

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 122042500020-2

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора

Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки

Института космических исследований

Российской академии наук

чл.-корр. РАН

А.А.Петрукович

«20» декабря 2023г.



ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

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

по теме:

ВСЕЛЕННАЯ

(промежуточный, этап №2)

FFWG-2022-0010

Научный руководитель  
академик

  
Р.А. Сюняев  
«20» декабря 2023 г.

Москва

2023

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

**Руководитель темы**

г.н.с. зав. лаб., академик

Сюняев Р.А. (все разделы) (19.12.23)

Зам. руководителя темы

в.н.с. зав. лаб., проф. РАН

Сазонов С.Ю. (все разделы) (19.12.23)

**Исполнители темы:**

с.н.с., к.ф.-м.н.

Арефьев В.А. (разделы 1,2,5) (19.12.23)

с.н.с., к.ф.-м.н.

Буренин Р.А. (разделы 1,2) (19.12.23)

г.н.с., академик РАН

Гильфанов М.Р. (разделы 1,2,5) (19.12.23)

в.н.с., зав. лаб., д.ф.-м.н.

Гребенев С.А. (разделы 1) (19.12.23)

зав. лаб., д.ф.-м.н.

Измоденов В.В. (раздел 4) (19.12.23)

н.с., к.ф.-м.н.

Карасев Д.И. (разделы 5) (19.12.23)

с.н.с., к.ф.-м.н.

Кривонос Р.А. (разделы 1,2,5) (19.12.23)

с.н.с., к.ф.-м.н.

Лашпов И.Ю. (разделы 1,5) (19.12.23)

начальник сектора

Левин В.В. (разделы 1,5) (19.12.23)

н.с., к.ф.-м.н.

Лыскова Н.С. (разделы 2) (19.12.23)

н.с., к.ф.-м.н.

Медведев П.С. (разделы 1,2,5) (19.12.23)

зам. директора, чл.-корр.  
РАН

Лутовинов А.А. (разделы 1,2,5) (19.12.23)

н.с., к.ф.-м.н.

Мереминский И.А. (разделы 1,2,5) (19.12.23)

с.н.с., к.ф.-м.н.

Мещеряков А.В. (разделы 2) (19.12.23)

с.н.с., к.ф.-м.н.

Мольков С.В. (разделы 1,5) (19.12.23)

с.н.с., д.ф.-м.н.

Моисеев А.В. (разделы 2) (19.12.23)

зав. лаб., д.ф.-м.н.

Попель С.И. (раздел 3) (19.12.23)

н.с., к.ф.-м.н.

Семена А.Н. (разделы 1,2,5) (19.12.23)

зав. лаб., д.т.н.

Семена Н.П. (разделы 1,5) (19.12.23)

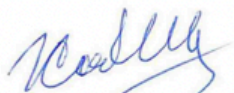
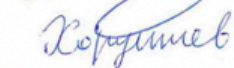
с.н.с., к.ф.-м.н.

Ткаченко А.Ю. (разделы 1,2,5) (19.12.23)

н.с., к.ф.-м.н.

Филиппова Е.В. (разделы 1,5) (19.12.23)

с.н.с., к.ф.-м.н.

Хабидуллин И. И. (разделы 1,2) (19.12.23)

н.с., к.ф.-м.н.

Хорунжев Г. А. (разделы 1,5) (19.12.23)

с.н.с., к.ф.-м.н.


Человеков И.В. (разделы 1) (19.12.23)

г.н.с., академик РАН

Чуразов Е.М. (разделы 1,2) (19.12.23)

Нормоконтроль



Карасев Д.И. (19.12.23)

## РЕФЕРАТ

В настоящем документе приведен отчет о научно-исследовательской деятельности групп и подразделений ФГБУН Института космических исследований РАН, участвующих в работах по теме “Вселенная” (FFWG-2022-0010). Документ содержит описания важнейших результатов, полученных в рамках международного проекта Спектр – Рентген – Гамма, а также аннотации других существенных работ, выполненных за 2023 год, в том числе в сотрудничестве с зарубежными учеными.

Новизна и значимость отмеченных результатов подтверждается большим числом публикаций в ведущих отечественных и зарубежных научных изданиях. Полный список публикаций по теме также приведен в настоящем отчете.

Полный объем отчета: 50 с.,

Число рисунков в отчете: 12

Полное число статей, приведенное в списке литературы: 67

Также приведены: 5 телеграмм+18 трудов конференций

Ключевые слова:

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 .....  | 6    |
| 1 Важнейшие (уникальные) результаты за 2023 год .....   | 7    |
| 2 Проведение фундаментальных исследований по теме «Вселенная» в области космологии, изучения строения и эволюции галактик, звезд, изучение глобальной структуры и эволюции нашей Вселенной..... | 9    |
| 3 Раздел «Плазменно-пылевые процессы в космических объектах»  | 23   |
| 4 Раздел «Межпланетная среда»   | 25   |
| 5 Раздел «Научные исследования, поддержанные грантами РФФИ и Мегагрантом»   | 26   |
| Заключение  | 36   |
| <br>  |      |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....  | 37   |

## 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 2023 году 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 № 122042500020-2

Научный руководитель академик Р.А. Сюняев

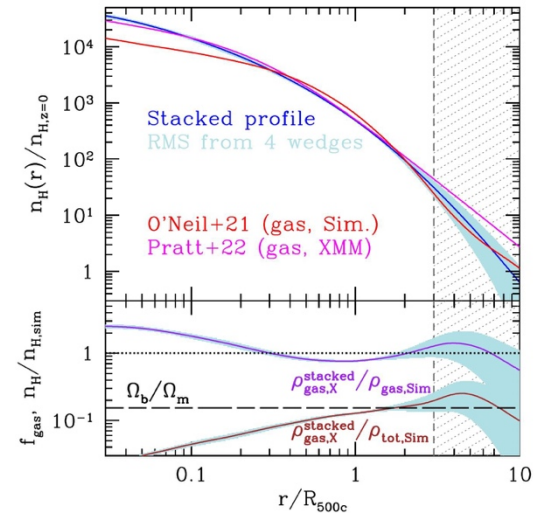
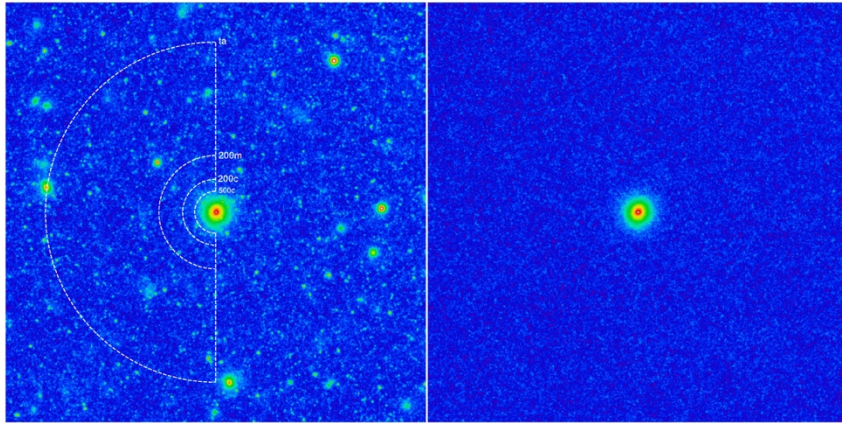
## **Важнейшие (уникальные) результаты за 2023 год**

### ***Измерения рентгеновского излучения газа скоплений галактик на рекордно больших расстояниях от центра скопления***

Скопления – самые массивные вириализованные объекты в наблюдаемой Вселенной, свойства которых особенно чувствительны к космологическим параметрам. Массивные скопления галактик могут содержать тысячи галактик, но основной вклад в барионную массу скоплений вносят не звезды, а горячий газ, заполняющий пространство между галактиками. В центрах скоплений плотность такого газа в десятки и сотни тысяч раз выше средней плотности барионов во Вселенной. Именно поэтому скопления являются мощными источниками рентгеновского излучения, позволяющего наблюдать скопления на космологических расстояниях. Вдали от центра скоплений плотность падает, и изучать такой газ становится крайне сложно - тормозное излучение зависит от квадрата плотности газа и становится слишком слабым для большинства современных рентгеновских обсерваторий. Эту проблему удалось решить обсерватории SRG, используя исключительную однородность фона и неограниченное поле зрения в обзоре всего неба. Наложив друг на друга изображения 40 массивных скоплений галактик, были получены профили плотности, температуры и энтропии вплоть до рекордных расстояний, где плотность газа лишь в 50 раз выше, чем в среднем по Вселенной. Отличное согласие с космологическими численными расчетами показывает, что в режиме таких плотностей наши представления о формировании и эволюции скоплений достаточно точны.

На еще больших расстояниях плотность газа приближается к средней плотности, и газ начинает следовать глобальной крупномасштабной структуре Вселенной. Показано, что хотя такой газ может составлять до одной трети всех барионов во Вселенной, его обнаружение потребует криогенных рентгеновских болометров с энергетическим разрешением порядка 1 эВ. Созданные теоретические модели рентгеновского излучения этого газа

позволили сформулировать требования к следующему поколению рентгеновских телескопов.



**Рисунок 1.** Изображение “усредненного” скопления галактик в рентгеновском диапазоне длин волн, полученное на основе данных SRG/eROZITA, без вычитания компактных и протяженных источников, не относящихся к скоплению, (слева) и с вычитанием источников (в центре). Справа показан измеренный радиальный профиль плотности газа вокруг скопления в сравнении с численными расчетами формирования крупномасштабной структуры Вселенной.

1) Н.Лыскова, Е.Чуразов, И.Хабибуллин, Р.Буренин, А.Старобинский, Р.Сюняев, "X-ray surface brightness and gas density profiles of galaxy clusters up to  $3 \times R500c$  with SRG/eROSITA", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 525, 898 (2023) (<https://dx.doi.org/10.1093/mnras/stad2305>)

2) Е.Чуразов, И.Хабибуллин, К.Долаг, Н.Лыскова, Р.Сюняев, "Prospects of detecting soft X-ray emission from typical WHIM filaments around massive clusters and the Coma cluster soft excess" *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 523, 1209 (2023), (<https://dx.doi.org/10.1093/mnras/stad1514>)



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

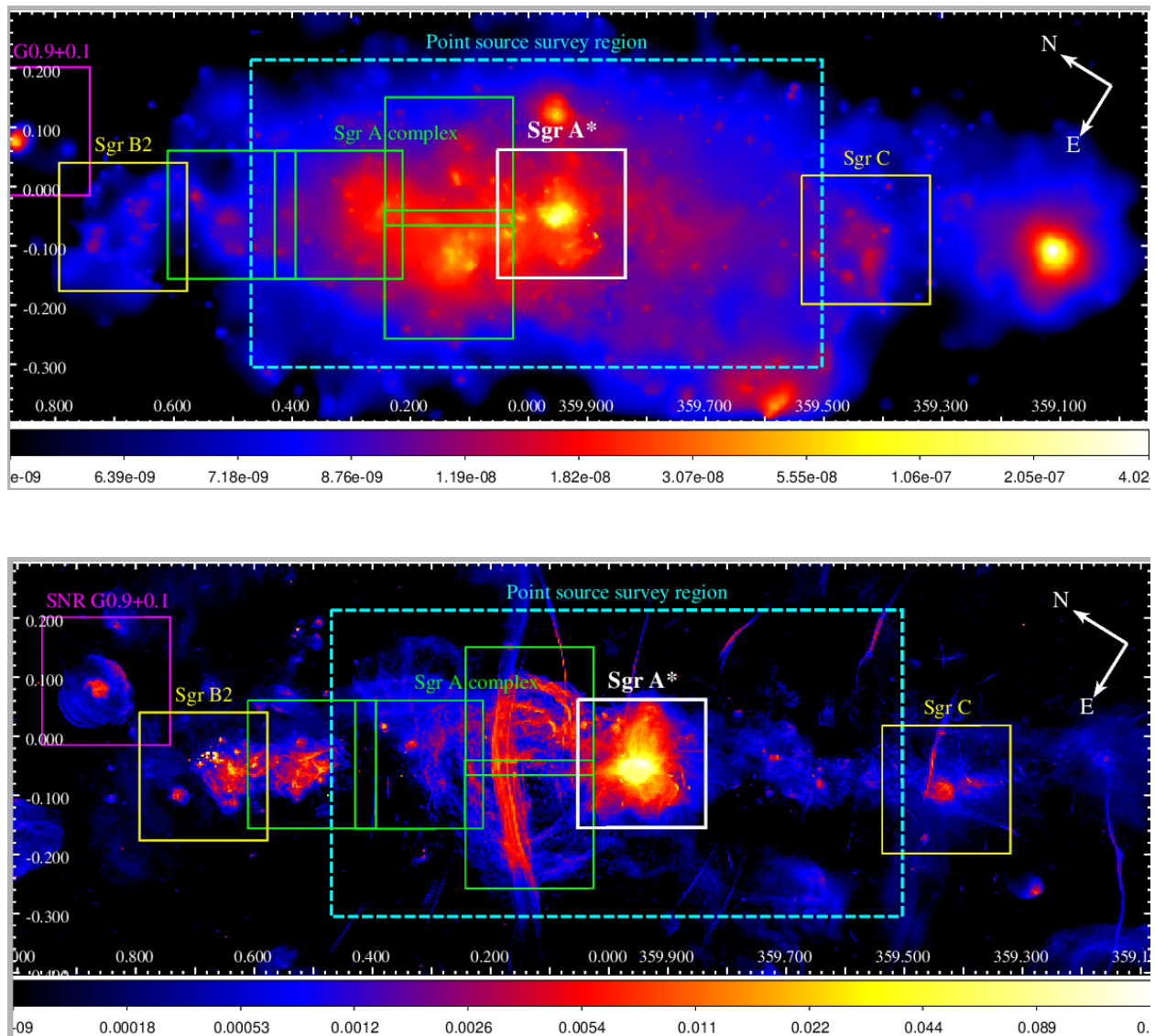
### **Научные задачи планируемой обсерватории High Energy X-ray Probe (HEX-P)**

*Р.А. Кривонос, Е.А. Кузнецова*

HEX-P это концепция рентгеновской обсерватории мирового класса, которая будет получать рентгеновские изображения с высоким пространственным разрешением (меньше 10 угл. сек., FWHM) и широким спектральным покрытием, от 0.2 до 80 кэВ, с эффективной площадью, намного превосходящей существующие инструменты (включая XMM-Newton и NuSTAR). Эти возможности позволят по-новому взглянуть на целый ряд важных астрофизических проблем.

В данной работе, были проведены оценки эффективности будущей обсерватории при наблюдениях центральной области Галактики. Используя результаты моделирования, была продемонстрирована высокая эффективность HEX-P для изучения как точечных источников рентгеновского излучения, так и протяженных объектов. HEX-P будет изучать целый ряда основных тем галактической астрофизики, что позволит нам (1) исследовать широкополосные свойства рентгеновских вспышек, испускаемых сверхмассивной черной дырой (ЧД) Стрелец А\*, и исследовать связанные с этим механизмы ускорения частиц и излучения; (2) идентифицировать источники жесткого рентгеновского излучения, обнаруженные NuSTAR, и определяющие популяции точечных источников рентгеновского излучения в различных регионах и диапазонах яркости; (3) определить распределение компактных двойных объектов в центральном звездном скоплении и свойства рентгеновского излучения Галактического хребта; (4) идентифицировать переходные процессы в рентгеновском излучении и измерить фундаментальные параметры, такие как вращение Черной Дыры; (5) найти скрытые пульсары в галактическом центре, (6) искать двойные системы с ЧД и ОВ звездами и вспышки жесткого рентгеновского излучения от молодых звездных объектов в молодых массивных скоплениях; (7) измерить массы белых карликов (БК) магнитных катаклизмических переменных (КП), чтобы улучшить наше понимание эволюции КП и происхождения магнитных полей БК; (8) исследовать первичные ускорители частиц в центре Галактики в синергии с будущими обсерваториями ТэВ-ного диапазона и нейтрино; (9) составить карту распределения космических лучей путем наблюдения нетепловых рентгеновских филаментов; (10) исследовать прошлые вспышки рентгеновского излучения от СМЧД Стрелец А\*, отраженные от гигантских молекулярных облаков. Ожидается, что HEX-P внесет весомый вклад в решение важных проблем, связанных с ускорителями космических лучей, включая галактические певатроны, посредством исследования синхротронного рентгеновского излучения электронов, возникающее как в результате лептонных, так и адронных процессов.

На Рис 1 показано изображение центральной части Галактики с планируемыми наблюдениями обсерватории HEX-P. Верхнее изображение представляет рентгеновскую карту телескопа Chandra (НАСА), нижнее демонстрирует радиокарту этой же области по данным наземного радиотелескопа MeerKAT.



**Рисунок 1.** Изображение центральной части Галактики с планируемыми наблюдениями обсерватории *HEX-P*. Верхнее изображение содержит рентгеновскую карту телескопа *Chandra* (НАСА, США), нижнее демонстрирует радиокарту этой же области по данным наземного радиотелескопа *MeerKAT* (ЮАР).

**Оригинальная статья/статьи:**

Mori K.; Ponti G., Bachetti M., Bodaghee A., Grindlay J., Hong J., **Krivonos R.**, Kuznetsova E., Mandel S., Rodriguez A., Stel G., Zhang S., Bao T., Bauer F., Clavel M., Coughenour B., Garcia J., Gerber J., Grefenstette B., Jaodand A., Lehmer B., Madsen K., Nynka M., Predehl P., Salcedo C., Stern D., Tomsick J., «*The High Energy X-ray Probe (HEX-P): resolving the nature of Sgr A\* flares, compact object binaries and diffuse X-ray emission in the Galactic Center and beyond*», 5 декабря 2023 принято к публикации в журнале *Frontiers in Astronomy and Space Sciences*, (IF= 3.494, Q2), Том 10 - 2023, <https://doi.org/10.3389/fspas.2023.1292130>

Mori K., Reynolds S., An H., Bamba A., **Krivonos R.**, Tsuji N., Abdelmaguid M., Alford J., Bangale P., Celli S., Diesing R., Eagle J., Fryer C., Gabici S., Gelfand J., Grefenstette B., Garcia J., Kim C., Kumar S., **Kuznetsova E.**, Mac E., Madsen K., Manconi S., Motogami Y., Ohsumi H., Olmi B., Park J., Ponti G., Sato T., Shang R., Stern D., Terada Y., Woo J., Younes G., Zoglauer Andreas «The High Energy X-ray Probe (HEX-P): Galactic PeVatrons, star clusters, superbubbles, microquasar jets, and gamma-ray binaries», 4 декабря 2023 принято к публикации в журнале *Frontiers in Astronomy and Space Sciences*, (IF=3.494, Q2), Том 10 - 2023, <https://doi.org/10.3389/fspas.2023.1303197>

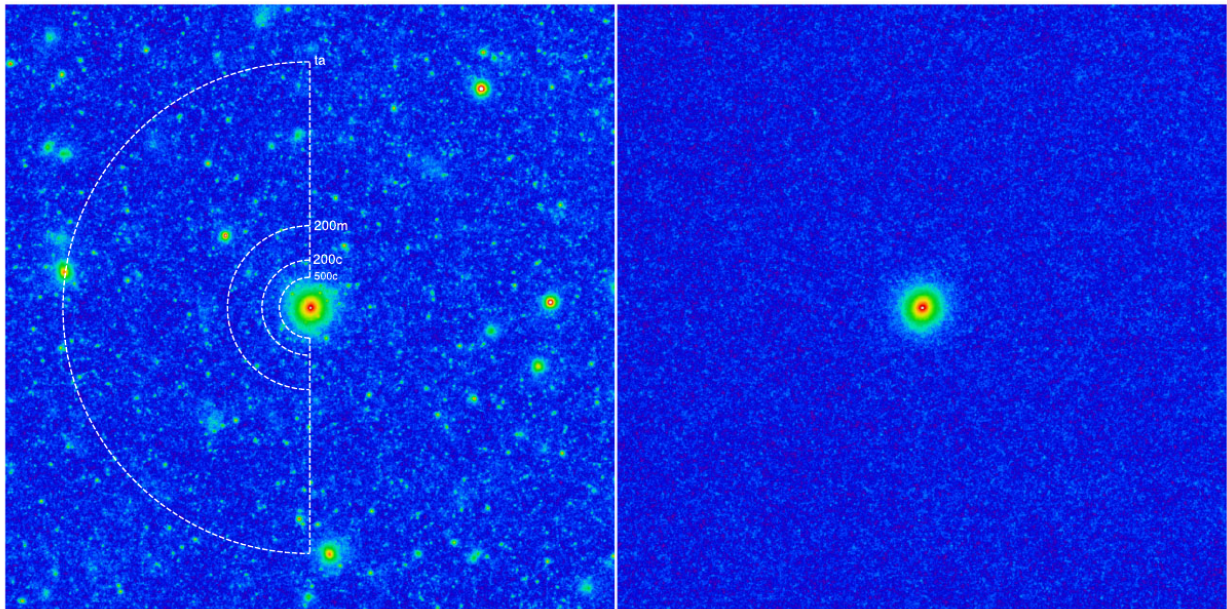
## **Профили рентгеновской поверхностной яркости и плотности газа скоплений галактик вплоть до $3 \times R500$ с помощью СРГ/eROSITA**

*Н.С. Лыскова, Е.М. Чуразов, И.И. Хабибуллин, Р.А. Буренин, Р.А. Сюняев*

Используя данные обзора всего неба СРГ/eROSITA и выборку из примерно 40 скоплений галактик с известными массами и красными смещениями, мы получили усредненное изображение скопления галактик. Предварительно приведя все скопления к одной массе и одному угловому размеру и убрав рентгеновские источники, не связанные со скоплением, все изображения индивидуальных скоплений были «сложены» вместе. Такой подход увеличивает эффективное время наблюдений, что позволяет надежнее детектировать сигнал на больших расстояниях от центра скопления, а также минимизирует вклад особенностей отдельных скоплений. Итоговое изображение показано на рисунке, где фон изображения (справа) выглядит исключительно ровным и однородным. Это позволяет выделить слабое рентгеновское излучение (на уровне менее 1% от фона) на больших расстояниях от центра скопления.

