЕННАЯ. Исследования в области астрофизики высоких энергий, теоретической физики и наблюдательной космологии. Фундаментальные и прикладные научные исследования в области астрофизики и радио-интерферометрии

Тема ВСЕЛЕННАЯ. Исследования в области астрофизики высоких энергий, теоретической физики и наблюдательной космологии.

Гос. регистрация № 0120.0 602990

Научный руководитель академик Р.А. Сюняев

Важнейшие (уникальные) результаты за 2021 год

Открытие далеких квазаров и событий приливного разрушения телескопом *СРГ/eROSITA*

Р.А.Сюняев, М.Р.Гильфанов, П.С.Медведев, А.В.Мещеряков,
С.Ю.Сазонов, Г.А.Хорунжев

Обсерватория *СРГ* успешно работает на орбите вокруг точки Лагранжа *L2* системы Земля-Солнце. В середине декабря 2021 г. завершается четвертый из 8 запланированных обзоров всего неба в рентгеновских лучах. С помощью телескопа *eROSITA* ведется поиск редчайших объектов и явлений во Вселенной, таких как далекие рентгеновские квазары и события приливного разрушения звезд. Для отбора интересных объектов используется созданная в ИКИ РАН система машинного обучения *SRGz*, а для уточнения их природы проводятся наблюдения на российских и зарубежных оптических телескопах. С помощью телескопа *eROSITA* открыт квазар на красном смещении $z=5.5$ и впервые зарегистрировано рентгеновское излучение от ранее известного квазара на $z=6.2$. Эти объекты оказались самыми мощными в рентгене среди квазаров на $z>5$. Их огромная светимость говорит о том, что черные дыры с массой более миллиарда масс Солнца сформировались в ядрах галактик менее чем за миллиард лет после Большого Взрыва. С ядрами галактик связано и другое явление – разрыв звезд приливными силами сверхмассивной черной дыры. Захват гравитацией черной дыры части вещества звезды и аккреция делают ядро на несколько месяцев ярким источником рентгеновского излучения. После запуска *СРГ* наступила новая эпоха в исследовании этих космических катастроф: уже за первые полтора года обзора всего неба с помощью телескопа *eROSITA* открыто несколько десятков событий приливного разрушения, самое далекое из которых произошло в галактике на расстоянии более 5 миллиардов световых лет от нас. Выпущен первый каталог таких событий. Показано, что в среднем события приливного разрушения происходят раз в сто тысяч лет на галактику.

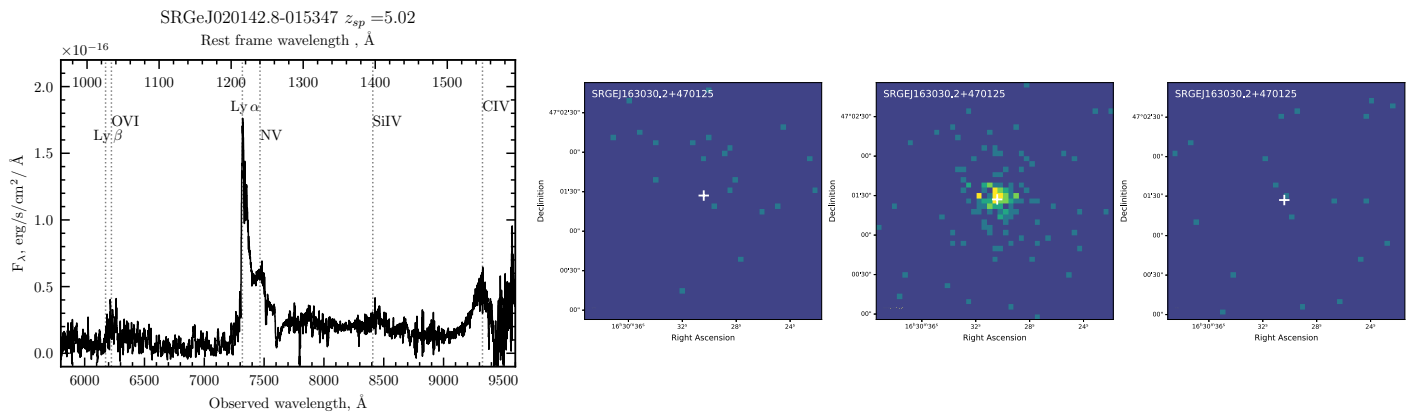


Рисунок 1. Слева: Полученный на 6-метровом телескопе БТА (САО РАН) оптический спектр квазара на $z=5.02$, открытого в рентгене телескопом СРГ/eROSITA. Справа: Событие приливного разрушения звезды на $z=0.29$, открытое телескопом СРГ/eROSITA (показаны три рентгеновские изображения, полученные с интервалами в полгода).

Оригинальные статьи:

1. Медведев, Гильфанов, Сазонов и др. «XMM-Newton observations of the extremely X-ray luminous quasar CFHQS J142952+544717=SRGE J142952.1 + 544716 at redshift $z = 6.18$ », MNRAS, 504, 576 (2021)
2. Хорунжеев, Мецереяков, Медведев и др., «Открытие самого мощного в рентгене квазара SRGE J170245.3+130104 на красном смещении $z=5.5$ », ПАЖ, 47, 155 (2021)
3. Сазонов, Гильфанов, Медведев, и др. «First tidal disruption events discovered by SRG/eROSITA: X-ray/optical properties and X-ray luminosity function at $z < 0.6$ », MNRAS, 508, 3820 (2021)
4. Хорунжеев, Додонов, Мецереяков и др., «Поиск далеких и ярких рентгеновских квазаров СРГ/eРОЗИТА (программа DaLeQo). Первые результаты по наблюдениям на телескопе БТА», ПАЖ, в печати (2021)
5. Бельведерский, Мецереяков, Медведев, Гильфанов, «SRG: построение модели оптического кросс-отождествления рентгеновских источников СРГ/eРОЗИТы на примере данных области Дыры Локмана», ПАЖ, в печати (2021)

Наиболее значимый результат за 2021 год

Первые результаты орбитальной рентгеновской обсерватории СРГ

Р.А. Сюняев, (научный руководитель проекта Спектр-РГ, от имени коллектива)

Начиная с декабря 2019 года телескопы eROSITA и ART-XC им. М.Н. Павлинского российской орбитальной обсерватории СРГ проводят уникальный обзор всего неба в рентгеновских лучах. В ходе наблюдений астрофизических объектов и площадок на небе, проводившихся во время перелета обсерватории в точку Лагранжа системы Солнце-Земля и во время последующих коррекций орбиты спутника, а также в ходе обзора всего неба оба телескопа продемонстрировали соответствие заявленным рекордным характеристикам. Сотрудники ИКИ РАН играют ведущую роль в калибровке телескопов eROSITA и ART-XC, обработке и интерпретации поступающих с них научных данных, отождествлении рентгеновских источников с помощью данных обзоров неба в других диапазонах длин волн и наблюдений на наземных оптических телескопах. В статьях Сюняева и др. (2021) и Павлинского и др. (2021) описаны результаты полетных калибровок телескопов eROSITA и ART-XC, режимы наблюдений обсерватории СРГ, стратегия и характеристики обзора неба, процесс получения и обработки научных данных, представлены первые научные результаты, полученные в ходе обзора. Эти работы закладывают основу для всех последующих исследований астрономов России и других стран по данным обсерватории СРГ.

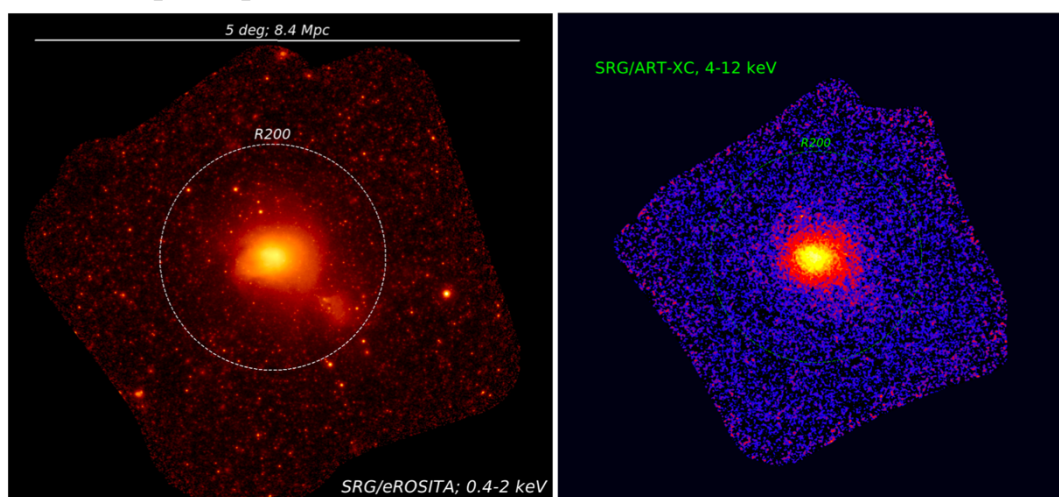


Рисунок 1. Рентгеновские изображения скопления галактик Волос Вероники в диапазонах энергий 0.4-2 кэВ и 4-12 кэВ, полученные по данным телескопов eROSITA и ART-XC обсерватории СРГ.

Оригинальные статьи:

1. "The SRG X-ray orbital observatory, its telescopes and first scientific results"
Sunyaev R. et al. *Astronomy & Astrophysics, Special issue "The Early Data Release of eROSITA and Mikhail Pavlinsky ART-XC on the SRG mission"* (2021)
DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141179>
2. "The ART-XC telescope on board the SRG observatory"
Pavlinsky M. et al. *Astronomy & Astrophysics*, 650, id. A42 (2021)
DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141177>

Раздел «Проведение фундаментальных исследований по теме «Вселенная» в области космологии, изучения строения и эволюции галактик, звезд, изучение глобальной структуры и эволюции нашей Вселенной»

Поиск далеких рентгеновских квазаров на $z > 3$ в обзоре СРГ/еРОЗИТА,

Р.А. Буренин, И.А. Зазнобин, Р.А. Кривонос, А.Р. Ляпин, П.С. Медведев, А.В. Мещеряков, С.Ю. Сазонов, Р.А. Сюняев, Г.А. Хорунжеев, М.Р. Гильфанов, М.И. Бельведерский

Ведется работа по отождествлению кандидатов в квазары на красных смещениях $z > 3$ и с рентгеновскими светимостями $L_X > 5 \times 10^{45}$ эрг/с. Эти кандидаты в квазары обнаружены в рентгене телескопом еРОЗИТА рентгеновской обсерватории СРГ в ходе первого и второго полугодового обзоров неба. В качестве кандидатов в квазары эти источники отобраны системой SRGz, разработанной в ИКИ РАН при сотрудничестве с ВМК МГУ. Система SRGz позволяет проводить отождествление, определение фотометрического красного смещения и фотометрическую классификацию источников. В опубликованных работах приводятся результаты спектроскопии 27 кандидатов в квазары на $z > 3$, проведенной на 1.5-метровом телескопе РТТ-150 и 2.5-метровом телескопе КГО ГАИШ МГУ. Подтвержден 21 квазар на красных смещениях в районе тройки и выше. Обнаружен один из ярчайших квазаров, отобранных системой SRGz SRGE J013126.8-100933 на $z = 3.860$ и рентгеновской светимостью $L_X = 7.8 \times 10^{46}$ эрг/с в диапазоне 2-10 кэВ в системе отсчета квазара. Для 8 источников удалось измерить массу центральной сверхмассивной черной дыры и оценить их энергоэффективность аккреции.

Оригинальная статья/статьи:

И.Ф. Бикмаев, Э.Н. Иртуганов, Е.А. Николаева, Н.А. Сахибуллин, Р.И. Гумеров, А.С. Склянов, М.В. Глушков, И.М. Хамитов, В.Д. Борисов, Р.А. Буренин, И.А. Зазнобин, Р.А. Кривонос, А. Р. Ляпин, П.С. Медведев, А.В. Мещеряков, С.Ю. Сазонов, Р.А. Сюняев, Г.А. Хорунжеев, М.Р. Гильфанов. «Спектроскопическое определение красных смещений выборки далеких квазаров обсерватории СРГ по наблюдениям на РТТ-150. II» Письма в Астрономический журнал, т. 47, №5, с.311, (2021) IF=1.384, Q3 (<http://dx.doi.org/10.31857/S0320010821050028>)

А.В. Додин, Н.И. Шатский, А.А. Белинский, К.Е. Атапин, М.А. Бурлак, С.Г. Желтоухов, А.М. Татарников, К.А. Постнов, А.М. Черепашук, М.И. Бельведерский, В.Д. Борисов, Р.А. Буренин, М.Р. Гильфанов, Р.А. Кривонос, П.С. Медведев, А.В. Мещеряков, С.Ю. Сазонов, Р.А. Сюняев, Г.А. Хорунжеев «Оптическая спектроскопия квазаров, открытых СРГ/еРОЗИТА, на 2.5-м телескопе Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ» Письма в Астрономический журнал, т. 47, №10, с.683, (2021) IF=1.384, Q3 (<https://dx.doi.org/10.31857/S0320010821100028>) (поддержана грантом РНФ 21-12-0343. Нац. проект «Наука» грант номер 075-15-202-778.)

Определение принадлежности объекта SRGt 062340.2-265715 как яркой сильно переменной новоподобной катаклизмической переменной.

А.А. Лутовинов, И. Мереминский, А. Семена

В октябре 2020 года был обсерваторией СРГ в обзоре всего неба был зарегистрирован транзиентный рентгеновский источник. Последовавшая наземная оптическая фотометрия и определение расстояния позволили отнести источник к классу катаклизмических переменных. В данных обсерватории TESS была найдена периодическая переменность с периодом 3.941 часа, которая не была выявлена в более поздних наблюдениях этого телескопа. Также в кривой блеска с высоким временным разрешением были обнаружены КПО с периодом 25 минут, последовавшая наземная фотометрия выявила возможное присутствие периодичности на 32 минутах. Сложное временное поведение, нехарактерные цвета в оптическом диапазоне и низкая рентгеновская светимости не позволяют надежно отнести объект к конкретному типу катаклизмических переменных. Нами было выявлено, что объект является либо необычно тусклой магнитной системой, либо необычно яркой немагнитной новоподобной катаклизмической переменной.

Оригинальная статья/статьи:

Швоне А., Кёниг А., Лутовинов А., Митра Ч., Мереминский И., Миллер-Джонс Д., Пикардо Маркано М., Ро А., Семена А., Тоундсен Л., Вилсон Й. Identification of SRGt 062340.2-265715 as a bright, strongly variable, novalike cataclysmic variable, accepted to Astronomy and Astrophysics (IF=5.802, Q1) DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141153>

Наблюдения Her X-1 в низких состояниях по данным обзора неба SRG/ePOZITA

П.С. Медведев, М. Р. Гильфанов, Р. А. Сюняев, С. Мольков (ИКИ РАН)

В ходе первого и второго обзора неба телескопом SRG/ePOZITA были получены две серии наблюдений рентгеновской двойной системы Her X-1. Обе серии наблюдений произошли в низком состоянии рентгеновского источника, при котором внешние части аккреционного диска закрывают НЗ для наблюдателя. В обоих наблюдениях была зарегистрирована орбитальная модуляция рентгеновского потока. В нашей работе было проведено моделирование орбитальной модуляции рентгеновского потока в предположении, что зарегистрированное рентгеновское излучение рассеивается оптически тонкой горячей короной с температурой 2-4 миллиона Кельвин, формирующейся над облучённой частью звезды-донора, а также оптически тонкой горячей короной над аккреционным диском и оптически толстой холодной атмосферой звезды-донора. Показано, что область оптически толстой холодной атмосферы звезды-донора эффективно рассеивает фотоны с энергиями выше 5-6 кэВ. Специально разработанная модель хорошо воспроизводит наблюдаемую орбитальную модуляцию рентгеновского потока.

Оригинальная статья/статьи:

Н. Шакура, Д. Колесников, П. Медведев, С. Сюняев, М. Гильфанов, К. Постнов, С. Мольков “Observations of Her X-1 in low states during SRG/eROSITA all-sky survey”, опубликовано 20 февраля 2021 в журнале *Astronomy & Astrophysics* (IF= 5.636, Q1), том 648, A39, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202040145>;

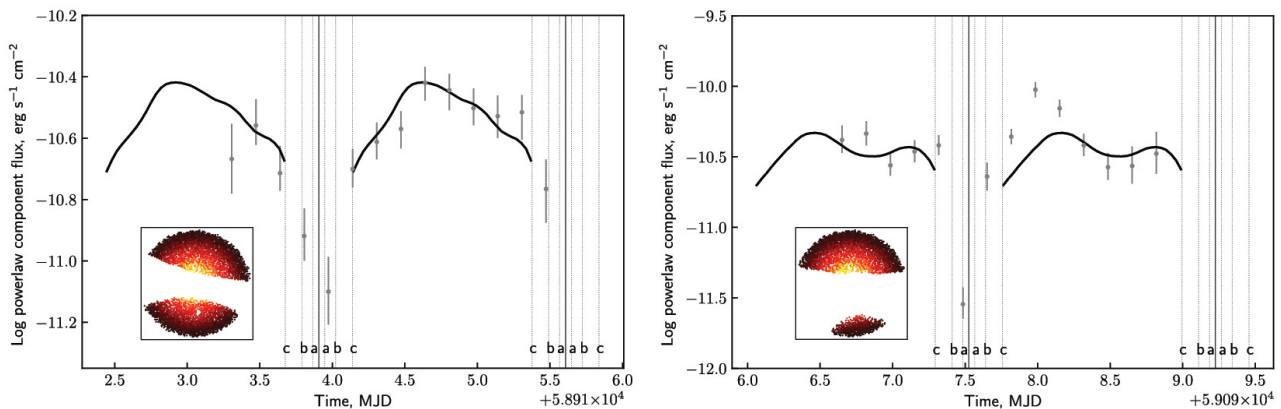


Рисунок 1. Рентгеновский поток степенного компонента в диапазоне энергий 0.2–8 кэВ для модели наилучшего описания спектров Her X-1 как функция времени во время первого (А) и второго (В) обзора SRG/ePOZITA. Сплошной линией показан модельный поток, вставки с изображениями показывают интенсивность рассеянного рентгеновского излучения в короне для орбитальной фазы 0.5. Сплошными вертикальными линиями показана нулевая орбитальная фаза.

G18.95-1.1: взгляд СРГ/еРОЗИТА

Е. М. Чуразов, М. Р. Гильфанов, П. С. Медведев (ИКИ РАН)

В работе исследуется рентгеновское излучение остатка Галактической сверхновой (SNR) G18.95-1.1 по данным телескопа еРОЗИТА на борту орбитальной обсерватории СРГ. В дополнение к туманности с пульсарным ветром, ранее идентифицированной и исследованной по данным ASCA и Chandra, в работе представлен анализ рентгеновских спектров яркого гребня SNR, разделенного на несколько сгустков. Сочетание широкого поля зрения и большой эффективной площади в диапазоне энергий 0.2–2.3 кэВ СРГ/еРОЗИТА позволили нам выполнить спектроскопию G18.95-1.1 с пространственным разрешением. Рентгеновский гребень G18.95-1.1 асимметричен, что указывает либо на асимметрию выброса сверхновой, либо на его взаимодействие с облаком. Тусклые в рентгене северные области за пределами плериона можно описать тепловым излучением оптически тонкой плазмы с температурой ~ 0.3 кэВ и солнечным составом. Спектры нескольких ярких сгустков, расположенных вдоль южного гребня, могут быть удовлетворительно аппроксимированы однотемпературной тепловой моделью богатых кремнием выбросов стационарной столкновительной плазмы с температурой ~ 0.3 кэВ. В качестве альтернативы, модель излучения яркого гребня может быть дополнена компонентом, в котором преобладают неравновесные выбросы с $T \sim 0.6$ кэВ. Высокое соотношение обилий Si / O указывает на то, что выбросы возникли в глубоких слоях звезды-прародителя. Состав плазмы южного богатого кремнием сгустка и яркого гребня аналогичен ранее найденному в SNR Vela A и G.

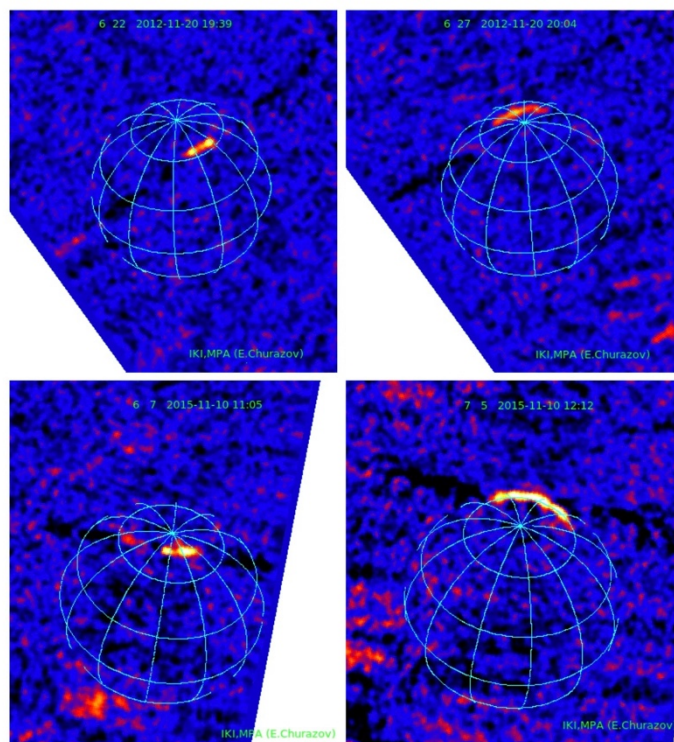


Рисунок 1. Изображения аврорального излучения в диапазоне энергий 17–60 кэВ, полученные прибором IBIS / ISGRI в 2012 и 2015 годах. Положение Земли обозначено координатной сеткой. Интересно, что авроральное излучения сначала возникает в компактной области на одной стороне, а потом быстро переходит в яркую дугу на противоположной стороне Земли.

