

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

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

УДК 520.8 524.3 520 681.7

Номер государственной регистрации 0120.0 602990

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Федерального государственного

бюджетного учреждения науки

Института космических исследований

Российской академии наук

чл.-корр. РАН

А.А.Петрукович

2019г.



ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

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

(Промежуточный)

Тема ВСЕЛЕННАЯ

0028-2019-0014

Научный руководитель
академик

Р.А. Сюняев
« 12 » декабря 2019 г.

Москва

2019

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы
зав. лаб., академик

Сюняев Р.А. (все разделы) (12.12.19)

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

Сазонов С.Ю. (все разделы) (12.12.19)

Исполнители темы:

с.н.с., к.ф.-м.н.

Арефьев В.А. (разделы 3,6) (12.12.19)

с.н.с., к.ф.-м.н.

Буренин Р.А. (разделы 3,6) (12.12.19)

в.н.с., чл.-корр. РАН

Гильфанов М.Р. (разделы 3,6) (12.12.19)

зав. лаб., д.ф.-м.н.

Гребенев С.А. (разделы 3,6) (12.12.19)

зав. лаб., д.ф.-м.н.

Измоденов В.В. (раздел 5) (12.12.19)

н.с., к.ф.-м.н.

Карасёв Д.И. (разделы 3,6) (12.12.19)

с.н.с., к.ф.-м.н.

Кривонос Р.А. (разделы 3,6) (12.12.19)

с.н.с., к.ф.-м.н.

Лапшов И.Ю. (разделы 3,6) (12.12.19)

начальник сектора

Левин В.В. (разделы 3,6) (12.12.19)

вед.инж., к.ф.-м.н.

Лыскова Н.С. (разделы 3,6) (12.12.19)

м.н.с., к.ф.-м.н.

Медведев П.С. (разделы 3,6) (12.12.19)

зам. директора, д.ф.-м.н.

Лутовинов А.А. (разделы 3,6) (12.12.19)

м.н.с., к.ф.-м.н.

Мереминский И.А. (разделы 3,6) (12.12.19)

н.с., к.ф.-м.н.

Мещеряков А.В. (разделы 3,6) (12.12.19)

с.н.с., к.ф.-м.н.

Мольков С.В. (разделы 3,6) (12.12.19)

с.н.с., д.ф.-м.н.

Моисеев А.В. (разделы 3,6) (12.12.19)

зав. отд., д.ф.-м.н.

Павлинский М.Н. (разделы 1,3,6) (12.12.19)

зав. лаб., д.ф.-м.н.

Попель С.И. (раздел 4) (12.12.19)

н.с., к.ф.-м.н.

Семена А.Н. (разделы 3,6) (12.12.19)

зав. лаб., д.т.н.

Семена Н.П. (разделы 3,6) (12.12.19)

с.н.с., к.ф.-м.н.

Ткаченко А.Ю. (разделы 3,6) (12.12.19)

н.с., к.ф.-м.н.

н.с., к.ф.-м.н.

м.н.с., к.ф.-м.н.

н.с., к.ф.-м.н.

в.н.с., академик РАН

Филиппова
Хабибуллин
Хорунжев
Человсков
Чуразов

Филиппова Е.В. (разделы 3,6) (12.12.19)

Хабибуллин И. И. (разделы 3,6) (12.12.19)

Хорунжев Г. А. (разделы 3,6) (12.12.19)

Человсков И.В. (разделы 3,6) (12.12.19)

Чуразов Е.М. (разделы 2,3,6) (12.12.19)

РЕФЕРАТ

Отчет 48 с., 16 рисунок, 1 таблица, 53(статьи)+ 9 (телеграммы)+3 (труды конф.)
источника.

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

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	6
1 Важнейшие (уникальные) результаты за 2019 год	8
2 Наиболее значимые результаты за 2019 год	10
3 Проведение фундаментальных исследований по теме «Вселенная» в области космологии, изучения строения и эволюции галактик, звезд, изучение глобальной структуры и эволюции нашей Вселенной.....	11
4 Раздел «Плазменно-пылевые процессы в космических объектах»	19
5 Раздел «Межпланетная среда»	21
6 Раздел «Научные исследования, поддержанные грантами РФ»	23
 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	 41

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 (номер направления в Программе 16, 14)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области Физики космической плазмы, энергичных частиц, Солнца и солнечно- земных связей (номер направления в Программе 16, 14)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планет и малых тел Солнечной системы (номер направления в Программе 16, 71)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования планеты Земля (номер направления в Программе 79,80)
- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области механики, систем управления и информатики (номер направления в Программе 21)
- Развитие исследовательской, конструкторской, опытно-экспериментальной базы научного космического приборостроения и методов экспериментальной физики (номер направления в Программе 16)

Эти направления НИР и ОКР соответствуют следующим направлениям фундаментальных исследований, указанным в Программе фундаментальных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 03 декабря 2012 г., № 2237-р

п/п	Направление фундаментальных исследований	Номер направления в «Программе»
1	Современные проблемы астрономии, астрофизики и исследования космического пространства, в том числе происхождение, строение и эволюция Вселенной, природа темной материи и темной энергии, исследование Луны и планет, Солнца и солнечно-земных связей, развитие методов и аппаратуры внеатмосферной астрономии и исследований космоса, координатно-временное обеспечение фундаментальных исследований и практических задач	16
2	Современные проблемы физики плазмы, включая физику астрофизической плазмы, физику низкотемпературной плазмы и основы её применения в технологических процессах	14
3	Закономерности формирования минерального, химического и изотопного состава Земли. Космохимия планет и других тел Солнечной системы. Возникновение и эволюция биосферы Земли, биогеохимические циклы и геохимическая роль организмов.	129
4	Научные основы разработки методов, технологий и средств исследования поверхности и недр Земли, атмосферы, включая ионосферу и магнитосферу Земли, гидросферы и криосферы; численное моделирование и геоинформатика: инфраструктура пространственных данных и ГИС-технологии.	138
5	Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального	137

	природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества	
6	Общая механика, навигационные системы, динамика космических тел, транспортных средств и управляемых аппаратов, механика живых систем.	21

Фундаментальные и прикладные научные исследования в области астрофизики и радиоастрономии проводятся по теме 16.1 ВСЕЛЕННАЯ

Тема 16.1 ВСЕЛЕННАЯ является частью государственного задания ЧАСТЬ 2: ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РАБОТЫ.

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2019. по теме ВСЕЛЕННАЯ. Исследования в области астрофизики высоких энергий, теоретической физики и наблюдательной космологии. Фундаментальные и прикладные научные исследования в области астрофизики и радио-интерферометрии

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

Гос. регистрация № 0120.0 602990

Научный руководитель академик Р.А. Сюняев

Важнейшие (уникальные) результаты за 2019 год

Запуск рентгеновской обсерватории «Спектр-РГ» и первые результаты

Р.А. Сюняев, научный руководитель проекта «Спектр-РГ», от имени коллектива

13 июля 2019 года состоялся успешный запуск с космодрома Байконур ракеты-носителя «Протон-М» с разгонным блоком «ДМ-03» и российской астрофизической обсерваторией «Спектр-РГ». Аппарат создан в НПО им. Лавочкина. В состав обсерватории входят два рентгеновских телескопа: eROSITA (Германия) и ART-XC (Россия). ART-XC – первый рентгеновский телескоп косого падения, разработанный и произведенный в России. Он создан в ИКИ РАН и РФЯЦ ВНИИЭФ (г. Саров) при участии Центра космических полетов им. Маршалла (США). Научный руководитель телескопа ART-XC – Михаил Павлинский (ИКИ РАН). В фокальной плоскости телескопа установлены уникальные рентгеновские детекторы на основе теллурида кадмия, разработанные в ИКИ РАН в лаборатории Василия Левина.

21 октября 2019 года аппарат завершил перелет в окрестность точки либрации L2 системы Солнце-Земля, а 8-го декабря 2019 года обсерватория начала выполнение своей главной задачи – проведение четырехлетнего обзора всего неба в рентгеновских лучах, чувствительность которого должна, а десятки раз превзойти существующие обзоры.

В течение первых четырех месяцев после запуска телескопы обсерватории «Спектр-РГ» проводили тестовые наблюдения астрофизических объектов на небе, которые подтвердили высочайшие заявленные характеристики приборов.

Ожидается, что в результате уникального обзора всего неба будет обнаружено порядка ста тысяч массивных скоплений галактик, несколько миллионов сверхмассивных черных дыр в ядрах галактик, сотни тысяч звезд с активными коронами и много других интересных объектов, в том числе неизвестной природы, а также детально исследованы свойства горячей межзвездной и межгалактической плазмы.

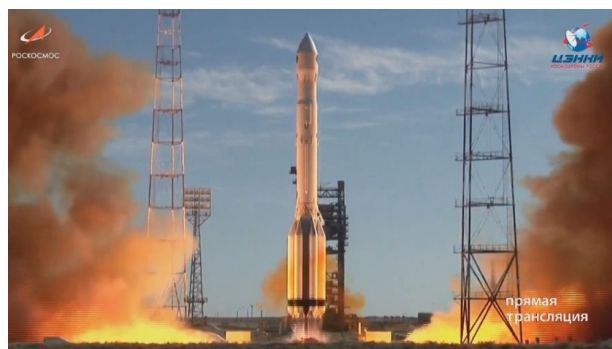


Рисунок 1 – Слева: Обсерватория «Спектр-РГ» во время наземных испытаний в НПО им. Лавочкина. Справа: Пуск ракеты «Протон» со спутником «Спектр-РГ» с космодрома Байконур.

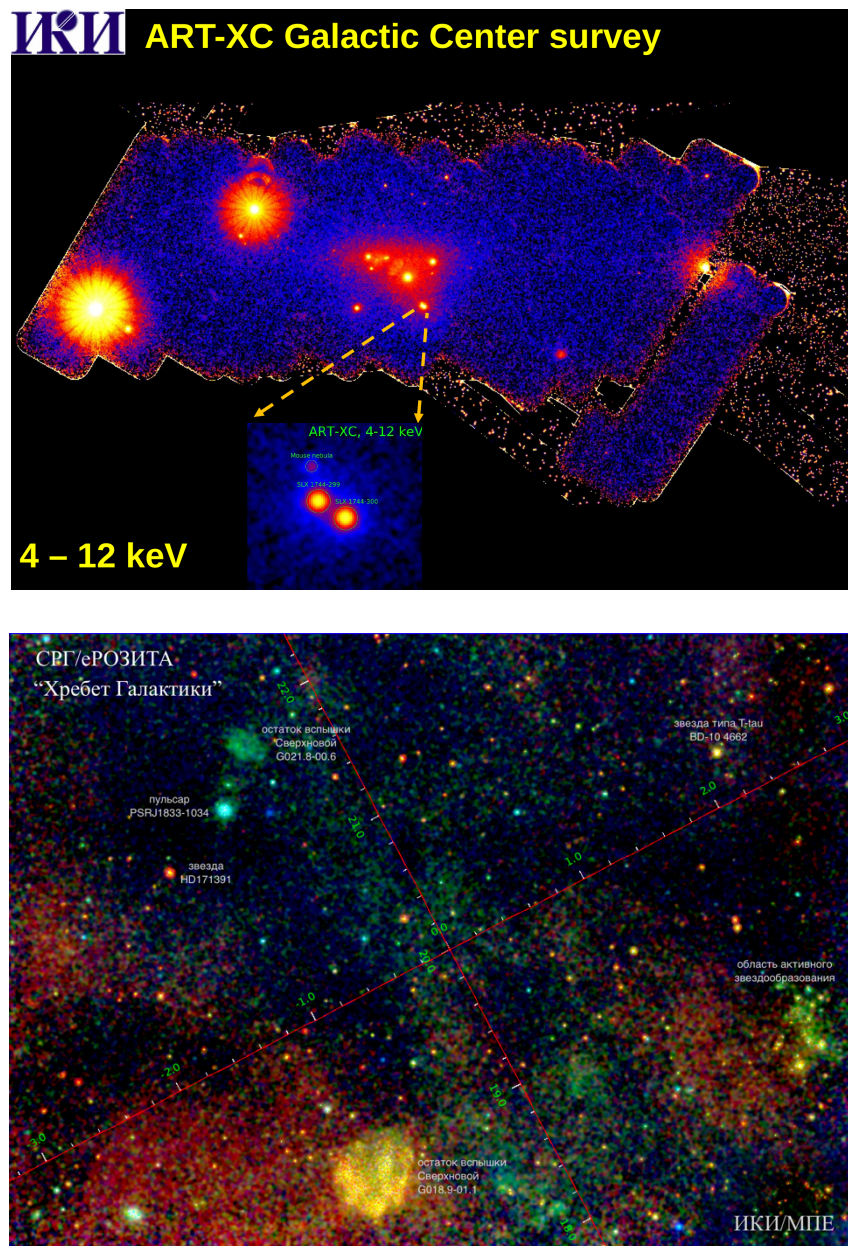


Рисунок 2 – *Вверху*: Рентгеновское изображение центральной области Галактики в диапазоне 4-12 кэВ, полученное телескопом ART-XC. *Внизу*: рентгеновское изображение участка Галактического диска (т.н. «Хребет Галактики») в мягком рентгеновском диапазоне 0.5-2.0 кэВ, полученное телескопом еРОЗИТА. На картах отмечены несколько известных рентгеновских источников. Оба изображения, полученные во время перелета обсерватории «Спектр-РГ» в точку L2, подтвердили высочайшие заявленные характеристики приборов.

Наиболее значимый результат за 2019 год

Подавленная вязкость горячей межгалактической плазмы в скоплениях галактик

Е. Чуразов, А. Вихлинин

Горячий межгалактический газ в скоплениях галактик характеризуется большой длиной свободного пробега по кулоновскому рассеянию $\sim 10\text{--}20$ кпк, на много порядков превышающей ларморовский радиус тепловых ионов $\sim 10^{-12}$ кпк. При этом плотность энергии магнитного поля составляет около процента от тепловой энергии газа. Вопрос об эффективной теплопроводности и вязкости такой среды остается открытым. Наблюдения флуктуаций плотности газа в рентгеновском диапазоне длин волн, выполненные в работе, показали, что такие флуктуации присутствуют на масштабах, сравнимых с длиной свободного пробега. Эти результаты напрямую показывают, что, как и в солнечном ветре, вязкость газа подавлена как минимум на несколько порядков (а, возможно, и на много порядков) по сравнению с плазмой, в которой вязкость определяется чисто кулоновскими соударениями. Следовательно, широко используемые численные модели формирования и эволюции скоплений, предполагающие малую вязкость, должны давать более адекватное описание поведения газа, чем модели с вязкостью, определяемой длиной свободного пробега ионов.

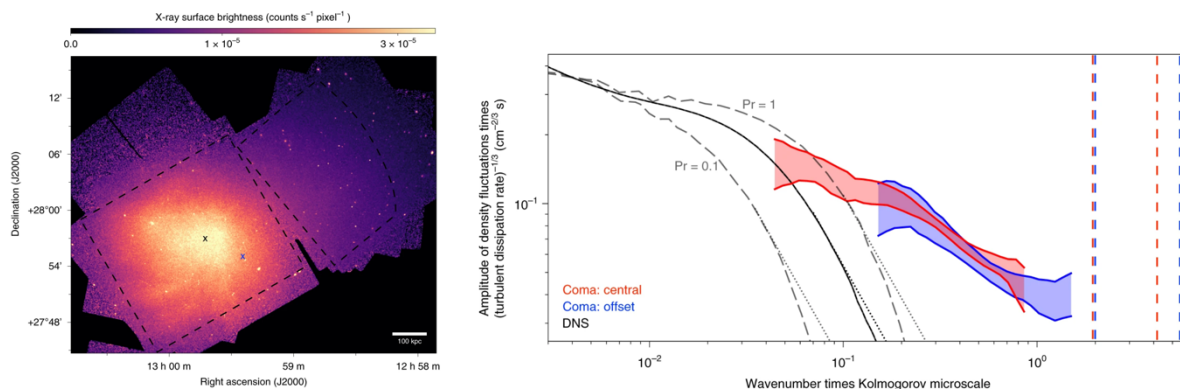


Рисунок 3 - Слева: Изображение скопления галактик Кома в рентгеновском диапазоне. Справа: Амплитуда флуктуаций плотности как функция волнового числа (цветные кривые). Для сравнения, черная кривая показывает ожидаемую зависимость для газа без магнитного поля, в котором вязкость определяется длиной свободного пробега заряженных частиц за счет соударений.