Из полученного изображения «усредненного» скопления был получен профиль плотности газа. Излучение от скопления удалось детектировать вплоть до трех расстояний  $R500$  — на рекордно большом удалении от центра. Более того, вместе с измерениями профиля давления можно сразу получить и профили температуры и энтропии газа, если использовать эффект Сюняева-Зельдовича.

Мы сравнили наблюдаемый профиль плотности газа с теоретическим, полученным в результате численного моделирования в рамках стандартной космологической модели  $\Lambda$ CDM в работе O’Neil et al. 2021. Эти профили неплохо согласуются друг с другом, несмотря на упрощенное описание динамики газа в численных расчетах. Стоит также отметить, что данные телескопа СРГ/eРОЗИТА показывают, что на больших расстояниях от центра горячий газ остается относительно однородным, а не «скупивается» в плотные комки. Все эти результаты важны и для понимания физических процессов на краях скоплений и как основа для измерения космологических параметров нашей Вселенной с помощью скоплений галактик.



**Рисунок 1.** Изображение “усредненного” скопления галактик в рентгеновском диапазоне длин волн, полученное на основе данных SRG/ePOZITA, без вычитания точечных и протяженных источников, не относящихся к скоплению, (слева) и с вычитанием источников (справа)

**Оригинальная статья/статьи:**

*N. Lyskova, E. Churazov, I.I. Khabibullin, R. Burenin, A.A. Starobinsky, R. Sunyaev “X-ray surface brightness and gas density profiles of galaxy clusters up to  $3 \times R500c$  with SRG/eROSITA”, MNRAS, 525, 1, p.898 (2023), IF=4.8, Q1, DOI <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/stad2305>*

**Изменения поляриметрических параметров рентгеновского излучения в рентгеновском пульсаре LS V +44 17/RX J0440.9+4431**

*А.А. Лутовинов, И.А. Мереманский, С.В. Мольков*

В работе приводятся результаты наблюдений переходного рентгеновского пульсара LSV+44 17/RX J0440.9+4431 рентгеновской поляриметрической обсерватории Imaging X-ray polarimetry explorer (IXPE), проведенных во время гигантской вспышки в январе-феврале 2023 года. Источник наблюдался двумя сериями в сверхкритическом и подкритическом состояниях, в которых значительным образом отличаются геометрии излучающей области, либо аккреционная колонка, либо «горячее пятно», соответственно. Проведен поляриметрический фазово-разрешенный анализ и показано, что наблюдаемые зависимости степени поляризации и угла поляризации от фазы импульса действительно резко отличаются для двух наблюдений в разных состояниях. Наблюдаемые различия, если их интерпретировать в рамках модели вращающегося вектора, подразумевают значительные изменения угла наклона оси вращения, позиционного угла и магнитной широты, на десятки градусов в течение всего нескольких дней. Предположительно, наблюдаемые зависимости позиционного угла от фазы вращения пульсара преимущественно связаны с наличием дополнительной неппульсирующей поляризованной составляющей, которая возникает в результате рассеяния излучения пульсара в ветре экваториального диска. Также показан, что наблюдаемая фазовая зависимость позиционного угла в обоих наблюдениях может быть объяснена с помощью единого набора параметров «ротационной модели вектора» (RVM), определяющего геометрию пульсара.

### Оригинальная статья/статьи:

*V. Doroshenko, J. Poutanen, J. Heyl, S.S. Tsygankov, I. Caiazzo, R. Turolla, A. Veledina, M.C. Weisskopf, S.V. Forsblom, D. González-Caniulef, V. Loktev, C. Malacaria, A.A. Mushtukov, V.F. Suleimanov, A.A. Lutovinov, I.A. Mereminskiy, S.V. Molkov, A. Salganik, A. Santangelo, A.V. Berdyugin, V. Kravtsov, A.P. Nitindala, I. Agudo, L.A. Antonelli, M. Bachetti, L. Baldini, W.H. Baumgartner, R. Bellazzini, S. Bianchi, S.D. Bongiorno, R. Bonino, A. Brez, N. Bucciantini, F. Capitanio, S. Castellano, E. Cavazzuti, C-T. Chen, S. Ciprini, E. Costa, A. De Rosa, E. Del Monte, L. Di Gesu, N. Di Lalla, A. Di Marco, I. Donnarumma, M. Dovčiak, S.R. Ehler, T. Enoto, Y. Evangelista, S. Fabiani, R. Ferrazzoli, J.A. García, S. Gunji, K. Hayashida, W. Iwakiri, S.G. Jorstad, P. Kaaret, V. Karas, F. Kislat, T. Kitaguchi, J.J. Kolodziejczak, H. Krawczynski, F. La Monaca, L. Latronico, I. Liodakis, S. Maldera, A. Manfreda, F. Marin, A. Marinucci, A.P. Marscher, H.L. Marshall, F. Massaro, G. Matt, I. Mitsuishi, T. Mizuno, F. Muleri, M. Negro, C-Y Ng, S. L. O'Dell, N. Omodei, C. Oppedisano, A. Papitto, G.G. Pavlov, A.L. Peirson, M. Perri, M. Pesce-Rollins, P-O. Petrucci, M. Pilia, A. Possenti, S. Puccetti, B.D. Ramsey, J. Rankin, A. Ratheesh, O.J. Roberts, R.W. Romani, C. Sgrò, P. Slane, P. Soffitta, G. Spandre, D.A. Swartz, T. Tamagawa, F. Tavecchio, R. Taverna, Y. Tawara, A.F. Tennant, N.E. Thomas, F. Tombesi, A. Trois, J. Vink, K. Wu, F. Xie, and S. Zane, «Complex variations in X-ray polarization in the X-ray pulsar LS V +44 17/RX J0440.9+4431», *A&A* 677, A57 (2023), (IF = 6.24, Q1), DOI <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202346994>*

### Избранные активные ядра галактик из обзора СРГ/eROSITA: оптические и ИК-наблюдения на 2.5-м телескопе КГО ГАИШ МГУ в 2021 и 2022 годах

*П.С. Медведев, Г.А. Хорунжеев, А.В. Мещеряков, С.Ю. Сазонов, М.Р. Гильфанов*

Представлены результаты оптической спектроскопии на 2.5-м телескопе КГО ГАИШ МГУ со спектрографом TDS восьми сильно переменных рентгеновских источников - кандидатов в ядра активных галактик из обзора всего неба телескопа eROSITA обсерватории СРГ. По эмиссионным и абсорбционным линиям в спектрах определены красные смещения источников. Как минимум пять объектов можно отнести к сейфертовским галактикам. С помощью камеры ASTRONIRCAM проведена пробная ИК-фотометрия трех далеких квазаров с  $z > 5$ . Показано, что на диаграмме « $(z - J) - (J - W1)$ » исследуемые далекие квазары уверенно отделяются от галактических красных и коричневых карликов. Это доказывает возможность предварительной классификации кандидатов в далекие рентгеновские квазары по ИК-цветам для дальнейшего детального спектроскопического исследования на крупных телескопах. Опубликована фотометрия J, H, K для 3 наиболее далеких рентгеновских квазаров, открытых в обзоре СРГ/eROSITA SRGe J170245.3+130104, SRGe J020142.9-01534, CFHQS J142952+544717

### Оригинальная статья/статьи:

*А.А. Белинский, А.В. Додин, С.Г. Желтоухов, К.А. Постнов, С.А. Потанин, А.М. Татарников, А.Н. Тарасенков, Н.И. Шатский, П.С. Медведев, Г.А. Хорунжеев, А.В. Мещеряков, С.Ю. Сазонов, М.Р. Гильфанов, «Избранные активные ядра галактик из обзора СРГ/eROSITA: оптические и ИК-наблюдения на 2.5-м телескопе КГО ГАИШ МГУ в 2021 и 2022 годах» *Астрофизический Бюллетень*, 78, 3, p.294-304 (2023), (IF = 1.022, Q2), DOI (<http://dx.doi.org/10.1134/S1990341323700074>)*

## Новые наблюдательные ограничения на природу IGR J16327-4940

*И.А. Мереминский*

IGR J16327-4940 — рентгеновский источник, обнаруженный обсерваторией ИНТЕГРАЛ в 2005, и предварительно отождествленный (Мазетти и др., 2010) с VRMF 55 - звездой-супергигантом типа S Dor. Чтобы подтвердить это отождествление нами были выполнены наблюдения на рентгеновском телескопе *Chandra*, также были проанализированы архивные наблюдения Swift/XRT и ART-XC. Показано, что предварительное отождествление скорее всего было ошибочным, а сам IGR J16327-4940 вероятнее всего является еще одним представителем класса очень слабых рентгеновских транзиентов, населяющих нашу Галактику.

### Оригинальная статья/статьи:

*L. Sidoli, V. Sguera, K. Postnov, P. Esposito, L. Oskinova, I. Mereminskiy, «Probing the nature of the X-ray source IGR J16327-4940 with Chandra», Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 526, Issue 2, pp.2560-2565, (2023), (IF=4.8, Q1), DOI:10.1093/mnras/stad2869*

## Первые поляризметрические наблюдения кандидата в черные дыры LMC X-1

*Подгорный Я. ... Лутовинов А., Семена А.*

В статье описаны результаты измерения поляризации рентгеновского излучения двойной системы LMC X-1 с компактным объектом — кандидатом в черную дыру. Полученное значение величины поляризации чернотельного геометрически тонкого диска  $<1.1\%$  хорошо согласуется с моделью. Поляризация степенной компоненты оказалось полхо ограничена и демонстрировала вариации на протяжении 562 кс наблюдения IXPE.

### Оригинальная статья/статьи:

*Podgorný J., Marra L., ... Lutovinov A., Semena A., ... Vink J., Wu K., Xie F., "The first X-ray polarimetric observation of the black hole binary LMC X-1", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 526 (2023), DOI:10.1093/mnras/stad3103*

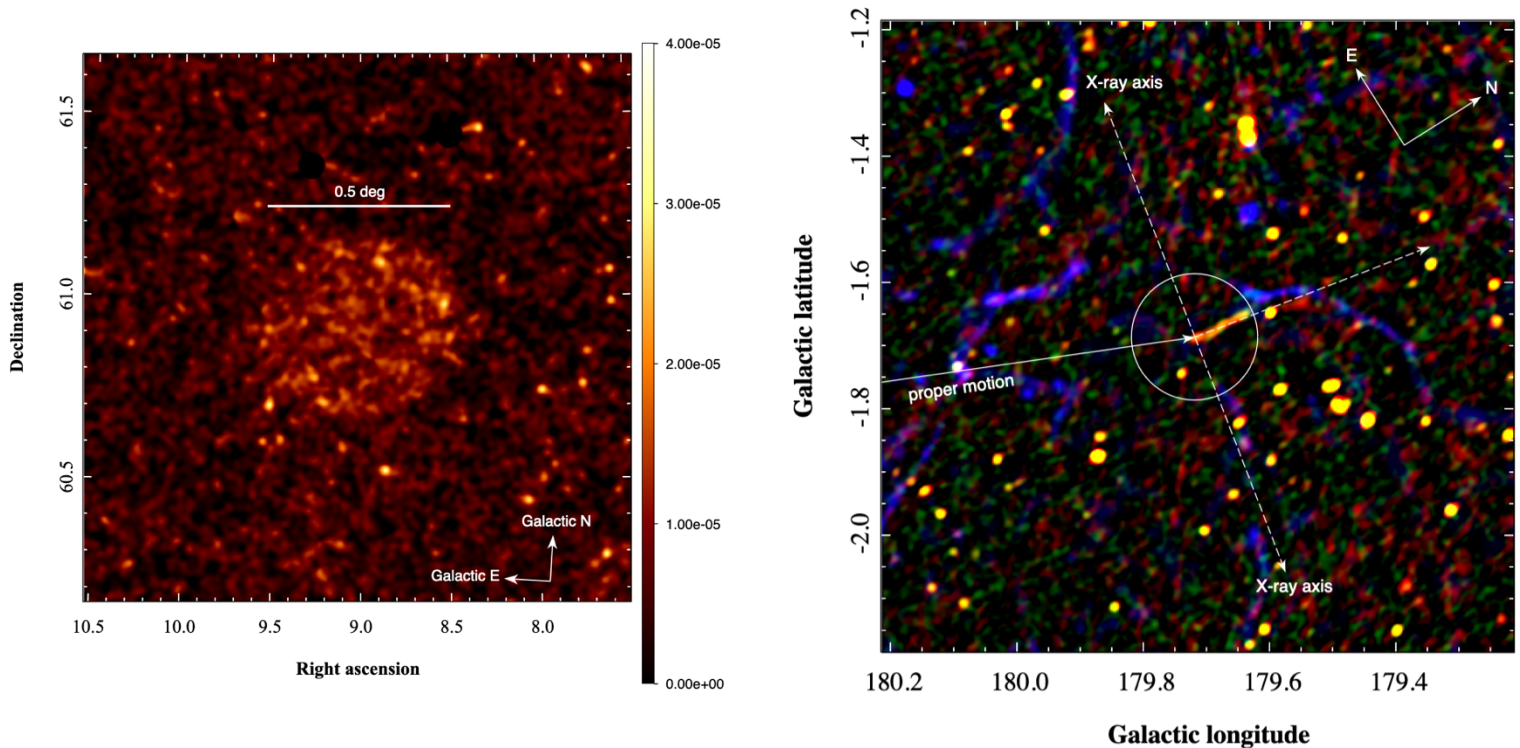
## Обнаружение новых остатков взрывов сверхновых и структур внутри в них по данным рентгеновских и радионаблюдений

*И.Хабибуллин, Е. Чуразов, Р. Сюняев*

Кандидат в остатки сверхновой SRGe J003602.3+605421 = G121.1–1.9 был обнаружен в ходе обзора всего неба телескопом SRG/eROSITA. Объект расположен в точке (l, b) = (121.1°, –1.9°) в Галактических координатах, имеет угловой размер  $\approx 36$  угл. мин и почти круглую форму. Обнаружены четкие изменения спектральной формы рентгеновского излучения по всему объекту: в излучении внутренней (в пределах 9 угловых минут) и внешней (9–18 угловых минут) частей преобладают линии железа и кислорода/неона соответственно. Модель неравновесного излучения плазмы способна описать спектр внешней части с начальной температурой газа 0,1 кэВ, конечной температурой 0.5 кэВ и “возрастом” ионизации  $\sim 2 \times 10^{10}$  см<sup>-3</sup>с. Наблюдаемый спектр внутренней области более сложен (вероятно, из-за вклада внешней оболочки) и требует существенного избытка железа для всех опробованных моделей. Измеренное поглощение рентгеновских лучей равно  $(4–6) \times 10^{21}$  см<sup>-2</sup>, что соответствует местоположению объекта на расстоянии более

1.5 кпк, и означает его возраст  $\sim (5-30) \times 1000$  лет. Ярких радио-, инфракрасных, H $\alpha$ - или гамма-двойников этого объекта в общедоступных архивных данных обнаружено не было. Модель, использующая каноническую модель взрыва с энергией  $10^{51}$  Эрг (либо сверхновая Ia, либо коллапс ядра) в горячей и разреженной среде во внешней области Галактики на расстоянии  $\sim 9$  кпк мог бы объяснить большую часть наблюдаемых особенностей. Этот сценарий можно проверить с помощью будущих глубоких рентгеновских и радионаблюдений.

Тусклое радиоволокно вблизи пульсара PSR J0538+2817 было обнаружено по данным обзоров NVSS, CGPS и Rapid ASKAP Continuum Survey. Этот пульсар, вероятно, связан со сверхновой, породившей туманность Спагетти (Симейс 147). Структура односторонняя и, кажется, почти совпадающей (в пределах 17 градусов) с направлением собственного движения пульсара, но, в отличие от известных случаев радиохвостов пульсаров, расположена впереди него. В то же время, это направление примерно (в пределах 5 градусов) перпендикулярно оси протяженного нетеплового рентгеновского излучения вокруг пульсара. Никакого рентгеновского или оптического излучения в области нити не обнаружено, хотя конечная точка радионити, кажется, прилегающей к нити H $\alpha$  эмиссии. Мы предполагаем, что эта структура может представлять собой нить, соединяющую пульсарную туманность с окружающей межзвездной средой, заполненную релятивистскими электронами, вылетающими из пульсарной туманности. Т.о., данный объект может быть радиоаналогом рентгеновских нитей пульсарных туманностей Гитары и Маяка, а также нетепловых нитей радиоизлучения в центре Галактики.



**Рисунок 1.** Слева. Рентгеновское изображение области обнаруженного нового кандидата в остатки взрыва сверхновой SRGe J003602.3+605421=G121.1-1.9 в диапазоне 0.4-2.3 кэВ по данным четырех сканов неба телескопом SRG/eROSITA.

Справа. Композитное изображение области вблизи пульсара PSR J0538+2817 по данным радио (красным на 887.5 МГц и зеленым на 1367.5 МГц) и оптических (синим в фильтре H $\alpha$ ). Также показаны направления собственного движения пульсара и оси нетеплового излучения пульсарной туманности (и перпендикуляр к ней).

### Оригинальная статья/статьи:

*Khabibullin I. I., Churazov E. M., Bykov A. M., Chugai N. N., Zinchenko I. I., "Discovery of a one-sided radio filament of PSR J0538+2817 in S147: Escape of relativistic PWN leptons into surrounding supernova remnant?" Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 527, 3, p. 5683, (2023), (IF=4.8, Q1), <https://dx.doi.org/10.1093/mnras/stad3452>*

*Khabibullin I. I., Churazov E. M., Bykov A. M., Chugai N. N., Sunyaev R. A., "SRG/eROSITA discovery of a radio-faint X-ray candidate supernova remnant SRGe J003602.3+605421 = G121.1-1.9" Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 521, 4, p.5536 (2023), (IF=4.8, Q1), <https://dx.doi.org/10.1093/mnras/stad818>*

### Is the X-ray bright $z = 5.5$ quasar SRGE J170245.3+130104 a blazar? , Вселенная

*Г.А. Хорунжев, С.Ю. Сазонов*

Статья продолжает детальное исследование природы уникального рентгеновского источника, квазара SRGE J170245.3+130104 на  $z=5.5$ , открытого в обзоре всего неба SRG/eROSITA при помощи системы машинного обучения SRGz. Проведенные наблюдения на радиотелескопах PATAH-600, GMRT, MWA, ASKAP, VLA позволили получить высокоточные измерения спектральной плотности потока в наборе частот 0.321, 0.607, 1.383, 1.4, 2.3, 3 4.7, 8.2, 11.2 ГГц. Получены радиоизображения с разрешением несколько угловых секунд, что позволило исключить возможность существования у источника протяженного джета. Надежно измерен спектральный наклон в диапазоне 0.3-3 ГГц  $\alpha=-0.17\pm 0.05$  и обнаружен нетипичный излом в радиоспектре источника между 3 и 4.7 ГГц в системе наблюдателя. Проведенные наблюдения позволили уточнить параметр радиогромкости  $R>1100$ . Проведенный мониторинг переменности на телескопе PATAH-600, охватывает диапазон в 100 дней в системе покоя квазара. Обнаружена вспышечная переменность на частотах 4.7 и 8.2 ГГц — спектральная плотность потока изменялась в 2-2.5 раза.

Полученные данные в радиодиапазоне подтверждают, что объект имеет выдающуюся радиосветимость среди далеких квазаров. Высокая светимость, существование быстрой переменности в радиодиапазоне скорее всего связаны с наличием джета, направленного на нас, что характерно для блазаров, а не радиогромких квазаров.