Оригинальная статья/статьи:

А. М. Быков, Ю. А. Уваров, Е. М. Чуразов, М. Р. Гильфанов, П. С. Медведев
“Spatially resolved X-ray spectra of the galactic SNR G18.95-1.1: SRG/eROSITA view”,
опубликовано .. в журнале *Astronomy & Astrophysics* (IF= 5.636, Q1), (2021) принята
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141024>

Обзор “неожиданных” результатов обсерватории ИНТЕГРАЛ

Е. Чуразов

Прослежена временная и пространственная эволюция рентгеновского и гамма-излучения из авроральных областей Земли, используя данные обсерватории ИНТЕГРАЛ. Эти наблюдения были проведены в рамках проекта по измерению полного спектра космического фонового излучения в рентгеновском и гамма-диапазонах, когда обсерватория использовала диск Земли как экран, затмевавший фон.

Оригинальная статья/статьи:

Türler M., Tatischeff V., Beckmann V., Churazov E., "INTEGRAL serendipitous observations of solar and terrestrial X-rays and gamma rays" *New Astronomy Reviews*, 93, p.101616 (2021), IF=3.286, Q1, (<https://dx.doi.org/10.1016/j.newar.2021.101616>)

Исследования скоплений галактик в рентгеновском и микроволновом диапазонах

Е. Чуразов, И. Хабибуллин, Н. Лыскова, Р. Сюняев, Р. Буренин

Обнаружен гигантский (~250 кпк) “хвост” холодного газа, тянущийся за группой галактик, сливающейся со скоплением Abell 1367. Показано, что динамическое давление газа играет основную роль в формировании этой структуры, а в самом хвосте происходит перемешивание горячего газа скопления с более холодным газом группы.

Обнаружены впечатляющие следы эпизодов энерговыделения сверхмассивной черной дыры в близкой группе галактик (по данным телескопов LOFAR и СРГ/еРОЗИТА). Открыты филаменты релятивистской плазмы с возрастом более 200 миллионов лет, погруженные в горячий газ группы. Эти волокна изначально образовались в результате активности сверхмассивной черной дыры несколько сотен миллионов лет назад. Несмотря на такой возраст, волокна все еще имеют четкие границы и образуют поразительно сложную паутину из нитей и геометрических фигур, напоминающих структуры, образующиеся, когда в атмосфере поднимаются горячие клубы дыма. Отсутствие полного перемешивания между рентгеновской и радиоизлучающей плазмами означает, что, нагрев газа может происходить и без перемешивания (чисто механическим образом).

Разработана модель слияния скоплений галактик с самосогласованным учетом аккреции темного и барионного вещества на каждое из сливающихся скоплений. Это позволило в деталях исследовать процесс взаимодействия аккреционных ударных волн с волнами,

возникающими при слиянии скоплений, а также поведение каустик в распределении темной материи.

Проведено численное моделирование взаимодействия струй вещества, производимых сверхмассивными черными дырами, с горячим газом скоплений галактик. Предсказаны амплитуды скоростей движений газа и флуктуаций плотности газа. Сделан вывод, что для объяснения наблюдаемых характеристик центральных частей скоплений необходимы периоды длительной активности сверхмассивной черной дыры.

Детально исследовано скопление SPT-CL J2106-5844 - одно из наиболее массивных скоплений открытых на $z > 1$. Изначально большая масса этого скопления мотивировала проверку предсказаний текущей космологической модели, которая предсказывает, что число массивных скоплений на больших z мало. Показано, что в реальности SPT-CL J2106-5844 представляет собой два скопления, накладывающихся друг на друга, а не вириализованный объект.

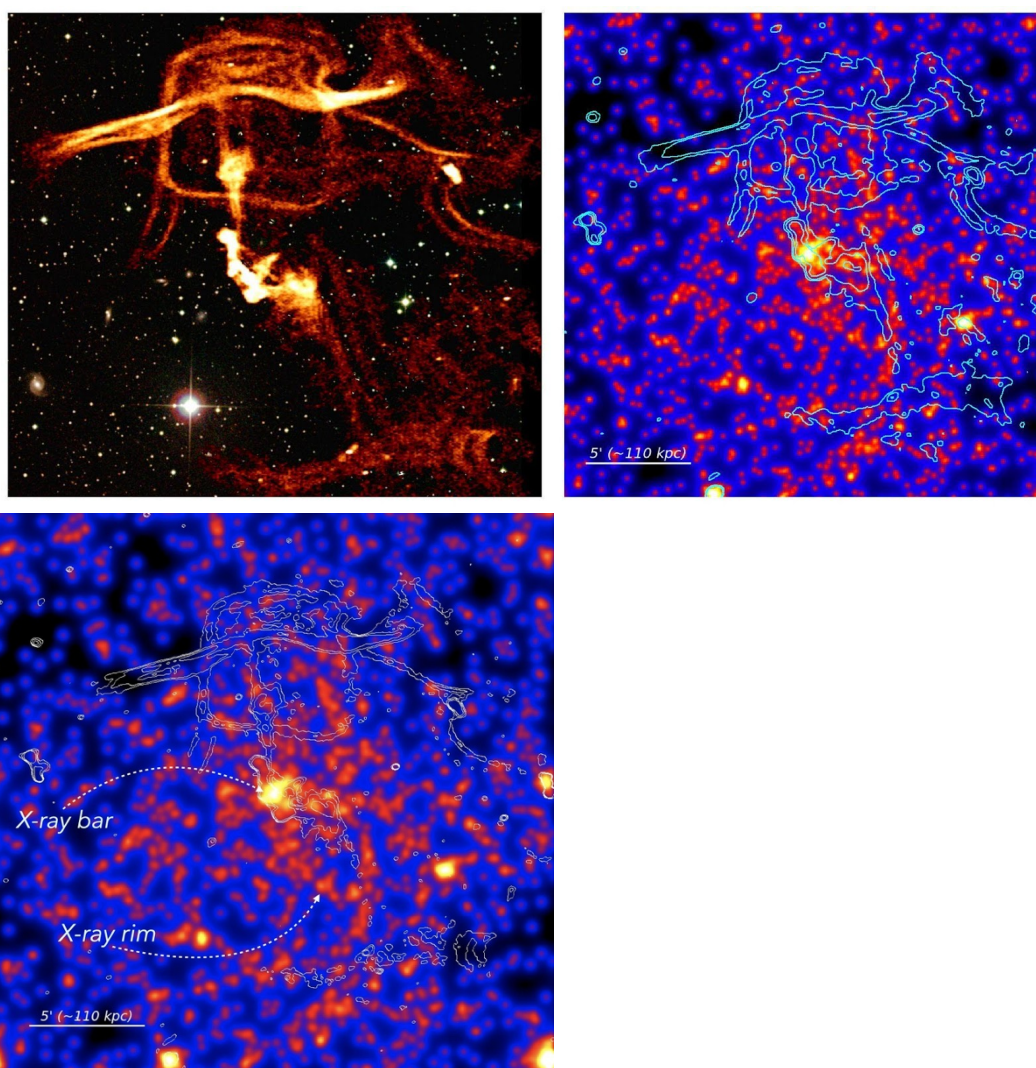


Рисунок 1. Изображения группы галактик NEST200047 в радио- (слева) и рентгеновском (справа) диапазонах, полученные соответственно радиоинтерферометром LOFAR на частоте 144 МГц и телескопом СРГ/eROSITA в диапазоне 0.5–2.3 кэВ. Размер сложных структур, видимых в радиодиапазоне, составляет более полутора миллионов световых лет. В центре группы расположена сверхмассивная черная дыра, окруженная атмосферой горячего газа, излучающего в

рентгеновском диапазоне. Охлаждение этого газа приводит к аккреции вещества на черную дыру, которая, в свою очередь, надувает “пузыри” релятивистской плазмы, видимые в радиодиапазоне, и нагревает газ. В самом центре группы газ образует яркую полосу, перпендикулярную оттокам релятивистской плазмы, видимым в радиодиапазоне. На чуть больших масштабах пузыри релятивистской плазмы окружены газовыми оболочками.

Оригинальные статьи:

Ge C., Sun M., Yagi M., Fossati M., Forman W., Jáchym P., Churazov E., Zhuravleva I., Boselli A., Jones C., Ji L., Luo R., "The BIG X-ray tail" *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, 508, p.L69 (2021), IF=8.938, Q1, (<https://dx.doi.org/10.1093/mnrasl/slab108>)

Brienza M., Shimwell T. W., de Gasperin F., Bikmaev I., Bonafede A., Botteon A., Brüggén M., Brunetti G., Burenin R., Capetti A., Churazov E., Hardcastle M. J., Khabibullin I., Lyskova N., Röttgering H. J. A., Sunyaev R., van Weeren R. J., Gastaldello F., Mandal S., Purser S. J. D., Simionescu A., Tasse C., "A snapshot of the oldest active galactic nuclei feedback phases" *Nature Astronomy*, Advanced Online Publication, (2021), IF=14.44, Q1, (<https://dx.doi.org/10.1038/s41550-021-01491-0>)

Zhang C., Zhuravleva I., Kravtsov A., Churazov E., "Evolution of splashback boundaries and gaseous outskirts: insights from mergers of self-similar galaxy clusters" *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 506, p.839 (2021), IF=5.356, Q1, (<https://dx.doi.org/10.1093/mnras/stab1546>)

Heinrich A. M., Chen Y.-H., Heinz S., Zhuravleva I., Churazov E., "Constraining black hole feedback in galaxy clusters from X-ray power spectra" *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 505, p.4646 (2021), IF=5.356, Q1, (<https://dx.doi.org/10.1093/mnras/stab1557>)

Di Mascolo L., Mroczkowski T., Perrott Y., Rudnick L., James Jee M., HyeonHan K., Churazov E., Collier J. D., Diego J. M., Hopkins A. M., Kim J., Koribalski B. S., Marvil J. D., van der Burg R., West J. L., "Multiwavelength view of SPT-CL J2106-5844. The radio galaxies and the thermal and relativistic plasmas in a massive galaxy cluster merger at $z \simeq 1.13$ " *Astronomy & Astrophysics*, 650, p.A153 (2021), IF=5.636, Q1, (<https://dx.doi.org/10.1051/0004-6361/202040260>)

Исследования диффузной среды в Галактике в рентгеновском диапазоне

Е. Чуразов

Исследованы так называемые “дымоходы” (Chimneys), расположенные около центра Галактики (по обе стороны от галактической плоскости) и видимые в радио, ИК и рентгеновском диапазонах длин волн. Показано, что они представляют собой канал, по которому энергия, генерируемая в центральной области, поступает к основанию “пузырей Ферми”. Структуры, наблюдаемые на границах “дымоходов”, свидетельствуют, что энерговыделение центральной области сильно переменено во времени.

Оригинальная статья/статьи:

Ponti G., Morris M. R., Churazov E., Heywood I., Fender R. P., "The Galactic center chimneys: the base of the multiphase outflow of the Milky Way" *Astronomy & Astrophysics*, 646, p.A66 (2021), IF=5.636, Q1, (<https://dx.doi.org/10.1051/0004-6361/202039636>)

Важнейшие задачи для будущих астрофизических обсерваторий

Е. Чуразов, И.Хабибуллин, Р.Сюняев

Сформулирован набор важнейших задач для будущих астрофизических космических обсерваторий, ориентированных на исследования в микроволновом и рентгеновском диапазонах длин волн.

Оригинальная статья/статьи:

Basu K., Remazeilles M., Melin J.-B., Alonso D., Bartlett J. G., Battaglia N., Chluba J., Churazov E., Delabrouille J., Erler J., Ferraro S., Hernández-Monteagudo C., Hill J. C., Hotinli S. C., Khabibullin I., Madhavacheril M., Mroczkowski T., Nagai D., Raghunathan S., Rubino-Martin J. A., Sayers J., Scott D., Sugiyama N., Sunyaev R., Zubeldia Í., "A space mission to map the entire observable universe using the CMB as a backlight" *Experimental Astronomy*, 51, p.1555 (2021), IF=2.012, Q2, (<https://dx.doi.org/10.1007/s10686-021-09748-2>)

Delabrouille J., Abitbol M. H., Aghanim N., ... Churazov E., ... Khabibullin I., ... Sunyaev R., Switzer E. R., Tartari A., Trombetti T., Zubeldia Í., "Microwave spectro-polarimetry of matter and radiation across space and time" *Experimental Astronomy*, 51, p.1471 (2021), IF=2.012, Q2, (<https://dx.doi.org/10.1007/s10686-021-09721-z>)

Soffitta P., Bucciantini N., Churazov E., Costa E., Dovciak M., Feng H., Heyl J., Ingram A., Jahoda K., Kaaret P., Kallman T., Karas V., Khabibullin I., Krawczynski H., Malzac J., Marin F., Marshall H., Matt G., Muleri F., Mundell C., Pearce M., Petrucci P.-O., Poutanen J., Romani R., Santangelo A., Tagliaferri G., Taverna R., Turolla R., Vink J., Zane S., "A polarized view of the hot and violent universe" *Experimental Astronomy*, 51, p.1109 (2021), IF=2.012, Q2, (<https://dx.doi.org/10.1007/s10686-021-09722-y>)

Nicastro F., Kaastra J., Argiroffi C., Behar E., Bianchi S., Bocchino F., Borgani S., Branduardi-Raymont G., Bregman J., Churazov E., Diaz-Trigo M., Done C., Drake J., Fang T., Grosso N., Luminari A., Mehdipour M., Paerels F., Piconcelli E., Pinto C., Porquet D., Reeves J., Schaye J., Sciortino S., Smith R., Spiga D., Tomaru R., Tombesi F., Wijers N., Zappacosta L., "The Voyage of Metals in the Universe from Cosmological to Planetary Scales: the need for a Very High-Resolution, High Throughput Soft X-ray Spectrometer" *Experimental Astronomy*, 51, p.1013 (2021), IF=2.012, Q2, (<https://dx.doi.org/10.1007/s10686-021-09710-2>)

Плазменно-пылевые процессы в космических объектах (лаборатория 513)

О возможном механизме образования оксида железа в лунном реголите

А.Ю. Дубинский, С.И. Попель

Предложена схема образования оксида железа (II) из молекул сульфида железа с использованием кислорода, входящего в состав оксида кремния, из лунного реголита. Источником энергии, запускающим реакцию обмена, служат протоны солнечного ветра. Предложенная схема может быть лишь частью окислительно-восстановительных реакций, запускаемых энергией солнечного ветра. В частности, помимо оксидов железа, за счет наличия ОН-групп в системе может образоваться магнетоксид железа $\text{FeO}(\text{OH})$, две молекулы которого могут затем превращаться в гематит и воду. Также возможна диффузия ионов железа и серы в объем оксида кремния и их самостоятельное взаимодействие с возбужденными фрагментами оксида кремния. Существование оксида железа в лунном реголите может уменьшить его работу выхода, что следует учитывать при рассмотрении плазменно-пылевой системы над лунной поверхностью.

Оригинальная статья/статьи:

Дубинский А.Ю., Попель С.И. “О возможном механизме образования оксида железа в лунном реголите”, *Астрономический вестник*. 2021. Т. 55. № 4. С. 316-321.
[DOI: <https://doi.org/10.31857/S0320930X21040046>]

Dubinsky A. Yu., Popel S. I. On a Possible Process for the Formation of Iron Oxide in the Lunar Regolith // *Solar System Research*. 2021. V. 55. No. 4. C. 307-312.
[DOI: <https://doi.org/10.1134/S0038094621040043>]; квантиль Q4; IF 0.706.

К вопросу о потоках пылевых частиц, зафиксированных у поверхности Луны аппаратом Chang'e-3

Голубь А.П., Попель С.И.

Проанализировано происхождение пылевых частиц в приповерхностном слое над лунной поверхностью, потоки которых измерялись в рамках лунной миссии КНР Chang'E-3. Рассмотрены частицы лунного реголита, поднятые над поверхностью Луны либо в результате электростатических процессов, либо вследствие ударов метеороидов. Оказывается, что основной вклад в наблюдаемые потоки массы пылевых частиц вносили микрометровые пылевые частицы, происхождение которых обусловлено выбросами вещества реголита с лунной поверхности в результате ударов метеороидов. Проведены теоретические расчеты потока массы пылевых частиц, которые оседают на измерительной поверхности космического аппарата Chang'E-3, расположенной на высоте 190 см над лунной поверхностью. Оказывается, что теоретическая величина примерно в 7 раз превосходит измеренное в рамках миссии Chang'E-3 значение потока

массы пылевых частиц. Данное расхождение может быть обусловлено как неточностью используемых при расчетах параметров, характеризующих условия на Луне и свойства лунного реголита, так и тем фактом, что основная часть массы, поднимающейся над поверхностью Луны в результате ударов метеороидов, содержится в микрометровых частицах, значительная часть которых могла осыпаться с измерительной поверхности космического аппарата Chang'E-3 и соответственно, не была учтена в измерениях.

Оригинальная статья/статьи:

Голубь А.П., Попель С.И. К вопросу о потоках пылевых частиц, зафиксированных у поверхности Луны аппаратом Chang'e-3 // *Астрономический вестник*. 2021. Т. 55. No. 5. P. 393-402. [DOI: <https://doi.org/10.31857/S0320930X2104006X>]

Golub' A.P., Popel S.I. On the Fluxes of Dust Particles Detected near the Lunar Surface by the Chang'e 3 Lander // *Solar System Research*. 2021. V. 55. No. 5. P. 389-397. [DOI: <https://doi.org/10.1134/S0038094621040067>]; квартиль Q4; IF 0.706.

Проблемы трехмерной плоскостности в различных моделях ранней Вселенной и инфляции

Ю.В. Думин

Обсуждаются проблемы трехмерной плоскостности в различных моделях ранней Вселенной и инфляции, опосредованной неопределенностью. Показано, что приблизительно плоское трехмерное пространство может быть сформировано «динамически», исходя из общих начальных условий, а инфляция, обусловленная неопределенностью, может быть разумной альтернативой другим сценариям инфляции.

Оригинальная статья/статьи:

Dumin Yu.V., The Problem of Flatness of the Universe in the Uncertainty-mediated Inflationary Model // *Gravitation and Cosmology*. 2021. V. 27. No. 3. P. 302-305. [DOI: <https://doi.org/10.1134/S0202289321030063>]; квартиль Q4; IF 1.173.

Академик В.Е. Фортов и Международный проект «Вега» (НП)

Попель С. И.

Обсуждается вклад В.Е. Фортова в разработку проекта «Вега» – отечественного проекта, позволившего провести успешное исследование кометы Галлея автоматическими космическими аппаратами «Вега-1» и «Вега-2». Рассматриваются физические процессы с участием высокоскоростных пылевых частиц, важные при сближении космического аппарата с ядром кометы. Показано, что В.Е. Фортову удалось получить уравнение состояния алюминия, которое хорошо воспроизводило всю совокупность разнородных статических и динамических экспериментальных данных в широкой области фазовой диаграммы. Включение в численные газодинамические расчеты реального уравнения состояния позволяет существенным образом повысить достоверность результатов

численного моделирования процесса высокоскоростного удара твердой частицы с заданными массой, плотностью и скоростью о поверхность космического аппарата. Обсуждается вклад В.Е. Фортова в конструкцию противопылевой защиты аппаратов «Вега-1» и «Вега-2» и создание «фальшэкрана», позволивших сближение этих аппаратов с ядром кометы на расстояния приблизительно равные 8-9 тысяч километров.

Оригинальная статья/статьи:

Сагдеев Р. З., Зеленый Л. М., Попель С. И. Академик В.Е. Фортов и Международный проект «Вега» // *Земля и Вселенная*. 2021. No. 3. С. 76-91.[DOI: <https://doi.org/10.7868/S0044394821030075>]; Импакт-фактор РИНЦ 0.132.

Межпланетная среда (лаборатория 534)

Поиск солнцеподобных осцилляций в звездах до главной последовательности. Можем ли мы найти молодое Солнце?

Гварамадзе В.В.

В последние годы наше понимание солнцеподобных осцилляций в звездах от главной последовательности до красных гигантов значительно улучшилось благодаря данным, собранным космическими телескопами. Один из вопросов, оставшийся нерешенным, посвящен наблюдательной идентификации солнцеподобных осцилляций в звездах до главной последовательности. В рамках исследования была поставлена цель разработать улучшенный метод поиска солнцеподобных осцилляций в звездах до главной последовательности и применить его к данным, полученным в рамках миссии *Kepler K2*. В работе использовался программный комплекс *APOLLO*, который включает в себя новый способ обнаружения солнцеподобных осцилляций с низким отношением сигнала к шуму при высоком уровне фона. Используемый метод был откалиброван на основе известных солнцеподобных осцилляций по данным основной миссии *Kepler*, а затем применен к звездам *T Tauri*, наблюдаемым *Kepler K2*, в результате чего было определено несколько кандидатов солнцеподобных осцилляций до главной последовательности. Было обнаружено, что используемый метод является надежным даже в случае его применения к временным рядам с такой короткой длиной наблюдений, как полученные с помощью спутника *TESS* в одном секторе. *EPIC 205375290* была идентифицирована как возможный кандидат на звезду до главной последовательности с солнцеподобными осцилляциями с $v_{\max} \approx 242$ мкГц. Были также определены фундаментальные параметры этой звезды: $T_{\text{eff}} = 3670 \pm 180$ К, $\log g = 3.85 \pm 0.3$, $v \sin i = 8 \pm 1$ км/с, металличность порядка солнечной (на основе спектра высокого разрешения, полученного из архива обсерватории Кека).

Оригинальная статья/статьи: Müllner M., Zwintz K., Corsaro E., Steindl T., Potravnov I., Guenther E. W., Kniazev A., Gvaramadze V. V., “Searching for solar-like oscillations in pre-main sequence stars using APOLLO. Can we find the young Sun?“, *Astronomy & Astrophysics (Q1 WoS)*, 2021, 647, A168. doi: [10.1051/0004-6361/202039578](https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039578)

Исследование турбулентности в гелиосферном ударном слое, вызванной неустойчивостью Рэля-Тейлора

Измоденов В.В.