Zhuravleva I., Churazov E., Schekochihin A. A., Allen S. W., Vikhlinin A., Werner N. "Suppressed effective viscosity in the bulk intergalactic plasma", Nature Astronomy, 3, 832 (2019)

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

Понижение яркости космического рентгеновского и мягкого гамма-фона в направлениях на скопления галактик

С.А. Гребенев, Р.А. Сюняев

Показано, что комптоновское рассеяние на электронах горячего межгалактического газа в скоплениях галактик должно приводить к специфичным искажениям космического фонового рентгеновского и мягкого гамма-излучения — повышению его яркости при $h\nu < 60\text{--}100$ кэВ и падению на более высоких энергиях. Искажения фона пропорциональны поверхностной плотности газа в скоплении, в отличие от интенсивности теплового излучения газа, пропорциональной квадрату плотности, что позволяет измерять важнейшие параметры скопления. Форма спектра искажений фона и ее зависимость от температуры газа, оптической толщи, закона распределения поверхностной плотности исследованы с помощью детальных расчетов методом Монте-Карло и подтверждены на основе аналитических оценок. В системе скопления максимум понижения фона из-за эффекта отдачи приходится на $h\nu \sim 500\text{--}600$ кэВ. Фотоионизация водородо- и гелиеподобных ионов железа и никеля приводит к дополнительным искажениям в спектре фона — сильной линии поглощения с порогом на $h\nu \sim 9$ кэВ (для холодных скоплений — еще и к скачку поглощения на $h\nu \sim 2$ кэВ). К подобным линиям приводит и поглощение на этих ионах собственного теплового излучения газа в скоплении. В близких ($z < 1$) скоплениях линия на $h\nu \sim 2$ кэВ заметно усиливается поглощением в более холодной ($\sim 10^6$ К) плазме их периферийных (< 3 Мпк) областей, более того — от нее отщепляется линия поглощения на $h\nu \sim 1.3$ кэВ, не зависящая от свойств горячего газа в скоплении. Красное смещение далеких скоплений сдвигает линии поглощения в спектре фона (на ~ 2 , ~ 9 и ~ 500 кэВ) к более низким энергиям. Таким образом, данный эффект в отличие от эффекта рассеяния микроволнового фонового излучения зависит от z скопления, но весьма специфичным образом. При наблюдении скоплений на $z > 1$ эффект позволяет определять, как эволюционировал рентгеновский фон, как он “набирался” с z . Для регистрации эффекта точность измерений должна достичь уровня $\sim 0.1\%$. В работе рассмотрены наиболее перспективные для наблюдения эффекта скопления, обсуждены методики, при которых влияние теплового излучения газа, мешающее регистрации искажений фона, должно быть минимальным.

Оригинальная статья:

С.А. Гребенев, Р.А. Сюняев “Понижение яркости космического рентгеновского и мягкого гамма-фона в направлениях на скопления галактик”, Письма в Астрономический журнал, т. 45, №12, сс. 835-865 (2019).

[IF = 1.075, выполнена в рамках темы “Вселенная” Программы научно-исследовательских работ ИКИ РАН и Программы фундаментальных исследований РАН 12 “Вопросы происхождения и эволюции Вселенной с применением методов наземных наблюдений и космических исследований”].

Полное орбитальное решение для двойной системы в северном диске Галактики согласно измерениям, выполненным во время события микролинзирования Gaia16aye

Р.А. Буренин, С.А. Гребенев

Событие Gaia16aye было, наверное, наиболее интересным из всех событий микролинзирования, зарегистрированных за всю историю их наблюдений, к тому же оно было зарегистрировано в Галактическом диске, а не балдже Галактики, что встечается очень редко. В кривой блеска были зарегистрированы 5 отдельных эпизодов экспоненциального нарастания яркости (5 гравитационных каустик), достигающих величины $I=12$ mag, свидетельствующих о том, что линзой в данном случае служила двойная система звезд. Кривая блеска наблюдалась рядом телескопов по всему миру (всего почти 25,000 отдельных измерений), в том числе уникальные и очень важные для моделирования наблюдения были выполнены по инициативе российских ученых телескопами РТТ-150 в Турции и АЗТ-33ИК в Саянах (Монды). В работе представлены результаты фотометрических и спектроскопических наблюдений, охватывающие 500 дней эволюции события. По результатам наблюдений было выполнено моделирование и получено полное решение кеплеровской орбиты двойной системы, учитывающее также движение Земли и спутника Gaia вокруг Солнца. Определен набор всех орбитальных параметров двойной линзирующей системы. Впервые зарегистрирован параллакс между Землей и спутником Gaia, расположенным в точке L2. Было найдено, что система состояла из двух звезд главной последовательности с массами $0.57 \pm 0.05 M_{\odot}$ и $0.36 \pm 0.03 M_{\odot}$ на расстоянии 780 пк, с орбитальным периодом 2.88 года и эксцентриситетом 0.30. События, подобные Gaia16aye, иллюстрируют громадный потенциал метода микролинзирования для исследования функции масс темных объектов, включая черные дыры, в направлениях, отличных от направления на галактический балдж. Этоо случай также подчеркивает важность долговременных скоординированных наблюдений, которые могут быть сделаны с помощью сети квазиоднородных телескопов.

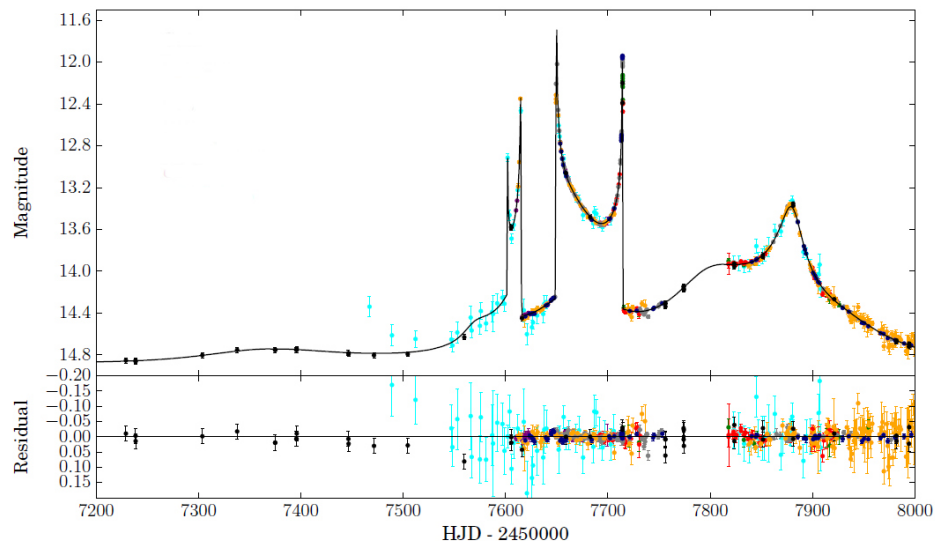


Рисунок 4 – Кривая блеска события микролинзирования Gaia16aye и теоретическое решение, описывающее все эти наблюдения.

Оригинальная статья:

L. Wyrzykowski, ... R.A. Burenin, S.A. Grebenev, et al. "Full orbital solution for the binary system in the northern Galactic disc microlensing event Gaia16aye", Astronomy & Astrophys., accepted (2019) ([2019arXiv190107281W](#)).

Наблюдая формирование элементов в момент творения. Новая гамма-миссия для МэВ-ного диапазона энергий - астрономия радионуклидов в 2020 гг.

С.А. Гребенев ... А.А. Лутовинов и др.

Гамма-астрономия изучает наиболее энергичные фотоны в природе, для того чтобы разрешить наиболее сложные проблемы в современной астрофизике. Уникальная информация может быть получена с помощью гамма-астрономии МэВ-ного диапазона to help address frontiers makes now a compelling time for the community to advocate for a new mission to be operational in the 2020s and beyond.

Оригинальная статья:

F. Timmes, Ch. Fryer, ..., S.A. Grebenev, et al. "Catching Element Formation In The Act; The Case for a New MeV Gamma-Ray Mission: Radionuclide Astronomy in the 2020s", Bulletin of the American Astronomical Society, V. 51, Issue 3, id. 2 (2019) ([2019BAAS...51c...2T](#)).

«Исследование происхождения убывающего нетеплового излучения скопления Арки по данным наблюдений NuSTAR и XMM-Newton 2015-2016 гг.»

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

Были представлены результаты длительного наблюдения комплекса Арки с помощью орбитального телескопа NuSTAR в 2016 г. Пространственный анализ выявил присутствие протяженного излучения вокруг скопления Арки в 2016 г., связанного с молекулярным облаком. Спектральный анализ нетеплового излучения молекулярного облака около скопления Арки подтвердил падение эквивалентной ширины линии излучения нейтрального железа 6,4 кэВ, обнаруженное в 2015 г. (Кривонос, 2015). По данным 2016 г. не было обнаружено значимых изменений ни в морфологии, ни в спектре скопления Арки, что позволило получить глубокую карту области скопления Арки с экспозицией 460 кс по данным наблюдений 2015 и 2016 гг. (см Рисунок 1). С помощью глубокой карты были уточнены пространственные параметры протяженного излучения скопления Арки. Был получен широкополосный спектр по данным 2015-2016 гг. NuSTAR и 2015 г. XMM-Newton, по которому было уточнено значение наклона степенного закона спектра нетеплового излучения Арки $\Gamma=2.21\pm0.15$. Полученное значение фотонного индекса согласуется с $\Gamma\sim 2$, наблюдаемым в молекулярных облаках Галактического центра, что в свою очередь поддерживает гипотезу о прошлой активности Стрельца А*. По наблюдению NuSTAR в 2016 г. было показано, что как и нетепловое излучение континуума, так и поток в линии нейтрального железа 6,4 кэВ согласуются с уровнем в 2015 г. В то же время было выявлено, что нетепловой поток, измеренный в 2016 г., формально не

противоречит спадающему тренду, наблюдаемому в течение 2007-2015 гг. Впервые был выполнен детальный спектральный анализ трех ярких областей молекулярного облака Арки, хорошо видимых в линии излучения 6.4 кэВ (см. Рисунок 1), по данным XMM-Newton 2015 г. Их спектральный анализ показал различные значения эквивалентной ширины линии излучения нейтрального железа и поглощения, что является серьезным признаком того, что рентгеновское излучение молекулярного облака представляет собой смесь компонент различного происхождения.

Оригинальная статья/статьи:

Kuznetsova E., Krivonos R., Clavel M., Lutovinov A., Chernyshov D., Hong J., Mori K., Ponti G., Tomsick J., Zhang S., «Investigating the origin of the faint non-thermal emission of the Arches cluster using the 2015–2016 NuSTAR and XMM–Newton X-ray observations», MNRAS, Volume 484, Issue 2, April 2019, Pages 1627–1636, IF = 5.231
<https://doi.org/10.1093/mnras/stz119>, (поддержана грантом РФФИ 16-02-00294)

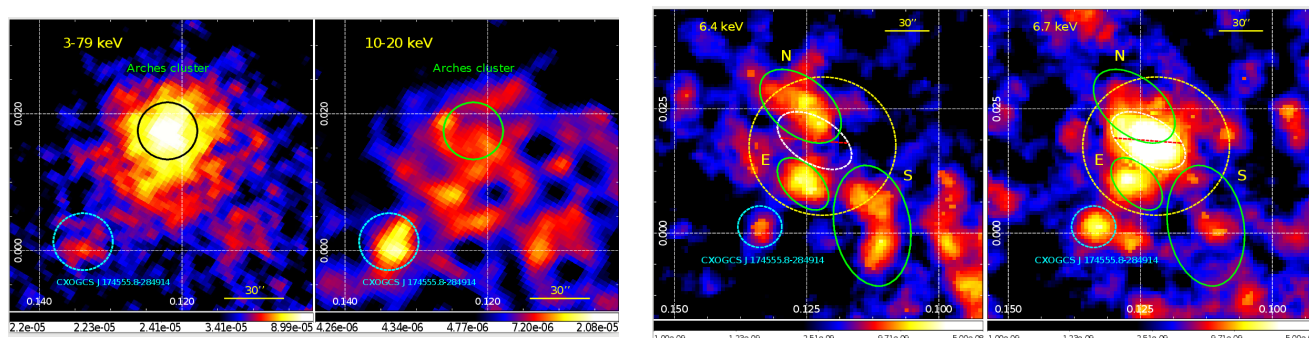


Рисунок 5 – Слева: Суммарные изображения скопления Арки по данным NuSTAR 2015-2016 гг. в энергетических диапазонах 3-79 кэВ и 10-20 кэВ. Справа: Изображения области скопления Арки по данным XMM-Newton в линиях нейтрального (6,4 кэВ) и горячего (6.7 кэВ) железа. Эллипсы демонстрируют положения трех ярких областей, видимых в линии 6.4 кэВ.

Прояснение природы эмиссионных объектов в галактике NGC 185: новые остатки сверхновых

А.В. Мусеев

Спектральные наблюдения эмиссионных областей в карликовой эллиптической галактике NGC 185, выполненные на 6-м телескопе CAO РАН с прибором SCORPIO, выявили еще два остатка сверхновой (SNR) в этом спутнике Туманности Андромеды (ранее здесь был известен лишь один SNR). Измеренная скорость расширения найденных объектов в оптических линиях ионизованного газа достигает 90 км/с. Электронная плотность, измеренная по отношению линий дублета [SII] составляет 30-200 см⁻³. Возможно, что эти две соприкасающихся эмиссионных оболочки (диаметром 45 и 90 пк)

являются единым SNR. Что бы лучше разобраться со структурой наблюдаемого объекта подана заявка (и получено наблюдательное время) на радиотелескопе JVLТ.

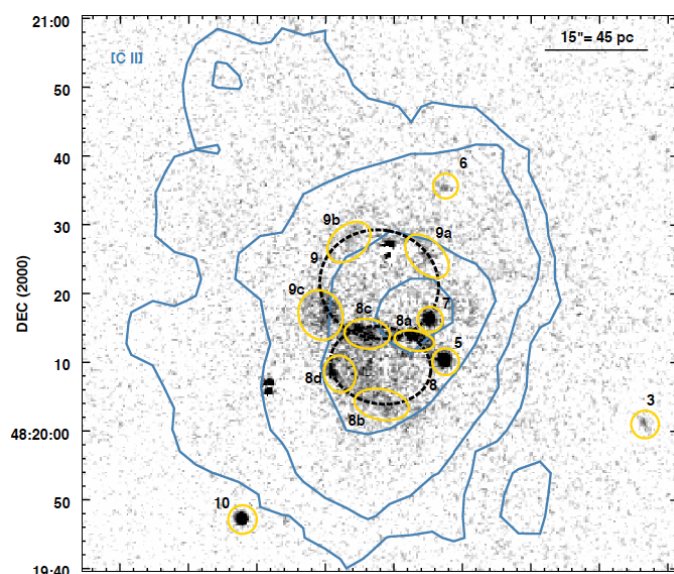


Рисунок 6 –
Изображение области вокруг найденных остатков сверхновых, эллипсами показаны расширяющиеся оболочки. Контур - изображение в ИК линии [CII] с космического телескопа Herschel

Оригинальная статья:

Vučetić M. M., Ilić, D., Egorov O. V., Moiseev A., Onić D. Pannuti T. G., Arbutina B., Petrov N., Urošević D., “Revealing the nature of central emission nebulae in the dwarf galaxy NGC 185” A&A, Volume 628, id.A87, 14 pp, IF =6.209, DOI: 10.1051/0004-6361/201935818 , (поддержана грантом РФФИ 18-02-00976 ГАИШ МГУ)

Впервые изучена структура рентгеновского изображения остатка сверхновой в IC1613

А.В. Моисеев

Выполненные на телескопе Chandra наблюдения (экспозиция 50 ks с чипом S3 ACIS) позволили впервые разрешить пространственную структуру остатка сверхновой S8 - ярчайшего рентгеновского источника в карликовой галактике Местной Группы IC1613. Наблюдаемая морфология рентгеновского изображения этого единственного в IC 1613 остатка сверхновой хорошо согласуется с распределением ионизованного газа по данным наблюдений 6-м телескопа САО РАН. Получена новая оценка возраста остатка: 3400-5400 лет, что сравнимо с возрастом других остатков сверхновых в галактиках Местной Группы.