### Оригинальная статья/статьи:

*T. An, A. Wang, Y. Liu, Y. Sotnikova, Y. Zhang, J. Aditya, S. Jaiswal, G. Khorunhzev, B. Lao, R. Lin, A. Mikhaililov, M. Mingaliev, T. Mufakharov, S. Sazonov "Is the X-ray bright  $z = 5.5$  quasar SRGE J170245.3+130104 a blazar?", MNRAS, vol 519, Issue 3, p.4047-4055 (2023), (IF =4.8, Q1), DOI (<http://dx.doi.org/10.1093/mnras/stac3774>)*

### Измерение поляризации рентгеновского эха двухсотлетней вспышки Sgr A\* и описание глобальной морфологии рентгеновского излучения в линии Fe XXV из области Центра Галактики

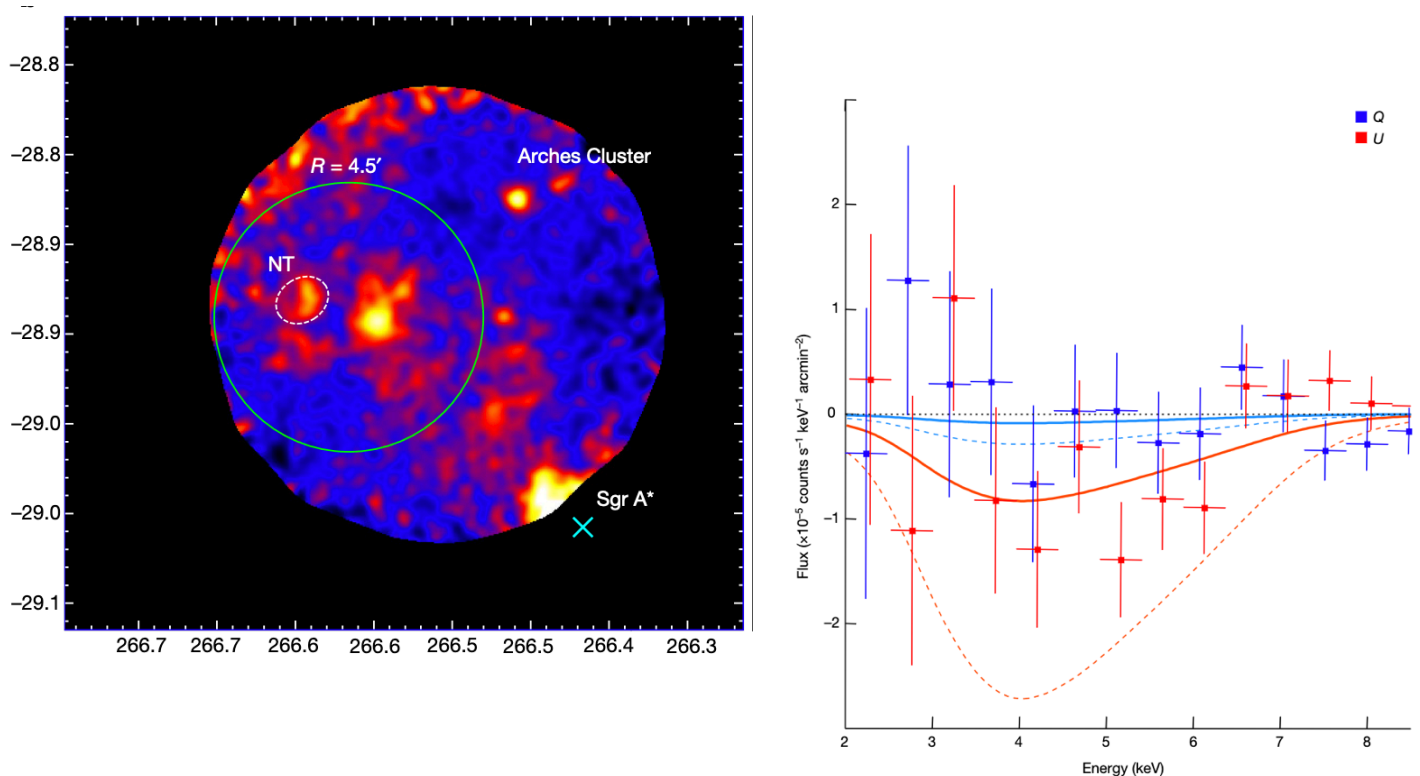
*Е. Чуразов, И.Хабибуллин, Р. Сюняев*

Отражение рентгеновского излучения молекулярными облаками, окружающими сверхмассивную черную дыру в центре нашей Галактики, позволяет заглянуть в прошлое и исследовать ее активность с запаздыванием в сотни лет. Ключевым предсказанием модели "рентгеновского эха" является поляризация непрерывной составляющей спектра отраженного излучения, направление и величина которой определяются исключительно геометрией относительного расположения источника, облака и наблюдателя, а также возможной поляризацией первичного излучения. Измерение рентгеновской поляризации,



ставшее возможным с запуском первого корректирующего рентгеновского поляриметра IXPE, является важнейшим шагом для подтверждения сложившейся парадигмы “эха короткой вспышки” и независимого определения ее параметров. Сравнение модели с данными, полученными в результате длительного наблюдения IXPE (см. Рисунок 1) показывает, что непрерывная компонента отраженного излучения поляризована на уровне 30% с направлением, согласующимся с гипотезой, в которой именно Sgr A\* является первичным источником излучения. Данное измерение не только подтверждает сложившуюся парадигму, но и уточняет возраст вспышки на уровне  $200 \pm 50$  лет (предполагая, что первичное излучение было не поляризовано). Данным измерением также прокладывается путь для дальнейших наблюдений данной области с целью обнаружения пространственных вариаций поляризационного сигнала, характерных для моделей с несколькими вспышками или изначальной линейной поляризации излучения вспышки. Последний аспект важен для выяснения возможной природы вспышечной активности СМЧД Sgr A\*, возможно связанной с неустойчивостями в окружающем ее горячем аккреционном потоке или подпиткой облаками плотного межзвездного газа, попавшими на глубоко проникающие орбиты.

Широко распространено мнение, что диффузное излучение линии Fe XXV (6.7 кэВ), наблюдаемое в Галактическом хребте, возникает в результате суперпозиции большого количества неразрешенных точечных источников рентгеновского излучения. Однако в самых центральных областях нашей Галактики существование горячей (~7 кэВ) диффузной плазмы все еще обсуждается. Было измерено излучение в линии Fe XXV, используя все доступные наблюдения обсерватории XMM-Ньютон центра Галактики (ГЦ) и внутреннего диска ( $-10^\circ < \ell < 10^\circ$ ,  $-2^\circ < b < 2^\circ$ ). Были использованы новейшие модели распределения звездной массы в этой области, чтобы оценить количество рентгеновского излучения, исходящего от неразрешенных точечных источников, и обнаружено, что в пределах области  $\ell = \pm 1^\circ$  и  $b = \pm 0,25^\circ$  излучение 6.7 кэВ в 1.3–1.5 раза превышает ожидаемое от неразрешенных точечных источников. Избыточное излучение усиливается по направлению к областям, где расположены известные остатки сверхновых, что позволяет предположить, что по крайней мере часть этого излучения обусловлена настоящей диффузной очень горячей плазмой. Если весь избыток обусловлен очень горячей плазмой, то требуется темп энерговыделения не менее  $\sim 6 \times 10^{40}$  эрг  $\text{с}^{-1}$ , что не может быть обеспечено взрывами сверхновых с наблюдаемой частотой или исключительно прошлой активностью Sgr A\*. Однако, было, что почти весь наблюдаемый избыток можно объяснить, предположив, что



звездное население центральной области имеет содержание железа в  $\sim 1.9$  раза выше, чем в области центрального сфероида Галактики.

**Рисунок 1.** Слева - изображение области Галактического Центра в диапазоне 4-8 кэВ по данным обсерватории IXPE. Круг радиусом 4.5 минут дуги показывает область, из которой наблюдается отраженное излучение прошлой вспышки СМЧД Sgr A\* (отмечена справа). Справа - энергетический спектр поляризационных параметров Стокса Q (синие точки) и U (красные точки) по данным IXPE, а также модели, соответствующие направлению поляризации с Sgr A\* в качестве источника первичного излучения и степени поляризации в 31% (сплошные линии). Штриховые линии показывают ситуацию 100% поляризации, которая соответствовала бы рассеянию на 90 градусов. Измерение позволяет определить, что угол рассеяния был близок к 45 градусам и восстановить трехмерное положение облака относительно источника первичного излучения (25 пк в проекции и 25 пк вдоль луча зрения), как следствие, уточнить возраст вспышки ( $\sim 200 \pm 50$  лет).

#### Оригинальная статья/статьи:

*Marin F., Churazov E., Khabibullin I., Ferrazzoli R., Di Gesu L., Barnouin T., Di Marco A., Middei R., Vikhlinin A., Costa E., Soffitta P., Muleri F., Sunyaev R., Forman W., Kraft R., Bianchi S., Donnarumma I., Petrucci P.-O., Enoto T., Agudo I., Antonelli L. A., Bachetti M., Baldini L., Baumgartner W. H., Bellazzini R., Bongiorno S. D., Bonino R., Brez A., Bucciantini N., Capitanio F., Castellano S., Cavazzuti E., Chen C.-T., Ciprini S., De Rosa A., Del Monte E., Di Lalla N., Doroshenko V., Dovčiak M., Ehlert S. R., Evangelista Y., Fabiani S., Garcia J. A., Gunji S., Hayashida K., Heyl J., Ingram A., Iwakiri W., Jorstad S. G., Kaaret P., Karas V., Kitaguchi T., Kolodziejczak J. J., Krawczynski H., La Monaca F., Latronico L., Liodakis I., Maldera S., Manfreda A., Marinucci A., Marscher A. P., Marshall H. L., Massaro F., Matt G., Mitsuishi I., Mizuno T., Negro M., Ng C.-Y., O'Dell S. L., Omodei N., Oppedisano C., Papitto A., Pavlov G. G., Peirson A. L., Perri M., Pesce-Rollins M., Pilia M., Possenti A., Poutanen J., Puccetti S., Ramsey B. D., Rankin J., Ratheesh A., Roberts O. J., Romani R. W., Sgrò C., Slane P., Spandre G., Swartz D., Tamagawa T., Tavecchio F., Taverna R., Tawara Y., Tennant A. F., Thomas N. E., Tombesi F., Trois A., Tsygankov S. S., Turolla R., Vink J., et al., "X-ray polarization evidence for a 200-year-old flare of Sgr A\*" *Nature*, Volume 619, Issue 7968, p.41-45, 619, p.41 (2023), (IF=64.8, Q1), <https://dx.doi.org/10.1038/s41586-023-06064-x>*

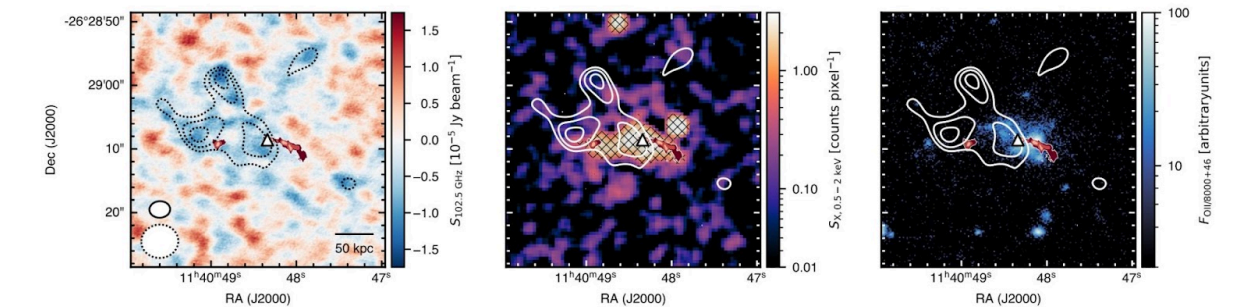
*Anastasopoulou K., Ponti G., Sormani M. C., Locatelli N., Haberl F., Morris M. R., Churazov E. M., Schödel R., Maitra C., Campana S., Di Teodoro E. M., Jin C., Khabibullin I., Mondal S., Sasaki M., Zhang Y., Zheng X., "Study of the excess Fe XXV line emission in the central degrees of the Galactic centre using XMM-Newton data" *Astronomy & Astrophysics*, 671, p.A55 (2023), (IF=6.5, Q1), <https://dx.doi.org/10.1051/0004-6361/202245001>*

#### Формирование горячего межгалактического газа в прото-скоплении галактик на красном смещении $z=2.16$

*Е. Чуразов*

Скопления галактик — это самые массивные вириализованные структуры во Вселенной, состоящие из тысяч галактик и заполненные горячим и разреженным газом. До сих пор прямые наблюдения газа ограничивались лишь сформировавшимися скоплениями в последние три четверти истории Вселенной. В данной работе обнаружен газ в протоскоплении на  $z=2.16$  (около 10 миллиардов лет назад) по тепловому эффекту Сюняева-

Зельдовича. Амплитуда и морфология обнаруженного сигнала показывают, что полная тепловая энергия газа ниже, чем ожидается из динамических соображений, и сравнима с сигналом от групп на меньших красных смещениях. Это согласуется с теоретическими ожиданиями для формирующегося скопления.



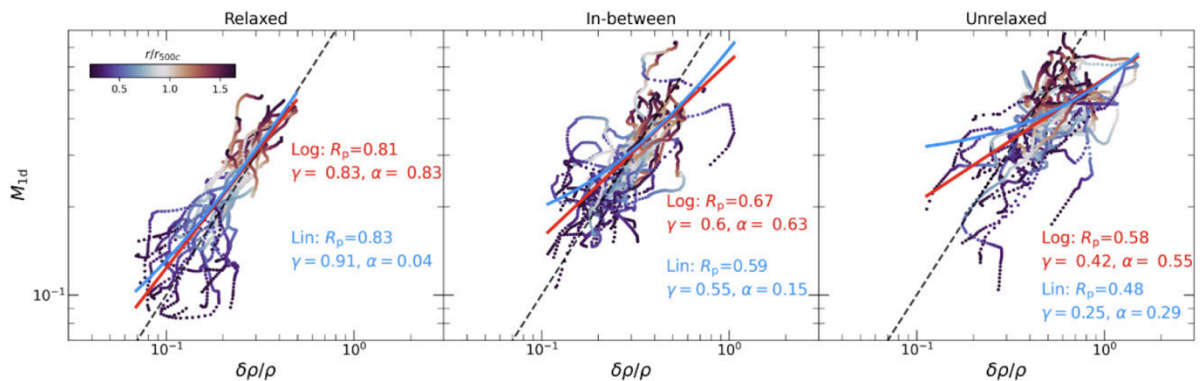
**Рисунок 1.** Детектирование горячего газа в прото-скоплении галактик на красном смещении  $z=2.16$ . Слева - в микроволновом диапазоне (по эффекту Сюняева-Зельдовича), в середине - в рентгеновском диапазоне (в заштрихованной области доминирует эффект обратного комптоновского рассеяния). Правая панель показывает оптическое изображение (излучение в линии  $Ly_\alpha$ ).

### Оригинальная статья/статьи:

Di Mascolo L., Saro A., Mroczkowski T., Borgani S., Churazov E., Rasia E., Tozzi P., Dannerbauer H., Basu K., Carilli C. L., Ginolfi M., Miley G., Nonino M., Pannella M., Pentericci L., Rizzo F., "Forming intracluster gas in a galaxy protocluster at a redshift of 2.16" *Nature*, 615, p.809 (2023), (IF=64.8, Q1), (<https://dx.doi.org/10.1038/s41586-023-05761-x>)

### Измерения скоростей газа в скоплениях галактик по флуктуациям поверхностной яркости: эффекты эллиптичности и динамического состояния скоплений.

Е. Чуразов



**Рисунок 1.** Примеры корреляций между амплитудой флуктуаций плотности и скорости на разных расстояниях от центров скопления галактик в численных расчетах формирования крупномасштабной структуры. Три панели показывают скопления в разных динамических состояниях.

Рентгеновские болометры должны обеспечить измерение скоростей газа в скоплениях галактик. Альтернативный метод - использовать наблюдения флуктуаций плотности газа, возникающие при турбулентных движениях в стратифицированных атмосферах скоплений

галактик. Этот метод активно применяется уже сейчас. Используя численные расчеты формирования крупномасштабной структуры, показано, что предсказанная связь между амплитудой скорости и амплитудой флуктуаций плотности воспроизводится в расчетах. Исследована зависимость этих соотношений от динамического состояния скоплений и эллиптичности их потенциала.

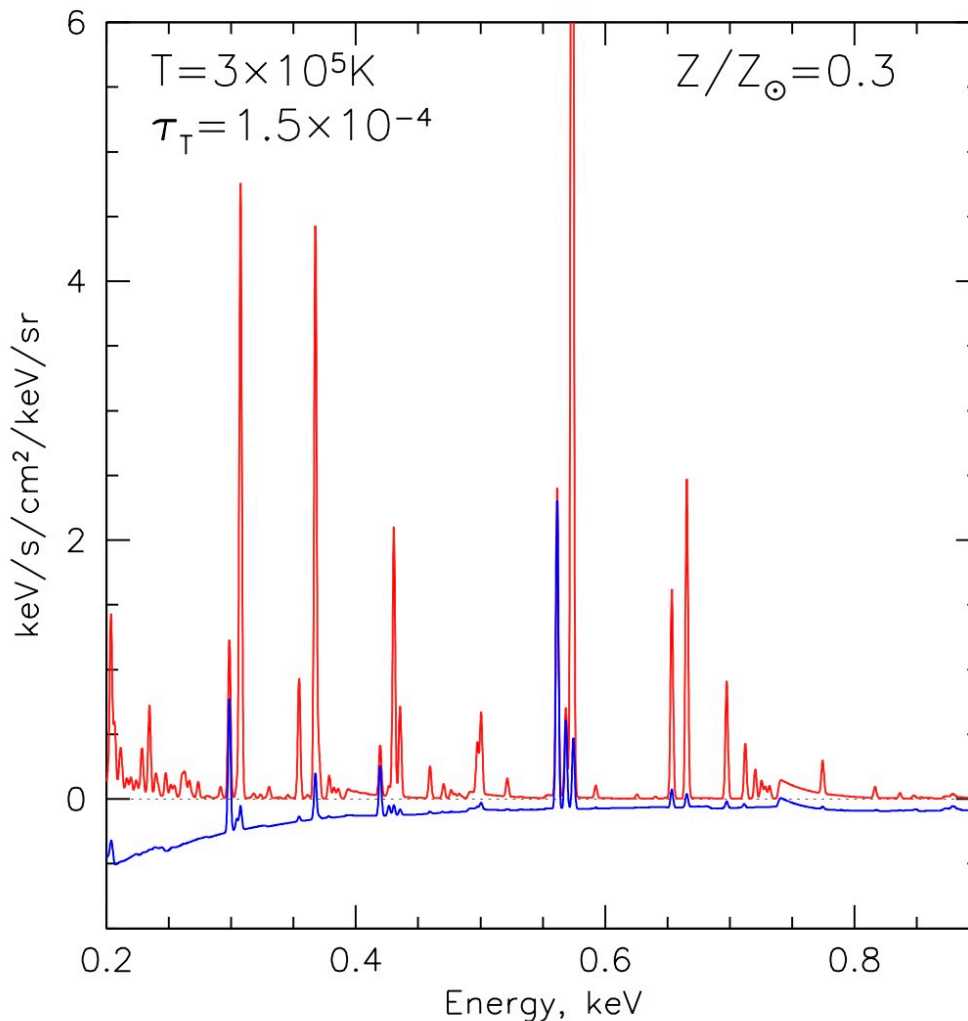
**Оригинальная статья/статьи:**

*Zhuravleva I., Chen M. C., Churazov E., Schekochihin A. A., Zhang C., Nagai D., "Indirect measurements of gas velocities in galaxy clusters: effects of ellipticity and cluster dynamic state" Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 520, p.5157 (2023), (IF=4.8, Q1), DOI <https://doi.org/10.1093/mnras/stad470>*

**Возможность детектирования мягкого рентгеновского излучения от волокон тепло-горячей среды вокруг массивных скоплений галактик. Избыток “мягкого” излучения от скопления Кома.**

*Е.М. Чуразов, И.И. Хабибуллин, Н.С. Лыскова, Р.А. Сюняев*

Близкие и массивные скопления галактик представляются хорошей мишенью для детектирования тепло-горячей межгалактической среды (англ. Warm-hot intergalactic medium, WHIM), температура которой составляет около миллиона градусов. Именно в виде тепло-горячего газа, вероятно, содержится до половины барионной материи Вселенной в современную эпоху. В данной работе были использованы космологические симуляции Magneticum для того, чтобы предсказать области, где детектирование WHIM наиболее реалистично при помощи будущих рентгеновских миссий с высоким спектральным разрешением. На примере скопления галактик Кома показано, что у существующих рентгеновских миссий уровень шума и неопределенности, связанной с калибровкой детекторов, слишком высок для детектирования сигнала от WHIM.



**Рисунок 1.** Пример расчета спектральных искажений, вызванных наличием на луче зрения облака газа с температурой 300 000 К, металличностью  $\sim 0.3$  и оптической толщиной по томсоновскому рассеянию  $\sim 1.5 \cdot 10^{-4}$ . Синяя кривая показывает искажения суммарного спектра (далеких) активных ядер галактик (фотопоглощение и резонансное рассеяние). Красная кривая — это искажения в спектре диффузного излучения (переизлучение поглощенных и рассеянных фотонов и локальное “производство” фотонов при возбуждении электронными столкновениями или рекомбинации). Такие искажения позволяют рентгеновским болометрам обнаружить газ малой плотности вне галактик и скоплений галактик.

**Оригинальная статья/статьи:**

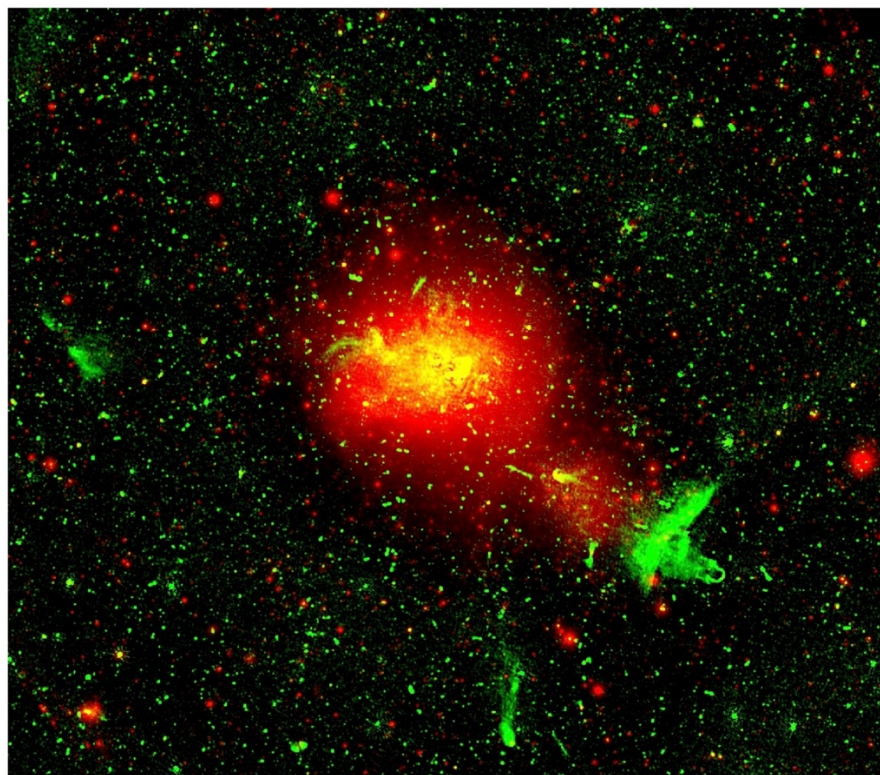
Churazov E., Khabibullin I. I., Dolag K., Lyskova N., Sunyaev R. A., "Prospects of detecting soft X-ray emission from typical WHIM filaments around massive clusters and the coma cluster soft excess" *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 523, Issue 1, pp.1209-1227, 523, p.1209 (2023), (IF=4.8, Q1), DOI: <https://dx.doi.org/10.1093/mnras/stad1514>*

**Бурная жизнь за пределами R500: рентгеновский взгляд СРГ/eРОЗИТА на скопление галактик Кома. II. Ударная волна и “радио реликт”.**

Е.М. Чуразов, И.И. Хабибуллин, Н.С. Лыскова, Р.А. Сюняев

Данная работа посвящена изучению свойств ударной волны на периферии скопления Кома, расположенного в направлении на созвездие Волосы Вероники. Если совместить

имеющиеся на данный момент изображения скопления в рентгеновском и радиодиапазонах, то видно, что точно в том месте, где расположена ударная волна, есть и яркий диффузный источник радиоизлучения - “радио реликт” 1253+275. Число Маха, полученное из анализа профиля поверхностной яркости в рентгеновском диапазоне ( $MX \approx 1.9$ ), оказывается ниже, чем это необходимо для объяснения наклона наблюдаемого радиоспектра. Ведь если магнитное поле однородно и радиационные потери быстрые, то модель диффузного ускорения частиц на ударных волнах предсказывает число Маха  $MR \approx 3.5$ . Более того, эффективность ускорения частиц слабыми ударными волнами мала, поэтому большинство моделей предполагает присутствие “предускоренных” частиц. В данной работе было показано, что нетривиальная морфология ударной волны вполне может приводить к заниженной оценке  $MX$ . Также выдвигается предположение, что в процессе слияния группы NGC4839 с главным скоплением яркая радиогалактика NGC 4789 приобрела скорость, превышающую скорость ударной волны, и опередила ее. В таком случае перед фронтом ударной волны должны присутствовать релятивистские частицы, произведенные сверхмассивной черной дырой радиогалактики NGC 4789. Эффективность ускорения уже существующих частиц ударной волной достаточно высока. Кроме того, видимые волокна (филаменты) релятивистской плазмы, связанные с этой радиогалактикой, могут обеспечить быстрое распространение ускоренных частиц по всей области, которую они занимают. В результате ускорение частиц может происходить в одном месте, а наблюдать эти частицы можно в другом, где ускорение менее эффективно.