Недавние расчеты показали, что под действием солнечного магнитного поля возникает коллимация гелиосферного ударного слоя, которая вызывает образование двух отдельных джетов в направлении солнечных полюсов. В научном сообществе существует противоречие между тем, насколько далеко в направлении хвостовой области гелиосферы данная структура может распространяться и тем, может ли плазма окружающей межзвездной среды проникать в область между этими джетами. МГД моделирование показывает, что в гелиосферных джетах возникает неустойчивость, которая порождает крупномасштабную турбулентность, однако до настоящего момента механизм возникновения неустойчивости был неизвестен. В данной работе было показано, что имеет место неустойчивость Рэля-Тейлора, источником которой является трение между нейтральной и заряженной компонентами в гелиосферном ударном слое. Характерное время нарастания данной неустойчивости зависит от концентрации атомов водорода в межзвездной среде и составляет порядка 3-х лет (при общепринятых значениях концентрации). В исследовании сделан вывод о том, что неустойчивость Рэля-Тейлора разрушает целостность гелиосферных джетов и является причиной возникновения магнитного пересоединения, которое позволяет межзвездной плазме проникать в хвостовую часть гелиосферы. Возникающая турбулентность может оказывать влияние на процессы ускорения заряженных частиц.

Оригинальная статья/статьи:

Opher M., Drake J. F., Zank G., Powell E., Shelley W., Kornbleuth M., Florinski V., Izmodenov V., et al., "A Turbulent Heliosheath Driven by the Rayleigh–Taylor Instability", The Astrophysical Journal (IF= 5.745, Q1), 2021, 922, 181. doi: [10.3847/1538-4357/ac2d2e](https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac2d2e)

Раздел «Научные исследования, поддержанные грантами РФФИ и Мегагрантом»

Исследование рентгеновского пульсара XTE J1946+274 по данным обсерватории NuSTAR

А.С. Горбан, С.В. Мольков, С.С. Цыганков, А.А. Лутовинов

В работе представлены результаты исследования рентгеновского пульсара XTE J1946+274 по данным обсерватории NuSTAR в широком диапазоне энергий 0.3–79 кэВ. Был выполнен спектральный анализ, в котором была обнаружена циклотронная линия на 38 кэВ. В ходе работы была проведена фазово-разрешенная спектроскопия, результаты которой указывают на то, что циклотронная линия присутствует и в фазово-разрешенных спектрах источника, в которых энергия линии поглощения варьируется в зависимости от фазы, другие ее параметры также показывают переменность. Такое поведение было объяснено с помощью модели Поутанена, в которой циклотронная линия формируется в отраженном от поверхности нейтронной звезды излучении аккреционной колонки. Также была оценена область формирования эмиссионной линии железа, которая образуется на внешней границе аккреционного диска.

Оригинальная статья/статьи:

А.С. Горбан, С.В. Мольков, С.С. Цыганков, А.А. Лутовинов, “Исследование рентгеновского пульсара XTE J1946+274 по данным обсерватории NuSTAR”, Письма в Астрономический Журнал, том 47, №6, с.416-427 (2021), IF =1.384, Q3, <http://dx.doi.org/10.31857/S0320010821060048>, <https://arxiv.org/abs/2110.05337>; (поддержана грантом РНФ 19-12-00423)

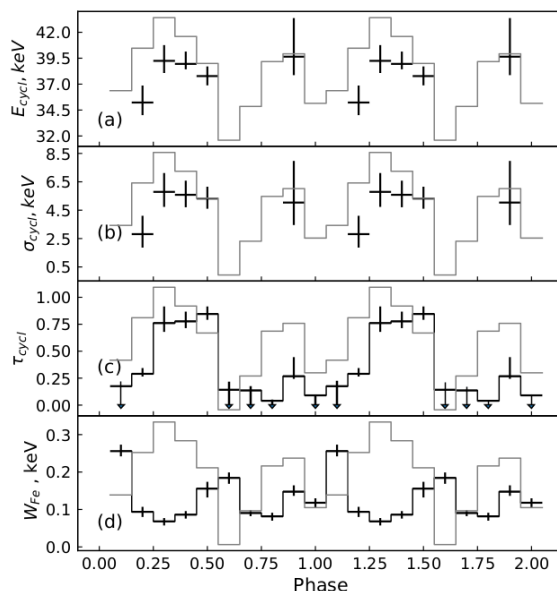


Рисунок 1. Зависимость спектральных параметров XTE J1946+274 от фазы импульса: (a) — циклотронная энергия, (b) — ширина циклотронной линии, (c) — оптическая глубина циклотронной линии, (d) — эквивалентная ширина линии железа. Серой линией показан профиль импульса в полном энергетическом диапазоне обсерватории NuSTAR.

Спектроскопические измерения красных смещений скоплений галактик из обзора обсерватории им. Планка и наблюдение этих скоплений в обзоре СРГ/еРОЗИТА

И.А. Зазнобин, Р.А. Буренин, Г.А. Хорунжеев, А.Р. Ляпин, Н.С. Лыскова, П.С. Медведев, М.Р. Гильфанов, Р.А. Сюняев

Представлены результаты спектроскопических измерений красных смещений скоплений галактик, обнаруженных ранее по данным обзора всего неба обсерватории им. Планка, а также по данным Слоановского обзора и обзора всего неба обсерватории WISE. Измерения красных смещений получены для 23-х скоплений, в том числе для четырех скоплений галактик из второго каталога источников Сюняева--Зельдовича обзора обсерватории им. Планка. Основные спектроскопические наблюдения проводились в течение 2019 г. - начале 2020 г. на 1.6-м телескопе АЗТ-33ИК Саянской обсерватории ИСЗФ СО РАН и 1.5-м российско-турецком телескопе (РТТ-150). Некоторые данные были получены ранее на 3.5-м телескопе обсерватории Калар-Альто. Из 23 скоплений данной выборки 14 объектов расположены на половине неба, где права на данные обзора неба телескопа еРОЗИТА на борту орбитальной рентгеновской обсерватории СРГ принадлежат российской стороне. Все эти скопления были обнаружены при помощи телескопа еРОЗИТА в ходе обзора неба в течение 2020 г. В целом, в рамках нашей программы оптического отождествления скоплений галактик из каталога обсерватории им. Планка в течение нескольких лет были измерены спектроскопические красные смещения для 220 скоплений галактик. Многие из них уже обнаружены в обзоре СРГ/еРОЗИТА, значительная часть этих объектов входит в

число наиболее массивных скоплений галактик обзора неба телескопа eROZITA и, скорее всего, войдет в космологические выборки скоплений этого обзора.

Оригинальная статья/статьи:

И.А. Зазнобин, Р.А. Буренин, И.Ф. Бикмаев, И.М. Хамитов, Г.А. Хорунжеев, А.Р. Ляпин, М.В. Еселевич, Н.С. Лыскова, П.С. Медведев, М.Р. Гильфанов, Р.А. Сюняев
«Спектроскопические измерения красных смещений скоплений галактик из обзора обсерватории им. Планка и наблюдение этих скоплений в обзоре СРГ/eROZITA» Письма в Астрономический журнал, 47, №2, стр.79-88, (2021)
DOI:10.31857/S0320010821020066 IF=1.384, Q3 (поддержан РНФ 18-12-00520)

Спектроскопические измерения красных смещений скоплений галактик из обзора поля Локмана телескопа eROZITA на борту обсерватории СРГ

И.А. Зазнобин, Р.А. Буренин, А.Р. Ляпин, Г.А. Хорунжеев, М.Р. Гильфанов, Н.С. Лыскова, П.С. Медведев, Р.А. Сюняев

Представлены первые результаты программы оптических наблюдений скоплений галактик из рентгеновского обзора поля Локмана телескопа eROZITA на борту космической обсерватории СРГ. Представлены результаты спектроскопических измерений красных смещений 11 скоплений галактик, которые были отождествлены в оптическом диапазоне среди протяженных рентгеновских источников обзора СРГ/eROZITA, используя данные обзоров неба в оптическом и ИК-диапазонах. Спектроскопические наблюдения проводились, в конце 2019 г. – начале 2020 г. на 1.6-м телескопе АЗТ-33ИК Саянской обсерватории ИСЗФ СО РАН и на 6-м Большом Азимутальном Телескопе САО РАН (БТА).

Оригинальная статья/статьи:

И.А. Зазнобин, Р.А. Буренин, А.Р. Ляпин, Г.А. Хорунжеев, В.Л. Афанасьев, А.А. Гроховская, С.Н. Додонов, М.В. Еселевич, Р.И. Уклеин, И.Ф. Бикмаев, И.М. Хамитов, М.Р. Гильфанов, Н.С. Лыскова, П.С. Медведев, Р.А. Сюняев «Спектроскопические измерения красных смещений скоплений галактик из обзора поля Локмана телескопа eROZITA на борту обсерватории СРГ» Письма в Астрономический журнал, 47, №3, стр.174-182, (2021)
DOI:10.31857/S0320010821030098 IF=1.384, Q3 (поддержан РНФ 18-12-00520)

Оптическое отождествление кандидатов в активные ядра галактик, обнаруженных телескопом ART-XC им. М.Н. Павлинского обсерватории СРГ в ходе рентгеновского обзора всего неба

И.А. Зазнобин, Г.С. Усков, С.Ю. Сазонов, Р.А. Буренин, П.С. Медведев, Г.А. Хорунжеев, А.Р. Ляпин, Р.А. Кривонос, Е.В. Филиппова, М.Р. Гильфанов, Р.А. Сюняев, М.В. Еселевич, И.Ф. Бикмаев, Э.Н. Иртуганов, Е.А. Николаева

Представлены результаты отождествления восьми объектов из предварительного каталога рентгеновских источников, зарегистрированных в диапазоне энергий 4–12 кэВ телескопом ART-XC им. М.Н. Павлинского обсерватории СРГ в ходе первого обзора всего неба. Из них три (SRGA J005751.0+210846, SRGA J014157.0–032915, SRGA J232446.8+440756) открыты телескопом ART-XC, а пять уже были известны ранее как рентгеновские источники, но их природа оставалась не установленной. Последние пять источников были зарегистрированы также в мягких рентгеновских лучах телескопом eROSITA обсерватории СРГ. Оптические наблюдения проводились на 1.6-м телескопе АЗТ-33ИК Саянской обсерватории ИСЗФ СО

РАН и 1.5-м российско-турецком телескопе (РТТ-150). Все исследованные объекты оказались активными ядрами галактик (АЯГ) на красных смещениях от 0.019 до 0.283. Из них шесть – сейфертовские галактики второго типа (включая один объект типа 1.9), один (SRGA J005751.0+21084) – “скрытое” АЯГ (в галактике, наблюдаемой с ребра) и один (SRGA J224125.9+760343) – сейфертовская галактика первого типа с узкими линиями. Последний объект характеризуется высокой рентгеновской светимостью ($\sim(2-13)\times 10^{44}$ эрг/с в диапазоне 4–12 кэВ) и, согласно полученной оценке массы черной дыры ($\sim 2\times 10^7 M_\odot$), близким к эддингтоновскому пределу темпом аккреции. Все три АЯГ, открытые телескопом ART-XC (которые не регистрируются телескопом eROSITA), характеризуются большим поглощением на луче зрения ($N_H \gtrsim 3\times 10^{23}$ см⁻²). Полученные результаты подтверждают ожидания, что телескоп ART-XC является эффективным инструментом для поиска сильно поглощенных и других интересных АЯГ в близкой ($z \lesssim 0.3$) Вселенной. Обзор неба обсерватории СРГ продлится еще больше 3 лет, что должно позволить открыть еще много таких объектов.

Оригинальная статья/статьи:

*И.А. Зазнобин, Г.С. Усков, С.Ю. Сазонов, Р.А. Буренин, П.С. Медведев, Г.А. Хорунжеев, А.Р. Ляпин, Р.А. Кривонос, Е.В. Филиппова, М.Р. Гильфанов, Р.А. Сюняев, М.В. Еселевич, И.Ф. Бикмаев, Э.Н. Иртуганов, Е.А. Николаева «Оптическое отождествление кандидатов в активные ядра галактик, обнаруженных телескопом ART-XC им. М.Н. Павлинского обсерватории СРГ в ходе рентгеновского обзора всего неба» Письма в Астрономический журнал, 47, №2, стр.89-106, (2021)
DOI:10.31857/S0320010821020078 IF=1.384, Q3 (поддержан РНФ 19-12-00396)*

Идентификация трех катаклизмических переменных, обнаруженных телескопами ART-XC и eROSITA на борту СРГ во время рентгеновского обзора всего неба.

И. Зазнобин, С. Сазонов, Р. Буренин, Г. Усков, А. Семена, М. Гильфанов, П. Медведев, Р. Сюняев

Открыты три катаклизмические переменные в данных рентгеновского обзора всего неба орбитальной обсерваторией СРГ. Источники были отобраны по данным их яркости в диапазоне 4-12 кэВ телескопа ART-XC им. М.Н. Павлинского. Они также обнаруживаются телескопом eROSITA, который обеспечивает точную локализацию и спектральные данные для широкополосного спектрального анализа. Все три объекта ранее были известны как источники рентгеновского излучения из обзора всего неба ROSAT и XMM-Newton, но их природа осталась неизвестной. Спектры рентгеновского излучения, полученные с помощью eROSITA и ART-XC, согласуются с оптически тонким тепловым излучением с температурой $kT=18$ кэВ для SRGA J194638.9+704552 и SRGA J225412.8+690658, $kT=5$ кэВ для SRGA J204547.8 +672642. Вместе с предполагаемой высокой светимостью в рентгеновском диапазоне (2×10^{32} - 3×10^{33} эрг с⁻¹) это свидетельствует о том, что все три источника являются катаклизмическими переменными (CV). Для этих объектов мы получили фотометрию и спектроскопию в оптическом диапазоне на 1,6-метровом телескопе АЗТ-33ИК Саянской обсерватории. Оптические свойства подтверждают CV-природу объектов.

Оригинальная статья/статьи:

I. Zaznobin, S. Sazonov, R. Burenin, G. Uskov, A. Semena, M. Gilfanov, P. Medvedev, R. Sunyaev, M. Eselevich «Identification of three cataclysmic variables detected by the ART-XC and eROSITA telescopes on board the SRG during the all-sky X-ray survey» Astronomy & Astrophysics, The Early Data Release of eROSITA and Mikhail Pavlinsky ART-XC on the SRG mission (2021) DOI:10.1051/0004-6361/202141777 IF=5.636, Q1 (поддержан РНФ 21-12-00210)

О природе рентгеновского пульсара XTE J1859 + 083 и его свойствах в широком диапазоне энергий

Д.И. Карасев, А.А.Лутовинов

Настоящая работа посвящена исследованию спектрально-временных свойств (в диапазоне энергий 0.8–79 кэВ) малоизученного рентгеновского пульсара XTE J1859 + 083 во время его вспышки 2015 г. по данным обсерваторий NuSTAR и Swift. Показано, что профиль импульса источника имеет сложную форму, которая зависит от выбора диапазона энергий. Доля пульсирующего излучения XTE J1859 + 083 имеет постоянное значение около 35% в широком диапазоне энергий и, что важно, такое поведение нетипично для рентгеновских пульсаров. В то же время, его энергетический спектр типичен для этого класса объектов и имеет степенной вид с экспоненциальным обрезанием при высоких энергиях. Линии циклотронного поглощения в спектре источника не обнаружено. На основе косвенного метода и отсутствия циклотронной линии была получена оценка напряженности магнитного поля: менее 5×10^{11} Гс или в интервале от 5×10^{12} до $2,0 + 0.9-1.2 \times 10^{13}$ Гс.

Данные телескопов NOT и SALT, а также оптические и инфракрасные обзоры неба позволили нам изучить природу его оптического компаньона. Мы предложили и изучили 2 новых возможных кандидата на роль оптического компаньона XTE J1859 + 083, и определили наиболее вероятного из них. Результаты оптической/инфракрасной фотометрии и спектроскопии этих возможных компаньонов показали, что исследуемый объект представляет собой рентгеновскую двойную систему с Ве-звездой компаньоном, демонстрирующую спектральные линии Br γ , He I и сильные линии H α .

Оригинальная статья/статьи:

Salganik, A., Tsygankov, S. S., Djupvik, A. A., Karasev, D. I., Lutovinov, A. A., Buckley, D. A. H., Gromadzki, M., & Poutanen, J., “On the nature of the X-ray pulsar XTE J1859+083 and its broadband properties”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society(2021), DOI:10.1093/mnras/stab3362 (поддержана мегагрантом 14.W03.31.0021)

Высокоточное измерение Космического Рентгеновского Фона

Р.А. Кривонос, С.Ю. Сазонов (ИКИ РАН)

В первых рентгеновских астрономических наблюдениях в начале 60х годов было обнаружено изотропное рентгеновское излучение — космический рентгеновский фон (КРФ) Вселенной. По мере развития рентгеновской астрономии утвердилось понимание природы этого излучения. Согласно общепринятой точке зрения, КРФ складывается из излучения многочисленных активных галактических ядер, а широкополосный спектр КРФ содержит информацию об истории роста сверхмассивных черных дыр во Вселенной.

Несмотря на давнюю историю рентгеновских исследований и стремительное развитие наблюдательной техники, измерение точных характеристик КРФ сопряжено со значительными трудностями. Мы измерили спектр КРФ в диапазоне энергий от 3 до 20 кэВ по данным наблюдений орбитального телескопа *НУСТАР* (НАСА). Достигнута рекордная статистическая точность измерений меньше одного процента, при незначительном вкладе систематического шума. Наблюдаемые отличия интенсивности КРФ в различных направлениях на небе согласуются с ожидаемой дисперсией КРФ из-за вариаций в населении точечных источников, что открывает новые возможности для изучения угловых флуктуаций КРФ на масштабе нескольких квадратных градусов.

Оригинальная статья/статьи:

Кривонос Р., Д. Вик, Грефенитете Б., Мадсен К., Росланд С., Сазонов С., Зоглауер А., “NuSTAR measurement of the cosmic X-ray background in the 3-20 keV energy band”, опубликовано 21 января 2021 в журнале MNRAS (IF= 5.536, Q1), том 502, 3966–3975, <https://doi.org/10.1093/mnras/stab209> (поддержана грантом РНФ 19-12-00396)

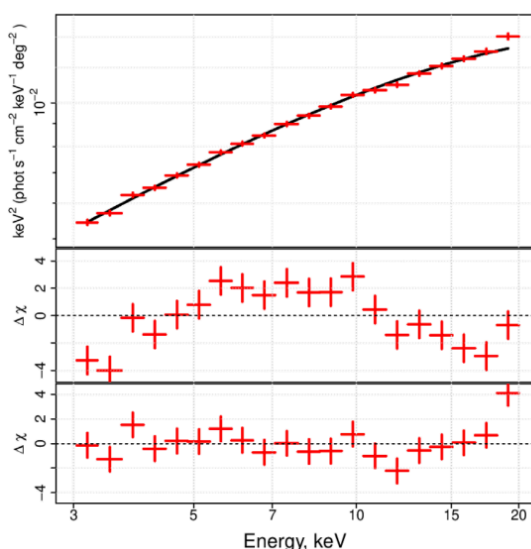


Рисунок 1. Спектр космического рентгеновского фона по данным телескопа *НУСТАР* (верхняя панель) в диапазоне 3-20 кэВ. Вторая и третья панель демонстрирует невязки с моделями степенного закона (видна кривизна спектра) и степенного закона с завалом на высоких энергиях (хорошо описывает данные).

Обзор важнейших результатов обсерватории ИНТЕГРАЛ по картографированию неба и измерению космического рентгеновского фона

Кривонос Р., Чуразов Е., Лутовинов А., Мереминский И., Сюняев Р., Цыганков С., (ИКИ РАН)

Был подготовлен широкий обзор результатов обсерватории ИНТЕГРАЛ по картографированию и каталогизации источников рентгеновского излучения на всем небе. Также был проведен обзор результатов обсерватории ИНТЕГРАЛ по измерению космического рентгеновского фона.

Рентгеновские обзоры всего неба обсерватории ИНТЕГРАЛ доказали свою фундаментальную важность. ИНТЕГРАЛ провел картографирование всей плоскости Галактики и обширных участков внегалактического неба благодаря высокой чувствительности и большим полям зрения своих телескопов, построенных по принципу

кодирующей маски. Подобные рентгеновские обзоры всего Млечного Пути ИНТЕГРАЛ способен создавать на масштабе года, что выходит за рамки возможностей прошлых и нынешних классических рентгеновских телескопов косого падения с узким полем зрения. За более чем пятнадцать лет работы обсерватория ИНТЕГРАЛ дала нам более четкое представление о жестком рентгеновском небе и обеспечила инициацию многих наблюдательных программ в широком интервале электромагнитного спектра, от радио до гамма-лучей. В дополнение к проведению переписи источников жесткого рентгеновского излучения по всему небу, ИНТЕГРАЛ провел высокоточные измерения космического рентгеновского фона с помощью уникальных маневров затенения Земли.

Оригинальная статья/статьи:

Кривонос Р., Бирд А., Чуразов Е., Томсик Т., Баззаоно А., Бекман Ф., Беланже Г., Бодаги А., Чати С., Куулкерс Э., Лутовинов А., Малиция А., Мазетти Н., Мереминский И., Сюняев Р., Цыганков С., Убертини П. Винклер К., “15 years of galactic surveys and hard X-ray background measurements”, опубликовано в июне 2021 в журнале New Astronomy Reviews, том 92, 101612 (IF=3.286, Q1); <https://doi.org/10.1016/j.newar.2021.101612>; <https://arxiv.org/abs/2101.09052> (поддержана грантом РНФ 19-12-00369)

Определение и уточнение природы источников рентгеновского излучения из обзоров всего неба гамма-обсерватории ИНТЕГРАЛ

Р.А. Кривонос (ИКИ РАН)

За последние годы, на основе наблюдательных данных обсерватории ИНТЕГРАЛ, были проведены обзора неба, в которых регистрируются источники Галактического и внегалактического происхождения. Недавно составленный обзор всего неба по данным ИНТЕГРАЛа содержит 929 объектов, из них 367 ассоциированы с Галактикой и Магеллановыми Облаками и 440 относятся к ближней и дальней Вселенной (в основном активные ядра галактик), в то время как 113 источников остаются без классификации. Для исследования свойств популяции компактных рентгеновских источников в нашей Галактике, например такие как кривые подсчетов и функции светимости, необходимо повысить степень полноты рентгеновских каталогов, т.е. максимально сократить долю неклассифицированных источников. Мы продолжаем работу по отождествлению рентгеновских источников с помощью дополнительных наблюдений телескопов Чандра, ХММ-Ньютон и НуСТАР.