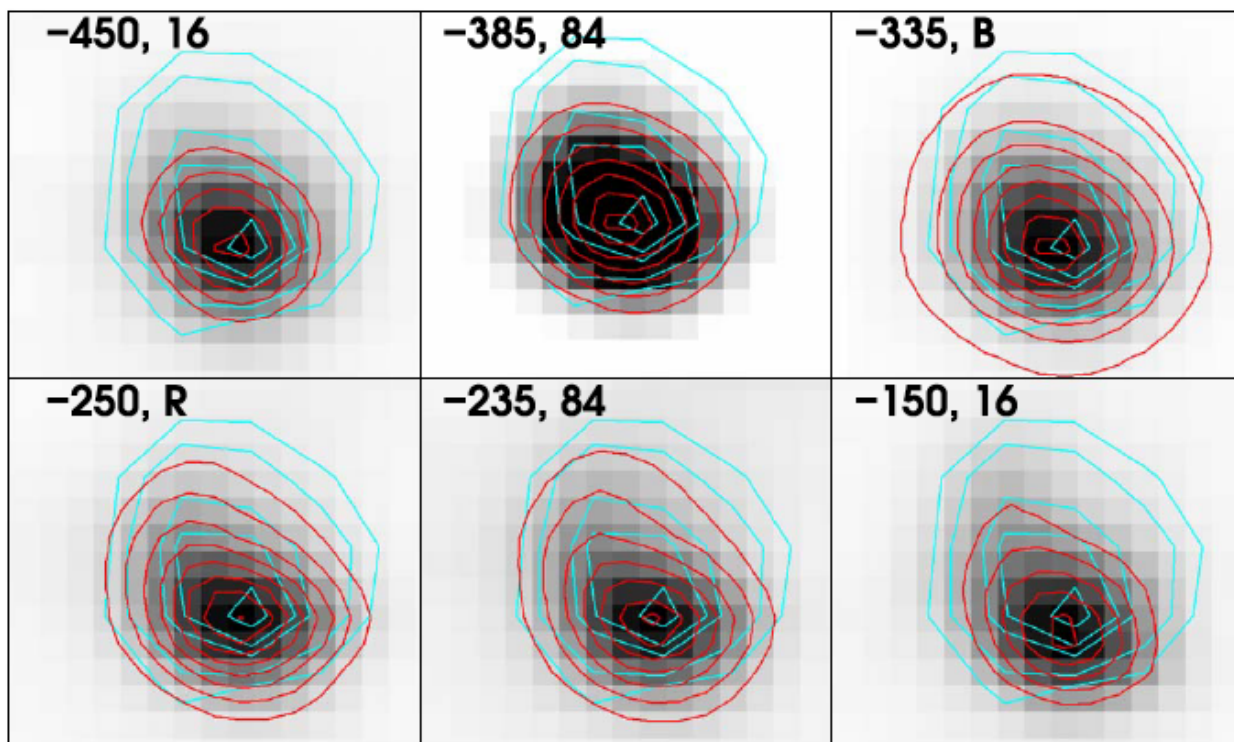


Рисунок 7 – Поканальные карты распределения интенсивности в линии Нальфа на разных лучевых скоростях, согласно наблюдениями на 6-м телескопе CAO РАН (серые градации + красные контуры). Синими контурами показано изображение S8, полученное на Chandra

Оригинальная статья:

Schlegel E. M.; Pannuti Thomas G. Lozinskaya T., Moiseev A., Lace, C. K., “The X-Ray-resolved Supernova Remnant S8 in the Dwarf Irregular Galaxy IC 1613” AJ, Volume158, id.137, 8 pp, IF =6.209, DOI: 10.3847/1538-3881/ab33fb

Наземные калибровочные испытания рентгеновской зеркальной системы и блока детектора телескопа ART-XC в ИКИ РАН

Павлинский М., Ткаченко А., Левин В., Кривченко А., Ротин А., Кузнецова М., Лапинов И., Кривонос Р., Семена А., Семена Н., Сербинов Д., Штыковский А., Яскович А., Олейников В., Глушенко А., Мереминский И., Мольков С., Сазонов С., Арэфьев В.

На калибровочном стенде ИКИ РАН проведены измерения функции виньетирования эффективной площади для запасных образцов (ЗИП) РЗС и УРД телескопа ART-XC. В результате работ получены следующие результаты:

- экспериментально получены значения эффективной площади ЗИП РЗС в линии меди 8.1 кэВ для углов поворота РЗС в горизонтальной и вертикальной плоскости в диапазоне $-30'$ до $+30'$ при расстоянии до источника 61 м;
- показано, что предельное отклонение математической модели виньетирования РЗС от экспериментальных данных не превышает 8% в пределах $\pm 30'$;

- с использованием модели виньетирования получена оценка эффективности в обзоре (grasp) ART-XC. grasp на энергии 8.1 кэВ достигает $\sim 29.9 \text{ см}^2 \text{ град}^2$ для фотонов, однократно отраженных от РЗС, $\sim 43.8 \text{ см}^2 \text{ град}^2$ для двукратных отражений и $\sim 73.7 \text{ см}^2 \text{ град}^2$ для их суммы. Поле зрения телескопа ART-XC составляет $\sim 2 \text{ град}^2$, из которых центральные $\sim 0.3 \text{ град}^2$ работают в режиме "телескопа", и внешние $\sim 1.7 \text{ град}^2$ работают в режиме "концентратора".
- показано, что во время одного полугодового обзора неба от яркого источника типа Crab в плоскости эклиптики, в диапазоне 4-12 кэВ телескоп ART-XC должен зарегистрировать $\sim 1.1 \times 10^4$ отсчётов в режиме "телескопа" и $\sim 7.3 \times 10^3$ отсчётов в режиме "концентратора". При уровне фона на детекторе в окрестностях точки L₂ $5 \times 10^{-3} \text{ cts s}^{-1} \text{ см}^{-2} \text{ keV}^{-1}$, общее число фоновых событий, зарегистрированных семью детекторами УРД в том же диапазоне энергий, составит в режиме "телескопа" ~ 150 отсчетов и в режиме "концентратора" ~ 680 отсчётов. Значимость такого "сопровождения" яркого транзиентного источника с потоком равного Crab в режиме "концентратора" будет находиться $\sim 280 \sigma$. Сопровождать яркий транзиентный источник телескоп ART-XC сможет на протяжении $\sim (28-32)/\cos(\beta)$ часов, где β широта, отсчитываемая от экватора обзора СРГ.

Оригинальная статья:

M. Pavlinsky, A. Tkachenko, V. Levin, A. Krivchenko, A. Rotin, M. Kuznetsova, I. Lapshov, R. Krivonos, A. Semena, N. Semena, D. Serbinov, A. Shtykovsky, A. Yaskovich, V. Oleinikov, A. Glushenko, I. Mereminskiy, S. Molkov, S. Sazonov, V. Arefiev "On-ground calibration of the ART-XC/SRG mirror system and detector unit at IKI. Part III" // Experimental Astronomy, 2019, doi:10.1007/s10686-019-09646-8 (IF = 1.69, Q3) (частично поддержана грантом Минобрнауки России 14.W03.31.0021 и грантом РФФИ 16-29-13070)

Ограничение магнитного поля рентгеновской пульсара в Be системе SXP 4.78

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

На основе ряда методов, с использованием спектральных данных в широком энергетическом диапазоне (0.2 – 80 кэВ) и временного анализа было поставлено ограничение на магнитное поле в системе SXP 4.78. При отсутствии возможности проведения прямого измерения (ввиду отсутствия циклотронных линий поглощения в энергетическом спектре) нами был проведен анализ спектров мощности, фазово разрешенных спектров и долгопериодических временных характеристик. С помощью независимых модельных оценок нами было поставлено ограничение на магнитное поле в системе $B < 2 \cdot 10^{12} \text{ Г}$.

Оригинальная статья:

A.N.Semena, A.A. Lutovinov, I.A.Mereminskiy, S.S.Tsygankov, A.E.Shtykovsky, S.V.Molkov, J.Poutanen "Observational constraints on the magnetic field of the bright transient Be/X-ray pulsar SXP 4.78" MNRAS Volume 490, Issue 3, p.3355 (импакт фактор 5.231) 2019MNRAS.490.3355S (поддержана мегагрантом правительства РФ 14.W03.31.0021)

Свойства переменного рентгеновского пульсара Swift J1816.7-1613 и его оптического компаньона

Карасев Д. И., Лутовинов А.А.

Представлены результаты исследования малоизученного рентгеновского пульсара Swift J1816.7-1613 при его переходе от вспышки I типа к состоянию покоя. Наши исследования основаны на данных, полученных рентгеновскими обсерваториями Swift, NuSTAR и Chandra, а также на последних данных обзоров неба в ИК-диапазоне UKIDSS/GPS и Spitzer/GLIMPSE. Целью работы является определение параметров системы, а именно напряженности магнитного поля нейтронной звезды и расстояния до источника, которые необходимы для интерпретации поведения источника в рамках физических моделей. Заметим, что в широкополосном энергетическом спектре не было обнаружено циклотронной линии поглощения. Однако, анализ синхронизации намекает на типичное для рентгеновского пульсара магнитное поле от нескольких $\times 10^{11}$ до нескольких $\times 10^{12}$ Гс. Мы также оценили тип ИК-компаньона источника им предположительно является звезда класса B0-2e, расположенная на расстоянии 7-13 кпк.

Оригинальная статья:

Nabizadeh A., Tsygankov S. S., Karasev D. I., Mönkkönen J., Lutovinov A.A., Nagirner, D. I., Poutanen J. "Properties of the transient X-ray pulsar Swift J1816.7-1613 and its optical companion", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 622, id.A198, 8 pp. (2019) IF=6.209, Q1, **(частично поддержан РФФИ 16-02-00294 и РФФИ 17-52-80139 BRICS-a)**

Плазменно-пылевые процессы в космических объектах

(лаборатория 513)

К вопросу о механизме литосферно-атмосферных связей в сейсмически активных регионах

Попель С.И., Дубинский А.Ю.

Показано, что в системе литосфера-атмосфера в сейсмически активных регионах существуют благоприятные возможности для преимущественной генерации инерционно-гравитационных (внутренних гравитационных) волн, которые можно рассматривать в качестве механизма литосферно-атмосферных связей. Измерения высотных профилей температуры с помощью спутников использованы для экспериментального выявления внутренних гравитационных волн. На примере двух землетрясений (в Узбекистане и Киргизии) показана возможность идентификации внутренних гравитационных волн, источником которых являются сейсмически активные регионы.

Оригинальная статья:

Нифадьев В.И., Адушкин В.В., Чен Б.Б., Попель С.И., Когай Г.А., Дубинский А.Ю., Вайдлер П. “К вопросу о механизме литосферно-атмосферных связей в сейсмически активных регионах” // Вестник Кыргызско-Российского Славянского Университета. 2019. Т. 19, № 4. С. 105-113 (IF: 0,151).

Об изменениях параметров внутренних гравитационных волн в атмосфере Центральной Азии перед землетрясениями

Попель С.И., Дубинский А.Ю.

Показано, что в системе литосфера-атмосфера в сейсмически активных регионах существуют благоприятные возможности для преимущественной генерации инерционно-гравитационных (внутренних гравитационных) волн, которые можно рассматривать в качестве механизма литосферно-атмосферных связей. Измерения высотных профилей температуры с помощью спутников использованы для экспериментального выявления внутренних гравитационных волн. На примере двух землетрясений (в Узбекистане и Киргизии) показана возможность идентификации внутренних гравитационных волн, источником которых являются сейсмически активные регионы.

Оригинальная статья:

Адушкин В.В., Нифадьев В.И., Чен Б.Б., Попель С.И., Когай Г.А., Дубинский А.Ю., Вайдлер П.Г. Об изменениях параметров внутренних гравитационных волн в атмосфере Центральной Азии перед землетрясениями // Доклады Академии наук. 2019. Т. 487. № 3. С. 299-303 (IF: 0,994).

Единая модель темной энергии, основанная на соотношении неопределенности Мандельштама-Тамма

Думин Ю.В.

В настоящее время общепризнано, что темная энергия (космологическая постоянная) имеет решающее значение как на ранней (инфляционной) стадии космологической эволюции, так и в настоящее время. Однако до сих пор мало что известно о ее природе и происхождении. В частности, до сих пор неясно, является ли космологическая постоянная новой фундаментальной константой. В работе показано, что достаточно многообещающий и универсальный подход к проблеме темной энергии может основываться на соотношении неопределенности Мандельштама-Тамма квантовой механики. В рамках данного подхода получена эффективная космологическая постоянная, которая важна на протяжении всей истории Вселенной. Кроме того, данный подход требует существенного пересмотра некоторых других космологических параметров, например, возраста Вселенной.

Оригинальная статья:

Dumin Yu.V. "A Unified Model of Dark Energy Based on the Mandelstam-Tamm Uncertainty Relation" // Gravitation and Cosmology, 2019, Vol. 25, No. 2, pp. 169-171 (IF: 0,676).

Межпланетная среда

(лаборатория 534)

Спиралевидная туманность вокруг бариевой звезды TYC 8606-2025-1

Гварамадзе В.В.

В работе исследованы звезда TYC 8606-2025-1 и необычная спиралевидная туманность вокруг нее, открытая нами с помощью данных космического ИК-телескопа WISE. В декабре 2018 г. и январе-апреле 2019 г. были получены пять эшелельных спектра звезды с помощью 10-м телескопа SALT Южно-Африканской астрономической обсерватории. Исследование спектров показало, что TYC 8606-2025-1 является умеренной бариевой звездой спектрального типа G8 III. Тем самым, был обнаружен новый представитель редкой группы бариевых звезд с околосветными туманностями. Были определены фундаментальные параметры звезды (температура, поверхностная гравитация, скорость вращения) и обилия химических элементов в ее атмосфере. С помощью данных космического телескопа Gaia были определены поперечная составляющая пекулярной скорости звезды и расстояние до звезды. Последнее позволило определить светимость звезды и ее начальную массу (около трех солнечных масс). Были обнаружены изменения в радиальной скорости звезды, указывающие на то, что она является двойной системой с сильно вытянутой орбитой. Подобно другим бариевым звездам, невидимым в оптике компаньоном двойной системы, скорее всего, является белый карлик. Дано объяснение спиралевидной формы ИК-туманности вокруг TYC 8606-2025-1. Было предложено, что она состоит из бедного водородом вещества, потерянного белым карликом в результате финального теплового импульса.

Оригинальная статья:

Gvaramadze, V. V., Pakhomov, Yu V., Kniazev, A. Y., Ryabchikova, T. A., Langer, N., Fossati, L., Grebel, E. K., “TYC 8606-2025-1: a mild barium star surrounded by the ejecta of a very late thermal pulse”, 2019, MNRAS, 489, 5136-5145, DOI: 10.1093/mnras/stz2484 **(РНФ)**

Распределение межзвездной пыли в астросферах: влияние радиационного давления

Катушкина О.А., Измоденов В.В.

В работе рассмотрено распределение межзвездной пыли в окрестности звезды под влияние сил гравитации и радиационного давления. Это исследование применимо к звездам с относительно слабым звездным ветром и сильным излучением, когда радиационное давление выталкивает межзвездную пыль гораздо дальше от звезды, чем положение ударной волны, образуемой взаимодействием потоков звездной и межзвездной плазмы. В этом случае концентрацию пыли для конкретного радиуса пылинки можно найти аналитически на основе классической «холодной модели» распределения частиц в центральном поле сил. Мы также рассмотрели распределение плотности пыли для смеси пылинок с различными радиусами, и построили карты интенсивности теплового инфракрасного излучения на 24 мкм, возникающего за счет нагрева пыли звездным излучением. Показано, что получены карты инфракрасного излучения сильно зависят от

параметров модели: материала пылинок, распределения пыли по размерам в межзвездной среде, и способа вычисления температуры пылинок.

Выделенная арка на картах интенсивности видна для графита и не видна для силикатов. Абсолютные значения интенсивности в случае графита на несколько порядков больше, чем для силикатов, из-за более интенсивного нагрева графита. На основе результатов численного моделирования предложен алгоритм анализа данных наблюдений светящихся инфракрасных арок вокруг звезд.

Оригинальная статья:

Katushkina O.A., Izmodenov V.V., “Infrared dust arcs around the stars: I. effect of the radiation pressure”, MNRAS, DOI: [10.1093/mnras/stz1105](https://doi.org/10.1093/mnras/stz1105), 2019, Volume 486, Issue 4, p.4947-4961 (РНФ)

Распространение термически неустойчивых волн между фронтами ионизации и фотодиссоциации

Краснобаев К.В., Тагирова Р.Р.

Из данных наблюдений и теоретических моделей известна структура области фотодиссоциации. Рассматривается атомарная зона области, которая ограничена с одной стороны фронтом ионизации, а с другой – фронтом диссоциации. Авторами работы ранее было установлено, что если концентрация нейтрального водорода и интенсивность ультрафиолетового излучения звезды велики, то атомарная зона термически неустойчива. Следствием развития неустойчивости является возникновение самоподдерживающихся ударных волн. Рассматривалось распространение возмущений в намагниченной плазме в рамках модели недиссипативной гидродинамики. В приближении слабой нелинейности и малых отклонений от адиабатичности найдены времена нарастания возмущений и опрокидывания волн.

Оригинальная статья:

Краснобаев К. В., Тагирова Р. Р. Влияние магнитного поля на волновые движения в термически неустойчивых областях фотодиссоциации // Письма в Астрономический журнал— 2019. — Т. 45, № 3. — С. 192–200. DOI: 10.1134/S0320010819030045.

Раздел «Научные исследования, поддержанные грантами РФФИ»

Исследование вспышечной активности кандидата в черные дыры GRS 1739-278

С.Д. Быков, Е.В. Филиппова, И.А. Мереминский, А.Н. Семена, А.А. Лутовинов

Был проведен совместный спектральный и временной анализ вспышки кандидата в черные дыры GRS 1739-278 в 2014 году по данным обсерваторий Swift и ИНТЕРНАЛ. Показано, что во время этой вспышки система продемонстрировала оба промежуточных переходных состояния - жесткое и мягкое. От системы зарегистрированы квазипериодические осцилляции в диапазоне частот 0.1-5 Гц, которые классифицированы как КПО типа С. С помощью данных телескопа Swift/BAT показано, что после вспышки 2014 года система перешла в режим вспышечной активности: помимо упомянутых в литературе трех мини-вспышек в работе было обнаружено еще 4 вспышки со сравнимым (~ 20 мКраб) потоком в жестком диапазоне энергий (15-50 кэВ) и значимостью детектирования вспышки 4-5.5 сигма.