**Рисунок 1.** Комбинация рентгеновского (красный цвет) и радио (зеленый цвет) изображений скопления галактик в созвездии Волосы Вероники. Радиоизлучение возникает в результате ускорения частиц на фронте ударной волны, вызванной слиянием двух скоплений.

**Оригинальная статья/статьи:**

*Churazov E., Khabibullin I., Bykov A. M., Lyskova N., Sunyaev R., "Tempestuous life beyond R500: X-ray view on the Coma cluster with SRG/eROSITA. II. Shock and relic" Astronomy & Astrophysics, Volume 670, id.A156, 16 pp., 670, p.A156 (2023), (IF=6.5, Q1), DOI:<https://dx.doi.org/10.1051/0004-6361/202244021>*

## **Плазменно-пылевые процессы в космических объектах (лаборатория 513)**

### **О кинетических особенностях седиментации пылевых частиц в атмосфере Марса**

*Дубинский А. Ю., Резниченко Ю. С., Попель С. И.*

Исследован режим оседания слоистых структур в ионосфере Марса с учетом особенностей состава марсианской атмосферы. Рассчитаны характерные скорости оседания пылевых частиц, их размеры и заряды, а также время седиментации слоистых структур. Показано, что тормозящее воздействие атмосферы, в отличие от земного случая, существенно различается для режимов конденсации и сублимации паров углекислого газа. Полученные результаты могут быть использованы при изучении атмосферных явлений на Марсе в ходе предстоящих космических миссий.

#### **Оригинальная статья/статьи:**

*Дубинский А. Ю., Резниченко Ю. С., Попель С. И. О кинетических особенностях седиментации пылевых частиц в атмосфере Марса // Астрономический вестник Т. 57. № 3. С. 225-231 (2023) DOI: 10.31857/S0320930X23020019*

*Dubinsky A. Yu., Reznichenko Yu. S., Popel S. I. On the Kinetic Features of Sedimentation of Dust Particles in the Martian Atmosphere // Solar System Research. 2023. V. 57. No. 3. P. 214-220 (2023) (IF=0.79, Q3), DOI: 10.1134/S0038094623020016*

### **О возможном механизме светоиндуцированных реакций в лунном реголите**

*А.Ю. Дубинский, С.И. Попель*

Представлено описание возможного механизма светоиндуцированных реакций в лунном реголите, влияющего на фотоэлектрические свойства поверхности Луны и окололунную пылевую плазму. Вблизи поверхности Луны скорость протона солнечного ветра составляет около 500 км/с, что соответствует кинетической энергии ~1 кэВ. Этой энергии достаточно для проникновения протона в вещество лунного реголита, для многократного разрыва в нем межатомных связей, а также для образования гидроксильной группы -ОН. В частности, разрыву подвергаются молекулярные фрагменты Si-O-Si, характерные для минералов, образующих лунный реголит, в результате чего могут происходить реакции, которые не могут быть запущены только за счет тепловой энергии. Так, если в непосредственной близости от разорванной связи присутствуют сульфиды металлов (например, Ag<sub>2</sub>S, FeS), то в силу их атомного подобия возможен обмен атомами кислорода и серы, что может привести к дальнейшему образованию восстановленных металлов, их гидроксидов, а также молекул воды, входящих в состав материала лунного реголита. Указанные процессы влияют на работу выхода и квантовый выход лунного реголита, определяющие характер плазменно-пылевой системы над лунной поверхностью.

### **Оригинальная статья/статьи:**

*Dubinsky A. Yu., Popel S. I. On a Possible Mechanism of Light-Induced Reactions in the Lunar Regolith // Experiment in Geosciences V. 29. No. 1. P. 5-8. (2023)*

### **Фотозарядка пыли в условиях протопланетных дисков**

*Морозова Т. И.*

Рассмотрен процесс ионизации–рекомбинации газа и зарядки частиц пыли под действием рентгеновского излучения в условиях космической плазмы. Найдены условия, когда в результате воздействия излучения, частицы пыли в протопланетном диске могут приобретать положительный заряд даже при низкой ионизации газа.

### **Оригинальная статья/статьи:**

*Морозова Т. И., Кузнецов И. А. Фотозарядка пыли в условиях протопланетных дисков // Вестник Московского Университета. Серия 3. Физика. Астрономия Т. 78. № 3. С. 2330802, 4 стр. (2023), DOI: 10.55959/MSU0579-9392.78.2330802*

*Morozova T. I., Kuznetsov I. A. Photoelectric Charging of Dust in Protoplanetary Disks // Moscow University Physics Bulletin V. 78. No. 3. P. 388-391 (2023) (IF=0.3, Q4) DOI: 10.3103/S0027134923030141*

### **Униполярные солнечные вспышки как проявление «топологического» магнитного пересоединения**

*Ю.В. Думин*

Рассмотрены солнечные вспышки, обычно проявляющийся в виде одной или набора светящихся дуг (трубок магнитного потока), уходящих корнями в области противоположной полярности фотосферы. Тщательный анализ архивных данных со спутника «Хиноде» обнаруживает удивительные случаи случайно вспыхивающих дуг, основания которых принадлежат областям одной полярности или областям без какого-либо заметного магнитного поля. Показано, что, несмотря на противоречивость этого явления, его можно разумно интерпретировать в рамках так называемой «топологической модели» магнитного пересоединения, согласно которой магнитная нулевая точка формируется за счет специфической суперпозиции влияний от удаленных источников, а не от локальных источников. В результате энергосодержание распространяется не вдоль неподвижной силовой линии магнитного поля, а вдоль сепаратора переворачивающейся двухкупольной конструкции. Следовательно, светящуюся дугу больше не нужно непосредственно связывать с источниками магнитного поля. Обсуждаются возможные наблюдения вышеупомянутого типа, представлена теоретическую модель, описывающая их, на основе которой проводится численное моделирование.

### **Оригинальная статья/статьи:**

*Dumin Yu. V., Somov B. V. Unipolar solar flares as a manifestation of 'topological' magnetic reconnection // MNRAS. 2024. V. 528. P. L15-L19 (2023) (IF 5.235, Q1) DOI: 10.1093/mnras/slad162*



## Межпланетная среда (лаборатория 534)

### Проект SHIELD: Solar wind with Hydrogen Ion charge Exchange and Large-scale Dynamics

*В. В. Измоденов, И. И. Балюкин*

Многие звезды обладают ветром, который вступает во взаимодействие с движущейся ему навстречу окружающей межзвездной средой. В результате такого взаимодействия возникает оболочка (астросфера), которая окружает и защищает звезду. У Солнца тоже есть своя оболочка, гелиосфера, которая защищает Солнечную систему от жесткого галактического излучения. Излучение, проникающее в гелиосферу, влияет на жизнь на Земле и ограничивает перспективы освоения космоса человеком. Галактические космические лучи являются доминирующим источником радиации и главной опасностью для космических миссий в нашей Солнечной системе. Текущие модели глобальной гелиосферы не могут с хорошей точностью предсказать глобальную радиационную среду, в которой мы находимся. Чтобы понять, какими защитными свойствами обладает гелиосфера, необходимо изучить ее структуру и крупномасштабную динамику.

Множество взаимодополняющих космических миссии обеспечило научное сообщество большим количеством данных по наблюдениям гелиосферы, однако некоторые фундаментальные вопросы касательно физики гелиосферы до сих пор остаются открытыми. Основная цель проекта SHIELD заключается в исследовании природы и структуры гелиосферы. В рамках четырех основных направлений будет: 1) изучена глобальная природа гелиосферы; 2) определено, как захваченные ионы эволюционируют от рождения до последующей перезарядки и как они влияют на процессы, происходящие в гелиосфере; 3) установлено, как гелиосфера взаимодействует с локальной межзвездной средой и как она влияет на нее; и 4) установлено, как космические лучи фильтруются и проникают в гелиосферу. Ключевым результатом является комплексная, самосогласованная глобальная модель гелиосферы, которая позволит объяснить данные всех *in situ* и удаленных наблюдений, а также прогнозировать радиационную среду. В рамках проекта SHIELD разрабатывается «цифровой аналог» гелиосферы, с помощью которого будет возможно: (а) предсказывать, как меняющиеся условия Солнца и локальной межзвездной среды влияют на жизнь на Земле, (б) анализировать радиационную среду и поддерживать длительные космические путешествия и (в) способствовать поиску жизни в других частях Галактики.

*Opher M., Richardson J., Zank G. P., Florinski V., Giacalone J., Sokol J., Toth G., Buxner S., Kornbleuth M., Gkioulidou M., Nikoukar R., Van der Holst B., Turner D., Gross N., Drake N., Swisdak M., Dialynas K., Dayeh M., Chen Y., Zieger B., Powell E., Onubogu C., Ma X., Bair E., Elliott H., Galli A., Zhao L., Adhikari L., Nakanotani M., Hill M., Mostafavi P., Du S., Guo F., Reisenfeld D., Fuselier S., **Izmodenov V. V., Baliukin I. I.**, Cummings A., Milner J., Wang B., Ghanbari K., Kota J., Loeb A., Burgess J., Hokanson S. C., Morrow C., Hong A., Boldon A., «Solar wind with Hydrogen Ion charge Exchange and Large-Scale Dynamics (SHIELD) DRIVE Science Center», *Frontiers in Astronomy and Space Sciences, Volume 10, (2023), (IF=4.055, Q1 WoS)*, DOI: <http://doi.org/10.3389/fspas.2023.1143909>*

## Раздел «Научные исследования, поддержанные грантами РФФИ и Мегагрантом»

### Оптическое отождествление скоплений галактик среди рентгеновских источников обзора SRG/eROSITA по данным о фотометрических оценках красных смещений галактик

*И.А.Зазнобин, Р.А.Буренин, А.В.Мещеряков, М.Р.Гильфанов, Н.С.Лыскова, П.С.Медведев, С.Ю.Сазонов, Р.А.Сюняев*

Обсуждается алгоритм, с помощью которого отождествляются массивные скопления галактик, обнаруженные в обзоре всего неба SRG/eROSITA, и оцениваются их фотометрические оценки красных смещений. С этой целью используются данные фотометрических оценок красных смещений галактик и принудительной фотометрии WISE. Для оценки качества работы алгоритма использовалась выборка 634 массивных скоплений галактик из обзора космической обсерватории им. Планка с известными спектроскопическими красными смещениями в диапазоне  $0.1 < z_{\text{spec}} < 0.6$ . Точность определения фотометрических оценок красных смещений для этой выборки составила  $\delta z_{\text{phot}}/(1 + z_{\text{phot}}) \approx 0.5\%$ , доля больших отклонений — 1.3%. Показано, что эти большие отклонения возникают, в основном, из-за проекций скоплений галактик или других крупномасштабных структур на разных красных смещениях в поле рентгеновского источника. Измерение инфракрасных (ИК) светимостей скоплений галактик позволяет оценить надежность оптического отождествления скоплений, обнаруженных в обзоре SRG/eROSITA, а также получить дополнительное независимое измерение их полных гравитационных масс,  $M_{500}$ . Показано, что оценка масс  $M_{500}$  скоплений галактик, полученная по данным измерений их ИК-светимости, имеет точность  $\sigma \lg M_{500} = 0.124$ , сравнимую с точностью оценки массы скоплений галактик по данным об их рентгеновской светимости.

#### Оригинальная статья/статьи:

*И.А.Зазнобин, Р.А.Буренин, А.В.Мещеряков, М.Р.Гильфанов, Н.С.Лыскова, П.С.Медведев, С.Ю.Сазонов, Р.А.Сюняев, «Оптическое отождествление скоплений галактик среди рентгеновских источников обзора SRG/eROSITA по данным о фотометрических оценках красных смещений галактик» Письма в Астрономический журнал, 49, №8, стр.517-531, 2023, DOI:10.31857/S0320010823080065, IF=1.194, Q3 (поддержана РФФИ 21-12-00210)*

### Оптическое отождествление и спектроскопические измерения красных смещений 216 скоплений галактик из обзора всего неба SRG/eROSITA

*И. А. Зазнобин, Р. А. Буренин, М. Р. Гильфанов, Р. А. Кривонос, Н. С. Лыскова, П. С. Медведев, А. В. Мещеряков, А. В. Моисеев, С. Ю. Сазонов, Р. А. Сюняев, Г. С. Усков, И. И. Хабибуллин, Г. А. Хорунжеев, Е. М. Чуразов*

Представлены результаты оптического отождествления и спектроскопических измерений красных смещений 216 скоплений галактик, обнаруженных в рентгеновском обзоре всего неба SRG/eROSITA. Спектральные наблюдения выполнялись в 2020–2023 гг. На 6-м телескопе БТА САО РАН, 2.5-м телескопе Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ, 1.6-м телескопе АЗТ-33ИК Саянской солнечной обсерватории ИСЗФ СО РАН и 1.5-м российско-турецком телескопе (РТТ-150) обсерватории TUBITAK. Для всех представленных в работе скоплений галактик спектроскопические измерения красных смещений получены впервые, из них 139 скоплений галактик были обнаружены впервые в

обзоре СРГ/еРОЗИТА, 22 скопления галактик находятся на красном смещении  $z_{\text{spec}} \gtrsim 0.7$ , в том числе три – на  $z_{\text{spec}} \gtrsim 1$ . Так же для четырех далеких скоплений галактик на  $z_{\text{spec}} > 0.7$  получены глубокие прямые изображения с использованием фильтров g1zJK. Для этих наблюдений выбирались наиболее массивные скопления, поэтому большая часть представленных в работе скоплений галактик с измеренными нами спектроскопическими красными смещениями, скорее всего, в будущем войдут в космологические выборки скоплений галактик обзора СРГ/еРОЗИТА.

#### **Оригинальная статья/статьи:**

*И. А. Зазнобин, Р. А. Буренин, А. А. Белинский, И. Ф. Бикмаев, М. Р. Гильфанов, А. В. Додин, С. Н. Додонов, М. В. Еселевич, С. Г. Желтоухов, Э. Н. Иртуганов, С. С. Котов, Р. А. Кривонос, Н. С. Лыскова, Е. А. Малыгин, Н. А. Масленникова, П. С. Медведев, А. В. Мецераков, А. В. Моисеев, Д. В. Опарин, С. А. Потанин, К. А. Постнов, С. Ю. Сазонов, Б. С. Сафонов, Н. А. Сахибуллин, А. А. Старобинский, М. В. Сусликов, Р. А. Сюняев, А. М. Татарников, Г. С. Усков, Р. И. Уклеин, И. И. Хабибуллин, И. М. Хамитов, Г. А. Хорунжеев, Е. М. Чуразов Е. С. Шабловинская, Н. И. Шатский, «Оптическое отождествление и спектроскопические измерения красных смещений 216 скоплений галактик из обзора всего неба СРГ/еРОЗИТА» Письма в Астрономический журнал, 49, №11 (2023), DOI: 10.31857/S0320010823110104, IF=1.194, Q3 (поддержана РНФ 21-12-00210)*

#### **Ограничения на параметры распадающейся тёмной материи из стерильных нейтрино по данным телескопа СРГ/ART-XC.**

*Е.И. Захаров, Р.А. Буренин, Р.А. Кривонос, А.Ю. Ткаченко, В.А. Арефьев, Е.В. Филиппова, С.А. Гребенев, А.А. Лутовинов, И.А. Мереминский, С.Ю. Сазонов, А.Н. Семена, А.Е. Штыковский, Р.А. Сюняев*

Стерильные нейтрино массой в несколько килоэлектронвольт (кэВ) являются одними из кандидатов на роль частиц холодной тёмной материи. Стерильное нейтрино может распасться на активное нейтрино и рентгеновский фотон с энергией  $E=m_s/2$ . Рентгеновские обсерватории способны зарегистрировать это монохроматическое рентгеновское излучение, приходящее из областей с высокой плотностью тёмной материи (центр Млечного Пути). В данной работе были проанализированы данные 4 полных обзоров всего неба, выполненных с помощью телескопа СРГ/ART-XC с декабря 2019 года по декабрь 2021 года. Полученные ограничения на параметры распада независимым образом подтверждают результаты обсерваторий Suzaku, NuSTAR и Fermi.

#### **Оригинальная статья:**

*Zakharov, E. I., Barinov, V. V., Burenin, R. A., Gorbunov, D. S., Krivonos, R. A., Tkachenko, A. Yu., Arefiev, V. A., Filippova, E. V., Grebenev, S. A., Lutovinov, A. A., Mereminsky, I. A., Sazonov, S. Yu., Semena, A. N., Shtykovsky, A. E., Sunyaev, R. A., "All-sky limits on sterile neutrino galactic dark matter obtained with SRG/ART-XC after two years of operations", accepted in Physical Review D, (IF=5.0, Q1), DOI: ..., (поддержана РНФ 22-12-00271)*

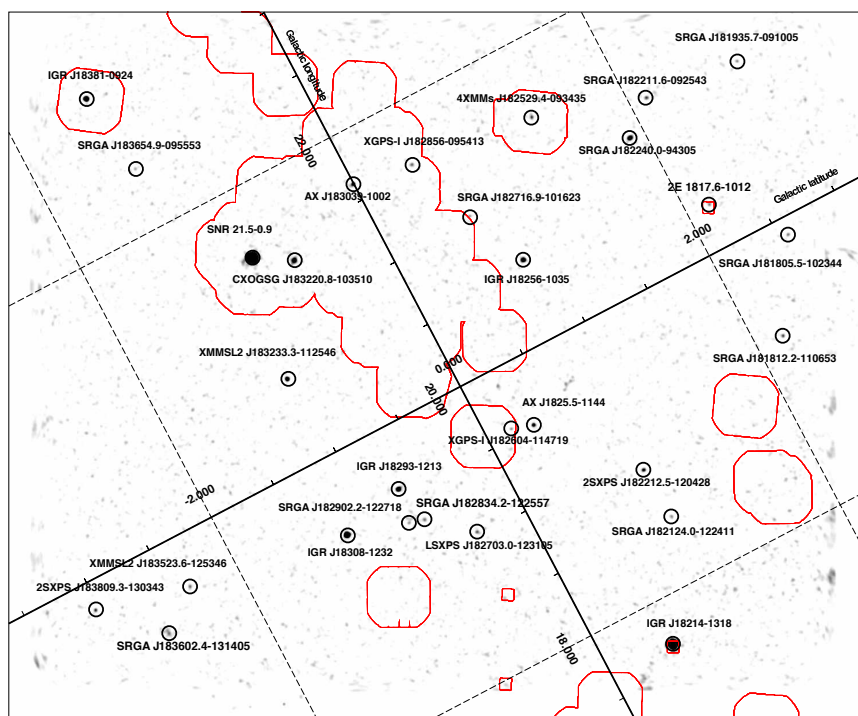
#### **Обзор плоскости галактики в области галактической долготы $l \approx 20^\circ$ телескопом ART-XC обсерватории СРГ. Каталог источников**

*Д. И. Карасев, А. Н. Семена, И. А. Мереминский, А. А. Лутовинов, Р. А. Буренин, Р. А. Кривонос, С. Ю. Сазонов, В. А. Арефьев, М. В. Бунтов, И. Ю. Лапинов, В. В. Левин, М. Н. Павлинский, А. Ю. Ткаченко, А. Е. Штыковский*

Представлен каталог источников, зарегистрированных рентгеновским телескопом ART-XC им. М.Н. Павлинского космической обсерватории СРГ во время наблюдений области галактической плоскости вблизи долготы  $l \approx 20^\circ$  (поле L20) в октябре 2019 г. Поле L20 наблюдалось 4 раза в режиме сканирования, что позволило получить равномерное покрытие области неба общей площадью  $\approx 24$  кв. градусов с медианной чувствительностью  $8 \times 10^{-13}$  эрг  $\text{с}^{-1} \text{см}^{-2}$  (при полноте детектирования 50%) в диапазоне энергий 4-12 кэВ. В результате удалось значимо зарегистрировать 29 рентгеновских источников, из которых 11 ранее не детектировались другими обсерваториями. Предварительные оценки показывают, что четыре из них, предположительно, могут иметь внегалактическую природу. Также показано, что источник SRGA J183220.1-103508 (CXOGSG J183220.8-103510), вероятнее всего, является скоплением галактик, содержащим яркую радиогалактику, на красном смещении  $z \approx 0.121$ .