В частности, используя данные наблюдений Чандра и НуСТАР было проведено исследование двух источников, открытых обсерваторией ИНТЕГРАЛ: IGR J17528-2022 и IGR J20063 + 3641. Наблюдение Чандрой IGR J17528-2022 позволило нам определить местонахождение оптического аналога источника и получить его оптический спектр, который показывает сильную эмиссионную линию H-alpha. Рентгеновский спектр демонстрирует линию нейтрального железа 6.4 кэВ и возможное наличие отраженной компоненты в континууме, таким образом, IGR J17528-2022 является аккрецирующим белым карликом с магнитным полем. Рентгеновские наблюдения IGR J20063+3641 показывают отчетливую модуляцию с периодом 172.46 ± 0.01 с, которую мы связываем с периодом вращения белого карлика. Дополнительная оптическая спектроскопия источника также позволила четко определить орбитальный период $0,731 \pm 0,015$ суток. Рентгеновский спектр этого источника также хорошо описывается моделью тормозного излучения. Рентгеновский спектр, спиновая периодичность и орбитальная периодичность IGR J20063+3641 позволяют отнести этот источник к категории промежуточных полярнов.

Также, было проведено исследование десяти рентгеновских источников, обнаруженных обсерваторией ИНТЕГРАЛ используя данные обсерватории Чандра. В шести случаях (IGR J17040-4305, IGR J18017-3542, IGR J18112-2641, IGR J18434-0508, IGR J19504 + 3318 и IGR J20084 + 3221) был найден уникальный рентгеновский компаньон Чандры с высокой степенью достоверности, и для пяти из этих источников (всех, кроме J19504) расстояния или собственные движения спутника Гая указывают на то, что они

являются галактическими источниками. Для четырех из них наиболее вероятной классификацией является то, что источники являются магнитными катаклизмическими переменными.

Оригинальная статья/статьи:

Харе Дж., Гальперн Дж., Томсик Дж., Торнстерсен Дж., Бодаги А., Клавель М., Кривонос Р., Мори К., “Chandra, NuSTAR, and Optical Observations of the Cataclysmic Variables IGR J17528-2022 and IGR J20063+3641”, опубликовано 17 июня 2021 в журнале *The Astrophysical Journal*, Volume 914, Number 2 (IF= 5.745), <https://doi.org/10.3847/1538-4357/abfa96>; <https://arxiv.org/abs/2104.10503> (поддержана грантом РФФ 19-12-396).

Томсик Дж., Конкнер Б., Харе Дж., Кривонос Р., Бодаги А., и др., “Using Chandra Localizations and Gaia Distances and Proper Motions to Classify Hard X-Ray Sources Discovered by INTEGRAL”, опубликовано 10 июня 2021 в журнале *The Astrophysical Journal*, Volume 914, Number 1 (IF= 5.745), <https://doi.org/10.3847/1538-4357/abfa1a> (поддержана грантом РФФ 19-12-00396).

Жёсткое рентгеновское излучение Стрельца Б2 по данным обсерватории ИНТЕГРАЛ после 2009 г: еще регистрируется?

Е.А. Кузнецова, Р.А. Кривонос, А.А. Лутовинов

Было проанализировано большое количество данных обсерватории ИНТЕГРАЛ, полученных с декабря 2002 по январь 2020 гг. Были получены карты области центра Галактики в энергетическом диапазоне 30-80 кэВ, усредненные за весь период и за каждый год наблюдений, по данным телескопа IBIS, установленного на борту обсерватории ИНТЕГРАЛ. Усредненные карты продемонстрировали падение жёсткого рентгеновского излучения молекулярного облака Стрелец Б2, наблюдавшееся ранее с 2003 по 2009 гг. Была получена кривая блеска Стрельца Б2 за период 2003-2019 гг., которая показала наилучшую согласованность с моделью кусочно-линейной функции по сравнению с простой линейной функцией (см. Рисунок 1). В результате было определено, что в 2011 ± 3 г. поток излучения Стрельца Б2 после линейного падения предположительно вышел на постоянный уровень $0,83 \pm 0,10$ мКраб, что может быть указанием на смену режима генерации излучения.

Спектральный анализ показал, что форма спектров области молекулярного облака Стрелец Б2, извлеченных до и после 2011 г., не имеет значимых отличий. Было показано, что оба спектра хорошо описываются моделью степенного закона с экспоненциальным завалом на энергии ~ 43 кэВ. Кроме того, было выявлено, что оба спектра поддерживают сценарий отражения вспышки сверхмассивной черной дыры Стрелец А* в прошлом. Сценарий генерации излучения низкоэнергетическими космическими лучами хорошо согласуется со спектром, полученным после 2011 г. Однако, оцененная скорость ионизации оказалась на порядок выше предыдущих оценок. Также было выявлено, что известные жёсткие рентгеновские источники могут объяснить только половину наблюдаемого после 2011 г. потока Стрельца Б2. Таким образом, было заключено, что излучение, полученное до 2011 г., хорошо согласуется со сценарием отражения, в то время как природа постоянного излучения остается неясной.

Оригинальная статья/статьи:

E. Kuznetsova, R. Krivonos, A. Lutovinov, M. Clavel, “Sgr B2 hard X-ray emission with INTEGRAL after 2009: still detectable?”, *MNRAS*, 509, 2, p. 1605, IF=5.287, Q1, <https://doi.org/10.1093/mnras/stab3004>, (поддержана грантом РФФ 19-12-00369)

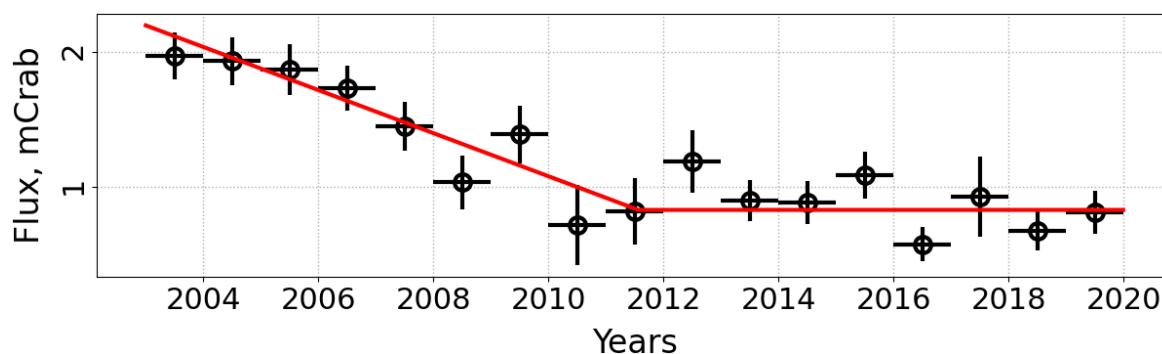


Рисунок 1. Кривая блеска источника Стрелец Б2 по данным ИНТЕГРАЛ/IBIS в энергетическом диапазоне 30–80 кэВ. Сплошной линией показана модель кусочно-линейной функции, лучшим образом описывающая кривую блеска.

Фазированная спектроскопия магнитара SGR J1745-2900 по данным обсерватории NuSTAR

Е.А. Кузнецова, А.А. Лутовинов, А. Н. Семена

Были проанализированы данные 4-х месячной программы наблюдений магнитара SGR J1745-2900 обсерваторией NuSTAR, проведенной в 2013 г. Был оценён уровень рентгеновского фона в сложной для наблюдений области, что позволило извлечь излучение слабого источника – магнитара SGR J1745-2900. В результате были получены профили импульса излучения магнитара в энергетических диапазонах: 3-5, 5-10 и 10-20 кэВ. Профили импульса для первых двух энергетических диапазонов продемонстрировали три пика излучения. В энергетическом диапазоне 10-20 кэВ не было обнаружено пульсаций с предельными значениями доли пульсирующего излучения 86–100%. Доля пульсирующего излучения для энергий 3-5 и 5-10 кэВ была определена на уровне 40-50%. Были получены указания на увеличение доли пульсирующего излучения с уменьшением потока магнитара, в то время как зависимость от энергии не была обнаружена.

Анализ средних спектров показал хорошее согласование с результатами предыдущих работ, что позволило провести подробную фазированную спектроскопию магнитара в широком диапазоне энергий для состояний с разным уровнем интенсивности излучения источника (см. Рисунок 2). В результате были обнаружены значимые изменения видимых размеров излучающей области, отвечающей за тепловое излучение, которые коррелируют с профилем импульса в диапазоне энергий 3-5 кэВ. Значимые изменения температуры излучающей области обнаружены не были. Магнитар SGR J1745–2900 - слишком слабый источник, чтобы можно было провести подробную фазированную спектроскопию для нетеплового излучения. Значимые изменения в потоке степенной компоненты найдены не были, что, вероятно, связано с недостаточной статистикой.

Оригинальная статья/статьи:

Е. Кузнецова, А. Лутовинов, А. Семена, “Фазированная спектроскопия магнитара SGR J1745-2900 по данным обсерватории NuSTAR”, Письма в астрономический журнал, 47, 4, сс.250-259, IF=1.384, Q3, <https://doi.org/10.31857/S0320010821040070> (поддержана грантом РФФИ 19-32-90283 и грантом Правительства РФ №14.W03.31.0021)

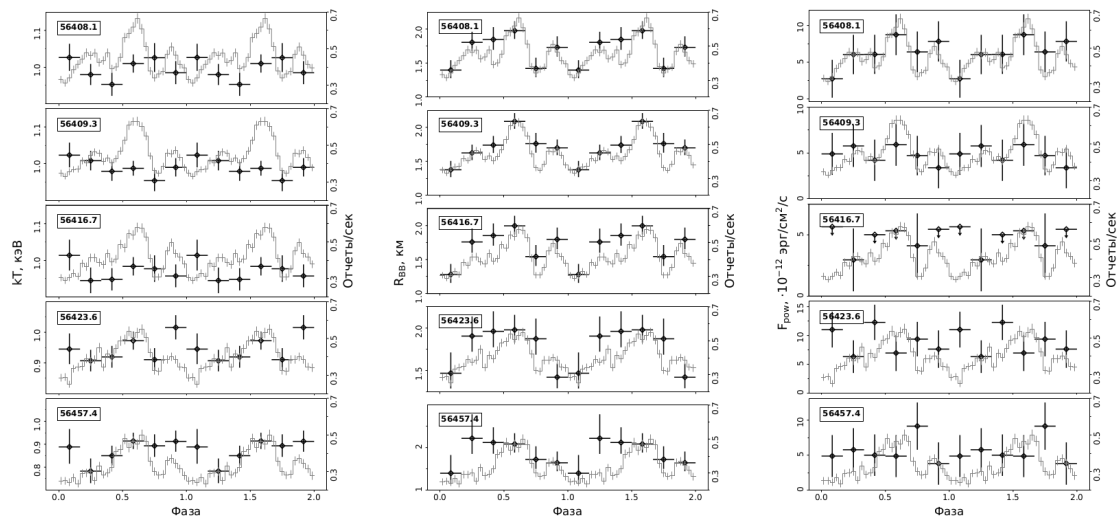


Рисунок 1. Изменения спектральных параметров в зависимости от фазы импульса и наблюдения (сверху вниз). Серым цветом и правой шкалой обозначены соответствующие профили импульса в энергетическом диапазоне 3–5 кэВ.

Гравитационно-линзированные сверхновые

Н.С. Лыскова

Для сверхновой SN Refsdal - первой обнаруженной гравитационно-линзированной сверхновой со множественными изображениями и измеренными кривыми блеска — была построена физическая модель предсверхновой, удовлетворяющая всем имеющимся фотометрическим наблюдениям и спектральным ограничениям. На основе этой модели были получены временные запаздывания между изображениями, коэффициенты усиления вследствие гравитационного линзирования, оценена постоянная Хаббла. Проведен анализ моделей линз, представленных в литературе, на предмет согласия со значениями временных запаздываний и коэффициентов усиления.

Оригинальная статья:

Baklanov P., Lyskova N., Blinnikov S., Nomoto K., «Strongly lensed SN Refsdal: refining time delays based on the supernova explosion models», ApJ, vol. 907, no. 1, 2021, IF = 5.874, Q1, DOI:10.3847/1538-4357/abcd98, (поддержана грантом РНФ 18-12-00520)

Рентгеновский пульсар ХТЕ J1858+034: обнаружение циклотронной линии и исследование природы нормальной звезды-компаньона

А.А.Лутовинов, С.В. Мольков, Д.И. Карасев

Проведено детальное исследование малоизученного рентгеновского пульсара ХТЕ J1858+034 на основании данных, полученных космической обсерваторией NuSTAR во время вспышечной активности источника в 2019 году. Спектральный анализ рентгеновского излучения источника привел к обнаружению особенности - циклотронного поглощения на энергии ~48 кэВ как в усредненном, так и в разрешенном по фазе спектрах. Также с помощью обсерваторий NuSTAR и Chandra удалось точно определить положение источника рентгеновского излучения и однозначно идентифицировать его оптический компаньон. Анализ свойств последнего показал, что система, вероятней всего, является симбиотической двойной системой, состоящей из рентгеновского пульсара и звезды-компаньона позднего спектрального класса (красного гиганта К-М), а не рентгеновской двойной Ве-системой, как предполагалось ранее.

Оригинальная статья/статьи:

Tsygankov, S. S., Lutovinov, A. A., Molkov, S. V., Djupvik, A. A., Karasev, D. I., Doroshenko, V., Mushtukov, A. A., Malacaria, C., Kretschmar, P., & Poutanen, J., "X-Ray Pulsar XTE J1858+034: Discovery of the Cyclotron Line and the Revised Optical Identification", The Astrophysical Journal, 909, 154., (2021), IF= 5.745, Q1, DOI:10.3847/1538-4357/abddbd (поддержана грантом РФФИ 19-12-00423)

Наблюдения очень яркого квазара CFHQS J142952+544717 обсерваторией XMM-Newton

П.С. Медведев, М. Р. Гильфанов, С. Ю. Сазонов, Р. А. Сюняев (ИКИ РАН)

В работе Медведев и др. 2020 по данным первого обзора всего неба телескопа СРГ/еРОЗИТА было открыто рентгеновское излучение от квазара CFHQS J142952+544717 на красном смещении $z=6.18$. По заявке нашей группы были проведены дополнительные наблюдения этого квазара при помощи обсерватории XMM-Newton. По итогам анализа полученных данных, было показано, что рентгеновская светимость этого квазара составляет $\approx 5 \times 10^{46}$ эрг/с и в сотни раз превышает светимости известных квазаров на красных смещениях $z > 6$. Измеренный рентгеновский спектр квазара оказался необычайно мягким (см. Рис. 1), с фотонным индексом степенного спектра $\Gamma = 2.5 \pm 0.2$. В спектре источника не обнаружено признаков завала на высоких энергиях, а также отраженного компонента излучения. Соответствующий 90% верхний предел на эквивалентную ширину $K\alpha$ флуоресцентной линии железа найден на уровне ≈ 290 эВ, а для глубины поглощения К-края железа верхний предел составил $\tau \approx 0.6$. Показано, что на 95% уровне значимости, спектр источника имеет избыточное поглощение, соответствующее колонковой плотности $N_H = 3 \pm 2 \times 10^{22} \text{ см}^{-2}$ в собственной системе отсчета квазара ($z=6.18$). Мы не обнаружили статистически значимых изменений потока между двумя сканированиями в обзорах СРГ/еРОЗИТА и наблюдениями XMM-Newton, покрывающих временной интервал около 7.5 месяцев. Это означает, что квазар остается на чрезвычайно высоком уровне рентгеновской светимости в течение как минимум месяца в собственной системе отсчета. Найденный квазар является "радиогромким", то есть обладает мощным излучением в радиодиапазоне. Согласно современным представлениям, такое излучение должно генерироваться быстрыми заряженными частицами в джетах квазаров. Но в отличие от блазаров, высокая рентгеновская светимость CFHQS J14+54 вероятно не связана с релятивистскими эффектами доплеровского усиления сигнала. Мы предполагаем, что рекордная рентгеновская светимость CFHQS J14+54 может быть связана с обратным комптоновским рассеянием реликтового излучения Вселенной на релятивистском веществе джетов. Этот процесс особенно важен в ранней Вселенной, где плотность энергии реликтового излучения более чем на три порядка выше, чем вокруг современных нам объектов. CFHQS J14+54, а также квазар SRGe J170245.3+130104, недавно найденный в обзоре СРГ/еРОЗИТА ($z=5.5$, Хорунжев и др 2021), возможно, являются представителями новой, ранее не изученной, популяции квазаров, с высокой радио и рентгеновской светимостями, существовавших в ранней Вселенной.

Оригинальная статья:

П. Медведев, М. Гильфанов, С. Сазонов, Н. Шартель, С. Сюняев "XMM-Newton observations of the extremely X-ray luminous quasar CFHQS J142952+544717=SRGe J142952.1 + 544716 at redshift $z = 6.18$ ", опубликовано 26 марта 2021 в журнале MNRAS (IF= 5.536), том 504, 576-582, <https://doi.org/10.1093/mnras/stab773>; <https://arxiv.org/abs/2011.13724>; (поддержана грантом РФФИ 19-12-00396)

Открытие и исследование нового Галактического микроквазара SRGA J043520.9+552226/AT2019wey телескопом ART-XC обсерватории СРГ

И.А. Мереминский, А.А. Лутовинов, А.Н. Семена, В.А. Арефьев, Р.А. Буренин, М.Р. Гильфанов, Р.А. Кривonos, И.Ю. Лапишов, А.Р. Ляпин, П.С. Медведев, С.В. Мольков, С.Ю. Сазонов, А.Е. Штыковский, Р.А. Сюняев, А.Ю. Ткаченко

В ходе обзора всего неба, весной 2020 года телескопом ART-XC им. М.Н. Павлинского был открыт новый рентгеновский источник SRGA J043520.9+552226, оказавшийся компаньоном оптического транзиента AT2019wey, вспыхнувшего несколькими месяцами ранее. Последовавшие наблюдения источника на разных длинах волн указали на то, что AT2019wey — новая Галактическая маломассивная рентгеновская система со струйными выбросами, т. н. микроквазар.

В течении лета-осени 2020 года была проведена большая наблюдательная программа на телескопах Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ и обсерватории INTEGRAL, направленная на исследование этого источника. Была показана аномально слабая корреляция оптического и рентгеновского излучения, переменность жесткой части рентгеновского спектра. В архивных данных обсерватории NuSTAR, полученных на начальной стадии вспышки, обнаружены низкочастотные квазипериодические осцилляции. Благодаря большой накопленной экспозиции в оптическом спектре была зарегистрирована Боуэновская блenda, что однозначно указывает на сильное облучение звезды-донора жесткими фотонами, рождающимися вблизи компактного объекта.

Все это указывает на то, что компактным объектом в SRGA J043520.9+552226 является черная дыра звездной массы.

Оригинальная статья:

*Mereminskiy, I. A., Dodin, A. V., Lutovinov, A. A., Semena, A. N., Arefiev, V. A., Atapin, K. E., Belinski, A. A., Burenin, R. A., Burlak, M. V., Eselevich, M. V., Fedotieva, A. A., Gilfanov, M. R., Ikonnikova, N. P., Krivonos, R. A., Lapshov, I. Yu., Lyapin, A. R., Medvedev, P. S., Molkov, S. V., Postnov, K. A., Pshirkov, M. S. Sazonov, S. Yu., Shakura, N. I., Shtykovsky, A. E., Sunyaev, R. A., Tatarsnikov, A. M., Tkachenko, A. Yu., Zheltoukhov, S. G., «Peculiar X-ray transient discovered with SRG/ART-XC», *Astronomy&Astrophysics special issue: «The Early Data Release of eROSITA and Mikhail Pavlinsky ART-XC on the SRG mission»*, 2021, IF=5.802, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141410> (поддержана грантом РФФИ 19-12-00423)*

Наблюдения быстро ускоряющегося рентгеновского пульсара SXP 1323 телескопами обсерватории СРГ

И.А. Мереминский, А.А. Муштуков, А.А. Лутовинов, С.С. Цыганков, А.Н. Семена, С.В. Мольков, А.Е. Штыковский

Во время продолжительных калибровочных наблюдений, выполнявшихся в 2019 году, в поле зрения телескопов обсерватории СРГ попала массивная двойная система SXP 1323, расположенная в Малом Магеллановом Облаке. Это позволило впервые исследовать её широкополосный рентгеновский спектр, по данным телескопов ART-XC и eROSITA. Показано, что в диапазоне 1-20 кэВ спектр хорошо описывается обычной для подобных систем моделью поглощенного степенного закона с экспоненциальным завалом.

Удалось также точно измерить период вращения нейтронной звезды (НЗ) в системе. Анализ измерений периода по данным обсерватории СРГ и по архивным наблюдениям XMM-Newton показал, что в течение последних нескольких лет нейтронная звезда в SXP1323 ускоряет своё вращение с темпом в 30 секунд в год.

Показано, что система всегда находится в субкритическом режиме аккреции, а магнитное поле НЗ скорее всего очень большое больше или порядка 10^{13} Гс. Сложная эволюция

периода вращения нейтронной звезды может быть объяснена в рамках модели с несоосными декреционным диском Ве-звезды и аккреционным диском вокруг нейтронной звезды.