Оригинальная статья:

С.Д. Быков, Е.В. Филиппова, И.А. Мереминский, А.Н. Семена, А.А. Лутовинов

«Исследование вспышечной активности кандидата в черные дыры GRS 1739-278»

ПАЖ, 2019, т. 45, с. 170-191, IF=1.075.

<https://link.springer.com/article/10.1134%2FS1063773719030022>

(поддержана грантом РФФИ 14-12-01287)

Наблюдение в гамма-диапазоне второго связанного со слиянием нейтронных звезд события LIGO/VIRGO S190425Z

С. А. Гребенев, И. В. Человеков

Представлены результаты наблюдения антисовпадатальной защитой (ACS) гамма-спектрометра SPI обсерватории INTEGRAL гравитационно-волнового (GW) события S190425z, зарегистрированного детекторами LIGO/Virgo. С большой вероятностью ($>99\%$) оно было связано со слиянием нейтронных звезд в тесной двойной системе. В истории гравитационно-волновых наблюдений это всего лишь второе событие такого типа (после GW 170817). Детектором SPI-ACS был зарегистрирован слабый гамма-всплеск GRB 190425, состоящий из двух импульсов, через ~ 0.5 и ~ 5.9 с после момента слияния звезд в событии S190425z, имеющих априорную достоверность 3.5 и 4.4σ (вместе — 5.5σ). Анализ записи скорости счета детектором SPI-ACS в эти дни (всего ~ 125 кс наблюдений) показал, что темп случайного появления двух близких выбросов с характеристиками всплеска GRB 190425 не превышает $6.4 \times 10^{-5} \text{ с}^{-1}$ (т.е. случайно такие события происходят в среднем каждые ~ 4.3 ч). Нельзя не отметить, что профиль гамма-всплеска GRB 190425 имеет много общего с профилем гамма-всплеска GRB 170817A, сопровождавшего событие GW 170817; что оба слияния нейтронных звезд были наиболее близкими (~ 150 Мпк) из

событий, зарегистрированных детекторами LIGO/Virgo; и что ни в одном из ~ 30 событий слияния черных дыр, зарегистрированных к настоящему моменту этими детекторами, значимых превышений потока гамма-излучения над фоном обнаружено не было. В поле зрения гамма-телескопов SPI и IBIS-ISGRI на борту обсерватории INTEGRAL вспышки жесткого излучения зарегистрированы не были. Это, а также отсутствие регистрации гамма-излучения от GRB 190425 монитором гамма-всплесков GBM обсерватории Fermi, предполагающее его затенение Землей, позволяет существенно уменьшить область локализации источника гравитационно-волнового события. В работе сделаны оценки параметров E_{iso} и E_p гамма-всплеска GRB 190425 и выполнено их сравнение с аналогичными параметрами всплеска GRB 170817A.

Оригинальная статья:

А. С. Позаненко, П. Ю. Минаев, С. А. Гребенев, И. В. Человеков “Наблюдение в гамма-диапазоне второго связанного со слиянием нейтронных звезд события LIGO/VIRGO S190425Z”, Письма в Астрономический журнал, т. 45, №11, сс. 768-786 (2019). (IF = 1.075, Q3), (поддержана грантом РНФ 18-12-00522).

Спектроскопические измерения красных смещений и скоплений галактик, обнаруженных по данным обзора обсерватории им. Планка.

И.А. Зазнобин, Р.А. Буренин, Г.А. Хорунжеев, А.Р. Ляпин, Р.А. Сюняев

Представлены результаты спектроскопических измерений красных смещений для скоплений галактик из каталога, полученного ранее по данным обзора всего неба обсерватории им. Планка, в сочетании с данными Слоановского обзора и обзора обсерватории WISE в оптическом и ИК диапазонах. Большинство этих скоплений являются массивными объектами, которые будут обнаружены также в будущих обзорах всего неба, таких как рентгеновский обзор всего неба телескопа eROSITA на борту космической обсерватории Спектр-Рентген-Гамма (СРГ). Спектроскопические наблюдения этих скоплений галактик проводились на 1.5-м Российско-Турецком телескопе (РТТ-150), 1.6-м телескопе Саянской обсерватории АЗТ-33ИК, 6-м телескопе САО РАН (Большой телескоп азимутальный, БТА). Спектроскопические измерения красных смещений получены для 67 скоплений галактик, в том числе для пяти скоплений галактик, входящих во второй каталог источников Сюняева–Зельдовича обсерватории им. Планка.

Оригинальная статья:

И.А. Зазнобин, Р.А. Буренин, И.Ф. Бикмаев, И.М. Хамитов, Г.А. Хорунжеев, А.Р. Ляпин, М.В. Еселевич, В.Л. Афанасьев, С.Н. Додонов, Р.А. Сюняев «Спектроскопические измерения красных смещений и скоплений галактик, обнаруженных по данным обзора обсерватории им. Планка» «Письма в Астрономический журнал» IF=1.075, принята к публикации 05 декабря 2019г., (поддержана грантом РНФ 18-12-00520).

Оптическое отождествление скоплений галактик среди объектов второго каталога источников Сюняева-Зельдовича обсерватории им. Планка

И. А. Зазнобин, Р. А. Буренин, Г. А. Хорунжеев, В. Л. Афанасьев, Р. А. Сюняев

Представлены результаты работ по оптическому отождествлению и спектроскопическим измерениям красных смещений скоплений галактик из второго каталога источников сигнала Сюняева-Зельдовича обзора всего неба обсерватории им. Планка. Используются данные наблюдений 1,5-м российско-турецкого телескопа (РТТ-150), 1.6-м телескопа Саянской обсерватории АЗТ-33ИК, 3.5-м телескопа обсерватории Калар-Альто, а также данные 6-м телескопа САО РАН (Большой телескоп азимутальный, БТА). Для наблюдений были отобраны источники сигнала Сюняева-Зельдовича, не отождествленные со скоплениями галактик с известными красными смещениями. Наблюдения проводились в течение трех лет, в результате которых для набора скоплений галактик были получены прямые изображения в различных фильтрах, а так же спектры наиболее ярких галактик красной последовательности этих скоплений. Для 37 скоплений галактик были получены спектроскопические измерения красных смещений.

Оригинальная статья/статьи:

И. А. Зазнобин, Р. А. Буренин, И. Ф. Бикмаев, И. М. Хамитов, Г. А. Хорунжеев, В. В. Коноплев, М. В. Еселевич, В. Л. Афанасьев, С. Н. Додонов, Х.-А. Рубино-Мартин, Н. Агханим, Р. А. Сюняев, “Оптическое отождествление скоплений галактик среди объектов второго каталога источников Сюняева-Зельдовича обсерватории им. Планка”, Письма в астрономический журнал, 45, 77, (IF = 1.075, Q3), <http://dx.doi.org/10.1134/S1063773719020063>, (поддержана грантом РНФ 18-12-00520)

Оптическое отождествление четырех жестких рентгеновских источников из обзоров неба обсерватории ИНТЕГРАЛ

Карасев Д. И., Сазонов С.Ю., Ткаченко А. Ю., Хорунжеев Г. А., Кривонос Р. А., Медведев П. С., Зазнобин И. А., Мереминский И. А., Буренин Р. А., Павлинский М. Н.

Представляем результаты оптического отождествления четырех источников жесткого рентгеновского излучения из обзоров неба обсерватории ИНТЕГРАЛ. Предварительно уточнив положения исследуемых объектов на небе с помощью рентгеновского телескопа XRT обсерватории Swift, мы провели идентификацию компаньонов источников с использованием данных оптических и инфракрасных обзоров неба. Затем для предполагаемых компаньонов с помощью Российско-Турецкого телескопа РТТ-150 и телескопа АЗТ-33ИК были получены спектры в оптическом диапазоне. Это позволило установить природу объектов исследования. Оказалось, что источники IGR J11079+7106 и IGR J12171+7047 имеют внегалактическое происхождение и являются сейфертовскими галактиками 1-го и 2-го типа соответственно, причем второй объект характеризуется большой колонкой поглощения на луче зрения. Источник IGR J18165-3912, вероятнее всего, является промежуточным полярным очень высокой светимости. Четвертый источник, IGR J20596+4303, является случайной суперпозицией двух объектов - сейфертовской галактики 2-го типа и катаклизмической переменной.

Таблица 1 – Оптические и ИК-компаньоны жестких рентгеновских источников

Название	RA (J2000)	Dec (J2000)	Красное смещение/Расстояние	$\log L_{2-10}$	$\log L_{17-60}$	r (PanSTARRS)	Класс объекта	Примечания
IGR J11079+7106	11 ^h 07 ^m 47 ^s 86	71°05′32″.44	0.059/272.6 Мпк	43.30 ^{+0.08} _{-0.08}	43.81 ^{+0.04} _{-0.04}	16.97 ± 0.01	Сейферт 1	2MASX J11074777+7105326
IGR J12171+7047	12 ^h 17 ^m 26 ^s 22	+70°48′09″.00	0.007/31.6 Мпк	40.16 ^{+0.15} _{-0.15}	42.08 ^{+0.06} _{-0.06}	≈ 12.61	Сейферт 2	NGC 4250
IGR J18165-3912	18 ^h 16 ^m 35 ^s 941	-39°12′46″.21	0/6.9 ^{+4.3} _{-2.8} кпк	33.94 ^{+0.44} _{-0.51}	34.54 ^{+0.44} _{-0.47}	17.83 ± 0.05	КП	2MASS J18163594-3912464
IGR J20596+4303 ₁	21 ^h 00 ^m 01 ^s 00	+43°02′10″.97	0.0656/304.6 Мпк	43.14 ^{+0.08} _{-0.09}	<43.80*	20.37 ± 0.06	Сейферт 2	WISE J210000.99+430210.9
- ₂	20 ^h 59 ^m 15 ^s 70	+43°01′07″.27	0/2.1 ^{+0.7} _{-0.4} кпк	33.21 ^{+0.27} _{-0.23}	<33.47*	17.53 ± 0.09	КП	UGPS J205915.69+430107.2

Оригинальная статья

Карасев Д. И., Сазонов С.Ю., Ткаченко А. Ю., Хорунжеев Г. А., Кривонос Р. А.,
Медведев П. С., Зазнобин И. А., Мереминский И. А., Буренин Р. А., Павлинский М. Н.,
Еселевич М.В. “ Оптическое отождествление четырех жестких рентгеновских
источников из обзоров неба обсерватории ИНТЕГРАЛ” ПИСЬМА В
АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, 2019, том 45, №12, с. 881 IF=1.075,
Q3 (поддержана грантом РНФ 19-12-00396)

«Укрупнение рентгеновского спектра остатка вспышки сверхновой RX J1713.7-3946 от данных XMM-Newton к ИНТЕГРАЛ»

Е.А. Кузнецова, Р.А. Кривонос, Е.М. Чуразов, Н.С. Лыскова, А.А. Лутовинов

Было получено изображение остатка вспышки сверхновой RX J1713.7-3946 и проведен первый детальный анализ на энергиях до 120 кэВ по данным 2002-2017 гг. (см. Рисунок 1). телескопа с кодирующей апертурой IBIS, установленного на космической обсерватории ИНТЕГРАЛ. Было выявлено, что изображение RX J1713.7-3946 в жестком рентгеновском диапазоне 17–60 кэВ доминируется двумя яркими источниками протяженного излучения. Спектр RX J1713.7-3946 был описан степенным законом с фотонным индексом ~3.13. Кроме того, для сравнения параметров излучения в мягком и жестком рентгеновском диапазонах была получена наиболее чувствительная на данный момент карта поверхностной яркости остатка вспышки сверхновой по данным телескопа XMM-Newton с 2001 по 2017 гг. в энергетическом диапазоне 1-10 кэВ (см. Рисунок 1). Хорошая корреляция изображений остатка вспышки сверхновой по данным ИНТЕГРАЛ (17–60 кэВ) и XMM- Ньютона (1–10 кэВ) указывает на единый механизм генерации излучения в мягком и жестком рентгеновских диапазонах. Было выявлено различие в значениях фотонных индексов для спектров, извлеченных из данных XMM-Newton ($\Gamma \sim 2.23$) и ИНТЕГРАЛ ($\Gamma \sim 3.13$), которое указывает на смену наклона степенного спектра при переходе от мягкого к жесткому энергетическим диапазонам. Впервые использовалась диаграмма фотонных индексов, полученная по данным разных обсерваторий, для

сопоставления с аналитической моделью синхротронного спектра электронов, ускоренных на нерелятивистской ударной волне в молодом остатке вспышки сверхновой. В результате анализа этой диаграммы было выявлено, что данные хорошо согласуются с моделью при характерных энергиях $\sim 1-2$ кэВ, что ожидается от режима диффузии Бома, предположительно наблюдаемом в RX J1713.7-3946.

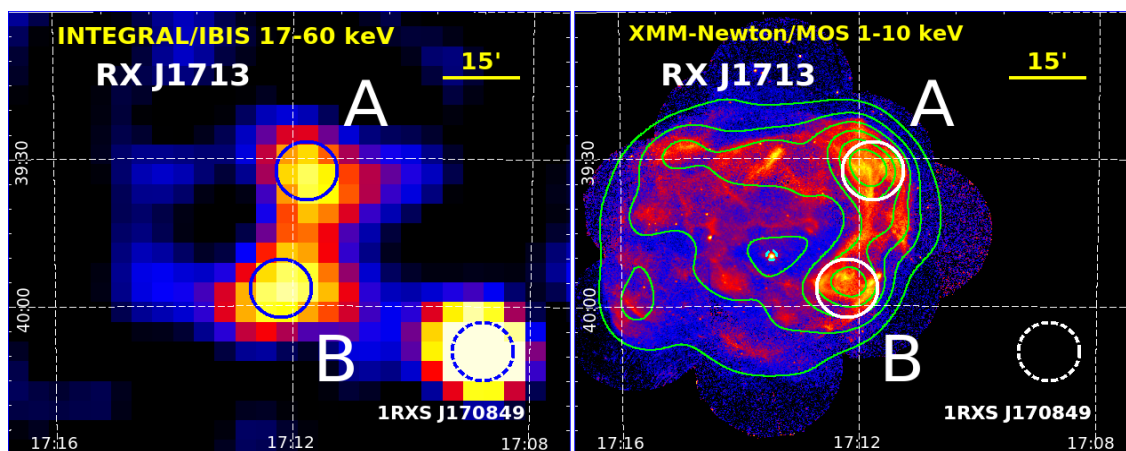


Рисунок 8 – Слева: Изображение RX J1713.7-3946 по данным ИНТЕГРАЛ/IBIS в энергетическом диапазоне 17-60 кэВ. Сплошными кругами выделены протяженные источники излучения. Справа: Карта поверхностной яркости RX J1713.7-3946 по данным XMM-Newton/MOS1+2 в энергетическом диапазоне 1-10 кэВ. Зеленые контуры демонстрируют изофоты этого же изображения XMM-Newton/MOS1+2, свернутого с функцией распределения точечного источника телескопа IBIS.

Оригинальная статья/статьи:

Kuznetsova E., Krivonos R., Churazov E., Lyskova N., Lutovinov A., «Progressive steepening of the SNR RX J1713.7–3946 X-ray spectrum from XMM–Newton to ИНТЕГРАЛ», MNRAS, Volume 489, Issue 2, October 2019, Pages 1828–1836, IF = 5.231, <https://doi.org/10.1093/mnras/stz2261>, (поддержана грантом РНФ 19-12-00369)

Поиск следов распада стерильного нейтрино по данным телескопа НуСТАР в галактике M31

Р.А. Кривonos (ИКИ РАН)

Одним из кандидатов на роль Темной Материи, одной из ключевых загадок современной астрофизики, являются стерильные нейтрино. Поиск следов распада стерильных нейтрино был проведен на многих существующих рентгеновских обсерваториях. В данной работе был использован оригинальный метод измерения поверхностной яркости, используя боковую (несфокусированную) засветку детекторов телескопа НуСТАР для поиска следов распада стерильного нейтрино в галактике M31. Используя полный набор наблюдательных данных с общей экспозицией 1.2 Мс, был проведен поиск линий излучения в диапазоне 3–100 кэВ (Рисунок 1), которые можно было бы объяснить распадом гипотетических частиц Темной Материи. Для подавления систематических эффектов, в работе был впервые использован новый метод комбинирования прямой (сфокусированной) и боковой засветки. Полученные результаты ставят строгое ограничение на распад стерильного нейтрино с массой Темной Материи больше 12 кэВ, что на 30% улучшает ограничения по сравнению с другими работами (Рисунок 2).