## Оригинальная статья/статьи

Д. И. Карасев, А. Н. Семена, И. А. Мереминский, А. А. Лутовинов, Р. А. Буренин, Р. А. Кривонос, С. Ю. Сазонов, В. А. Арефьев, М. В. Бунтов, И. Ю. Лапинов, В. В. Левин, М. Н. Павлинский, А. Ю. Ткаченко, А. Е. Штыковский “Обзор плоскости галактики в области галактической долготы  $l \approx 20^\circ$  телескопом ART-XC обсерватории СРГ. Каталог источников” Письма в Астрономический журнал 49, 11 (2023) (Q3, IF=1.194) DOI: 10.31857/S0320010823110037 (поддержана РФФ 19-12-00396)



**Рисунок 1.** Карта вероятности обнаружения точечных источников ( $\Delta \ln L$ , поисковая карта) в поле L20. Отмечены все зарегистрированные в обзоре объекты, для которых  $\Delta \ln L > 11.4$ . Новые источники (открытые телескопом ART-XC) имеют в названии приставку "SGRA". Красными контурами отмечены границы обзора XGPS/XMM-Newton и области других глубоких точечных наблюдений обсерватории XMM-Newton в поле L20.

## Классификация IGR J15038–6021 как магнитную катаклизмическую переменную с массивным белым карликом

Р.А. Кривонос

Катаклизмические переменные (КП) — это двойные системы, состоящие из белого карлика (БК), аккрецирующего вещество от звезды-компаньона. Наблюдения КП дают

возможность узнать об аккреционных дисках, физике компактных объектов, классических новых, а также об эволюции двойной системы и БК, которая в конечном итоге может закончиться сверхновой типа Ia. Поскольку сверхновые типа Ia предполагают достижение БК предела Чандрасекара или их слияние, измерения массы БК особенно важны для выяснения пути от КП к сверхновым типа Ia. Для КП промежуточного поляра (ПП) масса БК связана с температурой тормозного излучения вещества в аккреционной колонке, которая обычно достигает максимума при энергиях рентгеновских лучей. Таким образом, ожидается, что ПП с самым сильным жестким рентгеновским излучением, например обнаруженные спутником ИНТЕГРАЛ, будут иметь наибольшую массу. В данной работе мы провели наблюдения рентгеновского источника IGR J15038-6021 на орбитальных телескопах XMM-Newton, NuSTAR и наземных оптических телескопах. Была обнаружена периодичность рентгеновского излучения  $1678 \pm 2$  сек, которую мы интерпретируем как период вращения БК. Путем аппроксимации спектра в полосе энергий 0.3–79 кэВ моделью, которая использует взаимосвязь между массой БК и температурой после ударной волны, мы измерили массу БК 1.36 солнечных масс. Это согласуется с результатами другой работы по изучению IGR J14091-6108, где также была получена масса близкая к пределу Чандрасекара. В нашей работе было показано, что оба этих результата являются выдающимися примерами класса ПП, имеющих массивные БК, и также проведено обсуждение результатов в контексте исследований массы БК, и следствия для эволюции массы БК.

#### **Оригинальная статья/статьи:**

*Томсик Дж., Кумар С., Коуненор Б., Шау А., Мукай К., Харе Дж., Кламель М., Кривонос Р., Форнашини Ф., Гербер Ю., «Classifying IGR J15038-6021 as a magnetic CV with a massive white dwarf», 9 июня 2023 принято к публикации в журнале MNRAS, (IF= 5.235, Q1), Том 525, Выпуск 3, стр. 4520-4533, <https://doi.org/10.1093/mnras/stad1729>, (поддержана РФФ 19-12-00396)*

#### **Измерение Космического Рентгеновского Фона с помощью боковой засветки телескопа NuSTAR**

*Р.А. Кривонос*

В данной работе были проведены два взаимодополняющих рентгеновских исследования для поиска Темной Материи, распадающейся на моноэнергетические фотоны в гало Млечного Пути по данным длительных наблюдений телескопа NuSTAR. В первом исследовании мы используем метод измерения поверхностной яркости неба с помощью боковой засветки телескопа, используя экспозицию глубоких рентгеновских обзоров с экспозицией 7 Мс на детектор. Во второй части мы представляем обновленную параметрическую модель всего фона прибора NuSTAR, позволяющую нам использовать статистическую мощность независимых суммированных экспозиций 20 Мс на детектор, распределенных по небу. Не обнаружив никаких доказательств наличия аномальных рентгеновских линий при использовании любого метода, мы установили ограничения на угол активно-стерильного смешивания для масс стерильных нейтрино 6–40 кэВ. Первый ключевой результат состоит в том, что мы решительно ограничиваем распад стерильного нейтрино с энергией около 7 кэВ на фотон с энергией 3.5 кэВ. Во-вторых, были выведены ведущие пределы для стерильных нейтрино с массами ~15-18 кэВ и ~25-40 кэВ, достигающих или простирающихся ниже предела нуклеосинтеза Большого взрыва. В сочетании с предыдущими результатами пространство параметров минимальной стандартной модели нейтрино теперь практически закрыто.

#### **Оригинальная статья/статьи:**

*Росланд С., Вик Д., Грефенитетте Б., Капеллутти Н., Чиввиано Ф., Гастаделло Ф., Гилли Р., Харрисон Ф., Хорншмейер А., Хикокс Р., Кривонос Р., Мэдсен К., Моленди С., Птак А., Штерн Д., Зоглауер А., «Measuring the Cosmic X-Ray Background in 3-20 KeV with Stray Light from NuSTAR», 25 апреля 2023 принято к публикации в журнале The Astrophysical*

## **Ограничения на распад Темной Материи по данным длительных наблюдений галактического гало телескопом НуСТАР**

*Р.А. Кривонос*

В данной работе были проведены два взаимодополняющих рентгеновских исследования для поиска Темной Материи, распадающейся на моноэнергетические фотоны в гало Млечного Пути по данным длительных наблюдений телескопа НуСТАР. В первом исследовании мы используем метод измерения поверхностной яркости неба с помощью боковой засветки телескопа, используя экспозицию глубоких рентгеновских обзоров с экспозицией 7 Мс на детектор. Во второй части мы представляем обновленную параметрическую модель всего фона прибора НуСТАР, позволяющую нам использовать статистическую мощность независимых суммированных экспозиций 20 Мс на детектор, распределенных по небу. Не обнаружив никаких доказательств наличия аномальных рентгеновских линий при использовании любого метода, мы установили ограничения на угол активно-стерильного смешивания для масс стерильных нейтрино 6–40 кэВ. Первый ключевой результат состоит в том, что мы решительно ограничиваем распад стерильного нейтрино с энергией около 7 кэВ на фотон с энергией 3.5 кэВ. Во-вторых, были выведены ведущие пределы для стерильных нейтрино с массами ~15-18 кэВ и ~25-40 кэВ, достигающих или простирающихся ниже предела нуклеосинтеза Большого взрыва. В сочетании с предыдущими результатами пространство параметров минимальной стандартной модели нейтрино теперь практически закрыто.

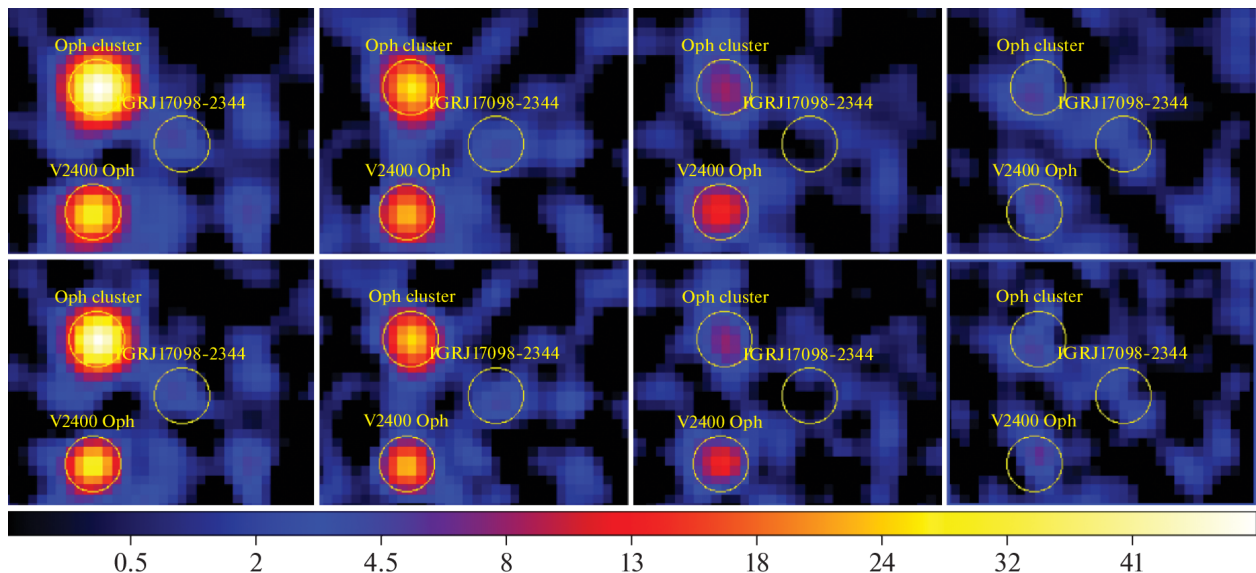
### **Оригинальная статья/статьи:**

*Роач Б., Россланд С., Нг К., Перез К., Бекон Дж., Грефенитетте Б., Хорунжи Ш., Кривонос Р., Вук Д., «Long-exposure NuSTAR constraints on decaying dark matter in the Galactic halo», *Physical Review D*, (IF= 5.407, Q1), Том 107, Выпуск 2, DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.107.023009> (поддержана РНФ 22-12-00271)*

## **Поиск нетеплового рентгеновского излучения в скоплении галактик Змееносец**

*Р.А. Кривонос*

В данной работе было проведено исследование рентгеновского излучения скопления галактик Змееносец по данным гамма-обсерватории ИНТЕГРАЛ в диапазоне энергий 20-120 кэВ, с целью поиска нетепловой компоненты излучения скопления. Используя данные ИНТЕГРАЛа за период наблюдений 2003-2009 гг., мы построили изображения скопления галактик Змееносца в различных энергетических диапазонах от 20 до 120 кэВ с извлечением спектральной информации. Показано, что в энергетическом диапазоне жесткого рентгеновского излучения источник представляет собой протяженный источник с угловым размером около 5 угл. мин. Если предположить фиксированную температуру газа в скоплении 8.5 кэВ, то степенная составляющая возможного нетеплового рентгеновского излучения наблюдается на уровне значимости 5,5 стандартных отклонений, поток от которого согласуется с предыдущими исследованиями. Однако ввиду неопределенности ограничения тепловой компоненты в рентгеновском спектре при энергиях выше 20 кэВ мы не можем сделать утверждение о значимом обнаружении нетеплового излучения скопления. На основании факта уверенного обнаружения кластера до 70 кэВ (Рисунок 1) можно сделать вывод лишь о возможном наличии нетеплового избытка при энергиях выше 60 кэВ.



**Рисунок 1.** Рентгеновское изображение области скопления Змееносец по данным обсерватории ИНТЕГРАЛ в диапазонах энергии (слева направо) 20–30, 30–40, 40–50, and 50–70 кэВ, соответственно. Верхний и нижний ряд демонстрируют карты после свертки изображения с функцией Гаусса размером 7.7 и 5.9 угл. мин., соответственно.

#### Оригинальная статья/статьи:

*Кривонос Р.А., «Поиск нетеплового рентгеновского излучения в скоплении галактик Змееносец», Письма в Астрономический Журнал (IF= 1.194, Q3), Том 48, номер 11, стр. 636-643, DOI: <https://doi.org/10.1134/S1063773722110135> (поддержана РНФ 19-12-00396)*

#### Одновременные многоволновые наблюдения источника повторных радиовсплесков FRB 20180916B

*И.А. Мереминский, Р.А. Буренин, А.А. Лутовинов, А.Н. Семена*

В рамках международной многоволновой наблюдательной кампании была проведена быстрая фотометрия источника повторных быстрых радиовсплесков FRB 20180916B, расположенного в галактике на расстоянии 149 Мпк. Для этого были задействованы РТТ-150 и 2.5м телескоп КГО ГАИШ МГУ. Одновременное наблюдение FRB телескопами, работающими в разных диапазонах электромагнитного спектра позволило получить ограничение на отношения энерговыделений в оптическом, радио и рентгеновских диапазонах -  $E_{\text{opt}}/E_{\text{radio}} < 1.3 \times 10^2$  и  $E_{\text{X-ray}}/E_{\text{radio}} < (0.9-1.3) \times 10^7$ .

#### Оригинальная статья/статьи:

*M. Trudu et al., "Simultaneous and panchromatic observations of the fast radio burst FRB 20180916B» Astronomy & Astrophysics, Volume 676, id.A17, 22 pp., (2023), DOI: 10.1051/0004-6361/202245303, (IF=6.5) (поддержана РНФ 19-29-11029)*

#### Поиск активных ядер в карликовых галактиках в поле M81

*И.А. Мереминский, С.Ю. Сазонов, Р.А. Кривонос*

По данным многолетних наблюдений поля M81 обсерваторией ИНТЕГРАЛ был поставлен верхний предел на населённость близких карликовых галактик, входящих в группы M81 и NGC 2787, активными ядрами. В простых предположениях о массах центральных черных дыр и распределении темпов аккреции в этих объектах полученный верхний предел на долю активных ядер составил  $F < 3...10\%$ .

### **Оригинальная статья/статья:**

*Mereminskiy, I. A., Sazonov, S. Yu., Krivonos, R. A., Karachentsev, I. D., «Search for AGNs in Dwarf Galaxies in the the M81 Field with INTEGRAL Data», Astronomy Letters, Volume 49, Issue 1, p.1-8, (2023), (IF = 0.9), DOI: 10.1134/S1063773723010048 (поддержана РФФ 19-12-00396)*

### **Метод вейвлет-декомпозиции изображений для исследования боковой засветки орбитального телескопа NuSTAR**

*А.А. Мухин, Р.А.Кривonos, А.А.Вихлинин*

Несфокусированное рентгеновское излучение (боковая засветка), регистрируемая орбитальным телескопом Nuclear Spectroscopic Telescope Array (NuSTAR) может быть использована для исследования крупномасштабных структур на рентгеновском небе.

В рамках данной работы разработан непараметрический автоматизированный метод разделения сфокусированного излучения и боковой засветки для произвольных наблюдений орбитального телескопа NuSTAR. Этот метод, основанный на вейвлет-декомпозиции изображений при помощи вейвлет-трансформации «à trous», позволяет детектировать структуры в наблюдениях произвольной формы и пространственного размера. Для применения результатов разделения к исследованию излучения боковой засветки был разработан дополнительный алгоритм подбора оптимальной комбинации масок для выделения сфокусированного излучения из наблюдений с сохранением наибольшей площади детектора при наилучшем статистическом качестве.

Метод протестирован на полном архиве наблюдений телескопа NuSTAR за 10 лет работы с суммарной экспозицией наблюдений более 130 Мс. В результате получено, что 94% всех исследованных наблюдений имеют статистическое качество (вычисленное как значение модифицированной Кэш-статистики на бин) не более 2.0 с медианным значением в 1.2.

Разработанный метод представлен в виде открытого кода на Python, а результаты его применения могут быть интегрированы в работу как в среде Python, так и в стандартную процедуру обработки наблюдений телескопа NuSTAR.

### **Оригинальная статья/статья:**

*Andrey Mukhin, Roman Krivonos, Alexey Vikhlinin, Brian W. Grefenstette, Kristin Madsen, and Daniel Wik "Wavelet-based image decomposition method for NuSTAR stray light background studies," Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems (IF = 2.3, Q2) 9(4), 048001 (26 October 2023). <https://doi.org/10.1117/1.JATIS.9.4.048001> (поддержана РФФ 22-12-00271)*

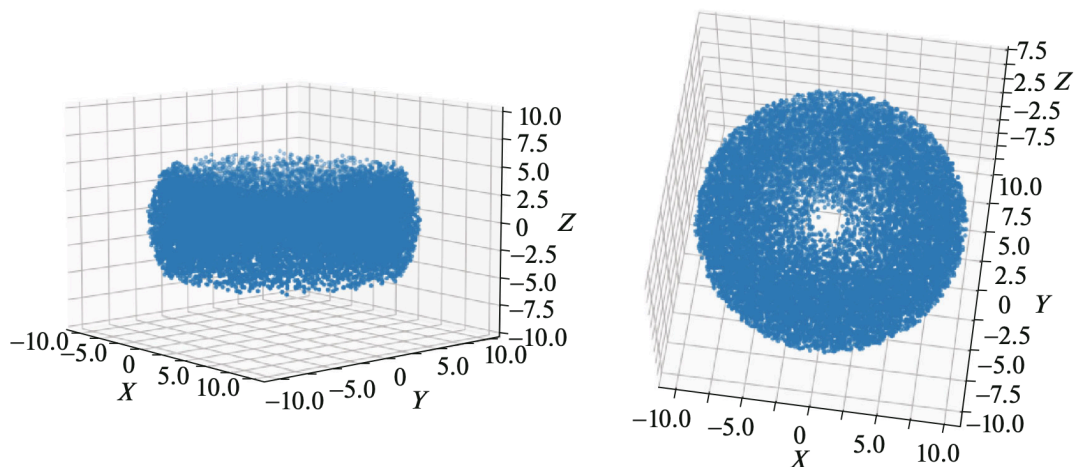
### **Моделирование рентгеновских спектров активных ядер галактик в геометрии комковатого тора**

*Ф. Мелаззини, С.Ю. Сазонов*

Разработан программный код на основе метода Монте Карло, позволяющий моделировать рентгеновские спектры активных ядер галактик, возникающие после прохождения излучения горячей короны аккреционного диска через комковатый тор. С помощью этого кода исследована возможность диагностики физических свойств тора (средняя лучевая концентрация  $\langle NH \rangle$ , колонка поглощения в направлении наблюдателя  $NH$ , обилие железа  $A_{Fe}$ , комковатость  $\langle N \rangle$ , угол наблюдения) по форме измеряемого рентгеновского спектра. В первой статье цикла рассмотрен оптически тонкий случай по комптоновскому рассеянию ( $\langle NH \rangle$ ,  $NH < 10^{24}$  на кв. см). Для количественного сравнения спектров введены пять спектральных характеристик: спектральная жесткость 1 (отношение потоков в континууме в диапазонах 7-11 и 2-7 кэВ), спектральная жесткость 2 (отношение потоков в континууме



в диапазонах 10-100 и 2-10 кэВ), амплитуда К-скачка поглощения железа, эквивалентная ширина линии Fe Ka, доля потока линии Fe Ka в комптоновском плече. Показано, что в оптически тонком по комптоновскому рассеянию режиме с помощью рентгеновской спектроскопии можно надежно определить  $\langle NH \rangle$ ,  $NH$  и  $AFe$ , но есть вырождение между комковатостью тора и его ориентацией по отношению к наблюдателю.



**Рисунок 1.** Геометрия комковатого тора для расчета рентгеновских спектров поглощенных АЯГ. В этом примере среднее количество облаков на луче зрения составляет 2, а полное количество облаков в торе — 14436.

**Оригинальная статья/статьи:**

*F. Melazzini, S. Sazonov “What can we learn about Compton-thin AGN tori from their X-ray spectra”, Astronomy Letters, 49, 301 (2023), (IF=1.194, Q3), DOI: 10.1134/S106377372306004X (поддержана грантом РФФ 19-12-00396)*

**Спектральная и временная переменность быстрого рентгеновского транзиента со сверхгигантом IGR J16195-4945**

*М.Н. Сатыбалдиев, И.А. Мереминский, А.А. Лутовинов, Д.И. Карасёв, А.Н. Семена, А.Е. Штыковский*

Было проанализировано продолжительное наблюдение быстрого рентгеновского транзиента со сверхгигантом IGR J16195-4945 выполненное телескопом ART-XC им. М.Н. Павлинского в 2021 году. Было показано, что система демонстрирует характерную «бесцветную» переменность. Показано, что характеристики отдельных вспышек, наблюдающихся в системе, согласуются с предсказаниями модели оседающей аккреции комковатого звездного ветра. Также обнаружена быстрая иррегулярная переменность в инфракрасном диапазоне с характерным масштабом в 0.1 звёздную величину.

**Оригинальная статья/статьи:**

*Satybaldiev, M. N, Mereminskiy, I. A., Lutovinov, A. A., Karasev, D. I., Semena, A. N., Shtykovsky, A. E., «Spectral and Temporal Analysis of the Supergiant Fast X-ray Transient IGR J16195-4945 with SRG/ART-XC», Astronomy Letters, Volume 49, Issue 5, p.249-256, (2023), (IF=0.9), DOI: 10.1134/S106377372305002X (поддержана РФФ 19-29-11029)*

**Новые активные ядра галактик, обнаруженные телескопами ART-XC и eROSITA в ходе первых 5 рентгеновских обзоров всего неба обсерватории СРГ**

*Г. С. Усков, С. Ю. Сазонов, И. А. Зазнобин, Р. А. Буренин, М. Р. Гильфанов, П. С. Медведев, Р. А. Сюняев, Р. А. Кривонос, Е. В. Филиппова, Г.А. Хорунжеев*

Представлены результаты отождествления 14 рентгеновских источников, обнаруженных на восточном галактическом небе ( $0 < l < 180 \text{ deg}$ ) в диапазоне энергий 4-12 кэВ на суммарной карте первых пяти обзоров всего неба (с декабря 2019 по март 2022 г.) телескопа ART-XC им. М.Н. Павлинского обсерватории SRG. Все 14 источников надежно детектируются телескопом SRG/eROSITA в диапазоне энергий 0.2-8 кэВ. Из них 6 были обнаружены в рентгене впервые, а остальные уже были известны ранее как рентгеновские источники, однако их природа оставалась неизвестной. С помощью 1.6-м телескопа АЗТ-33ИК Саянской обсерватории ИСЗФ СО РАН были получены оптические спектры 12 источников. Еще для 2 объектов были проанализированы архивные спектры, полученные в ходе обзора 6dF. Все объекты оказались сейфертовскими галактиками (1 - NLSy1, 3 - Sy1, 4 - Sy1.9, 6 - Sy2) на красных смещениях  $z=0.015-0.238$ . По данным телескопов eROSITA и ART-XC обсерватории SRG получены рентгеновские спектры всех объектов в диапазоне 0.2-12 кэВ. У четырех из них внутреннее поглощение превышает  $NH > 10^{22} \text{ см}^{-2}$  на уровне достоверности 90%, причем один из них вероятно является сильно поглощенным ( $NH > 5 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-2}$  с достоверностью 90%). Эта статья продолжает серию публикаций об отождествлении жестких рентгеновских источников, обнаруженных в ходе обзора всего неба орбитальной рентгеновской обсерватории СРГ.