Оригинальная статья:

Mereminskiy, I. A., Mushtukov, A. A., Lutovinov, A. A., Tsygankov, S. S., Semena, A. N., Molkov, S. V., Shtykovsky, A. E., «Losing a minute every two years: SRG X-ray view on the rapidly accelerating X-ray pulsar SXP1323», *Astronomy&Astrophysics special issue: «The Early Data Release of eROSITA and Mikhail Pavlinsky ART-XC on the SRG mission»*, 2021, IF=5.802, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141813> (Поддержана грантом Правительства РФ 14.W03.31.0021)

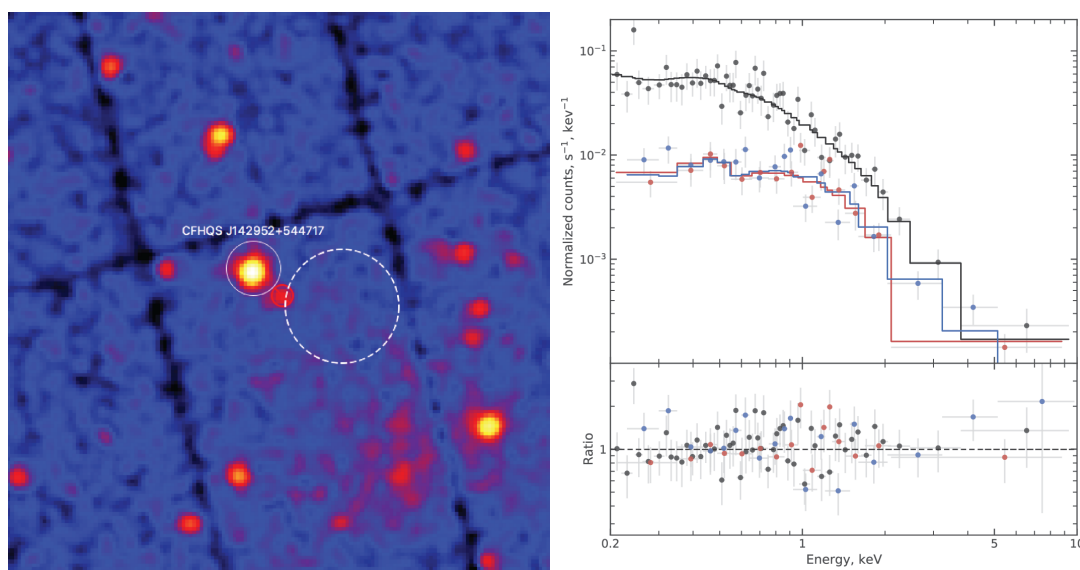


Рисунок 1. Рентгеновское изображение (слева) и спектр (справа) квазара CFHQS J142952+544717 на $z=6.18$ по данным обсерватории XMM-Newton. Черными, красными и синими точками на панели справа показаны данные EPIC-PN и EPIC-MOS(1,2), соответственно. Сплошными линиями показана наилучшая аппроксимация данных степенной моделью с поглощением.

Исследование свойств источника 2S 1845-024 в широком энергетическом диапазоне

С.В. Мольков, Д.И. Карасев, А.А.Лутовинов

Используя данные рентгеновской обсерватории NuSTAR, полученные во время вспышки I типа в 2017 году, было проведено детальное изучение природы рентгеновского пульсара 2S 1845–024. В результате можно заключить, что ни усредненные по фазе импульсы, ни фазово-разрешенные спектры источника не проявляют особенностей, характерных для циклотронного поглощения. Мы также использовали данные, полученные другими рентгеновскими обсерваториями (Swift, XMM-Newton и Chandra), чтобы исследовать спектральные свойства источника как функцию орбитальной фазы. Анализ выявил высокую колонковую плотность водорода для источника, достигающую $\sim 10^{24} \text{ см}^{-2}$ вокруг периастра. Помимо этого, используя высококачественные данные обсерватории Chandra, мы смогли получить точную локализацию 2S 1845 - 024 в R.A. = $18^{\text{h}}48^{\text{m}}16^{\text{s}}.8$ и Dec. = $-2^{\circ}25'25''.1$ (J2000), что позволило нам использовать инфракрасные (ИК) данные для грубой классификации оптического аналога источника как ОВ-сверхгиганта на расстоянии ≥ 15 кпк.

Оригинальная статья/статьи:

*Nabizadeh, A., Tsygankov, S. S., Molkov, S. V., Karasev, D. I., Ji, L., Lutovinov, A. A., & Poutanen, J., “Broad-band analysis of X-ray pulsar 2S 1845-024”, *Astronomy & Astrophysics* (2021), DOI: 10.1051/0004-6361/202141608 (поддержана мегагрантом 14.W03.31.0021)*

Рентгеновский обзор всего неба телескопа ART-XC обсерватории СРГ: каталог источников, зарегистрированных в первый год обзора

М.Н. Павлинский, С.Ю. Сазонов, Р.А. Буренин, Е.В. Филиппова, Р.А. Кривонос, В.А. Арефьев, М.В. Бунтов, И.Ю. Лапишов, В.В. Левин, А.А. Лутовинов, А.Р. Ляпин, И.А. Мереминский, С.В. Мольков, А.Н. Семена, Н.П. Семена, А.Е. Штыковский, Р.А. Сюняев, А.Ю. Ткаченко, А.А. Вихлинин

По данным первого года 4-летнего обзора неба телескопа ART-XC им. М.Н. Павлинского орбитальной обсерватории СРГ построена карта всего неба в диапазоне энергий 4-12 кэВ и составлен первый каталог источников ART-XC. Достигнутая чувствительность к точечным источникам варьируется от $4 \cdot 10^{-12}$ эрг/с/см² вблизи плоскости эклиптики до $8 \cdot 10^{-13}$ эрг/с/см² в районе полюсов эклиптики, а характерная точность определения положений источников составляет около 15 угловых секунд. Каталог включает 867 источников. Из 750 источников, природа которых известна на настоящий момент достаточно хорошо, 56 процентов – внегалактические (в основном активные ядра галактик и скопления галактик), а остальные – галактические (в основном катаклизмические переменные и рентгеновские двойные системы). Впервые обнаружено рентгеновское излучение от 114 источников. Хотя многие из них, вероятно, являются ложными (с учетом выбранного порога детектирования), в каталоге должно быть значительное количество вновь открытых астрофизических объектов. Обсерватория СРГ продолжает сканировать небо в рентгеновских лучах. Можно ожидать, что за 4 года с помощью телескопа ART-XC будет обнаружено около 5000 источников галактического и внегалактического происхождения.

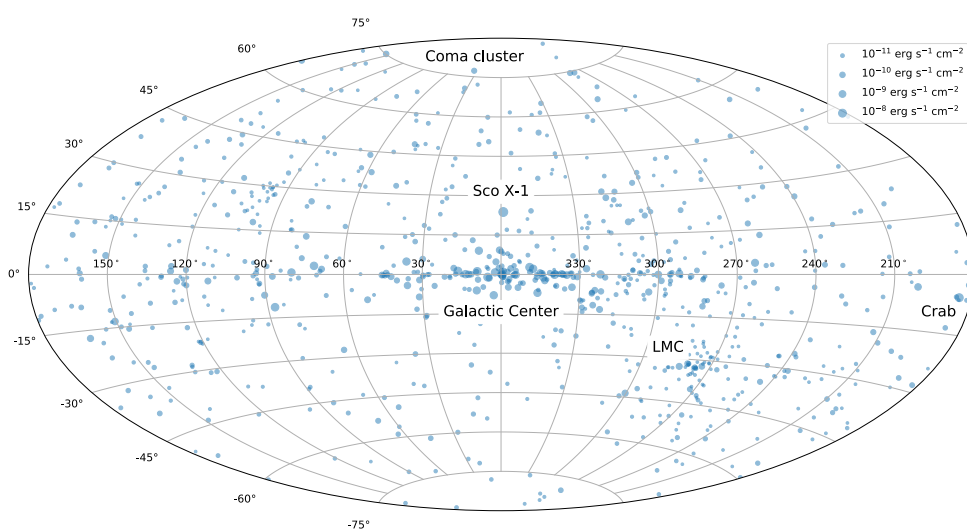


Рисунок 1. Положения на небе рентгеновских источников, обнаруженных телескопом СРГ/ART-XC в диапазоне энергий 4-12 кэВ в течение первого года обзора всего неба.

Оригинальная статья:

M. Pavlinsky, S. Sazonov, R. Burenin, E. Filippova, R. Krivonos, V. Arefiev, M. Buntov, C.-T. Chen, S. Ehlert, I. Lapshov, V. Levin, A. Lutovinov, A. Lyapin, I. Mereminskiy, S. Molkov, B.D. Ramsey, A. Semena, N. Semena, A. Shtykovsky, R. Sunyaev, A. Tkachenko, D.A. Swartz, A. Vikhlinin, “SRG/ART-XC all-sky X-ray survey: Catalog of sources detected during the first year”, *Astronomy & Astrophysics, special issue “The Early Data Release of eROSITA and Mikhail Pavlinsky ART-XC on the SRG mission”* (2021), DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141770>, IF = 5.802, Q1 (поддержана грантом РФФИ 19-12-00396)

Темп роста сверхмассивных черных дыр и его зависимость от массы звездного населения галактик в современную эпоху

С.А. Прохоренко, С.Ю. Сазонов

По данным обзоров всего неба в близком ИК и жестком рентгеновском диапазонах энергий (2MASS, Swift/BAT) показано, что распределение выраженных в эддингтоновских единицах темпов аккреции на сверхмассивные черные дыры в активных ядрах галактик в современную эпоху практически не зависит от массы звездного населения галактик и может быть описано степенной зависимостью с наклоном 0.7 вплоть до эддингтоновского предела. Это может объясняться тем, что в настоящую эпоху эпизоды аккреции вещества на сверхмассивные черные дыры в основном связаны со стохастическими процессами в ядрах галактик, а не с глобальными процессами эволюции галактик. Показано также, что среднее время роста сверхмассивных черных дыр в современную эпоху практически не зависит от массы звездного населения галактик и превышает время жизни Вселенной, но не более чем на порядок. Средний цикл активности сверхмассивных черных дыр в современную эпоху тоже практически не зависит от массы галактик и не превышает одного процента.

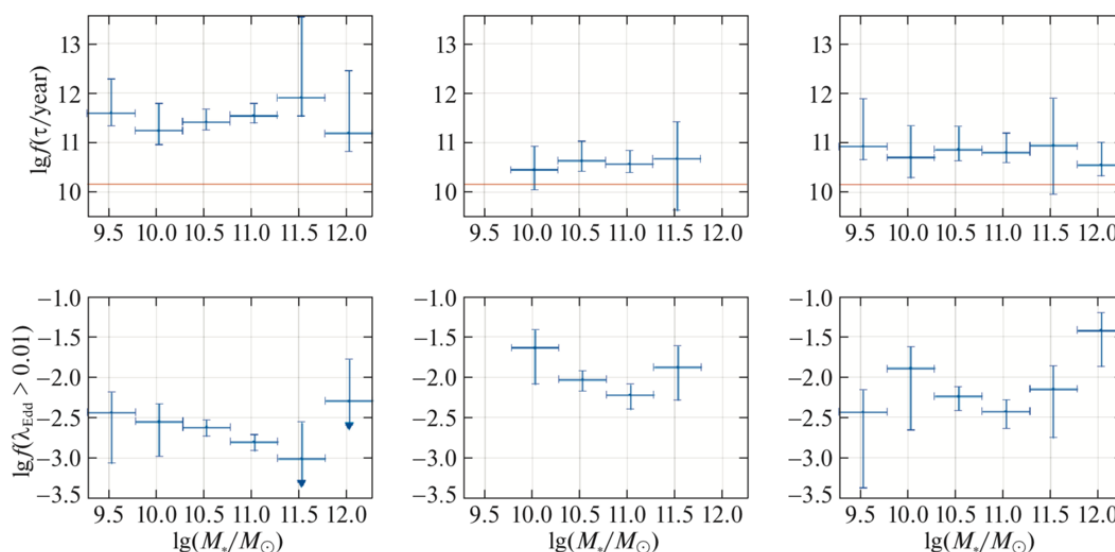


Рисунок 1. Вверху: Характерное время роста сверхмассивных черных дыр в современную эпоху в зависимости от массы звездного населения галактик. Горизонтальная красная линия соответствует хаббловскому времени. Внизу: Цикл активности сверхмассивных черных дыр в современную эпоху в зависимости от массы звездного населения галактик.

Оригинальная статья:

С.А. Прохоренко, С.Ю. Сазонов, «Темп роста сверхмассивных черных дыр и его зависимость от массы звездного населения галактик в современную эпоху», *Письма в Астрономический журнал*, том 47, номер 8, стр.537-556 (2021), <https://doi.org/10.31857/S0320010821080039>, IF=1.384, Q3 Web of Science (поддержана грантом РФФИ 19-12-00396)

Первые события приливного разрушения, открытые с помощью телескопа eROSITA обсерватории: рентгеновские и оптические свойства, функция рентгеновской светимости на $z < 0.6$

С.Ю. Сазонов, М.Р. Гильфанов, П.С. Медведев, Г.А. Хорунжев, А.Н. Семена, Р.А. Сюняев, Р.А. Буренин, А.Р. Ляпин, Г.С. Усков, И.А. Зазнобин

При пролете звезды около сверхмассивной черной дыры в ядре галактики ее может разорвать приливными силами, а аккреция вещества разрушенной звезды на черную дыру – привести к мощной вспышке излучения. До запуска обсерватории СРГ было известно не более 20 событий приливного разрушения (СПР), обнаруженных в рентгене, и еще примерно столько же было открыто в последнее время в оптических обзорах. Начиная со второго обзора СРГ/eРОЗИТА мы стали открывать такие события с частотой примерно раз в 10 дней на российской половине неба. Для подтверждения их природы проводились оптические наблюдения на российских (6-м БТА САО РАН, 2.5-м КГО ГАИШ МГУ, 1.6-м АЗТ-33ИК Саянской обсерватории, 1.5-м Российско-турецкий телескоп) и зарубежных (10-м Кек) телескопах. В результате нам удалось обнаружить во втором обзоре СРГ 16 СПР и исследовать их свойства. Ближайшее из СПР произошло на расстоянии около 500 миллионов световых лет от нас, а самое далекое – на красном смещении 0.581. При этом рентгеновские светимости достигали в некоторых случаях 1045 эрг/с. На основе полученной выборки впервые построена функция рентгеновской светимости событий приливного разрушения. Оказалось, что частота появления таких событий во Вселенной уменьшается с увеличением светимости, а в среднем приливные разрушения звезд происходят примерно раз в сто тысяч лет в расчете на одну галактику.

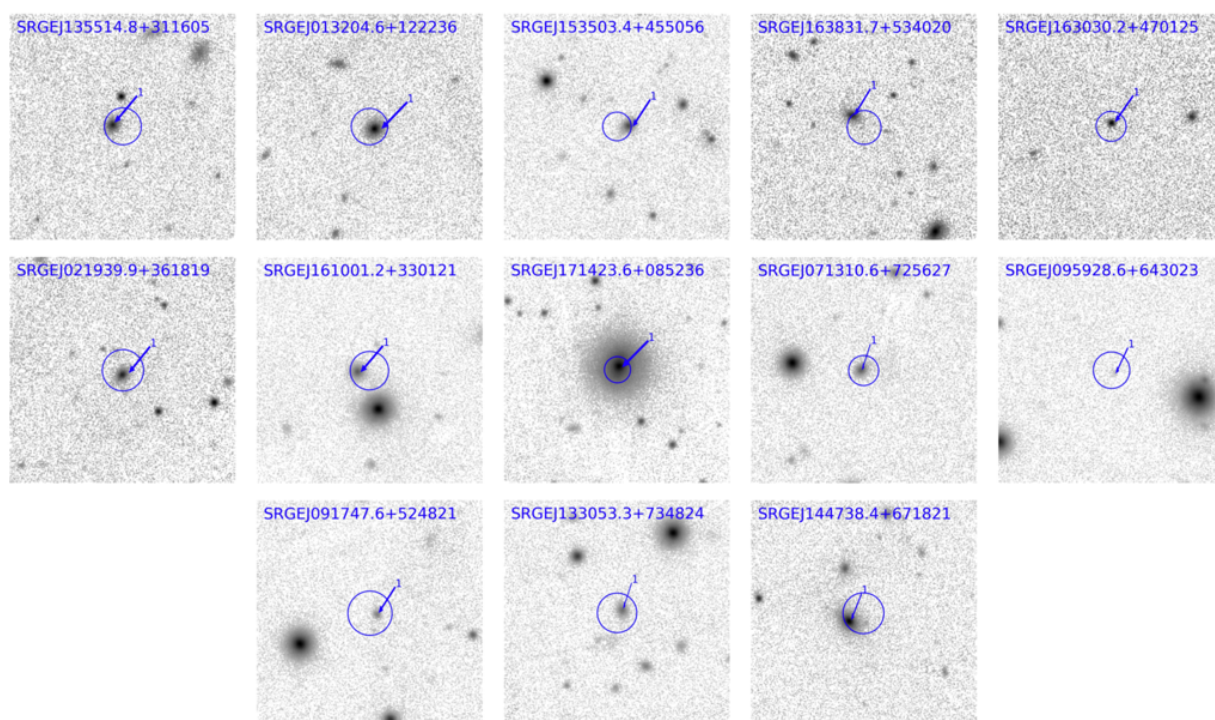


Рисунок 1. События приливного разрушения звезд, открытые телескопом СРГ/eROSITA. Кружками показаны области локализации рентгеновских вспышек, а стрелками — «родительские» галактики, в которых произошло разрушение звезды.

Оригинальная статья:

S. Sazonov, M. Gilfanov, P. Medvedev, Y. Yao, G. Khorunzhev, A. Semena, R. Sunyaev, R. Burenin, A. Lyapin, A. Meshcheryakov, G. Uskov, I. Zaznabin, K.A. Postnov, A.V. Dodin, A.A. Belinski, A.M. Cherepashchuk, M. Eselevich, S.N. Dodonov, A.A. Grokhovskaya, S.S. Kotov, I.F. Bikmaev, R.Ya. Zhuchkov, R.I. Gumerov, S. van Velzen, S. Kulkarni, "First tidal disruption events discovered by SRG/eROSITA: X-ray/optical properties and X-ray luminosity function at $z < 0.6$ ", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 508, Issue 3, pp.3820-3847 (2021), <https://doi.org/10.1093/mnras/stab2843>, IF=5.356, Q1 Web of Science (поддержана грантом РНФ 21-12-00343)

GX 339-4: согласуется ли модель прецессии горячего течения с инфракрасной переменностью в маломассивных рентгеновских двойных системах?

Семена А. Н. , Мереминский И. А., Арефьев В. А. , Лутовинов А. А.

В ходе аккреционных вспышек маломассивные рентгеновские двойные демонстрируют сложное поведение, сопровождающееся быстрым изменением спектральных и временных характеристик излучения во всем диапазоне электромагнитного спектра - от радио до жесткого рентгеновского. До сих пор отсутствует полная, самосогласованная модель, описывающая все наблюдаемые явления, в том числе быстрые изменения потока в видимом и близком инфракрасном диапазонах и связь этих изменений с рентгеновским излучением, а наблюдаемая эволюция вспышек описывается в терминах смены характерных состояний. По данным квазисовременных оптических, инфракрасных и рентгеновских наблюдений показано, что резкому падению яркости оптического излучения вблизи перехода из "низкого/жесткого" состояния в "высокое/мягкое" сопутствует увеличение частоты наблюдающихся квазипериодических осцилляций рентгеновского излучения. Такое поведение может быть объяснено в рамках модели, в которой и рентгеновское и оптическое излучение производится синхротронным механизмом в горячем течении вблизи компактного объекта.

Оригинальная статья:

Семена А. Н. , Мереминский И. А., Арефьев В. А. , Лутовинов А. А.

Письма в астрономический журнал IF=1.384, Q3, 2021 г., том 47 номер 12 стр. 894-901 DOI: 10.31857/S0320010821120044 (поддержана грантом РНФ 19-02-00423)

Эксперимент МВН – Монитор Всего Неба для измерения космического рентгеновского фона Вселенной с борта МКС

Д.В. Сербинов, М.Н. Павлинский, А.Н. Семена, Н.П. Семена, А.А. Лутовинов, С.В. Мольков, М.В. Бунтов, В.А. Арефьев, И.Ю. Лапинов (ИКИ РАН)

В статье описан космический эксперимент Монитор Всего Неба на борту МКС, начало которого запланировано на 2021 год. Главной научной задачей эксперимента является измерение космического рентгеновского фона с беспрецедентно высокой точностью. Для решения этой задачи в Институте космических исследований РАН разработан комплекс научной аппаратуры МВН. Основной прибор комплекса – рентгеновский монитор СПИН-X1-МВН, который оснащен четырьмя полупроводниковыми детекторами на базе кристалла CdTe. Измерение космического рентгеновского фона проводится методом модуляции апертуры, подробно описанным в данной статье.

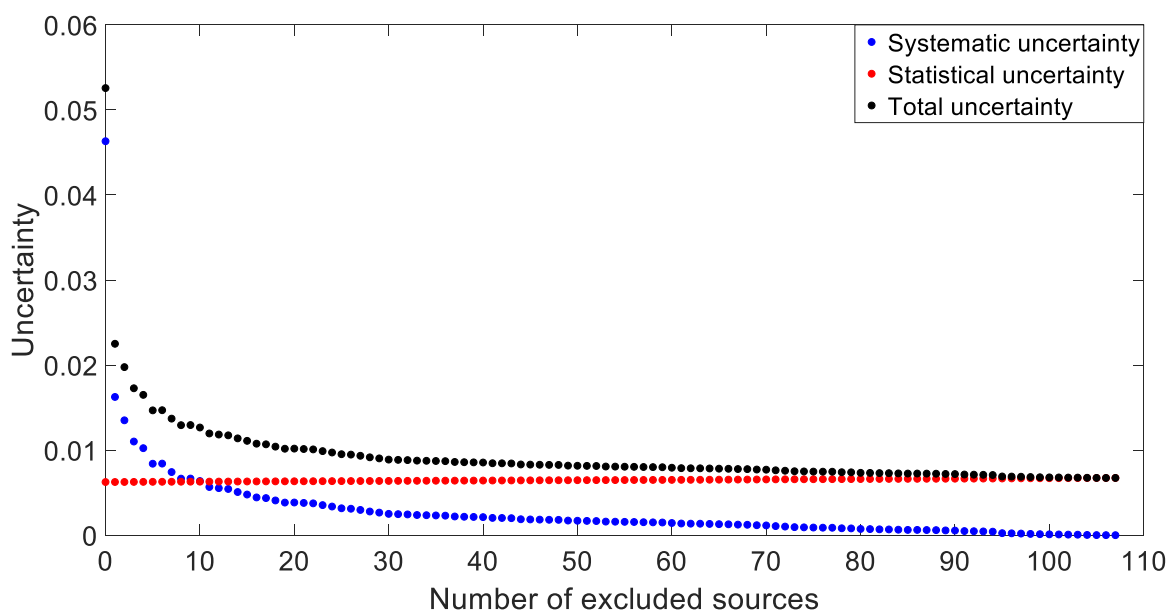


Рисунок 1. Зависимость изменения погрешностей измерения КРФ от числа исключённых из обзора источников, начиная с самого яркого

Оригинальная статья/статьи:

Д.В. Сербинов, М.Н. Павлинский, А.Н. Семена, Н.П. Семена, А.А. Лутовинов, С.В. Мольков, М.В. Бунтов, В.А. Арефьев, И.Ю. Лапинов “MVN experiment – All sky monitor for measuring cosmic X-ray background of the universe onboard the ISS” опубликовано 13 мая 2021 в журнале *Experimental Astronomy* (IF = 2.012), том 51, 493-514, <https://doi.org/10.1007/s10686-021-09699-8> (поддержана грантом 14.W03.31.0021 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации).