Оригинальная статья/статьи:

К. Нз, В. Роах, К. Перец, Дж. Беаком, Ш. Хориучи, Кривonos P., Д. Вук, “New constraints on sterile neutrino dark matter from NuSTAR M31 observations”, опубликовано 10 апреля 2019 в журнале *Physical Review D* (IF= 4.368), том 99, 8, <http://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.083005>; <https://arxiv.org/abs/1901.01262>, (поддержана грантом РФФ 19-12-00396)

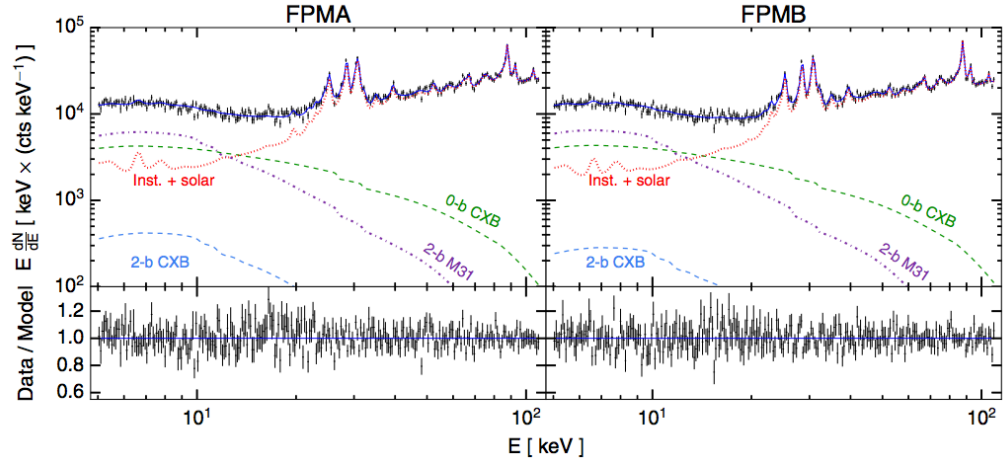


Рисунок 9 – На рисунке показаны спектры телескопа НуСТАР, полученные с помощью двух модулей (FPMA слева и FPMB справа) со спектральными компонентами, используемыми в анализе: инструментальный фон детектора и спектральная компонента, индуцированная солнечной активностью, космический рентгеновский фон, излучение галактики M31. Сфокусированная и несфокусированная компоненты отмечены как 2-b и 0-b, соответственно.

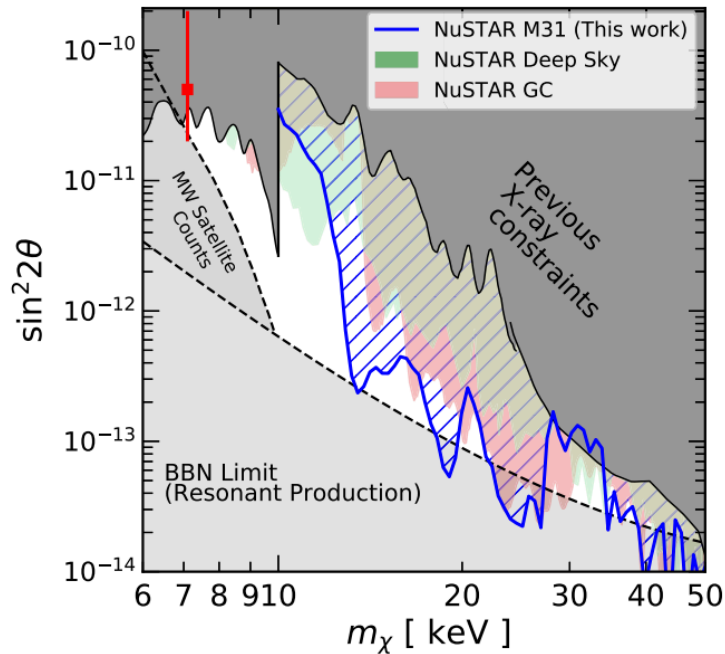


Рисунок 10 – Ограничения на пространство параметров «квадрат угла смешивания» - «масса стерильного нейтрино», полученные по данным телескопа НуСТАР в галактике M31 (синяя линия).

Исследование остатка вспышки сверхновой RX J1713.7-3946 по данным телескопа NuSTAR

Р.А. Кривонос (ИКИ РАН)

Ударные волны в остатках сверхновых (SNR, Super Nova Remnants, англ.) являются наиболее вероятными кандидатами для ускорения галактических космических лучей. SNR RX J1713.7-3946 является одним из хорошо изученных ускорителей частиц в нашей Галактике из-за его сильного нетеплового рентгеновского и гамма-излучения. В данной работе были выполнены наблюдения с помощью телескопа NuSTAR (3-79 кэВ) северо-западного края RX J1713.7-3946, где наблюдается наиболее яркая рентгеновская поверхностная яркость (Рисунок 1), и где скорость ударной волны составляет около 4000 км/с. В данной работе впервые демонстрируется пространственно-разрешенное рентгеновское излучение от RX J1713.7-3946, которое регистрируется до 20 кэВ. Жесткое рентгеновское изображение в диапазоне 10-20 кэВ в целом хорошо согласуется с изображением в мягкой полосе 3-10 кэВ. Рентгеновский спектр описывается степенной моделью с экспоненциальным завалом с фотонным индексом $\Gamma = 2.15$ и энергией энергии завала 18.8 кэВ. Используя модель синхротронного излучения ускоренных электронов, параметр энергии завала находится в диапазоне 0.6-1.9 кэВ, изменяясь от региона к региону. Показано, что ускорение электронов близко к режиму «предела Бомы» на внешнем крае, в то время как стандартная картина ускорения частиц с синхротронным излучением на ударной волне, неприменима на внутреннем крае и в нитевидной структуре RX J1713.7-3946.

Оригинальная статья/статьи:

Н. Цуй, Я. Учияма, Ф. Азаронян, Д. Берге, Р. Хигураши, Р. Кривонос, Т. Танака, “NuSTAR Observations of the Supernova Remnant RX J1713.7-3946”, опубликовано 29 мая 2019 в журнале «The Astrophysical Journal», (IF= 5.580), том 877, 2, <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ab1b29>; <https://arxiv.org/abs/1904.12436>; (поддержана грантом РФФИ 19-12-00369).

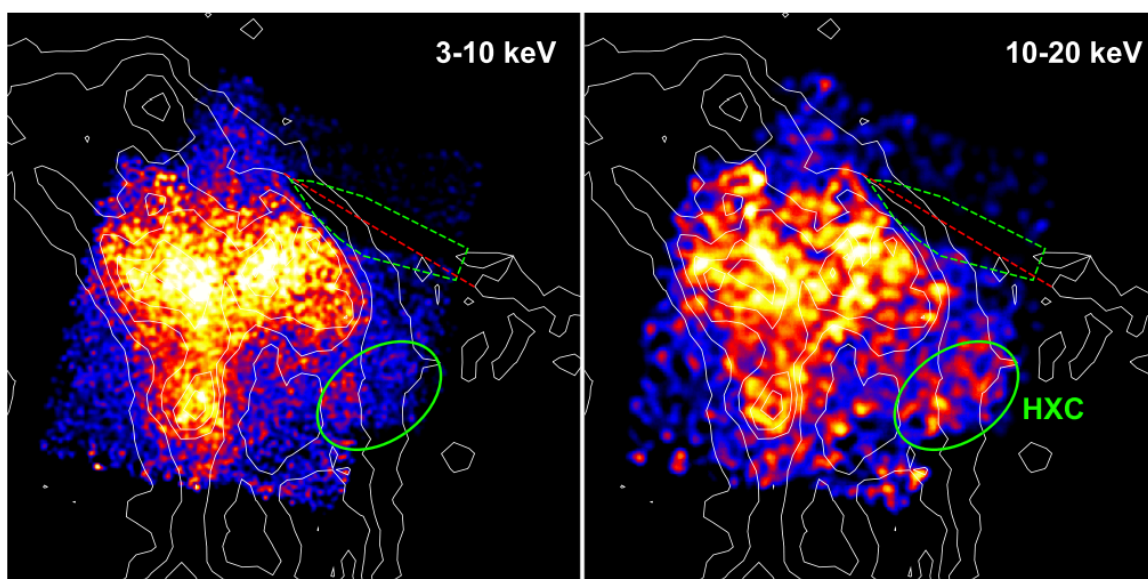


Рисунок 11 – О Рентгеновское изображение остатка вспышки сверхновой RX J1713.7-3946 по данным телескопа NuSTAR в диапазоне 3-10 (слева) и 10-20 кэВ (справа). Контурные показывают поверхностную яркость в диапазоне 0.5-8 кэВ по данным телескопа XMM-Newton.

Широкополосное исследование рентгеновского фона центрального Галактического утолщения по данным телескопа NuSTAR

Р.А. Кривонос (ИКИ РАН)

Считается, что диффузное жесткое рентгеновское излучение, которое наблюдается в галактическом центре, центральном утолщении (балдже) и диске Галактики, возникает в результате интегрального излучения популяций двойных рентгеновских систем слабой светимости. Однако идентичность доминирующего класса аккрецирующих объектов в каждом регионе Галактики остается неясной. Недавние исследования свойств линий железа и низкоэнергетического (<10 кэВ) рентгеновского континуума балджа Галактики указывают на значительную долю популяции немагнитных катаклизмических переменных (CVs, Cataclysmic Variables, англ.), в частности карликовых новых (DNe, Dwarf novae, англ.). Это в отличие от предыдущих высокоэнергетических (> 10 кэВ) рентгеновских измерений балджа и диска Галактики, которые указывают на преобладающую популяцию магнитных CV, в частности промежуточных полярнов. В данной работе была использована уникальная технология боковой засветки телескопа NuSTAR для исследования диффузного континуума внутренней области галактического балджа с размером 1-3 градуса. Благодаря широкополосному измерению спектра (Рисунок 1), в данной работе удалось ограничить возможные многотемпературные составляющие спектра, которые могут указывать на смесь мягких и жестких компонент в интегральном излучении галактического балджа. Показано, что излучательная способность согласуется с предыдущими рентгеновскими измерениями в балдже и диске Галактики, а диффузная рентгеновская светимость отслеживает звездную массу. Спектр хорошо описывается однотемпературной тепловой плазмой с температурой около 8 кэВ, без заметного излучения на энергиях выше 20 кэВ. Это говорит о том, что в балдже преобладают карликовые новые (DNe).

Оригинальная статья/статьи:

К. Перез, Р. Кривонос, Д. Вук, "The Galactic Bulge Diffuse Emission in Broadband X-Rays with NuSTAR", опубликовано 22 октября 2019 в журнале «The Astrophysical Journal», (IF=5.580), том 884, 2 <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ab4590>; <https://arxiv.org/abs/1909.05916>; (поддержана грантом РФФИ 19-12-00369).

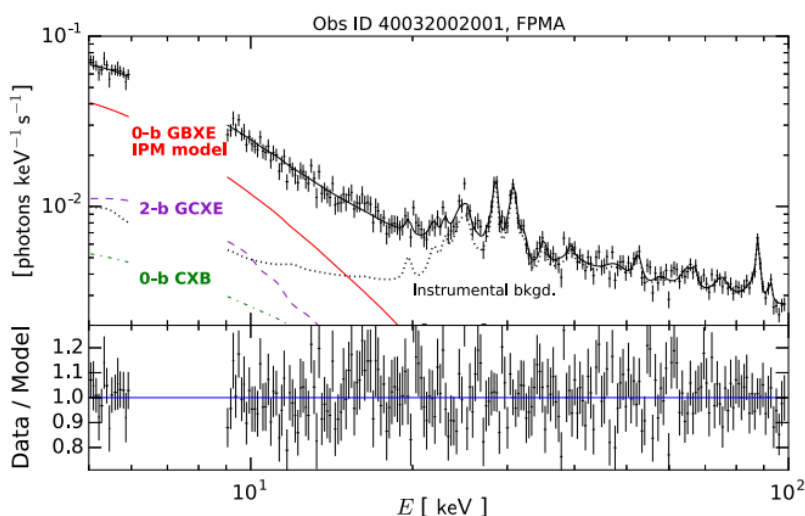


Рисунок 12 – Широкополосный рентгеновский спектр центрального утолщения Галактики (балджа) по данным телескопа NuSTAR с использованием боковой засветки прибора. На рисунке отмечены различные спектральные компоненты: инструментальный фон детектора, космический рентгеновский фон, а также рентгеновское излучение балджа Галактики, представленная моделью излучения промежуточных полярнов.

Отождествление рентгеновских источников обсерватории ИНТЕГРАЛ с помощью наблюдений на орбитальном телескопе НуСТАР

Р.А. Кривонос (ИКИ РАН)

Программа «наследия» обсерватории НуСТАР под названием «Неопознанные источники ИНТЕГРАЛ» предназначалась для дополнительного исследования слабых жестких рентгеновских источников, обнаруженных обсерваторией ИНТЕГРАЛ в плоскости Галактики (Рисунок 1), чтобы обеспечить окончательную идентификацию их природы и понимание популяции слабых жестких рентгеновских источников. Наблюдения с помощью рентгеновского телескопа НуСТАР и Свифт, полученные в 2015–2017 годах, способствовали успешной идентификации пяти постоянных источников. Была проведена классификация источников IGR J10447–6027, IGR J16181–5407 и IGR J20569 + 4940 в качестве активных ядер галактик (АЯГ) и IGR J17402–3656 как промежуточного поляра. В работе также впервые представлен оптический спектр блазара IGR J20569 + 4940. Объединяя эти результаты с идентификацией других рентгеновских источников обсерватории ИНТЕГРАЛ, о которых сообщалось в литературе, была получена кривая подсчетов массивных рентгеновских двойных. Было показано, что кривая подсчетов источников уплощается на энергиях ниже 10^{-11} эрг $\text{с}^{-1} \text{см}^2$ в диапазоне 17-60 кэВ. Данный результат указывает на возможный дефицит массивных систем на данных потоках. Для более убедительного заключения требуются дальнейшие исследования популяции рентгеновских источников, открытых обсерваторией ИНТЕГРАЛ.

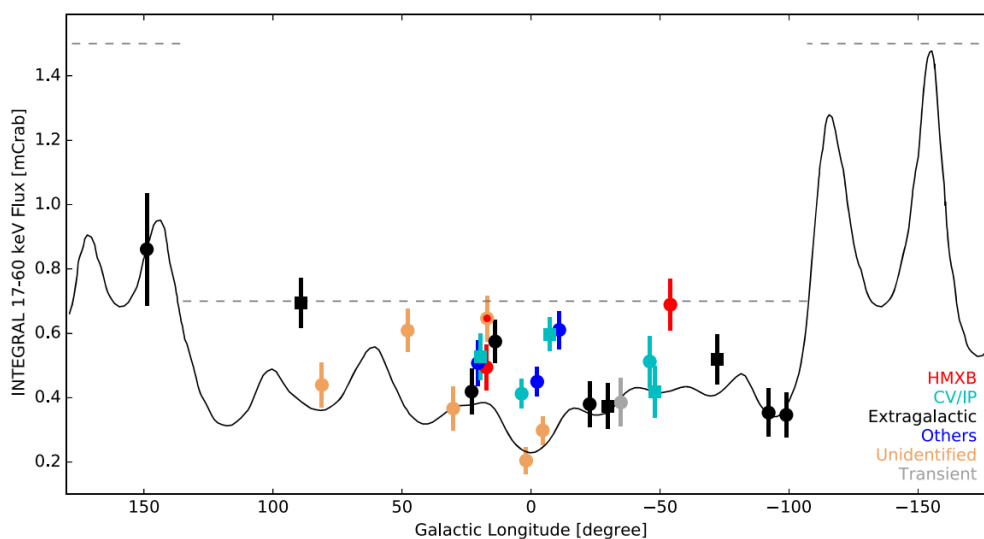


Рисунок 13 – Распределение рентгеновских источников, открытых обсерваторией ИНТЕГРАЛ, по плоскости Галактики, а указанием их потока в диапазоне 17-60 кэВ. Черная кривая показывает предельный поток регистрации источников обсерватории ИНТЕГРАЛ за 9 лет работы (Кривонос и др., 2012). Цвета точек указывают на различную природу объектов.

Оригинальная статья/статьи:

М. Клавель, Дж. Томсик, Дж. Харе, Р. Кривонос, К. Мори, Д. Штерн, “NuSTAR observations of the unidentified INTEGRAL sources: constraints on the Galactic population of HMXBs”, опубликовано 6 декабря 2019 в журнале «The Astrophysical Journal», (IF= 5.580), том 887, 1 <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ab4b55>; <https://arxiv.org/abs/1910.02855>; (поддержана грантом РНФ 19-12-00396)

Наблюдения рентгеновских источников обсерватории ИНТЕГРАЛ на орбитальном телескопе Чандра

Р.А. Кривonos (ИКИ РАН)

Спутник Международной лаборатории гамма-лучевой астрофизики (ИНТЕГРАЛ) обнаружил свыше 1000 источников в диапазоне от 20 до 100 кэВ за последние 17 лет. Для исследования свойств популяции этих рентгеновских источников, требуется провести отождествление этих объектов с помощью наблюдений другими телескопами. Используя длительные наблюдения на орбитальном телескопе Чандра 15 источников обсерватории ИНТЕГРАЛ, мы провели кампанию по их локализации, с целью идентификации оптических / инфракрасных аналогов, измерения их мягких рентгеновских спектров и классификации. Для 10 источников ИНТЕГРАЛа были обнаружены однозначные отождествления с источниками телескопа Чандра, которые, вероятно, (или в некоторых случаях наверняка) являются аналогами. Два источника IGR J18007-4146 и IGR J15038-6021 имеют измеренные расстояния параллакса спутника Гайя 1-2 кпк, что указывает на их Галактическое происхождение. Мы предварительно классифицируем их обоих как промежуточные поляры. Источник IGR J17508-3219 тоже по всей видимости, является Галактическим объектом, но неясно, является ли он карликовой новой или другим типом транзиентов. Для IGR J17118-3155 мы предоставляем локализацию Чандры, но неясно, является ли источник Галактическим или внегалактическим. Исходя из цветов ближнего инфракрасного диапазона (Рисунок 1), показано, что четыре источника являются активными галактическими ядрами (IGR J16181-5407, IGR J16246-4556, IGR J17096-2527 и IGR J19294 + 1327). Сделано предположение, что IGR J20310+3835 и IGR J15541-5613 являются кандидатами в АЯГ.