#### **Оригинальная статья/статьи:**

*Г. С. Усков, С. Ю. Сазонов, И. А. Зазнобин, Р. А. Буренин, М. Р. Гильфанов, П. С. Медведев, Р. А. Сюняев, Р. А. Кривонос, Е. В. Филиппова, Г.А. Хорунжеев, М. В. Еселевич, “Новые активные ядра галактик, обнаруженные телескопами ART-XC и eROSITA в ходе первых 5 рентгеновских обзоров всего неба обсерватории СРГ”, Письма в Астрономический журнал, 49, 2, сс. 97-121 (2023), (IF=1.194, Q3), DOI: 10.31857/S0320010823020043, (поддержана РНФ 19-12-00396)*

#### **Рентгеновские свойства мощного квазара PG1634+706 на $z=1.337$ по данным обсерваторий СРГ и ХММ им. Ньютона**

*Г.С. Усков, С.Ю. Сазонов, М.Р. Гильфанов, И.Ю. Лапшов, Р.А. Сюняев*

Осенью 2019 г. во время фазы летных калибровок обсерватории СРГ телескопы eROSITA и ART-XC им. М.Н. Павлинского на ее борту провели серию наблюдений PG1634+706 -- одного из самых мощных (рентгеновская светимость  $\sim 10^{46}$  эрг/с) квазаров во Вселенной на  $z < 2$ . Приблизительно в те же даты этот квазар наблюдался еще и обсерваторией ХММ-Newton. Хотя объект уже неоднократно исследовался в рентгене ранее, новые наблюдения позволили более точно измерить его энергетический спектр в широком диапазоне 1--30 кэВ (в системе покоя квазара). Полученный спектр можно описать двухкомпонентной моделью, состоящей из степенного континуума с наклоном 1.9 и уширенной эмиссионной линии железа на энергии около 6.4 кэВ. Была исследована также переменность рентгеновского излучения квазара. На временах порядка нескольких часов рентгеновская светимость не демонстрирует статистически значимой переменности. Однако она заметно менялась от наблюдения к наблюдению осенью 2019 г., увеличившись примерно в полтора раза за 25 дней. Сравнение новых измерений обсерваторий SRG и ХММ-Newton с предыдущими измерениями других рентгеновских обсерваторий показало, что за всю 17-летнюю историю наблюдений квазара PG1634+706 его рентгеновская светимость варьировалась не более чем в 2.5 раза, а вариации на масштабах времени нескольких недель и нескольких лет сравнимы по амплитуде.

#### **Оригинальная статья/статьи:**

*Г.С. Усков, С.Ю. Сазонов, М.Р. Гильфанов, И.Ю. Лапшов, Р.А. Сюняев, “ Рентгеновские свойства мощного квазара PG1634+706 на  $z=1.337$  по данным обсерваторий СРГ и ХММ*

*им. Ньютона*”, *Письма в Астрономический журнал*, 49, 11, с. 1-18 (IF =1.194, Q3), DOI: 10.31857/S0320010823110098, (поддержана РНФ 21-12-00343 и 19-12-00396)

### **Поиск событий приливного разрушения на основе обзора СРГ/еРОЗИТА с последующей оптической спектроскопией**

*Г.А. Хорунжеев, С.Ю. Сазонов, П.С. Медведев, М.Р. Гильфанов, К.Е. Р.А. Буренин, И.А. Зазнобин, Р.А. Кривонос, Р.А. Сюняев*

В работе предложен набор критериев, по которым можно отличить событие приливного разрушения от активного ядра галактики на основе оптических спектров и фотометрической информации. В частности, предлагается использовать отношение рентгеновской светимости к светимости в линии [OIII] 5007 Ангстрем. Для тестирования предложенного метода рассматривается выборка из 15 внегалактических транзиентов \textit{srge}, чей рентгеновский поток изменился более чем в 7 раз между двумя соседними обзорами СРГ/еРОЗИТы. Для всех этих объектов были получены спектры на российских оптических телескопах: РТТ-150, АЗТ-33ИК, RC2500, БТА. Нам удалось выявить 5 новых и 1 ранее известный СПР, а также классифицировать 7 источников как АЯГ. Природа еще двух транзиентов остается под вопросом. Предложенный метод поможет расставить приоритеты для получения максимально полной и надежной выборки СПР в обзоре СРГ/еРОЗИТА.

#### **Оригинальная статья/статьи:**

*Г.А. Хорунжеев, С.Ю. Сазонов, П.С. Медведев, М.Р. Гильфанов, К.Е. Атапин, А.А. Белинский, О.В. Возякова, А.В. Додин, Б.С. Сафонов, А.М. Татарников, И.Ф. Бикмаев, Р.А. Буренин, С.Н. Додонов, М.В. Еселевич, И.А. Зазнобин, Р.А. Кривонос, Р.И. Уклеин, К.А. Постнов, Р.А. Сюняев "Поиск событий приливного разрушения на основе обзора СРГ/еРОЗИТА с последующей оптической спектроскопией", Письма в Астрономический журнал, 49, №1, 65-87, (2023), (IF=1.194, Q3), DOI:10.31857/S0320010823010035 (поддержана РНФ 19-12-00396)*

### **Рентгеновская поляриметрия аккрецирующего пульсара EXO J2030+375**

*С.С. Цыганков, Ю.Й. Поутанен, А.А. Лутовинов, И.А. Мереминский, С.В. Мольков, А.Е. Штыковский*

Одновременные рентгеновские поляриметрические и спектральные наблюдения, проведенные телескопами IXPE, ART-XC им. М.Н. Павлинского и Insight-HMXT вблизи максимума рентгеновской вспышки первого рода позволили впервые измерить степень поляризации излучения пульсара EXO J2030+375. Было определено, что в то время, как средняя поляризация совместима с нулём, в отдельных фазах она достигает 2%-7%. Для того, чтобы объяснить небольшую наблюдаемую степень поляризации была предложена модель перегретой атмосферы, а также одновременный вклад нескольких областей на поверхности нейтронной звезды в наблюдаемое излучение. Измеренное наклонение оси вращения нейтронной звезды составило 130 градусов, а угол между осью вращения и осью магнитного диполя — 60 градусов. В таком случае, при вращении пульсара один из магнитных полюсов проходит рядом с лучом зрения наблюдателя.

#### **Оригинальная статья/статьи:**

*C. Malacaria et al., «A polarimetrically oriented X-ray stare at the accreting pulsar EXO 2030+375 », Astronomy & Astrophysics, Volume 675, id.A29, 10 pp., (2023), DOI:10.1051/0004-6361/202346581, (IF=6.5), (поддержана РНФ 19-12-00423)*

## Заключение

В настоящем отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2023 г. по теме «Вселенная». По результатам этих исследований сотрудниками ИКИ РАН в 2023 г. были опубликованы 90 научных работ (41 статей без поддержки РФФИ и т.п.). Из них:

- статьи в зарубежных изданиях – 51
- статьи в отечественных научных рецензируемых журналах – 16
- статьи в сборниках материалов конференций - 18
- астрономические телеграммы – 5

Важнейшим результатом по теме в этом году признаны ***“Измерения рентгеновского излучения газа скоплений галактик на рекордно больших расстояниях от центра скопления”***.

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

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

### **Публикации по теме ВСЕЛЕННАЯ (41)**

Всего научных публикаций в 2023г: 67 (без трудов конференций и телеграмм)

В том числе в зарубежных изданиях: 51 (16 из них РФФ)

Статьи в отечественных рецензируемых журналах: 16 (10 из них РФФ и др.)

-----  
статьи в сборниках и материалах конференций: 18

Телеграммы: 5

### **Публикации в российских журналах**

- 1) *Dubinsky A. Yu., Popel S. I. On a Possible Mechanism of Light-Induced Reactions in the Lunar Regolith // Experiment in Geosciences V. 29. No. 1. P. 5-8. (2023)*
- 2) *Dubinsky A. Yu., Reznichenko Yu. S., Popel S. I. On the Kinetic Features of Sedimentation of Dust Particles in the Martian Atmosphere // Solar System Research. 2023. V. 57. No. 3. P. 214-220 (2023) (IF=0.79, Q3), DOI: 10.1134/S0038094623020016*
- 3) *А.А. Белинский, А.В. Додин, С.Г. Желтоухов, К.А. Постнов, С.А. Потанин, А.М. Татарников, А.Н. Тарасенков, Н.И. Шатский, П.С. Медведев, Г.А. Хорунжеев, А.В. Мещеряков, С.Ю. Сазонов, М.Р. Гильфановб, «Избранные активные ядра галактик из обзора СРГ/eROSITA: оптические и ИК-наблюдения на 2.5-м телескопе КГО ГАИШ МГУ в 2021 и 2022 годах » Астрофизический Бюллетень , 78, 3, p.294-304 (2023), (IF =1.022, Q2), DOI: <http://dx.doi.org/10.1134/S1990341323700074>*
- 4) *Shtykovsky A. E., Lutovinov A. A., Krivonos R. A., Gilfanov M. R., Medvedev P. S., Mereminskiy I. A., Arefiev V. A., Molkov S. V., Sunyaev R. A., "X-ray Halo of the Pulsar 4U 1538-52 from SRG Data", *Astronomy Letters*, 49 (2023), DOI:10.1134/S1063773723050031*
- 5) *Bykov A. M., Uvarov Y. A., Gilfanov M. R., Medvedev P. S., "Morphology and Spectra of the Galactic Supernova Remnant G18.1-0.1 from SRG/eROSITA Data", *Astronomy Letters*, 49 (2023), DOI:10.1134/S1063773723010024*
- 6) *Морозова Т. И., Кузнецов И. А. Фотозарядка пыли в условиях протопланетных дисков // Вестник Московского Университета. Серия 3. Физика. Астрономия Т. 78. № 3. С. 2330802, 4 стр. (2023), DOI: 10.55959/MSU0579-9392.78.2330802*

### **С поддержкой РФФ**

- 1) *Д. И. Карасев, А. Н. Семена, И. А. Мереминский, А. А. Лутовинов, Р. А. Буренин, Р. А. Кривonos, С. Ю. Сазонов, В. А. Арефьев, М. В. Бунтов, И. Ю. Лапшов, В. В. Левин, М. Н. Павлинский, А. Ю. Ткаченко, А. Е. Штыковский "Обзор плоскости галактики в области галактической долготы  $l \approx 20^\circ$  телескопом ART-XC обсерватории СРГ. Каталог источников" Письма в Астрономический*

журнал 49, 11 (2023) (Q3, IF=1.194) DOI:10.31857/S0320010823110037 (поддержана РНФ 19-12-00396)

- 2) И.А.Зазнобин, Р.А.Буренин, А.В.Мещеряков, М.Р.Гильфанов, Н.С.Лыскова, П.С.Медведев, С.Ю.Сазонов, Р.А.Сюняев, «Оптическое отождествление скоплений галактик среди рентгеновских источников обзора СРГ/eРОЗИТА по данным о фотометрических оценках красных смещений галактик» Письма в Астрономический журнал, 49, №8, стр.517-531, 2023, DOI:10.31857/S0320010823080065, IF=1.194, Q3 (поддержана РНФ 21-12-00210)
- 3) И. А. Зазнобин, Р. А. Буренин, А. А. Белинский, И. Ф. Бикмаев, М. Р. Гильфанов, А. В. Додин, С. Н. Додонов, М. В. Еселевич, С. Г. Желтоухов, Э. Н. Иртуганов, С. С. Котов, Р. А. Кривонос, Н. С. Лыскова, Е. А. Малыгин, Н. А. Масленникова, П. С. Медведев, А. В. Мещеряков, А. В. Моисеев, Д. В. Опарин, С. А. Потанин, К. А. Постнов, С. Ю. Сазонов, Б. С. Сафонов, Н. А. Сахибуллин, А. А. Старобинский, М. В. Сусликов, Р. А. Сюняев, А. М. Татарников, Г. С. Усков, Р. И. Уклеин, И. И. Хабибуллин, И. М. Хамитов, Г. А. Хорунжеев, Е. М. Чуразов Е. С. Шабловинская, Н. И. Шатский, «Оптическое отождествление и спектроскопические измерения красных смещений 216 скоплений галактик из обзора всего неба СРГ/eРОЗИТА» Письма в Астрономический журнал, 49, №11, (2023) DOI:10.31857/S0320010823110104, IF=1.194, Q3 (поддержана РНФ 21-12-00210)
- 4) Satybaldiev M. N., Mereminskiy I. A., Lutovinov A. A., Karasev D. I., Semena A. N., Shtykovsky A. E., "Spectral and Temporal Analysis of the Supergiant Fast X-ray Transient IGR J16195-4945 with SRG/ART-XC", Astronomy Letters, 49 (2023), DOI:10.1134/S106377372305002X (поддержана РНФ 19-29-11029)
- 5) Г. С. Усков, С. Ю. Сазонов, И. А. Зазнобин, Р. А. Буренин, М. Р. Гильфанов, П. С. Медведев, Р. А. Сюняев, Р. А. Кривонос, Е. В. Филиппова, Г.А. Хорунжеев, М. В. Еселевич, "Новые активные ядра галактик, обнаруженные телескопами ART-XC и eРОЗИТА в ходе первых 5 рентгеновских обзоров всего неба обсерватории СРГ", Письма в Астрономический журнал, 49, 2, сс. 97-121 (2023), (IF=1.194, Q3), DOI: 10.31857/S0320010823020043, (поддержана РНФ 19-12-00396)
- 6) Mereminskiy I. A., Sazonov S. Y., Krivonos R. A., Karachentsev I. D., "Search for AGNs in Dwarf Galaxies in the the M81 Field with INTEGRAL Data", Astronomy Letters, 49 (2023), DOI:10.1134/S1063773723010048 (поддержана РНФ 19-12-00396)
- 7) Г.А. Хорунжеев, С.Ю. Сазонов, П.С. Медведев, М.Р. Гильфанов, К.Е. Атапин, А.А. Белинский, О.В. Возякова, А.В. Додин, Б.С. Сафонов, А.М. Татарников, И.Ф. Бикмаев, Р.А. Буренин, С.Н. Додонов, М.В. Еселевич, И.А. Зазнобин, Р.А. Кривонос, Р.И. Уклеин, К.А. Постнов, Р.А. Сюняев "Поиск событий приливного разрушения на основе обзора СРГ/eРОЗИТА с последующей оптической спектроскопией", Письма в Астрономический журнал, 49, №1, 65-87, (2023), (IF=1.194, Q3), DOI:10.31857/S0320010823010035(поддержана РНФ 19-12-00396)
- 8) Кривонос Р.А., «Поиск нетеплового рентгеновского излучения в скоплении галактик Змееносец», Письма в Астрономический Журнал (IF= 1.194, Q3), Том 48, номер 11, стр. 636-643, DOI: <https://doi.org/10.1134/S1063773722110135> (поддержана РНФ 19-12-00396)
- 9) Г.С. Усков, С.Ю. Сазонов, М.Р. Гильфанов, И.Ю. Лапинов, Р.А. Сюняев, "Рентгеновские свойства мощного квазара PG1634+706 на  $z=1.337$  по данным обсерваторий СРГ и ХММ им. Ньютона", Письма в Астрономический журнал, 49, 11, с. 1-18 (IF =1.194, Q3), DOI: 10.31857/S0320010823110098, (поддержана РНФ 21-12-00343 и 19-12-00396)

- 10) F. Melazzini, S. Sazonov “What can we learn about Compton-thin AGN tori from their X-ray spectra”, *Astronomy Letters*, 49, 301 (2023), (IF=1.194, Q3), DOI: 10.1134/S106377372306004X (поддержана грантом РНФ 19-12-00396)

### Публикации в иностранных журналах

- 1) Dumin Yu. V., Somov B. V. Unipolar solar flares as a manifestation of ‘topological’ magnetic reconnection // *MNRAS*. 2024. V. 528. P. L15-L19 (2023) (IF=5.235, Q1) DOI: 10.1093/mnras/slad162
- 2) Podgorný J., Marra L., ... Lutovinov A., Semena A., ... Vink J., Wu K., Xie F., "The first X-ray polarimetric observation of the black hole binary LMC X-1", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 526 (2023), DOI:10.1093/mnras/stad3103
- 3) Sidoli L., Sguera V., Postnov K., Esposito P., Oskinova L., Mereminskiy I. A., "Probing the nature of the X-ray source IGR J16327-4940 with Chandra", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 526 (2023), DOI:10.1093/mnras/stad2869
- 4) Khabibullin I. I., Churazov E. M., Bykov A. M., Chugai N. N., Zinchenko I. I., "Discovery of a one-sided radio filament of PSR J0538+2817 in S147: Escape of relativistic PWN leptons into surrounding supernova remnant?", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, (2023), DOI:10.1093/mnras/stad3452
- 5) Kirichenko A. Y., Zharikov S. V., Karpova A. V., Fonseca E., Zyuzin D. A., Shibanov Y. A., López E. A., Gilfanov M. R., Cabrera-Lavers A., Geier S., Dong F. A., Good D. C., McKee J. W., Meyers B. W., Stairs I. H., McLaughlin M. A., Swiggum J. K., "The black widow pulsar J1641+8049 in the optical, radio and X-rays", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, (2023), DOI:10.1093/mnras/stad3391
- 6) Zyuzin D. A., Kirichenko A. Y., Karpova A. V., Shibanov Y. A., Zharikov S. V., Gilfanov M. R., Perez Tórtola C., "Nature of 4FGL J1838.2+3223: a flaring 'spider' pulsar candidate", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, (2023), DOI:10.1093/mnras/stad3552
- 7) Mori K., Ponti G., Bachetti M., Bodaghee A., Grindlay J., Hong J., **Krivos R.**, **Kuznetsova E.**, Mandel S., Rodriguez A., Stel G., Zhang S., Bao T., Bauer F., Clavel M., Coughenour B., Garcia J. A., Gerber J., Grefenstette B., Jaodand A., Lehmer B., Madsen K., Nynka M., Predehl P., Salcedo C., Stern D., Tomsick J., "The High Energy X-ray Probe (HEX-P): resolving the nature of Sgr A\* flares, compact object binaries and diffuse X-ray emission in the Galactic Center and beyond", *Frontiers in Astronomy and Space Sciences Sec. High-Energy and Astroparticle Physics*, 10 (2023), DOI: 10.3389/fspas.2023.1292130 (IF=4.055, Q1)
- 8) Mori K., Reynolds S., An H., Bamba A., **Krivos R.**, Tsuji N., Abdelmaguid M., Alford J., Bangale P., Celli S., Diesing R., Eagle J., Fryer C. L., Gabici S., Gelfand J., Grefenstette B., Garcia J., Kim C., Kumar S., **Kuznetsova E.**, Mac Intyre B., Madsen K., Manconi S., Motogami Y., Ohsumi H., Olmi B., Park J., Ponti G., Sato T., Shang R.-Y., Stern D., Terada Y., Woo J., Younes G., Zoglauer A., "The High Energy X-ray Probe (HEX-P): Galactic PeVatrons, star clusters, superbubbles, microquasar jets, and gamma-ray binaries", *Frontiers in Astronomy and Space Sciences Sec. High-Energy and Astroparticle Physics*, 10 (2023), DOI: 10.3389/fspas.2023.1303197 (IF=4.055, Q1)

- 9) Lyskova N., Churazov E., Khabibullin I. I., Burenin R., Starobinsky A. A., Sunyaev R., "X-ray surface brightness and gas density profiles of galaxy clusters up to  $3 \times R500c$  with SRG/eROSITA", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 525 (2023), DOI:10.1093/mnras/stad2305
- 10) Roberts I. D., van Weeren R. J., Lal D. V., Sun M., Chen H., Ignesti A., Brüggén M., Lyskova N., Venturi T., Yagi M., "Radio-continuum spectra of ram pressure stripped galaxies in the Coma Cluster", *arXiv e-prints*, (2023), DOI:10.48550/arXiv.2310.20417
- 11) Bykov A. M., Uvarov Y. A., Kalyashova M. E., Badmaev D. V., Lapshov I. Y., Lutovinov A. A., Mereminskiy I. A., Semena A. N., "X-ray emission from Westerlund 2 detected by SRG/ART-XC and Chandra: search for radiation of TeV leptons", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 525 (2023), DOI:10.1093/mnras/stad2356
- 12) Mernier F., Su Y., Markevitch M., Zhang C., Simionescu A., Rasia E., Lin S.-C., Zhuravleva I., Sarkar A., Kraft R. P., Ogorzalek A., Ayromlou M., Forman W. R., Jones C., Bregman J. N., Ettori S., Dolag K., Biffi V., Churazov E., Sun M., ZuHone J., Bogdán Á., Khabibullin I. I., Werner N., Truong N., Chakraborty P., Walker S. A., Vogelsberger M., Pillepich A., Mirakhor M. S., "Exploring chemical enrichment of the intracluster medium with the Line Emission Mapper", *arXiv e-prints*, (2023), DOI:10.48550/arXiv.2310.04499
- 13) Zhang C., Zhuravleva I., Markevitch M., ZuHone J., Mernier F., Biffi V., Bogdán Á., Chakraborty P., Churazov E., Dolag K., Ettori S., Forman W. R., Jones C., Khabibullin I., Kilbourne C., Kraft R., Lau E. T., Lin S.-C., Nagai D., Nelson D., Ogorzalek A., Rasia E., Sarkar A., Simionescu A., Su Y., Vogelsberger M., Walker S., "Mapping the Intracluster Medium in the Era of High-resolution X-ray Spectroscopy", *arXiv e-prints*, (2023), DOI:10.48550/arXiv.2310.02225
- 14) Marra L., Brigitte M., Rodriguez Caverio N., Chun S., Steiner J. F., Dovčiak M., Nowak M., Bianchi S., Capitanio F., Ingram A., Matt G., Muleri F., Podgorný J., Poutanen J., Svoboda J., Taverna R., Ursini F., Veledina A., De Rosa A., Garcia J. A., Lutovinov A. A., Mereminskiy I. A., Farinelli R., Gunji S., Kaaret P., Kallman T., Krawczynski H., Kan Y., Hu K., Marinucci A., Mastroserio G., Mikušincová R., Parra M., Petrucci P. O., Ratheesh A., Soffitta P., Tombesi F., Zane S., Agudo I., Antonelli L. A., Bachetti M., Baldini L., Baumgartner W. H., Bellazzini R., Bongiorno S. D., Bonino R., Brez A., Bucciantini N., Castellano S., Cavazzuti E., Chen C., Ciprini S., Costa E., Del Monte E., Di Gesu L., Di Lalla N., Di Marco A., Donnarumma I., Doroshenko V., Ehlert S. R., Enoto T., Evangelista Y., Fabiani S., Ferrazzoli R., Hayashida K., Heyl J., Iwakiri W., Jorstad S. G., Karas V., Kislat F., Kitaguchi T., Kolodziejczak J. J., La Monaca F., Latronico L., Liodakis I., Maldera S., Manfreda A., Marin F., Marscher A. P., Marshall H. L., Massaro F., Mitsuishi I., Mizuno T., Negro M., Ng C. Y., O'Dell S. L., Omodei N., Oppedisano C., Papitto A., Pavlov G. G., Peirson A. L., Perri M., Pesce-Rollins M., Pilia M., Possenti A., Puccetti S., Ramsey B. D., Rankin J., Roberts O. J., Romani R. W., Sgro C., Slane P., Spandre G., Swartz D. A., Tamagawa T., Tavecchio F., Tawara Y., Tennant A. F., Thomas N. E., Trois A., Tsygankov S. S., Turolla R., Vink J., Weisskopf M. C., Wu K., Xie F., "IXPE observation confirms a high spin value in the accreting black hole 4U 1957+115", *arXiv e-prints*, (2023), DOI:10.48550/arXiv.2310.11125
- 15) Mushtukov A. A., Tsygankov S. S., Poutanen J., Doroshenko V., Salganik A., Costa E., Di Marco A., Heyl J., La Monaca F., Lutovinov A. A., Mereminskiy I. A., Papitto A., Semena