Открытие самого мощного в рентгене квазара на красном смещении $z=5.5$

Г.А.Хорунжев, А.В.Мещераков, П.С.Медведев, Р.А.Буренин, Р.А.Кривонос, Р.А.Сюняев, С.Ю. Сазонов, М.Р.Гильфанов

В ходе первого обзора всего неба орбитальной обсерватории СРГ с помощью телескопа eROSITA открыт рентгеновский источник SRGE J170245.3+130104. Его оптический компаньон был отождествлен по фотометрическим признакам как кандидат в далекие квазары на $z>5.5$. Спектроскопические наблюдения объекта, проведенные в августе и сентябре 2020 года на 6-м телескопе БТА с помощью прибора SCORPIO-II, подтвердили, что источник является квазаром на красном смещении $z=5.466$. Рентгеновская светимость квазара составила $L_X=3.6^{+2.1}_{-1.5} \times 10^{46}$ эрг/с в диапазоне энергий 2--10 кэВ, а его рентгеновский спектр можно приблизительно описать степенным законом с наклоном $\Gamma=1.8$. Квазар оказался ярчайшим в рентгене среди всех известных квазаров на $z>5$. При этом он является и одним из самых радиогромких далеких квазаров (параметр радиогромкости $R \sim 1000$). Экстремальное значение рентгеновских и радиопотоков может указывать на то, что источник является блазаром. В статье приводится каталог всех зарегистрированных в рентгене на момент публикации статьи квазаров на $z>5$.

Оригинальная статья/статьи:

Г.А.Хорунжев, А.В.Мещераков, П.С.Медведев, В.Д.Борисов, Р.А.Буренин, Р.А.Кривонос, Р.И.Уклеин, Е.С.Шабловинская, В.Л.Афанасьев, С.Н.Додонов, Р.А.Сюняев, С.Ю. Сазонов, М.Р.Гильфанов, “Открытие самого мощного в рентгене квазара SRGE J170245.3+130104 на красном смещении $z = 5.5$ ” *Письма в Астрономический журнал*, т. 47, №3, (2021), ЛФ=1.384, Q3 (<http://dx.doi.org/10.1134/S1063773721030026>), (РНФ 19-12-00396)

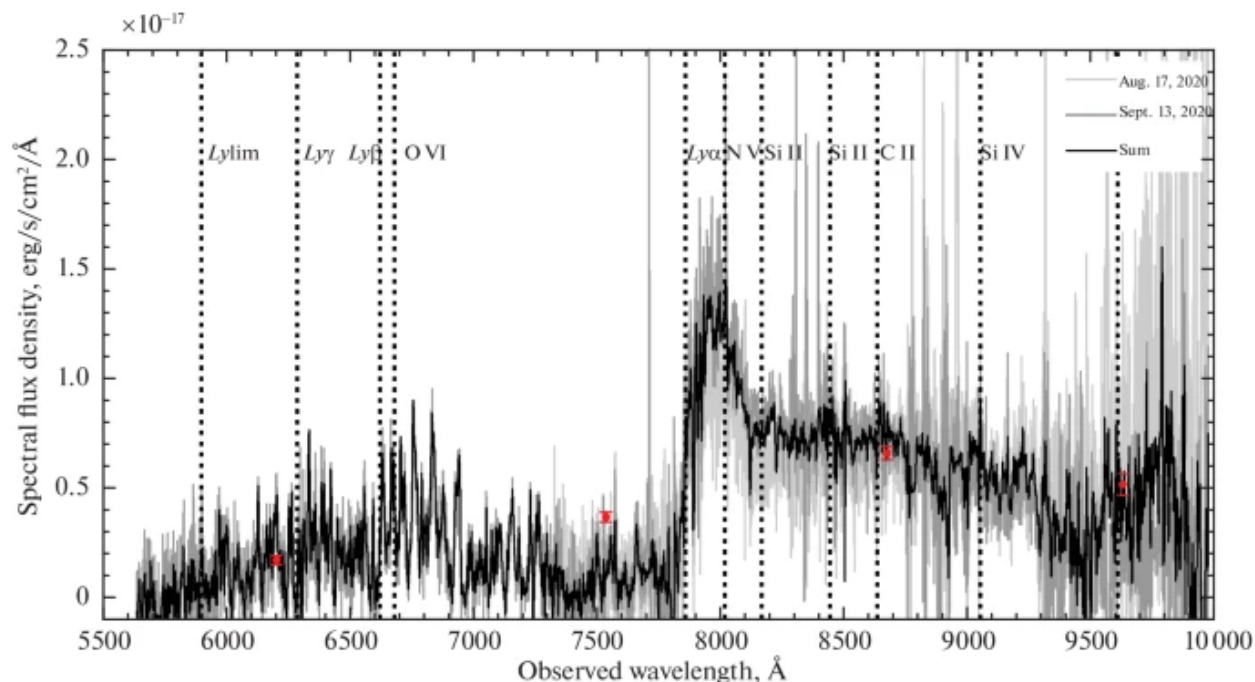


Рисунок 1. На рисунке приводится спектр далекого квазара SRGE J170245.3+130104. на $z=5.466$, полученный на БТА.

Исследования скоплений галактик в рентгеновском и микроволновом диапазонах

Е. Чуразов, И.Хабибуллин, Н.Лыскова, Р.Сюняев, Р.Буренин

Проведен анализа наблюдений скопления Кома (A1656) в рентгеновском диапазоне с помощью СРГ/еРОЗИТА. Сделан вывод, что структуры, видимые на рентгеновском изображении скопления могут быть объяснены недавним слиянием с группой галактик NGC 4839. Газ в ядре Комы прошел через две ударных волны: сначала через первичную ударную волну, вызванную NGC 4839 во время первого прохода через скопление несколько миллиардов лет назад, а совсем недавно - через вторичную ударную волну, связанную с возвращением газа в квази-гидростатическое равновесие.

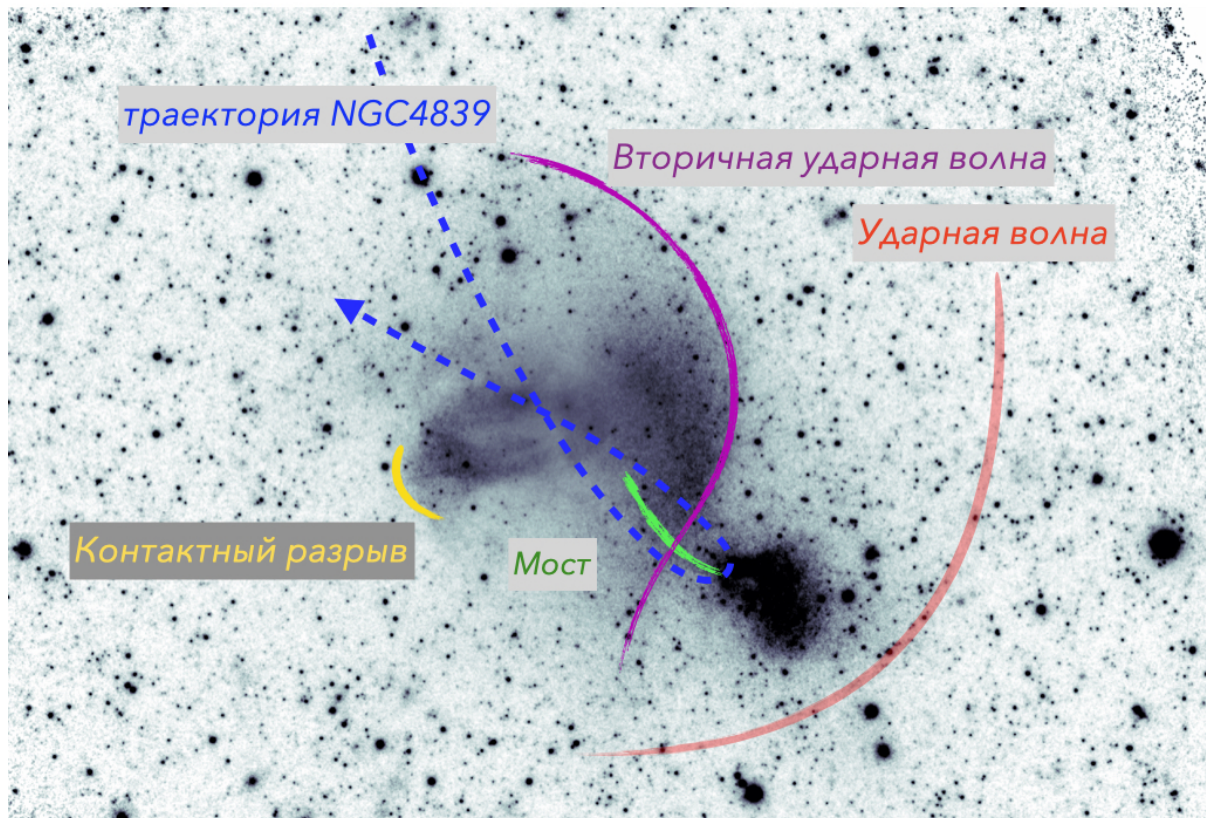


Рисунок 1. Рентгеновское изображение, в котором яркость центральной части искусственно подавлена, со схематичными обозначениями наиболее значимых структур, связанных с процессом слияния скопления с группой NGC 4839. Синей штриховой линией показана предполагаемая траектория группы, которая начала движение по направлению к центру скопления Кома с северо-запада и в настоящее время находится близко к апоцентру. Предполагаемое положение двух ударных волн показано кривыми красного и фиолетового цветов. Ударная волна, расположенная ближе к центру, обусловлена возвращением вытесненного газа обратно в состояние гидростатического равновесия. Это наиболее заметная особенность, которая непосредственно видна на изображении как резкий скачок поверхностной яркости. Зеленая линия показывает тусклый рентгеновский «мостик», соединяющий NGC 4839 с основным скоплением, который, возможно, является следом, оставленным группой при пролете через скопление Кома. Проведено численное моделирование возникновения ударных волн в сливающихся скоплениях. Проанализирован процесс возникновения пар волн, аналогичный известному механизму нелинейной эволюции звуковой волны в газодинамике.

Оригинальные статьи:

Churazov E., Khabibullin I., Lyskova N., Sunyaev R., Bykov A. M., "Tempestuous life beyond R500: X-ray view on the Coma cluster with SRG/eROSITA. I. X-ray morphology, recent merger, and radio halo connection" *Astronomy & Astrophysics*, 651, p.A41 (2021), IF=5.636, Q1, (<https://dx.doi.org/10.1051/0004-6361/202040197>), (поддержана грантом РНФ 19-12-00396)

Zhang C., Churazov E., Zhuravleva I., "Pairs of giant shock waves (N-waves) in merging galaxy clusters" *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 501, p.1038 (2021), IF=5.356, Q1, (<https://dx.doi.org/10.1093/mnras/staa3718>), (поддержана грантом РНФ 19-12-00396)

Исследования диффузной среды в Галактике в рентгеновском диапазоне

Е. Чуразов, И. Хабибуллин, Р. Сюняев

Открыт новый остаток вспышки сверхновой SRGB J0023 + 3625 = G116.6-26.1. Источник имеет большой угловой размер (~ 4 градуса в диаметре), почти круглую форму и рентгеновский спектр, в котором преобладают линии излучения гелие- и водородоподобного кислорода. Показано, что наиболее этот остаток, скорее всего, связан со сверхновой типа Ia, которая взорвалась около 40 000 лет назад в газе низкой плотности гало Млечного Пути на расстоянии ~ 3 кпк от Солнца. Низкая плотность газа означает, что время остывания и столкновительной ионизации намного больше, чем возраст SNR. Это приводит к относительно мягкому рентгеновскому спектру, отражающему состояние ионизации газа до прохождения ударной волны, и радикальному увеличению излучательной способности плазмы из-за усиленного столкновительного возбуждения горячими электронами. Если эта интерпретация правильна, этот редчайший объект дает нам уникальную возможность исследовать физические условия (плотности, температуры и металличности) вблизи границы раздела между диском Млечного Пути и гало.

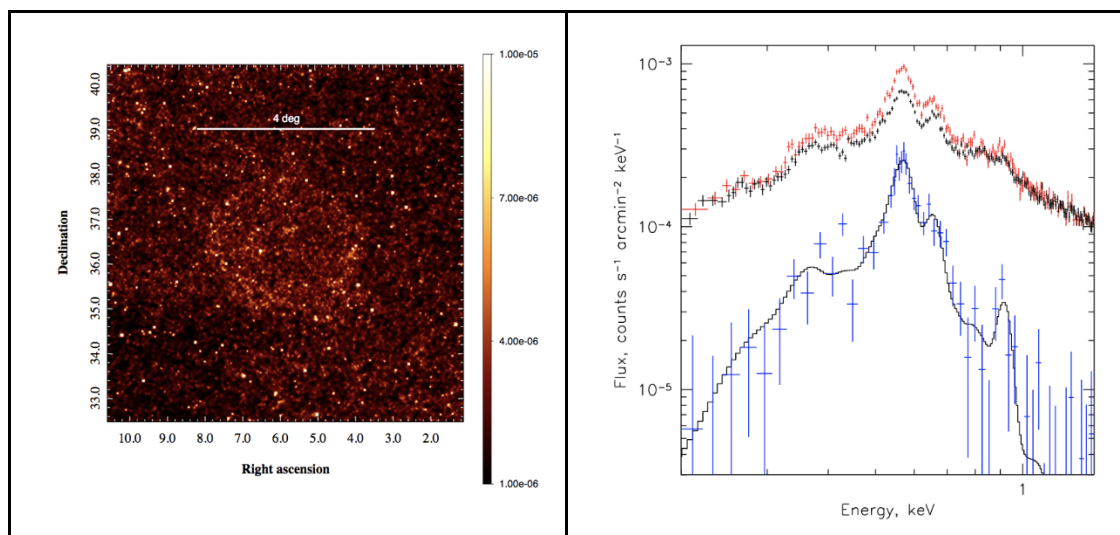


Рисунок 1. Слева - изображение области размером 8 на 8 градусов вокруг обнаруженного кандидата в остатки вспышки сверхновой G116.6-26.1, полученное телескопом eROSITA обсерватории СРГ в диапазоне 0.5-0.7 кэВ по данным трех обзоров всего неба. Слабое диффузное излучение практически круглого объекта отчетливо видно на фоне многочисленных точечных и умеренно-протяженных источников. Справа - спектр рентгеновского излучения из области G116.6-26.1 показан красным, из окружающей фоновой области - черным, разница между ними, т.е. спектр излучения непосредственно кандидата в остатки вспышки сверхновой, - синим. Излучение G116.6-26.1 в наибольшей степени определяется линиями гелие- и водородоподобного кислорода, а также неона. Черная кривая показывает его аппроксимацию моделью излучения равновесной горячей оптически тонкой плазмы с температурой 0.17 кэВ.

На основе наблюдений телескопом eROSITA обсерватории СРГ, проведенных на этапе калибровки и тестирования, построены широкоугольные карты излучения в диапазоне 4-8 кэВ, охватывающие всю Центральную Молекулярную Зону и характеризующиеся близкой к постоянной чувствительности во всей области. Был измерен поток рентгеновского излучения в диапазоне 4-8 кэВ от самого яркого в настоящее время (в отраженном излучении) молекулярного комплекса Sgr A и получены верхние пределы на поток от других молекулярных комплексов. Комплекс Sgr A сохраняет среднюю поверхностную яркость на уровне 4×10^{-13} эрг/с/см²/кв. угл. мин., что делает его отличным кандидатом для будущих глубоких наблюдений с высоким разрешением обсерваторией Chandra и первых картирующих поляриметрических наблюдений в рентгеновском диапазоне обсерваторией

IXPE. Подробно рассмотрены отличительные особенности отраженного излучения облаков, для которых фронт первичного облучения уже прошел, и в наблюдаемом сигнале преобладает многократно рассеянное излучение. Подобная ситуация, видимо, должна иметь место для некогда ярких в отраженном излучении комплексов как Sgr B2 и, возможно, Arches. Дальнейшие чувствительные наблюдения этих областей обсерваториями XMM-Newton, NuSTAR и ИНТЕГРАЛ будут способны проверить сделанные предсказания.

Оригинальная статья/статьи:

Churazov E. M., Khabibullin I. I., Bykov A. M., Chugai N. N., Sunyaev R. A., Zinchenko I. I., "SRG/eROSITA discovery of a large circular SNR candidate G116.6-26.1: SN Ia explosion probing the gas of the Milky Way halo?" Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 507, p.971 (2021), IF=5.356, Q1, (<https://dx.doi.org/10.1093/mnras/stab2125>), (поддержана грантом РФФИ 19-12-00396)

Khabibullin I., Churazov E., Sunyaev R., "SRG/eROSITA view of X-ray reflection in the Central Molecular Zone: a snapshot in September-October 2019" Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, (2021), IF=5.356, Q1, (<https://doi.org/10.1093/mnras/stab3333>), (поддержана грантом РФФИ 19-12-00396)

Заключение

В настоящем отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2021 г. по теме «Вселенная». По результатам этих исследований сотрудниками ИКИ РАН в 2021 г. были опубликованы 70 научных статей (30 без поддержки РФФИ). Из них:

- статьи в зарубежных изданиях – 52
- статьи в отечественных научных рецензируемых журналах – 17
- статьи в сборниках материалов конференций - 8
- астрономические телеграммы - 19

Одним из важнейших и уникальных результатов, полученных в ИКИ РАН за 2021 год, был признан результат, относящийся к теме «Вселенная»:

“Открытие далеких квазаров и событий приливного разрушения телескопом SRG/eROSITA”

Наиболее значимым результатом по теме “Вселенная” также является:

“Первые результаты орбитальной рентгеновской обсерватории SRG “

В заключение отметим, что работы по теме «Вселенная» проводились в соответствии с утвержденным планом и полностью выполнены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Публикации по теме ВСЕЛЕННАЯ (30)

Всего научных публикаций в 2021г: 70 (без трудов конференций и телеграмм)

В том числе в зарубежных изданиях: 52 (из них 30 РНФ)

Статьи в отечественных рецензируемых журналах: 18 (из них 10 РНФ)

статьи в сборниках и материалах конференций: 8

Телеграммы: 19

Статьи в научно - популярных изданиях: 1

Публикации в российских журналах

- 1) И.Ф. Бикмаев, Э.Н. Иртуганов, Е.А. Николаева, Н.А. Сахибуллин, Р.И. Гумеров, А.С. Склянов, М.В. Глушков, И.М. Хамитов, В.Д. Борисов, Р.А. Буренин, И.А. Зазнобин, Р.А. Кривонос, А. Р. Ляпин, П.С. Медведев, А.В. Мецераков, С.Ю. Сазонов, Р.А. Сюняев, Г.А. Хорунжеев, М.Р. Гильфанов. «Спектроскопическое определение красных смещений выборки далеких квазаров обсерватории СРГ по наблюдениям на РТТ-150. II» Письма в Астрономический журнал, т. 47, №5, с.311, (2021), (IF=1.384, Q3), DOI:<http://dx.doi.org/10.31857/S0320010821050028>
- 2) Дубинский А.Ю., Попель С.И. “О возможном механизме образования оксида железа в лунном реголите”, Астрономический вестник. Т. 55. № 4. С. 316-321, (2021), DOI: <https://doi.org/10.31857/S0320930X21040046>
- 3) Dubinsky, A. Y., & Popel, S. I., "On a Possible Process for the Formation of Iron Oxide in the Lunar Regolith", Solar System Research, 55, 309, (2021), (IF=0.706, Q4), DOI:10.1134/S0038094621040043
- 4) Голубь А.П., Попель С.И. К вопросу о потоках пылевых частиц, зафиксированных у поверхности Луны аппаратом Chang'e-3 // Астрономический вестник. 2021. Т. 55. No. 5. Р. 393-402, DOI: <https://doi.org/10.31857/S0320930X2104006X>
- 5) Golub', A. P., & Popel, S. I., "On the Fluxes of Dust Particles Detected near the Lunar Surface by the Chang'e 3 Lander", Solar System Research, 55, 389, (2021), (IF=0.706, Q4), DOI:10.1134/S0038094621040067
- 6) Dumin, Y. V., "The Problem of Flatness of the Universe in the Uncertainty-mediated Inflationary Model", Gravitation and Cosmology, 27, 302, (2021), (IF=1.173, Q4), DOI:10.1134/S0202289321030063
- 7) Сюняев Р.А. “Орбитальная обсерватория “Спектр-РГ”: Карты неба в рентгеновских лучах”, Вестник Российской Академии Наук, том 91, № 11, с. 1048–1062 (2021), http://www.ras.ru/publishing/ras herald/ras herald_pdf.aspx
- 8) Сагдеев Р. З., Зеленый Л. М., Попель С. И. Академик В.Е. Фортков и Международный проект «Вега» // Земля и Вселенная. 2021. No. 3. С. 76-91, (IF=0.132.) DOI: <https://doi.org/10.7868/S0044394821030075>

С поддержкой РНФ

- 1) А.В. Додин, Н.И. Шатский, А.А. Белинский, К.Е. Атапин, М.А. Бурлак, С.Г. Желтоухов, А.М. Татарников, К.А. Постнов, А.М. Черепашук, М.И. Бельведерский, В.Д. Борисов, Р.А. Буренин, М.Р. Гильфанов, Р.А. Кривонос, П.С. Медведев, А.В. Мецераков, С.Ю. Сазонов, Р.А. Сюняев, Г.А. Хорунжеев «Оптическая спектроскопия квазаров, открытых СРГ/eРОЗИТА, на 2.5-м телескопе Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ» Письма в Астрономический журнал, т. 47, №10, с.683, (2021) IF=1.384, Q3 (<https://dx.doi.org/10.31857/S0320010821100028>) (поддержана грантом РНФ 21-12-0343. Нац. проект «Наука» грант номер 075-15-202-778)
- 2) И.А. Зазнобин, Р.А. Буренин, И.Ф. Бикмаев, И.М. Хамитов, Г.А. Хорунжеев, А.Р. Ляпин, М.В. Еселевич, Н.С. Лыскова, П.С. Медведев, М.Р. Гильфанов, Р.А. Сюняев «Спектроскопические измерения красных смещений скоплений галактик из обзора обсерватории им. Планка и наблюдение этих скоплений в обзоре СРГ/eРОЗИТА» Письма в Астрономический журнал, 47, №2, стр.79-88, (2021) DOI:10.31857/S0320010821020066 IF=1.384, Q3 (поддержан РНФ 18-12-00520)
- 3) И.А. Зазнобин, Р.А. Буренин, А.Р. Ляпин, Г.А. Хорунжеев, В.Л. Афанасьев, А.А. Гроховская, С.Н. Додонов, М.В. Еселевич, Р.И. Уклеин, И.Ф. Бикмаев, И.М. Хамитов, М.Р. Гильфанов, Н.С. Лыскова, П.С. Медведев, Р.А. Сюняев «Спектроскопические измерения красных смещений скоплений галактик из обзора поля Локмана телескопа eРОЗИТА на борту обсерватории СРГ» Письма в Астрономический журнал, 47, №3, стр.174-182, (2021) DOI:10.31857/S0320010821030098 IF=1.384, Q3 (поддержан РНФ 18-12-00520)
- 4) И.А. Зазнобин, Г.С. Усков, С.Ю. Сазонов, Р.А. Буренин, П.С. Медведев, Г.А. Хорунжеев, А.Р. Ляпин, Р.А. Кривонос, Е.В. Филиппова, М.Р. Гильфанов, Р.А. Сюняев, М.В. Еселевич, И.Ф. Бикмаев, Э.Н. Иртуганов, Е.А. Николаева «Оптическое отождествление кандидатов в активные ядра галактик, обнаруженных телескопом ART-XC им. М.Н. Павлинского обсерватории СРГ в ходе рентгеновского обзора всего неба» Письма в Астрономический журнал, 47, №2, стр.89-106, (2021) DOI:10.31857/S0320010821020078 IF=1.384, Q3 (поддержан РНФ 19-12-00396)
- 5) С.А. Прохоренко, С.Ю. Сазонов, «Темп роста сверхмассивных черных дыр и его зависимость от массы звездного населения галактик в современную эпоху», Письма в Астрономический журнал, том 47, номер 8, стр.537-556 (2021), <https://doi.org/10.31857/S0320010821080039>, IF=1.384, Q3 Web of Science (поддержана грантом РНФ 19-12-00396)
- 6) А.С. Горбан, С.В. Мольков, С.С. Цыганков, А.А. Лутовинов, “Исследование рентгеновского пульсара XTE J1946+274 по данным обсерватории NuSTAR”, Письма в Астрономический Журнал, том 47, №6, с.416-427 (2021), IF =1.384, Q3, <http://dx.doi.org/10.31857/S0320010821060048>, <https://arxiv.org/abs/2110.05337> ; (поддержана грантом РНФ 19-12-00423)
- 7) Семена А. Н. , Мереминский И. А., Арефьев В. А. , Лутовинов А. А.