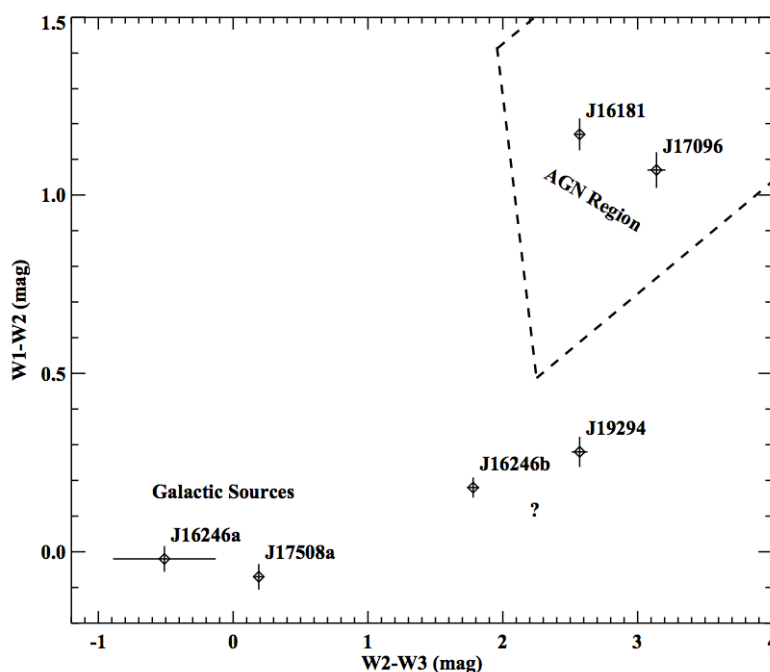


Рисунок 14 – Распределение шести рентгеновских источников, открытых обсерваторией ИНТЕГРАЛ, по цветам ближне-инфракрасного диапазона телескопа WISE.

Оригинальная статья/статьи:

Дж. Томсик, А. Бодаги, С. Чати, М. Кламель, Ф. Форнашини, Дж. Харе, Р. Кривonos, Ф. Рахуи, Дж. Родригес, "Chandra Observations of High Energy X-ray Sources Discovered by INTEGRAL", принято к печати 7 декабря 2019 в журнале «The Astrophysical Journal», (IF= 5.580) <https://arxiv.org/abs/1912.03315>; (поддержана грантом РФФИ 19-12-00396)

Слияние группы галактик NGC 4839 со скоплением Coma

Н.С. Лыскова, Е.М. Чуразов

По данным наблюдений в рентгеновском диапазоне проведено исследование массивной группы галактик NGC 4839, которая находится на стадии слияния со скоплением галактик Coma. На первый взгляд, рентгеновские изображения свидетельствуют в пользу того, что NGC 4839 впервые входит в атмосферу скопления Coma, т.к. в направлении на юго-запад от оптического центра NGC 4839 в рентгеновском диапазоне наблюдается длинный асимметричный газовый «хвост» (см. Рисунок 1). Однако нами было показано, что сценарий, когда вся группа изначально двигалась в юго-западном направлении, преодолела перичентр и в данный момент находится возле апоцентра, лучше согласуется с наблюдаемыми свойствами NGC 4839, что было проиллюстрировано с помощью численного моделирования. Также предложенный сценарий естественным образом объясняет природу ударной волны, «ответственной» за формирование радио-остатка 1253+275. Это ударная волна, которая возникла из-за сверхзвукового движения группы галактик NGC 4839 при первом падении на центр Coma и уже «убежала» от группы.

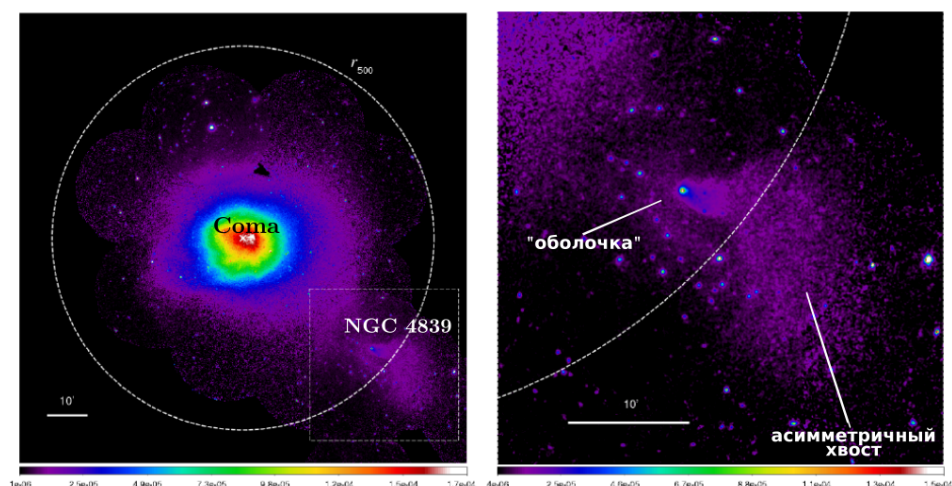


Рисунок 15 – Рентгеновское изображение по данным космической обсерватории XMM-Newton. Белый штриховой круг имеет радиус $r_{500} = 47$ угловых минут = 1.3 Мпк. На красном смещении скопления галактик Coma ($z = 0.0231$) 1 угловая минута соответствует 28 кпк.

Оригинальная статья:

Lyskova N., Churazov E., Zhang C., Forman W., Jones C., Dolag K., Roediger E., Sheardown A. “Close-up view of an ongoing merger between the NGC 4839 group and the Coma cluster – a post-merger scenario”, MNRAS 485, 2019, IF = 5.231, <https://doi.org/10.1093/mnras/stz597> (поддержана грантом РНФ 14-22-00271)

Соотношение между измерениями масс скоплений галактик в рентгеновском диапазоне и по эффекту Сюняева-Зельдовича

А. Р. Ляпин, Р. А. Буренин

Проводится исследование возможности переноса калибровок масштаба масс скоплений галактик по измерениям слабого линзирования на измерения масс скоплений в рентгеновском диапазоне, используя измерения масс скоплений в обзоре обсерватории им. Планка. Для этого проводится сравнение измерений масс для 47-ми скоплений галактик, которые одновременно входят в рентгеновскую выборку скоплений из работы Вихлина и др. (2009а, б) и в выборку скоплений галактик из второго каталога источников Сюняева–

Зельдовича обзора обсерватории им. Планка. Показано, что за исключением небольшого числа выбросов в измерениях, большинство из которых возникает вследствие эффектов проекции скоплений в данных обзора Планка, разброс отношения измерений масс оказывается небольшим и составляет величину около 15%, а точность определения среднего отношения масс для этой выборки — около 2%. Это позволяет практически без потери точности перенести существующие калибровки измерений масс скоплений в обзоре Планка на измерения масс в рентгеновском диапазоне по данным телескопа Чандра. Используя полученные соотношения, на основе новых калибровок масштаба масс по измерениям слабого линзирования в скоплениях, получены поправки на ограничения космологических параметров из работы Вихлина и др. (2009б). С учетом этих поправок значение σ_8 возрастает примерно на 4%, в пределах одного стандартного отклонения неопределенности ограничения на эту величину при постоянном Ω_m . Показано, что все имеющиеся в настоящее время данные по измерениям функции масс скоплений галактик с учетом систематических неопределенностей дают примерно одинаковые ограничения параметров σ_8 и Ω_m .

Оригинальная статья/статьи:

А. Р. Ляпин, Р. А. Буренин, “Соотношение между измерениями масс скоплений галактик в рентгеновском диапазоне и по эффекту Сюняева-Зельдовича”, Письма в астрономический журнал, 45, 455, (IF = 1.075, Q3) (поддержана грантом РНФ 18-12-00520)

Исследование релятивистских струй SS 433 по данным рентгеновской спектроскопии

П. С. Медведев, И. И. Хабибуллин, С. Ю. Сазонов

Представлен систематический анализ рентгеновских спектров Галактического микроквазара SS 433 с высоким энергетическим разрешением из архива данных обсерватории Чандра/HETGS. Рентгеновский спектр SS 433 содержит богатый набор линий излучения высокоионизованных атомов тяжелых элементов, значительное доплеровское смещение которых не оставляет сомнений в том, что они производятся в коллимированных релятивистских струях оттекающего вещества. Моделирование мягкой части спектра по данным Чандра/HETGS позволяет определить как параметры струй, так и механизмы формирования наблюдаемого дополнительного жесткого компонента, доминирующего в излучении континуума на энергиях выше 3 кэВ.

Одним из важнейших параметров при моделировании рентгеновского излучения джетов является температура их видимого основания. Однако получить ограничение на этот параметр из данных стандартным методом по измерениям относительных интенсивностей линий в мягкой части спектра оказывается невозможным для параметров джетов наблюдаемый в SS 433, так как распределение дифференциальной меры эмиссии в газе вдоль оси джетов в холодном «хвосте» оказывается слабо чувствительно к температуре их основания. С другой стороны, такая ситуация позволяет точно измерять относительные обилия элементов, линии которых высвечиваются в мягком диапазоне энергий. Используя спектры Чандра/HETGS с высоким энергетическим разрешением, нам удалось измерить относительные обилия Ne, Na, Mg, Al, Si, S, Fe и Ni. Оказалось, что распределение относительных обилий элементов, всех за исключением никеля, хорошо согласуются с современными измерениями химического состава газа в фотосфере Солнца. Используя этот результат, мы фиксируем температуру основания джетов на значении, обеспечивающем видимые эквивалентные ширины линий для близкого к солнечному составу газа.

Найденные параметры модели по мягкой части спектра позволили нам предсказывать потоки в линиях излучения джетов также и в жесткой части стандартного рентгеновского диапазона. Оказалось, что наблюдаемые потоки и требуемая температура

основания струй для линий железа в диапазоне энергий 5–8 кэВ заметно выше предсказываемых в модели по линиям в мягкой части спектра. В отличие от линий в мягкой части спектра, наблюдаемые потоки в линиях железа указывают на уменьшение температуры основания струй в моменты орбитальных затмений в системе. Используя полученные параметры, показано, что жесткий компонент совместим с излучением горячего (до 40 кэВ) продолжения видимой части струй, умеренно поглощенного ($n_H \sim 2 \times 10^{23} \text{ см}^{-2}$) в веществе холодного ветра. Построенная таким образом комбинированная модель рентгеновского излучения позволяет самосогласованно описать широкополосный спектр SS 433.

Оригинальная статья:

*П. С. Медведев, И. И. Хабибуллин, С. Ю. Сазонов, “Диагностика параметров рентгеновских струй SS 433 по данным спектроскопии высокого разрешения обсерватории Чандра”. Письма в Астрономический Журнал, 2018, том 44, №6, с. 390-410, IF = 1.075, Q3, DOI: <https://doi.org/10.1134/S1063773719050049>
<https://link.springer.com/article/10.1134%2FS1063773719050049>
(поддержана грантом РНФ № 14-12-01315)*

Универсальный сигнал в линии 21 см нейтрального водорода от растущих массивных черных дыр в ранней Вселенной.

С.Ю. Сазонов, И.И. Хабибуллин

Ожидается, что телескопы следующего поколения смогут «заглянуть» в раннюю Вселенную и увидеть ранний аккреционный рост сверхмассивных черных дыр, когда их массы составляли «всего» 10^4 - 10^6 масс Солнца. Согласно стандартной теории аккреции, основная доля гравитационной энергии, выделяющейся при аккреции вещества на черную дыру в этом диапазоне масс, должна излучаться в экстремальном УФ и мягком рентгеновском диапазонах энергий. Показано, что такой «миниквазар» на $z \sim 15$ должен оставлять специфический отпечаток на трехмерной карте радиоизлучения нейтрального водорода в ранней Вселенной — область на небе размером в несколько угловых минут, внутри которой яркостная температура на длине волны $21(1+z)$ см быстро растет от приграничного фоновое значение -250 мК до +30 мК. Размер области очень слабо зависит от массы черной дыры, а плотность потока дополнительного сигнала 21 см, связанного с миниквазаром, ожидается на уровне 0.1-0.2 мЯн, что вполне достаточно для будущего обнаружения с помощью Решетки площадью в квадратный километр (SKA). Предложена оптимальная стратегия поиска миниквазаров на высоких красных смещениях, которая заключается в предварительном отборе и локализации таких объектов по их рентгеновскому излучению с помощью разрабатываемой обсерватории Lynx. Обнаружение предсказанного сигнала 21 см позволит измерять красные смещения растущих массивных черных дыр непосредственно по радиоданным с точностью лучше процента.

Оригинальная статья:

Sazonov S., Khabibullin I. «A universal 21 cm signature of growing massive black holes in the early Universe», MNRAS, 2019, vol. 489, p. 1127-1138, IF=5.231 (поддержана грантом РНФ 14-12-01315)

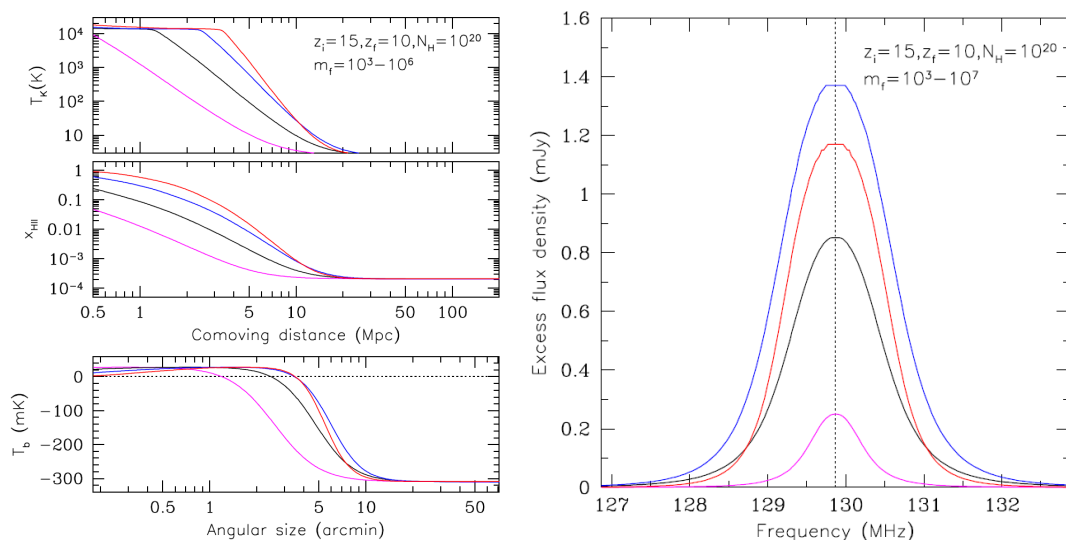


Рисунок 16 — Слева: сверху и посередине — температура и степень ионизации газа в зависимости от расстояния до миниквазара с конечной (на $z=10$) массой черной дыры 10^3 (пурпурным), 10^4 (черным), 10^5 (синим) и 10^6 (красным) масс Солнца; внизу — соответствующая зависимость яркостной температуры излучения в линии 21 см в зависимости от углового расстояния в картинной плоскости. Справа: соответствующие спектры избыточного сигнала 21 см.

Молекулярный газ в центре Галактики в свете рентгеновских вспышек Sgr A*

Ильдар Хабибуллин, Евгений Чуразов, Рашид Сюняев

Отражение коротких вспышек рентгеновского излучения Sgr A* на молекулярных облаках в Центре Галактики позволяет не только восстановить историю активности нашей СМЧД, но и исследовать свойства облучаемого молекулярного газа, распределение его плотности и поле скоростей. Используя данные численного моделирования молекулярных облаков, были подробно рассмотрены методы и перспективы таких диагностик в контексте характеристик сверхзвуковой турбулентности и глобальных свойств межзвездной среды в Центральной Молекулярной Зоне. Амбициозные программы рентгеновских наблюдений текущими и будущими обсерваториями позволят полностью использовать их потенциал и помочь в построении картины массивного звездообразования, подпитки и обратной связи СМЧД в центре нашей Галактики.