A. N., Shtykovsky A. E., Suleimanov V. F., Forsblom S. V., González-Caniulef D., Malacaria C., Sunyaev R. A., Agudo I., Antonelli L. A., Bachetti M., Baldini L., Baumgartner W. H., Bellazzini R., Bianchi S., Bongiorno S. D., Bonino R., Brez A., Bucciantini N., Capitanio F., Castellano S., Cavazzuti E., Chen C.-T., Ciprini S., De Rosa A., Del Monte E., Di Gesu L., Di Lalla N., Donnarumma I., Dovčiak M., Ehlert S. R., Enoto T., Evangelista Y., Fabiani S., Ferrazzoli R., Garcia J. A., Gunji S., Hayashida K., Iwakiri W., Jorstad S. G., Kaaret P., Karas V., Kislat F., Kitaguchi T., Kolodziejczak J. J., Krawczynski H., Latronico L., Liodakis I., Maldera S., Manfreda A., Marin F., Marscher A. P., Marshall H. L., Massaro F., Matt G., Mitsuishi I., Mizuno T., Muleri F., Negro M., Ng C.-Y., O'Dell S. L., Omodei N., Oppedisano C., Pavlov G. G., Peirson A. L., Perri M., Pesce-Rollins M., Petrucci P.-O., Pilia M., Possenti A., Puccetti S., Ramsey B. D., Rankin J., Ratheesh A., Roberts O. J., Romani R. W., Sgrò C., Slane P., Soffitta P., Spandre G., Swartz D. A., Tamagawa T., Tavecchio F., Taverna R., Tawara Y., Tennant A. F., Thomas N. E., Tombesi F., Trois A., Turolla R., Vink J., Weisskopf M. C., Wu K., Xie F., Zane S., "X-ray polarimetry of X-ray pulsar X Persei: another orthogonal rotator?", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 524 (2023), DOI:10.1093/mnras/stad1961

16) Doroshenko V., Poutanen J., Heyl J., Tsygankov S. S., Caiazzo I., Turolla R., Veledina A., Weisskopf M. C., Forsblom S. V., González-Caniulef D., Loktev V., Malacaria C., Mushtukov A. A., Suleimanov V. F., Lutovinov A. A., Mereminskiy I. A., Molkov S. V., Salganik A., Santangelo A., Berdyugin A. V., Kravtsov V., Nitindala A. P., Agudo I., Antonelli L. A., Bachetti M., Baldini L., Baumgartner W. H., Bellazzini R., Bianchi S., Bongiorno S. D., Bonino R., Brez A., Bucciantini N., Capitanio F., Castellano S., Cavazzuti E., Chen C.-T., Ciprini S., Costa E., De Rosa A., Del Monte E., Di Gesu L., Di Lalla N., Di Marco A., Donnarumma I., Dovčiak M., Ehlert S. R., Enoto T., Evangelista Y., Fabiani S., Ferrazzoli R., Garcia J. A., Gunji S., Hayashida K., Iwakiri W., Jorstad S. G., Kaaret P., Karas V., Kislat F., Kitaguchi T., Kolodziejczak J. J., Krawczynski H., La Monaca F., Latronico L., Liodakis I., Maldera S., Manfreda A., Marin F., Marinucci A., Marscher A. P., Marshall H. L., Massaro F., Matt G., Mitsuishi I., Mizuno T., Muleri F., Negro M., Ng C.-Y., O'Dell S. L., Omodei N., Oppedisano C., Papitto A., Pavlov G. G., Peirson A. L., Perri M., Pesce-Rollins M., Petrucci P.-O., Pilia M., Possenti A., Puccetti S., Ramsey B. D., Rankin J., Ratheesh A., Roberts O. J., Romani R. W., Sgrò C., Slane P., Soffitta P., Spandre G., Swartz D. A., Tamagawa T., Tavecchio F., Taverna R., Tawara Y., Tennant A. F., Thomas N. E., Tombesi F., Trois A., Vink J., Wu K., Xie F., Zane S., "Complex variations in X-ray polarization in the X-ray pulsar LS V +44 17/RX J0440.9+4431", *Astronomy and Astrophysics*, 677 (2023), DOI:10.1051/0004-6361/202347088

17) Orlowski-Scherer J., Haridas S. K., Di Mascolo L., Sarmiento K. P., Romero C. E., Dicker S., Mroczkowski T., Bhandarkar T., Churazov E., Clarke T. E., Devlin M., Gaspari M., Lowe I., Mason B., Sarazin C. L., Sievers J., Sunyaev R., "GBT/MUSTANG-2 9" resolution imaging of the SZ effect in MS0735.6+7421. Confirmation of the SZ cavities through direct imaging (Corrigendum)", *Astronomy and Astrophysics*, 676 (2023), DOI:10.1051/0004-6361/202244547e

18) Churazov E., Khabibullin I. I., Dolag K., Lyskova N., Sunyaev R. A., "Prospects of detecting soft X-ray emission from typical WHIM filaments around massive clusters and the coma cluster soft excess", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 523 (2023), DOI:10.1093/mnras/stad1514

19) ZuHone J. A., Schellenberger G., Ogorzalek A., Oppenheimer B. D., Stern J., Bogdan A., Truong N., Markevitch M., Pillepich A., Nelson D., Burchett J. N., Khabibullin I.,

Kilbourne C. A., Kraft R. P., Nulsen P. E. J., Veilleux S., Vogelsberger M., Wang Q. D., Zhuravleva I., "Properties of the Line-of-Sight Velocity Field in the Hot and X-ray Emitting Circumgalactic Medium of Nearby Simulated Disk Galaxies", *arXiv e-prints*, (2023), DOI:10.48550/arXiv.2307.01269

20) Schellenberger G., Bogdán Á., ZuHone J. A., Oppenheimer B. D., Truong N., Khabibullin I., Jennings F., Pillepich A., Burchett J., Carr C., Chakraborty P., Crain R., Forman W., Jones C., Kilbourne C. A., Kraft R. P., Markevitch M., Nagai D., Nelson D., Ogorzalek A., Randall S., Sarkar A., Schaye J., Veilleux S., Vogelsberger M., Wang Q. D., Zhuravleva I., "Mapping the imprints of stellar and AGN feedback in the circumgalactic medium with X-ray microcalorimeters", *arXiv e-prints*, (2023), DOI:10.48550/arXiv.2307.01259

21) Marin F., Churazov E., Khabibullin I., Ferrazzoli R., Di Gesu L., Barnouin T., Di Marco A., Middei R., Vikhlinin A., Costa E., Soffitta P., Muleri F., Sunyaev R., Forman W., Kraft R., Bianchi S., Donnarumma I., Petrucci P.-O., Enoto T., Agudo I., Antonelli L. A., Bachetti M., Baldini L., Baumgartner W. H., Bellazzini R., Bongiorno S. D., Bonino R., Brez A., Bucciantini N., Capitanio F., Castellano S., Cavazzuti E., Chen C.-T., Ciprini S., De Rosa A., Del Monte E., Di Lalla N., Doroshenko V., Dovčiak M., Ehlert S. R., Evangelista Y., Fabiani S., Garcia J. A., Gunji S., Hayashida K., Heyl J., Ingram A., Iwakiri W., Jorstad S. G., Kaaret P., Karas V., Kitaguchi T., Kolodziejczak J. J., Krawczynski H., La Monaca F., Latronico L., Lioudakis I., Maldera S., Manfreda A., Marinucci A., Marscher A. P., Marshall H. L., Massaro F., Matt G., Mitsuishi I., Mizuno T., Negro M., Ng C.-Y., O'Dell S. L., Omodei N., Oppedisano C., Papitto A., Pavlov G. G., Peirson A. L., Perri M., Pesce-Rollins M., Pilia M., Possenti A., Poutanen J., Puccetti S., Ramsey B. D., Rankin J., Ratheesh A., Roberts O. J., Romani R. W., Sgrò C., Slane P., Spandre G., Swartz D., Tamagawa T., Tavecchio F., Taverna R., Tawara Y., Tennant A. F., Thomas N. E., Tombesi F., Trois A., Tsygankov S. S., Turolla R., Vink J., Weisskopf M. C., Wu K., Xie F., Zane S., "X-ray polarization evidence for a 200-year-old flare of Sgr A\*", *Nature*, 619 (2023), DOI:10.1038/s41586-023-06064-x

22) Khabibullin I. I., Churazov E. M., Bykov A. M., Chugai N. N., Sunyaev R. A., "SRG/eROSITA discovery of a radio-faint X-ray candidate supernova remnant SRGe J003602.3+605421 = G121.1-1.9", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 521 (2023), DOI:10.1093/mnras/stad818

23) Frederiks D., Svinkin D., Lysenko A. L., Molkov S., Tsvetkova A., Ulanov M., Ridnaia A., Lutovinov A. A., Lapshov I., Tkachenko A., Levin V., "Properties of the Extremely Energetic GRB 221009A from Konus-WIND and SRG/ART-XC Observations", *The Astrophysical Journal*, 949 (2023), DOI:10.3847/2041-8213/acd1eb (PΦΦII)

24) Forsblom S. V., Poutanen J., Tsygankov S. S., Bachetti M., Di Marco A., Doroshenko V., Heyl J., La Monaca F., Malacaria C., Marshall H. L., Muleri F., Mushtukov A. A., Pilia M., Rogantini D., Suleimanov V. F., Taverna R., Xie F., Agudo I., Antonelli L. A., Baldini L., Baumgartner W. H., Bellazzini R., Bianchi S., Bongiorno S. D., Bonino R., Brez A., Bucciantini N., Capitanio F., Castellano S., Cavazzuti E., Chen C.-T., Ciprini S., Costa E., De Rosa A., Del Monte E., Di Gesu L., Di Lalla N., Donnarumma I., Dovčiak M., Ehlert S. R., Enoto T., Evangelista Y., Fabiani S., Ferrazzoli R., Garcia J. A., Gunji S., Hayashida K., Iwakiri W., Jorstad S. G., Kaaret P., Karas V., Kitaguchi T., Kolodziejczak J. J., Krawczynski H., Latronico L., Lioudakis I., Maldera S., Manfreda A., Marin F., Marinucci A., Marscher A. P., Matt G., Mitsuishi I., Mizuno T., Negro M., Ng C.-Y.,

O'Dell S. L., Omodei N., Oppedisano C., Papitto A., Pavlov G. G., Peirson A. L., Perri M., Pesce-Rollins M., Petrucci P.-O., Possenti A., Puccetti S., Ramsey B. D., Rankin J., Ratheesh A., Roberts O. J., Romani R. W., Sgrò C., Slane P., Soffitta P., Spandre G., Sunyaev R. A., Swartz D. A., Tamagawa T., Tavecchio F., Tawara Y., Tennant A. F., Thomas N. E., Tombesi F., Trois A., Turolla R., Vink J., Weisskopf M. C., Wu K., Zane S., IXPE Collaboration, "IXPE Observations of the Quintessential Wind-accreting X-Ray Pulsar Vela X-1", *The Astrophysical Journal*, 947 (2023), DOI:10.3847/2041-8213/acc391

- 25) Zhuravleva I., Chen M. C., Churazov E., Schekochihin A. A., Zhang C., Nagai D., "Indirect measurements of gas velocities in galaxy clusters: effects of ellipticity and cluster dynamic state", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 520 (2023), DOI:10.1093/mnras/stad470
- 26) An T., Wang A., Liu Y., Sotnikova Y., Zhang Y., Aditya J. N. H. S., Jaiswal S., Khorunzhev G., Lao B., Lin R., Mikhailov A., Mingaliev M., Mufakharov T., Sazonov S., "Is the X-ray bright  $z = 5.5$  quasar SRGE J170245.3+130104 a blazar?", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 519 (2023), DOI:10.1093/mnras/stac3774
- 27) Anastasopoulou K., Ponti G., Sormani M. C., Locatelli N., Haberl F., Morris M. R., Churazov E. M., Schödel R., Maitra C., Campana S., Di Teodoro E. M., Jin C., Khabibullin I., Mondal S., Sasaki M., Zhang Y., Zheng X., "Study of the excess Fe XXV line emission in the central degrees of the Galactic centre using XMM-Newton data", *Astronomy and Astrophysics*, 671 (2023), DOI:10.1051/0004-6361/202245001
- 28) Di Mascolo L., Saro A., Mroczkowski T., Borgani S., Churazov E., Rasia E., Tozzi P., Dannerbauer H., Basu K., Carilli C. L., Ginolfi M., Miley G., Nonino M., Pannella M., Pentericci L., Rizzo F., "Forming intracluster gas in a galaxy protocluster at a redshift of 2.16", *Nature*, 615 (2023), DOI:10.1038/s41586-023-05761-x
- 29) Veledina A., Muleri F., Poutanen J., Podgorný J., Dovčiak M., Capitanio F., Churazov E., De Rosa A., Di Marco A., Forsblom S., Kaaret P., Krawczynski H., La Monaca F., Loktev V., Lutovinov A. A., Molkov S. V., Mushtukov A. A., Ratheesh A., Rodriguez Caveron N., Steiner J. F., Sunyaev R. A., Tsygankov S. S., Zdziarski A. A., Bianchi S., Bright J. S., Bursov N., Costa E., Egron E., Garcia J. A., Green D. A., Gurwell M., Ingram A., Kajava J. J. E., Kale R., Kraus A., Malyshev D., Marin F., Matt G., McCollough M., Mereminskiy I. A., Nizhelsky N., Piano G., Pilia M., Pittori C., Rao R., Righini S., Soffitta P., Shevchenko A., Svoboda J., Tombesi F., Trushkin S., Tsybulev P., Ursini F., Weisskopf M. C., Wu K., Agudo I., Antonelli L. A., Bachetti M., Baldini L., Baumgartner W. H., Bellazzini R., Bongiorno S. D., Bonino R., Brez A., Bucciantini N., Castellano S., Cavazzuti E., Chen C.-T., Ciprini S., Del Monte E., Di Gesu L., Di Lalla N., Donnarumma I., Doroshenko V., Ehlert S. R., Enoto T., Evangelista Y., Fabiani S., Ferrazzoli R., Gunji S., Hayashida K., Heyl J., Iwakiri W., Jorstad S. G., Karas V., Kislat F., Kitaguchi T., Kolodziejczak J. J., Latronico L., Liodakis I., Maldera S., Manfreda A., Marinucci A., Marscher A. P., Marshall H. L., Massaro F., Mitsuishi I., Mizuno T., Negro M., Ng C.-Y., O'Dell S. L., Omodei N., Oppedisano C., Papitto A., Pavlov G. G., Peirson A. L., Perri M., Pesce-Rollins M., Petrucci P.-O., Possenti A., Puccetti S., Ramsey B. D., Rankin J., Roberts O., Romani R. W., Sgrò C., Slane P., Spandre G., Swartz D., Tamagawa T., Tavecchio F., Taverna R., Tawara Y., Tennant A. F., Thomas N. E., Trois A., Turolla R., Vink J., Xie F., Zane S., "Astronomical puzzle Cyg X-3 is a hidden Galactic ultraluminous X-ray source", *arXiv e-prints*, (2023), DOI:10.48550/arXiv.2303.01174

- 30) Churazov E., Khabibullin I., Bykov A. M., Lyskova N., Sunyaev R., " *Tempestuous life beyond R500: X-ray view on the Coma cluster with SRG/eROSITA. II. Shock and relic*", *Astronomy and Astrophysics*, 670 (2023), DOI:10.1051/0004-6361/202244021
- 31) Opher M., Richardson J., Zank G. P., Florinski V., Giacalone J., Sokol J., Toth G., Buxner S., Kornbleuth M., Gkioulidou M., Nikoukar R., Van der Holst B., Turner D., Gross N., Drake N., Swisdak M., Dialynas K., Dayeh M., Chen Y., Zieger B., Powell E., Onubogu C., Ma X., Bair E., Elliott H., Galli A., Zhao L., Adhikari L., Nakanotani M., Hill M., Mostafavi P., Du S., Guo F., Reisenfeld D., Fuselier S., **Izmodenov V. V., Baliukin I. I.**, Cummings A., Milner J., Wang B., Ghanbari K., Kota J., Loeb A., Burgess J., Hokanson S. C., Morrow C., Hong A., Boldon A., «*Solar wind with Hydrogen Ion charge Exchange and Large-Scale Dynamics (SHIELD) DRIVE Science Center*», *Frontiers in Astronomy and Space Sciences*, Volume 10, (2023), (IF=4.055, Q1 WoS), DOI: <http://doi.org/10.3389/fspas.2023.1143909>
- 32) Bogdán Á., Goulding A. D., Natarajan P., Kovács O. E., Tremblay G. R., Chadayammuri U., Volonteri M., Kraft R. P., Forman W. R., Jones C., Churazov E., Zhuravleva I., "Evidence for heavy-seed origin of early supermassive black holes from a  $z \approx 10$  X-ray quasar", *Nature Astronomy*, (2023), DOI:10.1038/s41550-023-02111-9
- 33) Provornikova E. et al., «*Structured solar wind from the Sun to the boundary of the heliosphere: required measurements and simulation tools*», *Decadal Survey for Solar and Space Physics (Heliophysics) 2024-2033, Bulletin of the American Astronomical Society*, Vol. 55, No. 3, white paper e-id. 328, (2023), DOI: <http://doi.org/10.3847/25c2cfcb.6cb9f07c>
- 34) Mayyasi M. et al., «*Measuring Neutral Hydrogen Properties in the Interplanetary Medium*», *Decadal Survey for Solar and Space Physics (Heliophysics) 2024-2033, Bulletin of the American Astronomical Society*, Vol. 55, No. 3, white paper e-id. 275, (2023). DOI: <http://doi.org/10.3847/25c2cfcb.86565aec>
- 35) Brandt P. et al., «*Pushing the Frontier of Solar & Space Physics: Exploration of the Heliosphere and the Very Local Interstellar Medium by an Interstellar Probe*», *Decadal Survey for Solar and Space Physics (Heliophysics) 2024-2033, Bulletin of the American Astronomical Society*, Vol. 55, No. 3, white paper e-id. 038, (2023), DOI: <http://doi.org/10.3847/25c2cfcb.e0bf48d5>

### **С поддержкой РФФ**

- 1) Suleimanov V. F., Forsblom S. V., Tsygankov S. S., Poutanen J., Doroshenko V., Doroshenko R., Capitanio F., Di Marco A., González-Caniulef D., Heyl J., La Monaca F., Lutovinov A. A., Molkov S. V., Malacaria C., Mushtukov A. A., Shtykovsky A. E., Agudo I., Antonelli L. A., Bachetti M., Baldini L., Baumgartner W. H., Bellazzini R., Bianchi S., Bongiorno S. D., Bonino R., Brez A., Bucciantini N., Castellano S., Cavazzuti E., Chen C.-T., Ciprini S., Costa E., De Rosa A., Del Monte E., Di Gesu L., Di Lalla N., Donnarumma I., Dovčiak M., Ehler S. R., Enoto T., Evangelista Y., Fabiani S., Ferrazzoli R., Garcia J. A., Gunji S., Hayashida K., Iwakiri W., Jorstad S. G., Kaaret P., Karas V., Kislat F., Kitaguchi T., Kolodziejczak J. J., Krawczynski H., Latronico L., Liodakis I., Maldera S., Manfreda A., Marin F., Marinucci A., Marscher A. P., Marshall H. L., Massaro F., Matt G., Mitsuishi I., Mizuno T., Muleri F., Negro M., Ng C.-Y., O'Dell S. L., Omodei N., Oppedisano C., Papitto A., Pavlov G. G., Peirson A. L., Perri M., Pesce-Rollins M., Petrucci P.-O., Pilia M., Possenti A., Puccetti S., Ramsey B. D., Rankin J., Ratheesh A., Roberts O. J., Romani R. W., Sgrò C., Slane P., Soffitta P., Spandre G., Swartz D. A., Tamagawa T., Tavecchio F., Taverna R., Tawara Y., Tennant A. F., Thomas N. E., Tombesi F., Trois A., Turolla R., Vink J., Weisskopf M. C., Wu K., Xie F., Zane S., "X-ray polarimetry of the accreting pulsar GX