- 8) Г.А.Хорунжеев, А.В.Мещеряков, П.С.Медведев, В.Д.Борисов, Р.А.Буренин, Р.А.Кривонос, Р.И.Уклеин, Е.С.Шабловинская, В.Л.Афанасьев, С.Н.Додонов, Р.А.Сюняев, С.Ю. Сазонов, М.Р.Гильфанов, "Открытие самого мощного в рентгене квазара SRGE J170245.3+130104 на красном смещении $z = 5.5$ " Письма в Астрономический журнал, т. 47, №3, (2021), (IF=1.384, Q3) (<http://dx.doi.org/10.1134/S1063773721030026>), (РНФ 19-12-00396)
- 9) Е. Кузнецова, А. Лутовинов, А. Семена, "Фазированная спектроскопия магнитара SGR J1745-2900 по данным обсерватории NuSTAR", Письма в астрономический журнал, 47, 4, сс.250-259, IF=1.384, Q3, <https://doi.org/10.31857/S0320010821040070> (поддержана грантом РФФИ 19-32-90283 и грантом Правительства РФ №14.W03.31.0021)
- 10) Burenin, R. A., Bikmaev, I. F., Gilfanov, M. R., Grokhovskaya, A. A., Dodonov, S. N., Eiselevich, M. V., Zaznabin, I. A., Irtuganov, E. N., Lyskova, N. S., Medvedev, P. S., Meshcheryakov, A. V., Moiseev, A. V., Sazonov, S. Y., Starobinsky, A. A., Sunyaev, R. A., Uklein, R. I., Khabibullin, I. I., Khamitov, I. M., & Churazov, E. M., "Observation of a Very Massive Galaxy Cluster at $z = 0.76$ in the SRG/eROSITA All-Sky Survey", Astronomy Letters, 47, 443, (2021), (IF=1.384, Q3) DOI:10.1134/S1063773721070045(поддержан РНФ 21-12-00210)

Публикации в иностранных журналах

- 1) Pavlinsky, M., Tkachenko, A., Levin, V., Alexandrovich, N., Arefiev, V., Babyshkin, V., Batanov, O., Bodnar, Y., Bogomolov, A., Bubnov, A., Buntov, M., Burenin, R., Chelovekov, I., Chen, C.-T., Drozdova, T., Ehlert, S., Filippova, E., Frolov, S., Gamkov, D., Garanin, S., Garin, M., Glushenko, A., Gorelov, A., Grebenev, S., Grigorovich, S., Gureev, P., Gurova, E., Ilkaev, R., Katasonov, I., Krivchenko, A., Krivonos, R., Korotkov, F., Kudelin, M., Kuznetsova, M., Lazarchuk, V., Lomakin, I., Lapshov, I., Lipilin, V., Lutovinov, A., Mereminskiy, I., Molkov, S., Nazarov, V., Oleinikov, V., Pikalov, E., Ramsey, B. D., Roiz, I., Rotin, A., Ryadov, A., Sankin, E., Sazonov, S., Sedov, D., Semena, A., Semena, N., Serbinov, D., Shirshakov, A., Shtykovsky, A., Shvetsov, A., Sunyaev, R., Swartz, D. A., Tambov, V., Voron, V., & Yaskovich, A., "The ART-XC telescope on board the SRG observatory", Astronomy and Astrophysics, 650, A42, (2021), (IF=5.636, Q1), DOI:10.1051/0004-6361/202040265
- 2) Türler, M., Tatischeff, V., Beckmann, V., & Churazov, E., "INTEGRAL serendipitous observations of solar and terrestrial X-rays and gamma rays", New Astronomy Reviews, 93, 101616, (2021), (IF=3.286, Q1), DOI:10.1016/j.newar.2021.101616
- 3) Kuulkers, E., Ferrigno, C., Kretschmar, P., ... Grebenev, S. A., ... Winkler, C., & Zannoni, U., "INTEGRAL reloaded: Spacecraft, instruments and ground system", New Astronomy Reviews, 93, 101629, (2021), (IF=3.286, Q1), DOI:10.1016/j.newar.2021.101629

- 4) Ge, C., Sun, M., Yagi, M., Fossati, M., Forman, W., Jáchym, P., Churazov, E., Zhuravleva, I., Boselli, A., Jones, C., Ji, L., & Luo, R., "The BIG X-ray tail", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 508, L69, (2021), (IF=5.356, Q1), DOI:10.1093/mnras/lsab108
- 5) Bykov, A. M., Uvarov, Y. A., Churazov, E. M., Gilfanov, M. R., & Medvedev, P. S., "Spatially resolved X-ray spectra of the Galactic SNR G18.95-1.1: SRG/eROSITA view", *Astronomy & Astrophysics*, (2021), (IF=5.636, Q1), DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141024>
- 6) Brienza, M., Shimwell, T. W., de Gasperin, F., Bikmaev, I., Bonafede, A., Botteon, A., Brüggén, M., Brunetti, G., Burenin, R., Capetti, A., Churazov, E., Hardcastle, M. J., Khabibullin, I., Lyskova, N., Röttgering, H. J. A., Sunyaev, R., van Weeren, R. J., Gastaldello, F., Mandal, S., Purser, S. J. D., Simionescu, A., & Tasse, C., "A snapshot of the oldest active galactic nuclei feedback phases", *Nature Astronomy*, (2021), (IF=14.44, Q1), DOI:10.1038/s41550-021-01491-0
- 7) Zhang, C., Zhuravleva, I., Kravtsov, A., & Churazov, E., "Evolution of splashback boundaries and gaseous outskirts: insights from mergers of self-similar galaxy clusters", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 506, 839, (2021), (IF=5.356, Q1), DOI:10.1093/mnras/stab1546
- 8) Heinrich, A. M., Chen, Y.-H., Heinz, S., Zhuravleva, I., & Churazov, E., "Constraining black hole feedback in galaxy clusters from X-ray power spectra", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 505, 4646, (2021), (IF=5.356, Q1), DOI:10.1093/mnras/stab1557
- 9) Hare, J., Halpern, J. P., Tomsick, J. A., Thorstensen, J. R., Bodaghee, A., Clavel, M., Krivonos, R., & Mori, K., "Chandra, NuSTAR, and Optical Observations of the Cataclysmic Variables IGR J17528-2022 and IGR J20063+3641", *The Astrophysical Journal*, 914, 85, (2021), (IF= 5.745, Q1), DOI:10.3847/1538-4357/abfa96
- 10) Soffitta, P., Bucciantini, N., Churazov, E., Costa, E., Dovciak, M., Feng, H., Heyl, J., Ingram, A., Jahoda, K., Kaaret, P., Kallman, T., Karas, V., Khabibullin, I., Krawczynski, H., Malzac, J., Marin, F., Marshall, H., Matt, G., Muleri, F., Mundell, C., Pearce, M., Petrucci, P.-O., Poutanen, J., Romani, R., Santangelo, A., Tagliaferri, G., Taverna, R., Turolla, R., Vink, J., & Zane, S., "A polarized view of the hot and violent universe", *Experimental Astronomy*, 51, 1109, (2021), (IF=2.012, Q2), DOI:10.1007/s10686-021-09722-y
- 11) Chluba, J., Abitbol, M. H., Aghanim, N., Ali-Haïmoud, Y., Alvarez, M., Basu, K., Bolliet, B., Burigana, C., de Bernardis, P., Delabrouille, J., Dimastrogiovanni, E., Finelli, F., Fixsen, D., Hart, L., Hernández-Monteagudo, C., Hill, J. C., Kogut, A., Kohri, K., Lesgourgues, J., Maffei, B., Mather, J., Mukherjee, S., Patil, S. P., Ravenni, A., Remazeilles, M., Rotti, A., Rubiño-Martín, J. A., Silk, J., Sunyaev, R. A., & Switzer, E. R., "New horizons in cosmology with spectral distortions of the cosmic microwave background", *Experimental Astronomy*, 51, 1515, (2021), (IF=2.012, Q2), DOI:10.1007/s10686-021-09729-5

- 12) Delabrouille J., Abitbol M. H., Aghanim N., ... Churazov E., ... Khabibullin I., ... Sunyaev R., Switzer E. R., Tartari A., Trombetti T., Zubeldia Í., "Microwave spectro-polarimetry of matter and radiation across space and time", *Experimental Astronomy*, 51, 1471, (2021), (IF=2.012, Q2), DOI:10.1007/s10686-021-09721-z

- 13) Basu, K., Remazeilles, M., Melin, J.-B., Alonso, D., Bartlett, J. G., Battaglia, N., Chluba, J., Churazov, E., Delabrouille, J., Erler, J., Ferraro, S., Hernández-Monteagudo, C., Hill, J. C., Hotinli, S. C., Khabibullin, I., Madhavacheril, M., Mroczkowski, T., Nagai, D., Raghunathan, S., Rubino-Martin, J. A., Sayers, J., Scott, D., Sugiyama, N., Sunyaev, R., & Zubeldia, Í., "A space mission to map the entire observable universe using the CMB as a backlight", *Experimental Astronomy*, 51, 1555, (2021), (IF=2.012, Q2), DOI:10.1007/s10686-021-09748-2

- 14) Nicastro, F., Kaastra, J., Argiroffi, C., Behar, E., Bianchi, S., Bocchino, F., Borgani, S., Branduardi-Raymont, G., Bregman, J., Churazov, E., Diaz-Trigo, M., Done, C., Drake, J., Fang, T., Grosso, N., Luminari, A., Mehdipour, M., Paerels, F., Piconcelli, E., Pinto, C., Porquet, D., Reeves, J., Schaye, J., Sciortino, S., Smith, R., Spiga, D., Tomaru, R., Tombesi, F., Wijers, N., & Zappacosta, L., "The Voyage of Metals in the Universe from Cosmological to Planetary Scales: the need for a Very High-Resolution, High Throughput Soft X-ray Spectrometer", *Experimental Astronomy*, 51, 1013, (2021), (IF=2.012, Q2), DOI:10.1007/s10686-021-09710-2

- 15) Di Mascolo, L., Mroczkowski, T., Perrott, Y., Rudnick, L., James Jee, M., HyeonHan, K., Churazov, E., Collier, J. D., Diego, J. M., Hopkins, A. M., Kim, J., Koribalski, B. S., Marvil, J. D., van der Burg, R., & West, J. L., "Multiwavelength view of SPT-CL J2106-5844. The radio galaxies and the thermal and relativistic plasmas in a massive galaxy cluster merger at $z \simeq 1.13$ ", *Astronomy and Astrophysics*, 650, A153, (2021), (IF=5.636, Q1), DOI:10.1051/0004-6361/202040260

- 16) Shakura, N. I., Kolesnikov, D. A., Medvedev, P. S., Sunyaev, R. A., Gilfanov, M. R., Postnov, K. A., & Molkov, S. V., "Observations of Her X-1 in low states during SRG/eROSITA all-sky survey", *Astronomy and Astrophysics*, 648, A39, (2021), (IF=5.636, Q1), DOI:10.1051/0004-6361/202040145

- 17) Sunyaev, R., Arefiev, V., Babyshkin, V., Bogomolov, A., Borisov, K., Buntov, M., Brunner, H., Burenin, R., Churazov, E., Coutinho, D., Eder, J., Eismont, N., Freyberg, M., Gilfanov, M., Gureyev, P., Hasinger, G., Khabibullin, I., Kolmykov, V., Komovkin, S., Krivonos, R., Lapshov, I., Levin, V., Lomakin, I., Lutovinov, A., Medvedev, P., Merloni, A., Mernik, T., Mikhailov, E., Molodtsov, V., Mzhelsky, P., Mueller, S., Nandra, K., Nazarov, V., Pavlinsky, M., Poghodin, A., Predehl, P., Robrade, J., Sazonov, S., Scheuerle, H., Shirshakov, A., Tkachenko, A., & Voron, V., "The SRG X-ray orbital observatory, its telescopes and first scientific results", *Astronomy and Astrophysics* 656, A132, (2021), (IF=5.636, Q1), DOI: 10.1051/0004-6361/202141179

- 18) Predehl, P., Andritschke, R., Arefiev, V., Babyshkin, V., Batanov, O., Becker, W., Böhringer, H., Bogomolov, ..., Buntov, M., Burwitz, V., Burkert, W., Clerc, N., Churazov, E., Coutinho, D., Dauser, T., Dennerl, K., Doroshenko, V., Eder, J., Emberger, V., Eraerds, T., Finoguenov, A., ..., Gilfanov, M., Granato, S., Grossberger, C., Gueguen, A., Gureev, P., Haberl, F., Hälker, O., Hartner, G., Hasinger, G., Huber, H., Ji, L., Kienlin, A. v .,

Kink, W., Korotkov, F., Kreykenbohm, I., Lamer, G., Lomakin, I., Lapshov, I., Liu, ..., K., Nazarov, V., Pacaud, F., Pavlinsky, M., Perinati, E., ... Sunyaev, R., Tenzer, C., Tiedemann, L., Trümper, J., Voron, V., Weber, P., Wilms, J., & Yaroshenko, V., "The eROSITA X-ray telescope on SRG", *Astronomy and Astrophysics*, 647, A1, (2021), (IF=5.636, Q1), DOI:10.1051/0004-6361/202039313

19) Ponti, G., Morris, M. R., Churazov, E., Heywood, I., & Fender, R. P., "The Galactic center chimneys: the base of the multiphase outflow of the Milky Way", *Astronomy and Astrophysics*, 646, A66, (2021), (IF=5.636, Q1), DOI:10.1051/0004-6361/202039636

20) Opher, M., Drake, J. F., Zank, G., Powell, E., Shelley, W., Kornbleuth, M., Florinski, V., Izmodenov, V., Giacalone, J., Fuselier, S., Dialynas, K., Loeb, A., & Richardson, J., "A Turbulent Heliosheath Driven by the Rayleigh-Taylor Instability", *The Astrophysical Journal*, 922, 181, (2021), (IF=5.745, Q1), DOI:10.3847/1538-4357/ac2d2e

21) Müllner, M., Zwintz, K., Corsaro, E., Steindl, T., Potravnov, I., Guenther, E. W., Kniazev, A., & Gvaramadze, V., "Searching for solar-like oscillations in pre-main sequence stars using APOLLO. Can we find the young Sun?", *Astronomy and Astrophysics*, 647, A168, (2021), (IF=5.636, Q1), DOI:10.1051/0004-6361/202039578

22) Schwobe, A., Buckley, D. A. H., Kawka, A., König, O., Lutovinov, A., Maitra, C., Mereminskiy, I., Miller-Jones, J., Pichardo Marciano, M., Rau, A., Semena, A., Townsend, L. J., & Wilms, J., "Identification of SRGt 062340.2-265715 as a bright, strongly variable, novalike cataclysmic variable", *Astronomy and Astrophysics*, (2021), (IF=5.636, Q1), DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141153>

С поддержкой РНФ

1) Sazonov, S., Gilfanov, M., Medvedev, P., Yao, Y., Khorunzhev, G., Semena, A., Sunyaev, R., Burenin, R., Lyapin, A., Meshcheryakov, A., Uskov, G., Zaznabin, I., Postnov, K. A., Dodin, A. V., Belinski, A. A., Cherepashchuk, A. M., Eselevich, M., Dodonov, S. N., Grokhovskaya, A. A., Kotov, S. S., Bikmaev, I. F., Zhuchkov, R. Y., Gumerov, R. I., van Velzen, S., & Kulkarni, S., "First tidal disruption events discovered by SRG/eROSITA: X-ray/optical properties and X-ray luminosity function at $z < 0.6$ ", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 508, 3820, (2021), (IF=5.356, Q1), DOI:10.1093/mnras/stab2843 (**поддержана грантом РНФ 21-12-00343**)

2) Salganik, A., Tsygankov, S. S., Djupvik, A. A., Karasev, D. I., Lutovinov, A. A., Buckley, D. A. H., Gromadzki, M., & Poutanen, J., "On the nature of the X-ray pulsar XTE J1859+083 and its broadband properties", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, (2021), (IF=5.356, Q1), DOI:10.1093/mnras/stab3362 (**поддержана мегагрантом 14.W03.31.0021**)

3) Khabibullin I., Churazov E., Sunyaev R., "SRG/eROSITA view of X-ray reflection in the Central Molecular Zone: a snapshot in September-October 2019" *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, (2021), (IF=5.356,

Q1), DOI:<https://doi.org/10.1093/mnras/stab3333> (поддержана грантом РФФ 19-12-00396)

- 4) Nabizadeh, A., Tsygankov, S. S., Molkov, S. V., Karasev, D. I., Ji, L., Lutovinov, A. A., & Poutanen, J., "Broad-band analysis of X-ray pulsar 2S 1845-024", *Astronomy & Astrophysics* (2021), (IF=5.636, Q1), DOI: 10.1051/0004-6361/202141608 (поддержана мегагрантом 14.W03.31.0021)
- 5) Kuuttila, J., & Gilfanov, M., "Optical emission-line spectra of symbiotic binaries", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 507, 594, (2021), (IF=5.356, Q1), DOI:10.1093/mnras/stab2025 (поддержана грантом РФФ 19-12-00369)
- 6) Churazov, E. M., Khabibullin, I. I., Bykov, A. M., Chugai, N. N., Sunyaev, R. A., & Zinchenko, I. I., "SRG/eROSITA discovery of a large circular SNR candidate G116.6-26.1: SN Ia explosion probing the gas of the Milky Way halo?", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 507, 971, (2021), (IF=5.356, Q1), DOI:10.1093/mnras/stab2125 (поддержана грантом РФФ 19-12-00396)
- 7) Bykov, S. D., Filippova, E. V., Gilfanov, M. R., Tsygankov, S. S., Lutovinov, A. A., & Molkov, S. V., "Pulsating iron spectral features in the emission of X-ray pulsar V 0332+53", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 506, 2156, (2021), (IF=5.356, Q1), DOI:10.1093/mnras/stab1852 (поддержана мегагрантом 14.W03.31.0021)
- 8) Tsygankov, S. S., Molkov, S. V., Doroshenko, V., Mushtukov, A. A., Mereminskiy, I. A., Semena, A. N., Thalhammer, P., Wilms, J., & Lutovinov, A. A., "SRG/ART-XC, Swift, NICER and NuSTAR study of different states of the transient X-ray pulsar MAXI J0903-531", *Astronomy & Astrophysics*, (2021), (IF=5.636, Q1), DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141821> (поддержана мегагрантом 14.W03.31.0021)
- 9) I. Zaznobin, S. Sazonov, R. Burenin, G. Uskov, A. Semena, M. Gilfanov, P. Medvedev, R. Sunyaev, M. Eiselevich «Identification of three cataclysmic variables detected by the ART-XC and eROSITA telescopes on board the SRG during the all-sky X-ray survey» *Astronomy & Astrophysics, The Early Data Release of eROSITA and Mikhail Pavlinsky ART-XC on the SRG mission* (2021), (IF=5.636, Q1), DOI:10.1051/0004-6361/202141777 (поддержан РФФ 21-12-00210)
- 10) Molkov, S., Doroshenko, V., Lutovinov, A., Tsygankov, S., Santangelo, A., Mereminskiy, I., & Semena, A., "Discovery of the 5 keV Cyclotron Line Followed by Three Harmonics in Swift J1626.6-5156", *The Astrophysical Journal*, 915, L27, (2021), (IF= 5.745, Q1), DOI:10.3847/2041-8213/ac0c15 (поддержана грантом РФФ 19-12-00423)
- 11) Mereminskiy, I. A., Dodin, A. V., Lutovinov, A. A., Semena, A. N., Arefiev, V. A., Atapin, K. E., Belinski, A. A., Burenin, R. A., Burlak, M. V., Eiselevich, M. V., Fedotieva, A. A., Gilfanov, M. R., Ikonnikova, N. P., Krivonos, R. A., Lapshov, I. Yu., Lyapin, A. R., Medvedev, P. S., Molkov, S. V., Postnov, K. A., Pshirkov, M. S. Sazonov, S. Yu., Shakura, N. I., Shtykovsky, A. E., Sunyaev, R. A., Tatarnikov, A. M., Tkachenko, A. Yu., Zheltoukhov, S. G., «Peculiar X-ray transient discovered with SRG/ART-XC», *Astronomy&Astrophysics special*

issue: «The Early Data Release of eROSITA and Mikhail Pavlinsky ART-XC on the SRG mission», (2021), (IF=5.802, Q1) DOI:<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141410> (поддержана грантом РФ 19-12-00423)