Оригинальная статья:

Ильдар Хабибуллин, Евгений Чуразов, Рашид Сюняев, Кристоф Федеррас, Даниель Зайфрид, Стеффи Вальх "X-raying molecular clouds with a short flare: probing statistics of gas density and velocity fields" MNRAS (IF = 5.194, Q1), принята к публикации, (*поддержана грантом РФ 19-12-00369*)

Оптическое отождествление новых кандидатов в квазары на $3 < z < 5.5$ из рентгеновского обзора обсерватории XMM-Ньютон

Г.А. Хорунжеев., Р.А. Буренин, С.Ю. Сазонов, И.А. Зазнобин

Представлены результаты оптической спектроскопии 39 кандидатов в квазары на фотометрических красных смещениях $z > 3$ из каталога Хорунжеева и др 2016 (K16). Это каталог кандидатов в квазары и известных квазаров первого типа, отобранных среди рентгеновских источников каталога 3XMM-DR4 «случайного» обзора обсерватории XMM-Ньютон. Спектроскопия новых кандидатов проводилась на 1.6-метровом телескопе АЗТ-33ИК Саянской солнечной обсерватории и 6-метровом телескопе БТА Специальной астрофизической обсерватории. Преимущественно выбирались яркие по рентгеновскому потоку кандидаты в квазары, которые могли быть использованы для построения рентгеновской функции светимости на светимостях $L > 10^{45}$ эрг/с. Чистота кандидатов из K16 с большим рентгеновским потоком оказалась ниже, чем чистота квазислучайной выборки, исследованной нами ранее. В работе получены оценки эффективности наблюдений кандидатов в квазары в зависимости от их фотометрического красного смещения. Опубликованы спектры открытых авторами далеких рентгеновских квазаров на $z > 3$.

Оригинальная статья/статьи:

Г.А. Хорунжеев., Р.А. Буренин, С.Ю. Сазонов, И.А. Зазнобин, М.В. Еселевич, В.Л. Афанасьев, С.Н. Додонов “Оптическое отождествление новых кандидатов в квазары на $3 < z < 5.5$ из рентгеновского обзора обсерватории XMM-Ньютон” ПАЖ, 45, №7, p.464, IF = 1.075, <https://link.springer.com/article/10.1134/S1063773719070041> , (поддержана грантом РФФ 14-22-0027

Новые гамма-всплески, найденные в архивных данных телескопа IBIS/ISGRI обсерватории INTEGRAL

И.В. Человеков, С.А. Гребенев

Регистрация приборами FERMI/GBM и INTEGRAL/SPI-ACS всплеска жесткого рентгеновского излучения, сопровождавшего гравитационно-волновое событие GW 170817 слияния пары нейтронных звезд, вновь поставила вопрос о необходимости постоянного мониторинга неба для отслеживания космических гамма-всплесков (GRBs). В настоящее время осталось лишь 4 прибора способных это эффективно делать: уже упомянутые GBM и SPI-ACS, а также SWIFT/BAT и KONUS/Wind. К сожалению, GBM и BAT наблюдают лишь часть неба, KONUS имеет низкую чувствительность, а SPI-ACS дает очень скудную информацию (кривую блеска в широком канале). Несколько всплесковых приборов сейчас спешно разрабатываются в ведущих центрах мира, но пройдут годы, прежде чем они начнут работать. В данной статье представлены результаты систематического поиска GRBs в данных телескопа INTEGRAL/IBIS-ISGRI за 2003–2018 гг. Искались события, зарегистрированные в поле зрения телескопа (а потому хорошо, с точностью ≤ 2 мин. дуги., локализованные), но пропущенные системой IBAS автоматического поиска GRBs и оповещения о них. Помимо найденных 11 таких новых GRBs (что составляет 10% от числа всплесков IBAS), были зарегистрированы 886 GRBs, пришедших под большими углами к оси телескопа (вне поля зрения). Этот совершенно неожиданный результат означает, что IBIS-ISGRI способен регистрировать GRBs почти также эффективно как SPI-ACS (видит более 60% от числа событий SPI-ACS и до 10% независимых событий), но при этом предоставляет крайне важную спектральную и тайминговую информацию в разных диапазонах. Предлагается ввести постоянный мониторинг данных IBIS-ISGRI для

своевременной регистрации и исследования GRBs, происходящих вне поля зрения. В работе составлены каталоги с основными параметрами подтвержденных и ранее неизвестных космических гамма-всплесков, зарегистрированных телескопом IBIS/ISGRI. Построены и исследованы статистические распределения всплесков по разным параметрам.³⁸

Оригинальная статья:

И.В. Человеков, С.А. Гребенев, А.С. Позаненко, П.Ю. Минаев “Новые гамма-всплески, найденные в архивных данных телескопа IBIS/ISGRI обсерватории INTEGRAL”, Письма в Астрономический журнал, т. 45, №10, сс. 683-705 (2019). (IF = 1.075, Q3) (поддержана грантом РНФ 18-12-00522)

Морфология рентгеновских «хвостов» галактик или групп галактик, находящихся на стадии слияния со скоплением галактик

Е.М. Чуразов, Н.С. Лыскова

При помощи гидродинамического и N-body моделирования проведено систематическое изучение большого количества модельных скоплений, находящихся на стадии слияния с менее массивным гало (суб-гало), в роли которого может выступать группа галактик или эллиптическая галактика. Традиционно возникновение газовых «хвостов» объясняется лобовым сопротивлением, и ранее считалось, что такие хвосты могут наблюдаться только при первом вхождении суб-гало в атмосферу основного скопления. Однако в данной работе было показано, что схожая морфологическая картина наблюдается и на более поздних этапах процесса слияния, в частности, в положении, близком к апоцентру. В таком случае форма «хвоста» обусловлена не лобовым сопротивлением, а приливными силами. И применение «традиционного» анализа к подобным системам может привести к некорректным выводам о направлении и скорости движения суб-гало, о роли неустойчивостей, перемешивания и пр.

Оригинальная статья:

Sheardown A., Fish T., Roediger E., Hunt M., ZuHone J., Su Y., Kraft R., Nulsen P., Churazov E., Forman W., Jones C., Lyskova N., Eckert D., de Grandi S. "Misleading X-Ray Tails of Galaxies and Subclusters in Galaxy Clusters - Distinguishing Slingshot Tails and Ram Pressure Tails", *ApJ* 874, 2019, IF = 5.580, <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab0c06> (*поддержана грантом РФФ 18-12-00520*)

Убегающие ударные волны на периферии скоплений галактик и их связь с радио-остатками

Е.М. Чуразов, Н.С. Лыскова

Работа посвящена изучению умеренно сильных ударных волн на периферии скоплений. В однородной среде такие ударные волны должны быстро затухать, однако на периферии скоплений плотность газа спадает как $\sim r^{-3}$ или даже быстрее. Такой градиент плотности позволяет ударным волнам преодолевать значительные расстояния, «убегать» далеко от того места, где они возникли, как в случае с Coma - NGC 4839. Показано, что при прохождении такой ударной волны (с числом Маха $M \sim 2-3$) через «облако» релятивистских частиц происходит увеличение излучательной способности этих частиц в радио-диапазоне, причем радио-излучение при этом сосредоточено в узком слое. Т.о. умеренно сильные ударные волны на периферии скоплений могут объяснить природу радио-остатков.

Оригинальная статья:

Zhang C., Churazov E., Forman W., Lyskova N. "Runaway merger shocks in galaxy cluster outskirts and radio relics", *MNRAS* 488, 2019, IF = 5.231, <https://doi.org/10.1093/mnras/stz2135> (*поддержана грантом РФФ 19-12-00369*)

Физика горячего газа в скоплениях галактик

Е.М. Чуразов

Используя сочетание новых наблюдательных фактов и теоретических идей, удалось объединить наблюдения интерферометров с данными в рентгеновском диапазоне, наложить ограничения на процессы переноса в газе и прояснить роль звуковых и внутренних волн в нагреве газа.

Разработаны алгоритмы совместного анализа интерферометрических данных с данными традиционных телескопов, позволивших получить качественные изображения скоплений галактик по эффекту Сюняева-Зельдовича. В частности, удалось измерить амплитуду скачка давления (электронов) на фронте ударной волны в скоплении «Bullet» и наложить ограничения на время выравнивания температур ионов и электронов.

Ссылки на публикации:

Di Mascolo L., Churazov E., Mroczkowski T., "A joint ALMA-Bolocam-Planck SZ study of the pressure distribution in RX J1347.5-1145", MNRAS, 487, 4037 (2019) (IF=5.231), Q1 **(поддержана РНФ 19-12-00369)**

Di Mascolo L., Mroczkowski T., Churazov E., et al., "An ALMA+ACA measurement of the shock in the Bullet Cluster", A&A, 628, A100 (2019) (IF=5.185), Q1 **(поддержана РНФ 19-12-00369)**

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Публикации по теме ВСЕЛЕННАЯ

Всего научных публикаций в 2019г: 53 (без трудов конференций и телеграмм)

В том числе в зарубежных изданиях: 40 (из них 19 РНФ)

Статьи в отечественных рецензируемых журналах: 13 (из них 9 РНФ)

статьи в сборниках и материалах конференций: 3

Телеграммы: 9

Статьи в научно - популярных изданиях: 0

Выполнены при поддержке грантов РНФ: 28

Публикации в российских журналах

- 1) Краснобаев К. В., Тагирова Р. Р. Влияние магнитного поля на волновые движения в термически неустойчивых областях фотодиссоциации // Письма в "Астрономический журнал". — 2019. — Т. 45, № 3. — С. 192–200. DOI: 10.1134/S0320010819030045, импакт фактор 1.16
- 2) Нифадьев В.И., Адушкин В.В., Чен Б.Б., Попель С.И., Когай Г.А., Дубинский А.Ю., Вайдлер П. "К вопросу о механизме литосферно-атмосферных связей в сейсмически активных регионах" // Вестник Кыргызско-Российского Славянского Университета. (2019). Т. 19, № 4. С. 105-113 (IF: 0,151).
- 3) Адушкин В.В., Нифадьев В.И., Чен Б.Б., Попель С.И., Когай Г.А., Дубинский А.Ю., Вайдлер П.Г. Об изменениях параметров внутренних гравитационных волн в атмосфере Центральной Азии перед землетрясениями // Доклады Академии наук. (2019). Т. 487. № 3. С. 299-303 (IF: 0,994).
- 4) С.А. Гребенев, Р.А. Сюняев "Понижение яркости космического рентгеновского и мягкого гамма-фона в направления на скопления галактик", Письма в Астрономический журнал, т. 45, №12, сс. 835-865 (2019). (IF = 1.075, Q3)

С поддержкой РФФ

- 1) С.Д. Быков, Е.В. Филиппова, И.А. Мереминский, А.Н. Семена, А.А. Лутовинов «Исследование вспышечной активности кандидата в черные дыры GRS 1739-278» ПИСЬМА В АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, 2019, т. 45, с. 170-191, (IF = 1.075, Q3) **(поддержана грантом РФФ 14-12-01287)**
- 2) Карасев Д. И., Сазонов С.Ю., Ткаченко А. Ю., Хорунжеев Г. А., Кривонос Р. А., Медведев П. С., Зазнобин И. А., Мереминский И. А., Буренин Р. А., Павлинский М. Н., Еселевич М.В. “ Оптическое отождествление четырех жестких рентгеновских источников из обзоров неба обсерватории ИНТЕГРАЛ” ПИСЬМА В АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, 2019, том 45, №12, с. 881 (IF=1.075, Q3), **Q3 (поддержана грантом РФФ 19-12-00396)**
- 3) Г.А. Хорунжеев., Р.А. Буренин, С.Ю. Сазонов, И.А. Зазнобин, М.В. Еселевич, В.Л. Афанасьев, С.Н. Додонов “Оптическое отождествление новых кандидатов в квазары на $3 < z < 5.5$ из рентгеновского обзора обсерватории ХММ-Ньютон” ПИСЬМА В АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, 45, №7, р.464, (2019) (IF = 1.075, Q3), <https://link.springer.com/article/10.1134/S1063773719070041> , **(поддержана грантом РФФ 14-22-00271)**
- 4) П. С. Медведев, И. И. Хабибуллин, С. Ю. Сазонов, “ Диагностика параметров рентгеновских струй SS 433 по данным спектроскопии высокого разрешения обсерватории Чандра”. Письма в Астрономический Журнал, 2018, том 44, №6, с. 390-410, IF = 1.075, Q3, (2019) DOI: <https://doi.org/10.1134/S1063773719050049> **(поддержана грантом РФФ № 14-12-01315)**
- 5) И.В. Человеков, С.А. Гребенев, А.С. Позаненко, П.Ю. Минаев “Новые гамма-всплески, найденные в архивных данных телескопа IBIS/ISGRI обсерватории INTEGRAL”, Письма в Астрономический журнал, т. 45, №10, сс. 683-705 (2019). (IF = 1.075, Q3) **(поддержана грантом РФФ 18-12-00522)**
- 6) А. С. Позаненко, П. Ю. Минаев, С. А. Гребенев, И. В. Человеков “Наблюдение в гамма-диапазоне второго связанного со слиянием нейтронных звезд события LIGO/VIRGO S190425Z”, Письма в Астрономический журнал, т. 45, №11, сс. 768-786 (2019) (IF = 1.075, Q3), **(поддержана грантом РФФ 18-12-00522).**
- 7) I. Khabibullin, S. Sazonov “Constraints on the collimated X-ray emission of SS 433 from the reflection on molecular clouds” Astronomy Letters, 2019, Vol. 45, No. 5, p. 282–298 (2019) (IF = 1.075, Q3) **(поддержана грантом РФФ № 14-12-01315)**
- 8) И. А. Зазнобин, Р. А. Буренин, И. Ф. Бикмаев, И. М. Хамитов, Г. А. Хорунжеев, В. В. Коноплев, М. В. Еселевич, В. Л. Афанасьев, С. Н. Додонов, Х.-А. Рубино-Мартин, Н. Агханим , Р. А. Сюняев, “Оптическое отождествление скоплений галактик среди объектов второго каталога источников Сюняева-Зельдовича обсерватории им. Планка”, Письма в астрономический журнал, 45, 77, (IF = 1.075, Q3) (2019) **(поддержана грантом РФФ 18-12-00520)**
- 9) А. Р. Ляпин, Р. А. Буренин, “Соотношение между измерениями масс скоплений галактик в рентгеновском диапазоне и по эффекту Сюняева-Зельдовича”, Письма в астрономический журнал, 45, 455, (IF = 1.075, Q3) (2019) **(поддержана грантом РФФ 18-12-00520)**

Публикации в иностранных журналах

- 1) Kuznetsova E., Krivonos R., Clavel M., Lutovinov A., Chernyshov D., Hong J., Mori K., Ponti G., Tomsick J., Zhang S., «Investigating the origin of the faint non-thermal emission of the Arches cluster using the 2015–2016 NuSTAR and XMM–Newton X-ray observations», *MNRAS*, Volume 484, Issue 2, April 2019, Pages 1627–1636, (IF = 5.231, Q1), (поддержана грантом РФФИ 16-02-00294) (соавторы)
- 2) Vučetić M. M., Ilić, D., Egorov O. V., Moiseev A., Onić D. Pannuti T. G., Arbutina B., Petrov N., Urošević D., “Revealing the nature of central emission nebulae in the dwarf galaxy NGC 185” *A&A*, Volume 628, id.A87, 14 pp, IF = 6.209, Q1, DOI: 10.1051/0004-6361/201935818, (поддержана грантом РФФИ 18-02-00976) (соавторы)
- 3) Schlegel E. M.; Pannuti Thomas G. Lozinskaya T., Moiseev A., Lace, C. K., “The X-Ray-resolved Supernova Remnant S8 in the Dwarf Irregular Galaxy IC 1613” *AJ*, Volume 158, id.137, 8 pp, IF = 6.209, Q1, DOI: 10.3847/1538-3881/ab33fb (соавторы)
- 4) Nabizadeh A., Tsygankov S. S., Karasev D. I., Mönkkönen J., Lutovinov A.A., Nagirner, D. I., Poutanen J. “Properties of the transient X-ray pulsar Swift J1816.7-1613 and its optical companion”, *Astronomy & Astrophysics*, Volume 622, id.A198, 8 pp. (2019) IF=6.209, Q1 (частично поддержан РФФИ 16-02-00294 и РФФИ 17-52-80139 BRICS-a) (соавторы)
- 5) A.N.Semena, A.A. Lutovinov, I.A.Mereminskiy, S.S.Tsygankov, A.E.Shtykovsky, S.V.Molkov, J.Poutanen “Observational constraints on the magnetic field of the bright transient Be/X-ray pulsar SXP 4.78” *MNRAS* Volume 490, Issue 3, p.3355 (импакт фактор 5.231, Q1) 2019MNRAS.490.3355S (поддержана мегагрантом правительства РФ 14.W03.31.0021) (соавторы)
- 6) Dumin Yu.V. “A Unified Model of Dark Energy Based on the Mandelstam-Tamm Uncertainty Relation” // *Gravitation and Cosmology*, 2019, Vol. 25, No. 2, pp. 169-171 (IF: 0,676, Q3).
- 7) Gvaramadze, V. V., Kniazev, A. Y., Oskinova, L. M., Discovery of a putative supernova remnant around the long-period X-ray pulsar SXP 1323 in the Small Magellanic Cloud, 2019, *MNRAS*, 485, L6-L10, DOI: 10.1093/mnras/slz018, (РФФИ 19-02-00779), импакт фактор - 5.231, Q1
- 8) Gvaramadze, V. V., Kniazev, A. Yu., Castro, N., Grebel, E. K., Two circumstellar nebulae discovered with the Wide-field Infrared Survey Explore and their massive central stars, 2019, *AJ*, 157, 53 (14 pp.), DOI: 10.3847/1538-3881/aaf56c, (РФФИ 16-02-00148), импакт фактор - 5.497, Q1 (соавторы)
- 9) M. Pavlinsky, A. Tkachenko, V. Levin, A. Krivchenko, A. Rotin, M. Kuznetsova, I. Lapshov, R. Krivonos, A. Semena, N. Semena, D. Serbinov, A. Shtykovsky, A. Yaskovich, V. Oleinikov, A. Glushenko, I. Mereminskiy, S. Molkov, S. Sazonov, V. Arefiev "On-ground calibration of the ART-XC/SRG mirror system and detector unit at IKI. Part III" // *Experimental Astronomy*, 2019, doi:10.1007/s10686-019-09646-8 (IF = 1.69, Q3) (частично поддержана грантом Минобрнауки России 14.W03.31.0021)