- 301–2", *Astronomy and Astrophysics*, 678 (2023), DOI:10.1051/0004-6361/202346994 (поддержана РНФ 19-12-00423)
- 2) Salganik A., Tsygankov S. S., Doroshenko V., Molkov S. V., Lutovinov A. A., Mushtukov A. A., Poutanen J., "RX J0440.9+4431: another supercritical X-ray pulsar", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 524 (2023), DOI:10.1093/mnras/stad2124 (поддержана РНФ 19-12-00423)
  - 3) Mereminskiy I., Lutovinov A., Molkov S., Krivonos R., Semena A., Sazonov S., Tkachenko A., Sunyaev R., "Hard X-rays and QPO in Swift J1727.8-1613: the rise and plateau of the 2023 outburst", *arXiv e-prints*, (2023), DOI:10.48550/arXiv.2310.06697 (поддержана РНФ 19-12-00423)
  - 4) Karpova A. V., Zyuzin D. A., Shibanov Y. A., Gilfanov M. R., "A new redback pulsar candidate 4FGL J2054.2+6904", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 524 (2023), DOI:10.1093/mnras/stad1992 (поддержана РНФ 22-12-00048)
  - 5) Trudu M., Pilia M., Nicastro L., Guidorzi C., Orlandini M., Zampieri L., Marthi V. R., Ambrosino F., Possenti A., Burgay M., Casentini C., Mereminskiy I., Savchenko V., Palazzi E., Panessa F., Ridolfi A., Verrecchia F., Anedda M., Bernardi G., Bachetti M., Burenin R., Burtovoi A., Casella P., Fiori M., Frontera F., Gajjar V., Gardini A., Ge M., Guijarro-Román A., Ghedina A., Hermelo I., Jia S., Li C., Liao J., Li X., Lu F., Lutovinov A., Naletto G., Ochner P., Papitto A., Perri M., Pittori C., Safonov B., Semena A., Strakhov I., Tavani M., Ursi A., Xiong S. L., Zhang S. N., Zheltoukhov S., "Simultaneous and panchromatic observations of the fast radio burst FRB 20180916B", *Astronomy and Astrophysics*, 676 (2023), DOI:10.1051/0004-6361/202245303 (поддержана РНФ 19-29-11029)
  - 6) Tomsick J. A., Kumar S. G., Coughenour B. M., Shaw A. W., Mukai K., Hare J., Clavel M., Krivonos R., Fornasini F. M., Gerber J., Joens A., "Classifying IGR J15038-6021 as a magnetic CV with a massive white dwarf", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 523 (2023), DOI:10.1093/mnras/stad1729 (поддержана РНФ 19-12-00396)
  - 7) Rosslund S., Wik D. R., Grefenstette B., Cappelluti N., Civano F., Gastaldello F., Gilli R., Harrison F., Hornschemeier A., Hickox R., Krivonos R., Madsen K., Molendi S., Ptak A., Stern D., Zoglauer A., "Measuring the Cosmic X-Ray Background in 3–20 KeV with Stray Light from NuSTAR", *The Astronomical Journal*, 166 (2023), DOI:10.3847/1538-3881/acd0ae (поддержана РНФ 19-12-00396)
  - 8) Zakharov, E. I., Barinov, V. V., Burenin, R. A., Gorbunov, D. S., Krivonos, R. A., Tkachenko, A. Yu., Arefiev, V. A., Filippova, E. V., Gr ebenev, S. A., Lutovinov, A. A., Mereminsky, I. A., Sazonov, S. Yu., Semena, A. N., Shtykovsky, A. E., Sunyaev, R. A., "All-sky limits on sterile neutrino galactic dark matter obtained with SRG/ART-XC after two years of operations", accepted in *Physical Review D*, (IF=5.0, Q1) (2023) *arXiv e-prints*, DOI:10.48550/arXiv.2303.12673 (поддержана РНФ 22-12-00271)
  - 9) Mukhin A., Krivonos R., Vikhlinin A., Grefenstette B., Madsen K., Wik D., "Wavelet-based image decomposition method for NuSTAR stray light background studies", *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems*, 9(4), 048001 (2023), (IF = 2.3, Q2) <https://doi.org/10.1117/1.JATIS.9.4.048001> (поддержана РНФ 22-12-00271)
  - 10) Malacaria C., Heyl J., Doroshenko V., Tsygankov S. S., Poutanen J., Forsblom S. V., Capitanio F., Di Marco A., Du Y., Ducci L., La Monaca F., Lutovinov A. A., Marshall H. L., Mereminskiy I. A., Molkov S. V., Mushtukov A. A., Ng M., Petrucci P.-O., Santangelo A., Shtykovsky A. E., Suleimanov V. F., Agudo I., Antonelli L. A., Bachetti M., Baldini L., Baumgartner W. H., Bellazzini R., Bianchi S., Bongiorno S. D., Bonino R., Brez A., Bucciantini N., Castellano S., Cavazzuti E., Chen C.-T., Ciprini S., Costa E., De Rosa A., Del Monte E., Di Gesu L., Di Lalla N., Donnarumma I., Dovčiak M., Ehler S. R., Enoto

*T., Evangelista Y., Fabiani S., Ferrazzoli R., Garcia J. A., Gunji S., Hayashida K., Iwakiri W., Jorstad S. G., Kaaret P., Karas V., Kislat F., Kitaguchi T., Kolodziejczak J. J., Krawczynski H., Latronico L., Liodakis I., Maldera S., Manfreda A., Marin F., Marinucci A., Marscher A. P., Massaro F., Matt G., Mitsuishi I., Mizuno T., Muleri F., Negro M., Ng C.-Y., O'Dell S. L., Omodei N., Oppedisano C., Papitto A., Pavlov G. G., Peirson A. L., Perri M., Pesce-Rollins M., Pilia M., Possenti A., Puccetti S., Ramsey B. D., Rankin J., Ratheesh A., Roberts O. J., Romani R. W., Sgrò C., Slane P., Soffitta P., Spandre G., Swartz D. A., Tamagawa T., Tavecchio F., Taverna R., Tawara Y., Tennant A. F., Thomas N. E., Tombesi F., Trois A., Turolla R., Vink J., Weisskopf M. C., Wu K., Xie F., Zane S., "A polarimetrically oriented X-ray stare at the accreting pulsar EXO 2030+375", *Astronomy and Astrophysics*, 675 (2023), DOI:10.1051/0004-6361/202346581 (поддержана РФФ 19-12-00423)*

11) *Plavin A. V., Burenin R. A., Kovalev Y. Y., Lutovinov A. A., Starobinsky A. A., Troitsky S. V., Zakharov E. I., "Hard X-ray emission from blazars associated with high-energy neutrinos", arXiv e-prints, (2023), DOI:10.48550/arXiv.2306.00960 (поддержана РФФ 19-29-11029) to be submitted*

12) *Bykov S., Gilfanov M., Sunyaev R., "Forecasts for cosmological measurements based on the angular power spectra of AGN and clusters of galaxies in the SRG/eROSITA all-sky survey", *Astronomy and Astrophysics*, 669 (2023), DOI:10.1051/0004-6361/202244658 (поддержана РФФ 21-12-00343)*

13) *Khamitov I. M., Bikmaev I. F., Gilfanov M. R., Sunyaev R. A., Medvedev P. S., Gorbachev M. A., Irtuganov E. N., "Detection of AGNs and quasars having significant proper motions according to Gaia data within SRG/eRosita X-Ray sources catalog", arXiv e-prints, (2023), DOI:10.48550/arXiv.2301.08010 (поддержана РФФ 21-12-00343)*

14) *Roach B. M., Rosslund S., Ng K. C. Y., Perez K., Beacom J. F., Grefenstette B. W., Horiuchi S., Krivonos R., Wik D. R., "Long-exposure NuSTAR constraints on decaying dark matter in the Galactic halo", *Physical Review D*, 107 (2023), DOI:10.1103/PhysRevD.107.023009 (поддержана РФФ 22-12-00271)*

15) *Rodriguez A. C., Galiullin I., Gilfanov M., Kulkarni S. R., Khamitov I., Bikmaev I., van Roestel J., Yungelson L., El-Badry K., Sunayev R., Prince T. A., Buntov M., Caiazzo I., Drake A., Gorbachev M., Graham M. J., Gumerov R., Irtuganov E., Laher R. R., Masci F. J., Medvedev P., Purdum J., Sakhbullin N., Sklyanov A., Smith R., Szkody P., Vanderbosch Z. P., "SRGeJ045359.9+622444: A 55 Minute Period Eclipsing AM Canum Venaticorum Star Discovered from a Joint SRG/eROSITA + ZTF Search", *The Astrophysical Journal*, 954 (2023), DOI:10.3847/1538-4357/ace698 (поддержана РФФ 23-12-00292)*

16) *Khamitov I. M., Bikmaev I. F., Gilfanov M. R., Sunyaev R. A., Medvedev P. S., Gorbachev M. A., "Transient events in the near-nuclear regions of AGNs and quasars as the sources of the proper motion imitations", arXiv e-prints, (2023), DOI:10.48550/arXiv.2309.11308 (поддержана РФФ 23-12-00292)*

## Телеграммы

1) *Semena A. N., Mereminskiy I. A., Lutovinov A. A., Molkov S. V., Arefiev V. A., Shtykovsky A. E., Tkachenko A. Y., Kuznetsova E. A., "ART-XC detection of BeXRB IGR J06074+2205 in outburst", *The Astronomer's Telegram*, 16267 (2023)*

- 2) *Sunyaev R. A., Mereminskiy I. A., Molkov S. V., Semena A. N., Arefiev V. A., Krivonos R. A., Levin V. V., Lutovinov A. A., Shtykovsky A. E., Tkachenko A. Y., "INTEGRAL and SRG/ART-XC observations of the rise of Swift J1727.8-1613", The Astronomer's Telegram, 16217 (2023)*
- 3) *Mereminskiy I. A., Lutovinov A. A., Sazonov S. Y., Arefiev V. A., Lapshov I. Y., Molkov S. V., Semena A. N., Shtykovsky A. E., Tkachenko A. Y., "SN 2023ixf continues to rise in hard X-rays", The Astronomer's Telegram, 16065 (2023)*
- 4) *Grebenev S. A., Bryksin S. S., Sunyaev R. A., "X-ray activity of the transient burster IGR J17498-2921 detected with INTEGRAL", The Astronomer's Telegram, 15996 (2023)*
- 5) *Zaznobin I. A., Mereminskiy I. A., Burenin R. A., Sazonov S. Y., Lutovinov A. A., Semena A. N., Eselevich M. V., "AT2022acwk is a Nova in M31", The Astronomer's Telegram, 15863 (2023)*

### **Публикации в трудах конференций**

- 1) *Ogorzalek A., Zhang C., Zhuravleva I., Su Y., Markevitch M., Rasia E., ZuHone J., Nagai D., Dolag K., Churazov E., Randall S., Lau E., Sarkar A., Mirakhor M., Walker S., Khabibullin I., Jones C., Ettori S., Chakraborty P., Ayromlou R., Forman W., Kraft R., Simionescu A., Ruszkowski M., "Intracluster Medium Velocity Mapping with LEM", AAS/High Energy Astrophysics Division, 55 (2023)*
- 2) *Ogorzalek A., Truong N., Pillepich A., Nelson D., Bogdan A., Schellenberger G., Crain R., Dave R., Khabibullin I., Kilbourne C., Kraft R., Markevitch M., Nagai D., Oppenheimer B., Sarkar A., Ruszkowski M., Veilleux S., Voit M., Vogelsberger M., Vladutescu-Zopp S., Zhuravleva I., ZuHone J., "Probing the effects of SMBH feedback on the CGM with Line Emission Mapper (LEM) mission", AAS/High Energy Astrophysics Division, 55 (2023)*
- 3) *Zhang C., Zhuravleva I., Churazov E., Kravtsov A., Dolag K., Forman W., "Evolution of Shocks and Splashback Boundaries in Cluster Outskirts", AAS/High Energy Astrophysics Division, 55 (2023)*
- 4) *Galeazzi M., Khabibullin I., Bogdan A., Churazov E., Drake J., Forman W., Kaaret P., Kilbourne C., Koutroumpa D., Kraft R., Kuntz K., Markevitch M., McCammon D., Miles D., Negro M., Ogorzalek A., Patnaude D., Plucinsky P., Porter F. S., Sato K., Sobolewska M., Truong N., Valentini M., Vladutescu-Zopp S., Veilleux S., Weaver K., Zhuravleva I., "All-sky soft X-ray map with microcalorimeter resolution: prospects of the Line Emission Mapper probe mission", AAS/High Energy Astrophysics Division, 55 (2023)*
- 5) *Jones C., Andrade-Santos F., Pratt G., Melin J.-B., Forman W., Vikhlinin A., Mazzotta P., Borgani S., Lovisari L., van Weeren R., Kraft R., David L., Giacintucci S., Arnaud M., "Comparison of X-ray Selected Clusters of Galaxies with SZ Selected Clusters", AAS/High Energy Astrophysics Division, 55 (2023)*
- 6) *Zhang C., Zhuravleva I., Churazov E., Schekochihin A., Forman W., Gendron-Marsolais M.-L., "X-ray Bubbles in Galaxy Clusters and their Role in Generating Internal Gravity Waves and Shaping Ha Filaments", AAS/High Energy Astrophysics Division, 55 (2023)*

- 7) Negro M., Bogdan A., Khabibullin I., Markevitch M., Ruszkowski M., "Constraining the most energetic cosmic rays in the Fermi Bubbles with LEM", *AAS/High Energy Astrophysics Division*, 55 (2023)
- 8) Schellenberger G., Bogdan A., ZuHone J., Oppenheimer B., Truong N., Khabibullin I., Jennings F., Pillepich A., Burchett J., Crain R., Kilbourne C., Kraft R., Markevitch M., Nagai D., Nelson D., Ogorzalek A., Sarkar A., Veilleux S., Vogelsberger M., Zhuravleva I., "Measuring the CGM to the virial radius with LEM mock observations", *AAS/High Energy Astrophysics Division*, 55 (2023)
- 9) Markevitch M., Bogdan A., Bonamente M., Borgani S., Burchett J., Churazov E., Dolag K., Forman W., Jones C., Khabibullin I., Kilbourne C., Kraft R., Lau E., Mernier F., Mirakhor M., Nagai D., Rasia E., Ruszkowski M., Sato K., Simionescu A., Vladutescu-Zopp S., Walker S., Werner N., Zhuravleva I., ZuHone J., "Mapping the IGM in the Cosmic Web in emission and absorption with LEM", *AAS/High Energy Astrophysics Division*, 55 (2023)
- 10) ZuHone J., Schellenberger G., Khabibullin I., Bogdan A., Borgani S., Eckert D., Hlavacek-Larrondo J., Jones C., Kilbourne C., Kraft R., Lau E., Markevitch M., Nagai D., Nelson D., Nulsen P., Ogorzalek A., Oppenheimer B., Pillepich A., Truong N., Veilleux S., Vogelsberger M., Werner N., Zhang C., Zhuravleva I., "Measuring Inflows, Outflows, and Rotation in the Hot Circumgalactic Medium of Nearby Simulated Disk Galaxies with LEM", *AAS/High Energy Astrophysics Division*, 55 (2023)
- 11) Galeazzi M., Khabibullin I., Bogdan A., Forman W., Kaaret P., Kilbourne C., Koutroumpa D., Kraft R., Kuntz K., Markevitch M., McCammon D., Miles D., Negro M., Patnaude D., Pillepich A., Plucinsky P., Porter F. S., Ruszkowski M., Sato K., Truong N., Valentini M., Veilleux S., Zhuravleva I., "The Study of the Milky Way CGM with the Line Emission Mapper", *AAS/High Energy Astrophysics Division*, 55 (2023)
- 12) Bogdan A., Khabibullin I., Kovacs O., Schellenberger G., ZuHone J., Burchett J., Dolag K., Forman W., Kilbourne C., Kraft R., Lau E., Markevitch M., Nagai D., Oppenheimer B., Su Y., Truong N., Veilleux S., Vladutescu-Zopp S., Zhuravleva I., "Circumgalactic Medium on the Largest Scales: Detecting X-ray Absorption Lines with LEM", *AAS/High Energy Astrophysics Division*, 55 (2023)
- 13) Dolag K., Koribalski B., Khabibullin I., Vladutescu-Zopp S., Churazov E., Boess L., Valentini M., Markevitch M., Jones C., Steinwandel U., Biffi V., Kraft R., "Revealing the origin of ORCs with LEM: A lucky CLOVERLEAF at  $z$  0.045", *AAS/High Energy Astrophysics Division*, 55 (2023)
- 14) Patnaude D., Orlando S., Lee H. S.-H., Miceli M., Badenes C., Jacovich T., Raymond J., Porter F. S., Plucinsky P., Sasaki M., Churazov E., Leutenegger M., Khabibullin I., Kraft R., "Dissecting the Energetics of Supernovae at High Spectral Resolution: LEM Studies of Supernovae and Supernova Remnants", *AAS/High Energy Astrophysics Division*, 55 (2023)
- 15) Vikhlinin A., "The Importance of manufacturing for future missions", *AAS/High Energy Astrophysics Division*, 55 (2023)



- 16) Tremblay G. R., Baum S. A., ... Vikhlinin A., Voit M., Wilkes B. J., Worku K., ZuHone J., "A Galaxy-Scale Fountain of Multiphase Gas Pumped by a Black Hole: The power of JWST combined with ALMA, MUSE, Chandra, and HST", JWST Proposal. Cycle 2, (2023)
- 17) Saade L., Stern D., Brightman M., Connor T., Djorgovski S., D'Orazio D., Ford K. E. S., Graham M., Haiman Z., Jun H., Kraft R., McKernan B., Vikhlinin A., Walton D., "NuSTAR Observations of Candidate Subparsec Binary Supermassive Black Holes", American Astronomical Society Meeting Abstracts, 55 (2023)
- 18) Coughenour B., Tomsick J., Hare J., Shaw A., Mukai K., Gerber J., Halpern J., Clavel M., Krivonos R., Fornasini F., "Investigating intermediate polar candidates detected in hard X-rays with INTEGRAL", American Astronomical Society Meeting Abstracts, 55 (2023)

### **Участие в конференциях**

#### **Горбан А.**

- XX Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования» 12–14 апреля 2023 г., ИКИ РАН

“Исследование рентгеновской двойной IGR J21343+4738 по данным обсерваторий Nustar, Swift и СРГ”

- Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра - 2023 (HEA 2023), ИКИ РАН

“Исследование рентгеновской двойной IGR J21343+4738 по данным Nustar, Swift и СРГ”

#### **Захаров Е.**

«Ограничения на параметры распадающейся темной материи из стерильных нейтрино по данным телескопа ART-XC на борту обсерватории СРГ», XX конференция молодых учёных «Фундаментальные и прикладные космические исследования», 12 — 14 апреля 2023 года, Москва, ИКИ РАН.

#### **Усков Г.**

- Всероссийская конференция "Ультрафиолетовая Вселенная – 2023", 16-19 октября 2023, г. Москва – устный доклад

- XX Конференция молодых ученых “Фундаментальные и прикладные космические исследования”, 12-14 апреля 2023, г. Москва - устный доклад

- Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра - 2023, 18-21 декабря 2023, г. Москва - устный доклад

#### **Мереминский И.**

- BRICS Astronomy Working Group (BAWG) Workshop 2023, I. Mereminskiy, «Searching for X-ray transients on the ART-XC sky»

#### **Семена А.**

- Доклад на конференции «The 9th BRICS Astronomy Working group Workshop (BAWG 2023) Large scale X-ray surveys with the incidence grazing telescope ART-XC

**П.С.Медведев, Г.А.Хорунжеев**

*Конференция пользователей российских телескопов САО РАН (25 апреля 2023)  
Доклад «Результаты и планы оптических наблюдений сильнопеременных рентгеновских источников СРГ/eРОЗИТЫ»*

**Г.А. Хорунжеев**

*- Конференция пользователей российских телескопов САО РАН (10 октября 2023)  
доклад «Составление полной спектральной выборки ярких рентгеновских источников СРГ/eРОЗИТА в отпечатке DESI EDR. Текущее состояние программы по идентификации СПР eРОЗИТЫ.»*

*- Всероссийская конференция «Ультрафиолетовая Вселенная — 2023».  
доклад «Оптическая идентификация событий приливного разрушения на российских телескопах среди внегалактических транзиентов СРГ/eРОЗИТА. Возможности российских телескопов для наблюдения сильно-переменных рентгеновских источников»*

**Балюкин И.И.,**

*“Распределение атомов водорода в экзосфере Земли и ее оптическая структура в линии Лайман-альфа”, Ультрафиолетовая Вселенная – 2023, 16-19 октября 2023, Российская академия наук, г. Москва*

**Измоленов В.В.,**

*“Автостопом по “Галактике”»: межзвездная миссия Вояджеров и газодинамические загадки”, Всероссийская конференция молодых ученых-механиков, 4-14 сентября 2023 г., Пансионат МГУ “Буревестник”, Сочи, Россия (лекция).*

**Титова А.В., Измоленов В.В.**

*- “Рассеянное солнечное Лайман-альфа излучение как способ исследования межзвездных атомов водорода в гелиосфере”, Физика плазмы в Солнечной системе, 6-10 февраля 2023 г., ИКИ РАН, Москва, Россия.*

*- “Рассеянное солнечное Лайман-альфа излучение как способ исследования межзвездных атомов водорода в гелиосфере”, КМУ “Фундаментальные и прикладные космические исследования”, 12-14 апреля 2023 г., ИКИ РАН, Москва, Россия.*

*- “Моделирование движения межзвездных атомов водорода в гелиосфере”, XIII Всероссийский съезд по теоретической и прикладной механике, 21-25 августа 2023 г., СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия (стендовый).*

*- “Межзвездные нейтральные атомы водорода в гелиосфере: моделирование и сравнение с данными наблюдений”, Всероссийская конференция молодых ученых-механиков, 4-14 сентября 2023 г., Пансионат МГУ “Буревестник”, Сочи, Россия.*