- 12) M. Pavlinsky, S. Sazonov, R. Burenin, E. Filippova, R. Krivonos, V. Arefiev, M. Buntov, C.-T. Chen, S. Ehlert, I. Lapshov, V. Levin, A. Lutovinov, A. Lyapin, I. Mereminskiy, S. Molkov, B.D. Ramsey, A. Semena, N. Semena, A. Shtykovsky, R. Sunyaev, A. Tkachenko, D.A. Swartz, A. Vikhlinin, "SRG/ART-XC all-sky X-ray survey: Catalog of sources detected during the first year", *Astronomy & Astrophysics, special issue "The Early Data Release of eROSITA and Mikhail Pavlinsky ART-XC on the SRG mission"* (2021), DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141770>, (IF = 5.802, Q1) (поддержана грантом РФ 19-12-00396)

- 13) Churazov, E., Khabibullin, I., Lyskova, N., Sunyaev, R., & Bykov, A. M., "Tempestuous life beyond R500: X-ray view on the Coma cluster with SRG/eROSITA. I. X-ray morphology, recent merger, and radio halo connection", *Astronomy and Astrophysics*, 651, A41, (2021), (IF=5.636, Q1), DOI:10.1051/0004-6361/202040197 (поддержана грантом РФ 19-12-00396)

- 14) Mereminskiy, I. A., Mushtukov, A. A., Lutovinov, A. A., Tsygankov, S. S., Semena, A. N., Molkov, S. V., Shtykovsky, A. E., «Losing a minute every two years: SRG X-ray view on the rapidly accelerating X-ray pulsar SXP1323», *Astronomy&Astrophysics special issue: «The Early Data Release of eROSITA and Mikhail Pavlinsky ART-XC on the SRG mission»*, (2021), (IF=5.802,Q1), DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141813> (Поддержана грантом Правительства РФ 14.W03.31.0021)

- 15) Medvedev, P., Gilfanov, M., Sazonov, S., Schartel, N., & Sunyaev, R., "XMM-Newton observations of the extremely X-ray luminous quasar CFHQS J142952+544717=SRGE J142952.1 + 544716 at redshift $z = 6.18$ ", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 504, 576, (2021), (IF=5.356, Q1), DOI:10.1093/mnras/stab773(поддержана грантом РФ 19-12-00396)

- 16) Isern, J., Hernanz, M., Bravo, E., Grebenev, S., Jean, P., Renaud, M., Siegert, T., & Vink, J., "Synthesis of radioactive elements in novae and supernovae and their use as a diagnostic tool", *New Astronomy Reviews*, 92, 101606, (2021), (IF=3.286, Q1), DOI:10.1016/j.newar.2020.101606 (поддержана грантом РФ 19-12-00522)

- 17) Krivonos, R. A., Bird, A. J., Churazov, E. M., Tomsick, J. A., Bazzano, A., Beckmann, V., Bélanger, G., Bodaghee, A., Chaty, S., Kuulkers, E., Lutovinov, A., Malizia, A., Masetti, N., Mereminskiy, I. A., Sunyaev, R., Tsygankov, S. S., Ubertini, P., & Winkler, C., "15 years of galactic surveys and hard X-ray background measurements", *New Astronomy Reviews*, 92, 101612, (2021), (IF=3.286, Q1), DOI:10.1016/j.newar.2021.101612(поддержана грантом РФ 19-12-00369)

- 18) Tomsick, J. A., Coughenour, B. M., Hare, J., Krivonos, R., Bodaghee, A., Chaty, S., Clavel, M., Fornasini, F. M., Rodriguez, J., & Shaw, A. W., "Using Chandra Localizations and Gaia Distances and Proper Motions to Classify Hard X-Ray Sources Discovered by INTEGRAL", *The Astrophysical Journal*, 914, 48, (2021), (IF= 5.745, Q1), DOI:10.3847/1538-4357/abfa1a (поддержана грантом РФ 19-12-00396)

- 19) Serbinov, D. V., Pavlinsky, M. N., Semena, A. N., Semena, N. P., Lutovinov, A. A., Molkov, S. V., Buntov, M. V., Arefiev, V. A., & Lapshov, I. Y., "MVN experiment - All sky monitor for measuring cosmic X-ray background of the universe onboard the ISS", *Experimental Astronomy*, (2021), (IF=2.012, Q2), DOI:10.1007/s10686-021-09699-8 (**поддержана мегагрантом 14.W03.31.0021**)

- 20) Lutovinov, A., Tsygankov, S., Molkov, S., Doroshenko, V., Mushtukov, A., Arefiev, V., Lapshov, I., Tkachenko, A., & Pavlinsky, M., "SRG/ART-XC and NuSTAR Observations of the X-Ray pulsar GRO J1008-57 in the Lowest Luminosity State", *The Astrophysical Journal*, 912, 17, (2021), (IF= 5.745, Q1), DOI:10.3847/1538-4357/abec43 (**поддержана грантом РФФ 19-12-00423**)

- 21) Krivonos, R., Wik, D., Grefenstette, B., Madsen, K., Perez, K., Rossland, S., Sazonov, S., & Zoglauer, A., "NuSTAR measurement of the cosmic X-ray background in the 3-20 keV energy band", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 502, 3966, (2021), (IF=5.356, Q1), DOI:10.1093/mnras/stab209(**поддержана грантом РФФ 19-12-00396**)

- 22) Malacaria, C., Kretschmar, P., Madsen, K. K., Wilson-Hodge, C. A., Coley, J. B., Jenke, P., Lutovinov, A. A., Pottschmidt, K., Tsygankov, S. S., & Wilms, J., "The X-Ray Pulsar XTE J1858+034 Observed with NuSTAR and Fermi/GBM: Spectral and Timing Characterization plus a Cyclotron Line", *The Astrophysical Journal*, 909, 153, (2021), (IF= 5.745, Q1), DOI:10.3847/1538-4357/abddbc (**поддержана грантом РФФ 19-12-00423**)

- 23) Tsygankov, S. S., Lutovinov, A. A., Molkov, S. V., Djupvik, A. A., Karasev, D. I., Doroshenko, V., Mushtukov, A. A., Malacaria, C., Kretschmar, P., & Poutanen, J., "X-Ray Pulsar XTE J1858+034: Discovery of the Cyclotron Line and the Revised Optical Identification", *The Astrophysical Journal*, 909, 154, (2021), (IF= 5.745, Q1), DOI:10.3847/1538-4357/abddbd (**поддержана грантом РФФ 19-12-00423**)

- 24) Barinov, V. V., Burenin, R. A., Gorbunov, D. S., & Krivonos, R. A., "Towards testing sterile neutrino dark matter with the Spectrum-Roentgen-Gamma mission", *Physical Review D*, 103, 063512, (2021), (IF=5.296, Q1), DOI:10.1103/PhysRevD.103.063512 (**поддержана грантами РФФ 17-12-01547, 18-12-00520**)

- 25) Grefenstette, B. W., Ludlam, R. M., Thompson, E. T., García, J. A., Hare, J., Jaodand, A. D., Krivonos, R. A., Madsen, K. K., Mastroserio, G., Slaughter, C. M., Tomsick, J. A., Wik, D., & Zoglauer, A., "StrayCats: A Catalog of NuSTAR Stray Light Observations", *The Astrophysical Journal*, 909, 30, (2021), (IF= 5.745, Q1), DOI:10.3847/1538-4357/abe045 (**поддержана грантом РФФ 19-12-00369**)

- 26) Zhang, C., Churazov, E., & Zhuravleva, I., "Pairs of giant shock waves (N-waves) in merging galaxy clusters", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 501, 1038, (2021), (IF=5.356, Q1), DOI:10.1093/mnras/staa3718 (**поддержана грантом РФФ 19-12-00396**)

- 27) Galiullin, I., & Gilfanov, M., "Populations of super-soft X-ray sources in galaxies of different morphological types", *Astronomy and Astrophysics*, 646, A85, (2021), (IF=5.636, Q1), DOI:10.1051/0004-6361/202039522 abcd98 (поддержана грантом РФФ 19-12-00369)
- 28) Kuuttila, J., Gilfanov, M., Woods, T. E., Seitenzahl, I. R., & Ruiter, A. J., "LIN 358: a symbiotic binary accreting above the steady hydrogen fusion limit", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 500, 3763, (2021), (IF=5.356, Q1), DOI:10.1093/mnras/staa3485 (поддержана грантом РФФ 14-22- 00271)
- 29) Baklanov, P., Lyskova, N., Blinnikov, S., & Nomoto, K., "Strongly Lensed Supernova Refsdal: Refining Time Delays Based on the Supernova Explosion Models", *The Astrophysical Journal*, 907, 35, (2021), (IF= 5.745, Q1), DOI:10.3847/1538-4357/abcd98 (поддержана грантом РФФ 18-12-00520)
- 30) E. Kuznetsova, R. Krivonos, A. Lutovinov, M. Clavel, "Sgr B2 hard X-ray emission with INTEGRAL after 2009: still detectable?", *MNRAS*, 509, 2, p. 1605, (IF=5.287, Q1), DOI: <https://doi.org/10.1093/mnras/stab3004>, (поддержана грантом РФФ 19-12-00369)

Публикации конференций

1. Baliukin I.I., "Backscattered solar Lyman- α emission as a tool for the heliospheric boundary exploration" (Online), Workshop "The Heliosphere in the Local Interstellar Medium", International Space Science Institute (ISSI), Берн, Швейцария, 8–12 ноября 2021
https://www.issibern.ch/workshops/heliosphere/wp-content/uploads/2021/11/Program_Heliosphere-Nov21.pdf
2. Корольков С.Д., Измоленов В.В., "Влияние числа Кнудсена на астросферы: от свободно-молекулярного течения до сплошной среды" (Устный), XXVIII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2021», Москва, Россия, 13-15 апреля 2021
https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2021/data/22114/121779_uid163329_report.pdf
3. Opher M., Richardson J., Krimigis S., Toth G., Tenishev V., Zank G., Drake J., Izmodenov V., Fuselier S., Dialynas K., Baliukin I., Dayer M.H., Ziefer B., Michael A., Kornbleuth M., Gkioulidou M., "Structure of the Heliotail", 43rd COSPAR Scientific Assembly. Held 28 January - 4 February, 2021
https://www.cospar-assembly.org/admin/session_cospar.php?session=872
4. Авдеева А.С., Измоленов В.В., Катушкина О.А. "Поиск активной области Солнца и определение ее параметров в картах рассеянного солнечного Лайман-альфа излучения" (Устный), 16-я ежегодная конференция "Физика плазмы в Солнечной системе", ИКИ РАН, Россия, 8-12 февраля 2021
https://plasma2021.cosmos.ru/docs/2021/1_Program_PLASMA2021-v0207.pdf
5. Opher M., Drake J. F., Zank G. P., Toth G., Powell E., Kornbleuth M., Florinski V. A., Izmodenov V., "A Turbulent Heliosheath Driven by Rayleigh Taylor Instability", AGU Fall Meeting 2021, New Orleans, USA, 13 December, 2021

6. Kuznetsova E., Krivonos R., Lutovinov A., Clavel M., INTEGRAL: towards the third decade of X and Gamma-ray observations, 11-15 октября, 2021 г., Сардиния, Италия, устный доклад, онлайн-участие, «Sgr B2 hard X-ray emission with INTEGRAL after 2009: still detectable?»
7. Churazov, E., Khabibullin, I., & Sunyaev, R., "Neutral and ionized fast outflows", 43rd COSPAR Scientific Assembly. Held 28 January - 4 February, 43, 1437, (2021)
8. Khabibullin, I., Churazov, E., & Sunyaev, R., "Next steps in X-ray exploration of the Galactic Center: from Chandra and XMM-Newton to SRG, IXPE, and beyond", 43rd COSPAR Scientific Assembly. Held 28 January - 4 February, 43, 1254, (2021)

Приглашенные доклады

Сюняев Р.А.

- 1) SRG Orbital Observatory: key results, plans and news from SRG/eRosita; talk during SRG/RTT150 Workshop at Akdeniz University, Antalya, Turkey; October 14, 2021
- 2) Орбитальная Обсерватория СРГ с рентгеновскими телескопами: российским АРТ-ХС и еРозита. (Миллион аккрецирующих сверхмассивных черных дыр, скопления галактик, звезды и планы на будущее); Конференция памяти Д.А. Варшавского; ФТИ им. А.Ф. Иоффе; 27ое сентября 2021 года.
- 3) Орбитальная Обсерватория СРГ с АРТ-ХС и еРозитой. Миллион аккрецирующих черных дыр в рентгеновских лучах и важность оптической поддержки; Всероссийская Астрономическая Конференция 2021; САО РАН; 23го августа 2021 г.
- 4) Орбитальная рентгеновская Обсерватория СРГ: Миллион аккрецирующих сверхмассивных черных дыр; воспоминания и планы: Научная Сессия Отделения Физических Наук РАН «100 лет А.Е. Чудакову»
- 5) SRG Orbital Observatory: X-Ray map of the Universe, 30 thousand clusters of galaxies and a million of supermassive black holes; Astronomy Colloquium at Caltech; June 9, 2021.
- 6) SRG spacecraft with ART-XC and eRosita aboard: 30 000 clusters of galaxies, a million of supermassive black hole, 300 000 stars in X-Rays.; Marcel Grossmann conference (M16), Rome; July 5, 2021
- 7) Key results, plans and some news from SRG/eRosita; INTEGRAL-19 conference; Sardinia, October 12, 2021
- 8) X-Ray map of the Universe: clusters of galaxies, stars and supermassive black holes, the search of variable sources; ICNFP 2021 Public lecture, Crete, Greece, August 30, 2021.

- 9) *Discovery of 30 000 clusters of galaxies with SRG/eRosita: competition and synergy with SZ-effect sky surveys; The mm Universe conference and NIKA-2; Sapienza University, Rome; June 30, 2021.*
- 10) *Орбитальная Обсерватория СРГ с АРТ-ХС и eРозитой: Небо в рентгеновских лучах, миллион черных дыр и планы на будущее; Научная Сессия; Общее Собрание РАН; Москва; 21 апреля, 2021.*
- 11) *SRG Orbital Observatory: results of two all-sky surveys; tSZ and kSZ effects; Inevitable CMB spectral distortions; Princeton Wunsh (talk for astronomy graduate students); February 17, 2021.*
- 12) *СРГ/eРозита: Рентгеновская карта Вселенной; вводный доклад на [Совещании Российского Научного Комитета и рабочих групп Телескопа СРГ/eРозита \(российский консорциум\)](#); ИКИ РАН; 18 февраля 2021 года.*
- 13) *SRG Orbital Observatory: X-Ray map of the Universe with a million accreting supermassive black holes and twenty thousands of clusters of galaxies; Astrophysics Colloquium, University of Alabama and Marshall Space Flight Center; Huntsville, April 8, 2021.*
- 14) *SRG spacecraft with Russian ART-XC and German eRosita aboard: A million of accreting supermassive Black Holes on the X-Ray Map of the entire Sky; [UN Space Committee; Vienna](#); April 27, 2021*
- 15) *Орбитальная Обсерватория СРГ: Миллион аккрецирующих сверхмассивных черных дыр и планы на будущее; доклад на Бюро Отделения Физических Наук РАН, 22го Июня 2021 года.*
- 16) *X-Ray map of the Universe with a million accreting supermassive black holes and twenty thousands of clusters of galaxies; Physics Virtual Colloquium; Columbia University, New York; April 19, 2021.*
- 17) *SRG Observatory: X-Ray map of the Universe with a million accreting supermassive black holes and twenty thousands of clusters of galaxies; Joint Munich Colloquium, European Southern Observatory, April 8, 2021*
- 18) *X-Ray map of the Universe with a million of accreting supermassive black holes and tens of thousands of clusters of galaxies; Dirac Medal 2019 Ceremony (online); ICTP, Trieste, Italy, January 29, 2021.*
- 19) *Параллельными курсами: от физики к гамма- астрономии и космологии; Конференция памяти Д.А. Варшавовича, ФТИ имени А.Ф. Иоффе, РАН; 28 сентябрю 2021 г.*

Телеграммы

- 1) Minaev, P., Pozanenko, A., Grebenev, S., Chelovekov, I., & IKI FuN, G., "GRB 211023A: classification and SPI-ACS/INTEGRAL registration", *GRB Coordinates Network*, 31081, 1, (2021)
- 2) Ferrigno, ., Savchenko, V., Bozzo, E., Grebenev, S. A., Wilms, J., & Kuulkers, L. D. E., "INTEGRAL follow-up of the 4U 1730-22 outburst", *The Astronomer's Telegram*, 14896, 1, (2021)
- 3) Grebenev, S. A., "4U 1730-22 (CXOU J173357.5-220156) was detected in outburst by INTEGRAL for the first time since 1972", *The Astronomer's Telegram*, 14870, 1, (2021)
- 4) Chelovekov, I., Pozanenko, A., Minaev, P., Grebenev, S., & GRB IKI FuN, "SGR 1935+2154: SPI INTEGRAL observations on 2021 August 5", *GRB Coordinates Network*, 30631, 1, (2021)
- 5) Minaev, Pozanenko, Chelovekov, Grebenev, & GRB IKI FuN, "GRB 210704A: INTEGRAL observations", *GRB Coordinates Network*, 30444, 1, (2021)
- 6) Minaev, P., Pozanenko, A., Chelovekov, I., Grebenev, S., & GRB IKI FuN, "GRB 210704A: classification as long GRB and redshift estimating", *GRB Coordinates Network*, 30452, 1, (2021)
- 7) Gilfanov, M., Sazonov, S., Medvedev, P., Khorunzhev, G., Sunyaev, R., Yao, Y., Kulkarni, S. R., & Sharma, Y., "SRGe J131014.2+444315 - a tidal disruption event at early phase", *The Astronomer's Telegram*, 14800, 1, (2021)
- 8) Zaznobin, I., Burenin, R., Lutovinov, A., Klunko, E., & Eselevich, M., "GRB 210619B: Sayan observatory 1.6-m telescope observations", *GRB Coordinates Network*, 30343, 1, (2021)
- 9) Mereminskiy, I., Tsygankov, S., Molkov, S., Semena, A., & Lutovinov, A., "New outburst from the bursting pulsar GRO J1744-28", *The Astronomer's Telegram*, 14689, 1, (2021)
- 10) Minaev, P., Pozanenko, A., Chelovekov, I., Grebenev, S., & IKI GRB FuN, "GRB 210619B: SPI-ACS/INTEGRAL observations", *GRB Coordinates Network*, 30304, 1, (2021)
- 11) Levin, V., Molkov, S., Mereminskiy, I., Lutovinov, A., Semena, A., Filippova, E., & SRG/ART-XC Team, "GRB 210619B: SRG/ART-XC detection", *GRB Coordinates Network*, 30283, 1, (2021)
- 12) Shtykovsky, A., Molkov, S., Semena, A., Lutovinov, A., & Mereminskiy, I., "SRG/ART-XC detection of an ongoing activity from X-ray pulsar XTE J1829-098", *The Astronomer's*

Telegram, 14521, 1, (2021)

- 13) Mereminskiy, I., Semena, A., Lutovinov, A., Molkov, S., Tkachenko, A., Gilfanov, M., Medvedev, P., & Sunyaev, R., "SRG discovery of SRGA J181414.6-225604 == SRGe J181415.1-225617 - possible Galactic X-ray transient", *The Astronomer's Telegram*, 14510, 1, (2021)
- 14) Mereminskiy, I. A., Grebenev, S. A., Lutovinov, A. A., Krivonos, R. A., & Kuulkers, E., "INTEGRAL/JEM-X observes the new outburst of the eclipsing 518 Hz AMXP SWIFT J1749.4-2807", *The Astronomer's Telegram*, 14427, 1, (2021)
- 15) Molkov, S., Lutovinov, A., Tsygankov, S., Doroshenko, V., Mereminskiy, I., & Semena, A., "SRG/ART-XC and NuSTAR observations of the Be X-ray pulsar Swift J1626.6-5156", *The Astronomer's Telegram*, 14462, 1, (2021)
- 16) Grebenev, S. A., & Mereminskiy, I. A., "New X-ray transient IGR J17533-2928 discovered by INTEGRAL", *The Astronomer's Telegram*, 14425, 1, (2021)
- 17) Buckley, D. A. H., Gromadzki, M., Townsend, L., Monageng, I., Lutovinov, A., Doroshenko, V., & Rau, A., "SALT spectroscopy of the candidate optical counterpart to SRGA J124404.1-632232/SRGE J124403.8-632231: a likely obscured Be X-ray binary", *The Astronomer's Telegram*, 14364, 1, (2021)
- 18) Knies, J., Saeedi, S., Doroshenko, V., Semena, A., Lutovinov, A., Mereminskiy, I., Molkov, S., Kreykenbohm, I., Weber, P., Wilms, J., & Santangelo, A., "The flux of 2S1417-624 is still rising", *The Astronomer's Telegram*, 14394, 1, (2021)
- 19) Semena, A., Doroshenko, V., Arefiev, V., Lutovinov, A., Maitra, C., Mereminskiy, I., Molkov, S., Rau, A., Weber, P., & Wilms, J., "SRG discovery of SRGA J124404.1-632232 = SRGE J124403.8-632231 - possible Galactic X-ray transient", *The Astronomer's Telegram*, 14357, 1, (2021)