- 10) Zhuravleva I., Churazov E., Schekochihin A. A., et al., "Suppressed effective viscosity in the bulk intergalactic plasma", *Nature Astronomy*, 3, 832 (2019) (IF=10.5, Q1)
- 11) Y. Su, R. P. Kraft, P. E. J. Nulsen, C. Jones ... E.M. Churazov "Extended X-Ray Study of M49: The Frontier of the Virgo Cluster *The Astronomical Journal*, 158, 6, 13pp (2019) (IF=5.497, Q1) (соавторы)
- 12) G. Ponti, F. Hofmann, E. Churazov, M. R. Morris, F. Haberl, K. Nandra, R. Terrier, M. Clavel, and A. Goldwurm "The Galactic Centre Chimney" *Nature*, Volume 567, Issue 7748, p.347-350 (2019) (IF=43.07, Q1) (соавторы)
- 13) Hai-Liang Chen, T. E. Woods, L. R. Yungelson, Luciano Piersanti, M. Gilfanov, and Zhanwen Han "Comprehensive models of novae at metallicity $Z = 0.02$ and $Z = 10^{-4}$ ", *MNRAS*, Volume 490, Issue 2, p.1678-1692 (2019) (IF=5.231, Q1) (соавторы)
- 14) J. Kuuttila, M. Gilfanov, I. R. Seitenzahl, T. E. Woods and F. P. A. Vogt "Excluding supersoft X-ray sources as progenitors for four Type Ia supernovae in the Large Magellanic Cloud", *MNRAS*, Volume 484, Issue 1, p.1317-1324 (2019) (IF=5.231, Q1) (соавторы)
- 15) Planck Collaboration: N. Aghanim, Y. Akrami... R.A. Sunyaev ... "Planck 2018 results. V. CMB power spectra and likelihoods" accepted to *Astronomy & Astrophysics* (Q1), eprint arXiv:1907.12875 (соавторы)
- 16) Planck Collaboration: N. Aghanim, Ashdown, M. ... R.A. Sunyaev ... "VII. Isotropy and Statistics of the CMB" accepted to *Astronomy & Astrophysics* (Q1), eprint arXiv:1906.02552 (соавторы)
- 17) Planck Collaboration: Y. Akrami, F.Arroja... R.A. Sunyaev ... "Planck 2018 results. IX. Constraints on primordial non-Gaussianity" accepted to *Astronomy & Astrophysics* (Q1), eprint arXiv:1905.05697 (соавторы)
- 18) L. Wyrzykowski,... R.A. Burenin, S.A. Grebenev, et al. "Full orbital solution for the binary system in the northern Galactic disc microlensing event Gaia16aye", *Astronomy & Astrophys.*, accepted (2019) (IF=6.209, Q1) (2019arXiv190107281W). (соавторы)
- 19) V. L. Oknyansky, H. Winkler, S. S. Tsygankov, ... "New changing look case in NGC 1566" *MNRAS*, Volume 483, Issue 1, Pages 558–564, (IF=5.194, Q1) (2019) <https://doi.org/10.1093/mnras/sty3133> (соавторы)
- 20) A.A. Lutovinov, S.S. Tsygankov, D.I. Karasev, S.V. Molkov, V.Doroshenko "GRO J1750-27: a neutron star far behind the Galactic Center switching into the propeller regime" *MNRAS*, Volume 485, Issue 1, p.770-776 (2019), (IF=5.194, Q1)
- 21) Jean J.M. in 't Zand, ... A.A. Lutovinov, ... "Observatory science with eXTP" *Science China Physics, Mechanics & Astronomy*, Volume 62, Issue 2, article id. 29506, 42 pp. (2019), (IF=1.969, Q2) (соавторы)

С поддержкой РФФ

- 1) Kuznetsova E., Krivonos R., Churazov E., Lyskova N., Lutovinov A., «Progressive steepening of the SNR RX J1713.7–3946 X-ray spectrum from XMM–Newton to ИИТЕГРАЛ», MNRAS, Volume 489, Issue 2, October 2019, Pages 1828–1836, IF = 5.231, Q1, <https://doi.org/10.1093/mnras/stz2261>, (поддержана грантом РФФ 19-12-00369)
- 2) Gvaramadze, V. V.; Maryeva, O. V.; Kniazev, A. Y.; Alexashov, D. B.; Castro, N.; Langer, N.; Katkov, I. Y., CPD-64°2731: a massive spun-up and rejuvenated high-velocity runaway star, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2019, Volume 482, Issue 4, p.4408-4421, doi: [10.1093/mnras/sty2987](https://doi.org/10.1093/mnras/sty2987), (РФФ: No. 14-12-01096), impact factor: 5.231, Q1 (соавторы)
- 3) Katushkina O.A., Izmodenov V.V., “Infrared dust arcs around the stars: I. effect of the radiation pressure”, MNRAS, DOI: [10.1093/mnras/stz1105](https://doi.org/10.1093/mnras/stz1105), 2019, Volume 486, Issue 4, p.4947-4961, (РФФ 14-12-01096), impact factor: 5.231, Q1 (соавторы)
- 4) Gvaramadze, V. V., Pakhomov, Yu V., Kniazev, A. Y., Ryabchikova, T. A., Langer, N., Fossati, L., Grebel, E. K., TYC 8606-2025-1: a mild barium star surrounded by the ejecta of a very late thermal pulse, 2019, MNRAS, 489, 5136-5145, DOI: [10.1093/mnras/stz2484](https://doi.org/10.1093/mnras/stz2484), (РФФ 19-12-00383, РФФИ 19-02-00779), импакт фактор - 5.231, Q1 (соавторы)
- 5) Gvaramadze, V. V., Graefener, G., Langer, N., Maryeva, O. V., Kniazev, A. Y., Moskvitin, A. S., Spiridonova, O. I., A massive white-dwarf merger product before final collapse, 2019, Nature, 569, 684-687, DOI: [10.1038/s41586-019-1216-1](https://doi.org/10.1038/s41586-019-1216-1), (РФФ 14-12-01096, РФФИ 19-02-00779), импакт фактор 43.070, Q1 (соавторы)
- 6) Green, S., Mackey, J., Haworth, Th. J., Gvaramadze, V. V., Duffy, P., Thermal emission from bow shocks. I. 2D hydrodynamic models of the Bubble Nebula, 2019, A&A, 625, A4 (16 pp.), DOI: [10.1051/0004-6361/201834832](https://doi.org/10.1051/0004-6361/201834832), (РФФ 14-12-01096), импакт фактор - 6.209, Q1 (соавторы)
- 7) К. Нз, В. Роак, К. Перец, Дж. Беаком, Ш. Хориучи, Кривонос Р., Д. Вук, “New constraints on sterile neutrino dark matter from NuSTAR M31 observations”, опубликовано 10 апреля 2019 в журнале Physical Review D (IF= 4.368, Q1), том 99, 8, <http://doi.org/10.1103/PhysRevD.99.083005>; <https://arxiv.org/abs/1901.01262>, (поддержана грантом РФФ 19-12-00396) (соавторы)
- 8) Н. Цуй, Я. Учияма, Ф. Агаронян, Д. Берге, Р. Хицураши, Р. Кривонос, Т. Танака, “NuSTAR Observations of the Supernova Remnant RX J1713.7-3946”, опубликовано 29 мая 2019 в журнале «The Astrophysical Journal», (IF= 5.580, Q1), том 877, 2, <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ab1b29>; <https://arxiv.org/abs/1904.12436>; (поддержана грантом РФФ 19-12-00369) (соавторы)
- 9) К. Перез, Р. Кривонос, Д. Вук, “The Galactic Bulge Diffuse Emission in Broadband X-Rays with NuSTAR”, опубликовано 22 октября 2019 в журнале «The Astrophysical Journal», (IF= 5.580, Q1), том 884, 2 <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538->

[4357/ab4590](#); <https://arxiv.org/abs/1909.05916>; (поддержана грантом РФФ 19-12-00369) (соавторы)

- 10) К. Перез, Р. Кривонос, Д. Вук, "The Galactic Bulge Diffuse Emission in Broadband X-Rays with NuSTAR", опубликовано 22 октября 2019 в журнале «The Astrophysical Journal», (IF= 5.580, Q1), том 884, 2 <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ab4590>; <https://arxiv.org/abs/1909.05916> (поддержана грантом РФФ 19-12-00369) (соавторы)
- 11) М. Клавель, Дж. Томсик, Дж. Харе, Р. Кривонос, К. Мори, Д. Штерн, "NuSTAR observations of the unidentified INTEGRAL sources: constraints on the Galactic population of HMXBs", опубликовано 6 декабря 2019 в журнале «The Astrophysical Journal», (IF= 5.580, Q1), том 887, 1 <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ab4b55>; <https://arxiv.org/abs/1910.02855>; (поддержана грантом РФФ 19-12-00396) (соавторы)
- 12) Дж. Томсик, А. Бодаги, С. Чати, М. Клавель, Ф. Форнашини, Дж. Харе, Р. Кривонос, Ф. Рахуи, Дж. Родригес, "Chandra Observations of High Energy X-ray Sources Discovered by INTEGRAL", принято к печати 7 декабря 2019 в журнале «The Astrophysical Journal», (IF= 5.580, Q1) <https://arxiv.org/abs/1912.03315>; (поддержана грантом РФФ 19-12-00396) (соавторы)
- 13) Lyskova N., Churazov E., Zhang C., Forman W., Jones C., Dolag K., Roediger E., Sheardown A. "Close-up view of an ongoing merger between the NGC 4839 group and the Coma cluster – a post-merger scenario", MNRAS 485, 2019, IF = 5.231, Q1, <https://doi.org/10.1093/mnras/stz597> (поддержана грантом РФФ 14-22-00271) (соавторы)
- 14) Sazonov S., Khabibullin I. «A universal 21 cm signature of growing massive black holes in the early Universe», MNRAS, 2019, vol. 489, p. 1127-1138, IF=5.231, Q1 (поддержана грантом РФФ 14-12-01315)
- 15) Sheardown A., Fish T., Roediger E., Hunt M., ZuHone J., Su Y., Kraft R., Nulsen P., Churazov E., Forman W., Jones C., Lyskova N., Eckert D., de Grandi S. "Misleading X-Ray Tails of Galaxies and Subclusters in Galaxy Clusters - Distinguishing Slingshot Tails and Ram Pressure Tails", ApJ 874, 2019, IF = 5.580, Q1, <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab0c06> (поддержана грантом РФФ 18-12-00520) (соавторы)
- 16) Di Mascolo L., Churazov E., Mroczkowski T., "A joint ALMA-Bolocam-Planck SZ study of the pressure distribution in RX J1347.5-1145", MNRAS, 487, 4037 (2019) (IF=5.231, Q1), (поддержана РФФ 19-12-00369) (соавторы)
- 17) Di Mascolo L., Mroczkowski T., Churazov E., et al., "An ALMA+ACA measurement of the shock in the Bullet Cluster", A&A, 628, A100 (2019) (IF=5.185, Q1) (поддержана РФФ 19-12-00369) (соавторы)

- 18) Zhang C., Churazov E., Forman W., Lyskova N. "Runaway merger shocks in galaxy cluster outskirts and radio relics", MNRAS 488, 2019, IF = 5.231, Q1, (2019) <https://doi.org/10.1093/mnras/stz2135> (поддержана грантом РФФ 19-12-00369) (соавторы)
- 19) I. Khabibullin, E. Churazov "X-ray emission from warm-hot intergalactic medium: the role of resonantly scattered cosmic X-ray background" MNRAS, Volume 482, Issue 4, p.4972-4984 (2019) (IF = 5.231, Q1) (поддержана грантом РФФ № 14-22-00271)

Публикации конференций

- 1) Краснобаев К. В., Тагирова Р. Р. Влияние границ атомарной зоны фотодиссоциации на распространение автоволн // Ломоносовские чтения. Научная конференция. Секция механики. 15-25 апреля 2019 года. Тезисы докладов. — М.: Издательство Московского университета, 2019. — С. 131.
http://www.imec.msu.ru/content/lom_reading/2019/lomonosov_2019_mech.pdf. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №18-01-00184).
- 2) Краснобаев К. В., Котова Г. Ю. Образование «хвостов» и кумулятивных струй при расширении областей НII. // Ломоносовские чтения. Научная конференция. Секция механики. 15-25 апреля 2019 года. Тезисы докладов. — М.: Издательство Московского университета, 2019. — С. 130.
http://www.imec.msu.ru/content/lom_reading/2019/lomonosov_2019_mech.pdf. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №18-01-00184).
- 3) Краснобаев К. В., Котова Г. Ю. Гидродинамические неустойчивости в моделях образования молодых звездных объектов. // Современные проблемы аэрогидродинамики: Тезисы докладов XIX Всероссийской школы-семинара, посвященной 60-летию Научно исследовательского института механики МГУ имени М.В. Ломоносова. 5-15 сентября 2019 г., Сочи, «Буревестник» МГУ. — М.: Издательство Московского университета, 2019. — С. 114.
<http://aerohydro.imec.msu.ru/2019/index.php>.

Телеграммы

1. ATel 12514: Localization and spectral properties of 4U 1901+03 with Swift/XRT and NuSTAR Mereminskiy, I. A.; Lutovinov, A. A.; Tsygankov, S. S.; Semena, A. N.; Shtykovskiy, A. E.
2. ATel 12531: Swift detection of the new WZ Sge-type dwarf nova TCP J06373299-0935420 Sokolovsky, K.; Aydi, E.; Chomiuk, L.; Kawash, A.; Strader, J.; Mereminskiy, I.; Mukai, K.
3. ATel 12578: INTEGRAL identified with SAX J1747.0-2853 a source of the X-ray outburst in the Galactic center region detected by MAXI Mereminskiy, I. A.; Grebenev, S. A.; Sunyaev, R. A.; Kuulkers, E.

4. *ATel 12628: INTEGRAL detects renewed activity from the microquasar XTE J1908+094* Rodriguez, J.; Mereminskiy, I.; Grebenev, S. A.; Cangemi, F.; Clavel, M.; Coleiro, A.; Egron, E.; Grinberg, Victoria; Pottschmidt, K.; Remillard, R.; Steiner, J.; Tomsick, J.; Wilms, J.
5. *ATel 12629: Swift detection of the new WZ Sge-type dwarf nova ASASSN-19hl* Sokolovsky, K.; Aydi, E.; Chomiuk, L.; Kawash, A.; Strader, J.; Mukai, K.; Mereminskiy, I.; Denisenko, D.; Stanek, K. Z.; Kochanek, C. S.; Shields, J.; Shappee, B. J.
6. *ATel 12969: Localization of EXO 1846-031 by Swift/XRT* Mereminskiy, I. A.; Krivonos, R. A.; Medvedev, P. S.; Grebenev, S. A.
7. *ATel 13095: ART-XC Galactic Bulge survey - first results* Mereminskiy, I.; Pavlinsky, M.; Lapshov, I.; Lutovinov, A.; Molkov, S.; Semena, A.; Shtykovsky, A.; Tkachenko, A.
8. *ATel 13138: New outburst of XTE J1739-285 detected by INTEGRAL/JEM-X* Mereminskiy, I. A.; Grebenev, S. A.
9. *ATel 13148: NICER observes increasing luminosity from XTE J1739-285* Bult, P. M.; Gendreau, K. C.; Strohmayer, T. E.; Arzoumanian, Z.; Ray, P. S.; Mereminskiy, I. A.; Ludlam, R. M.; Chenevez, J.; Jaisawal, G. K.; Wolff, M. T.; Malacaria, C.

Экспертизы

Сазонов С.Ю.

- 1) *Работа в Экспертном совете по научным проектам Российского научного фонда (тематика — в физика и науки о космосе)*
- 2) *Работа в Национальном комитете по тематике российских телескопов при ФАНО (тематика — астрономия)*
- 3) *Работа в комитете по распределению наблюдательного времени международной космической обсерватории ИНТЕГРАЛ (тематика — астрономия)*
- 4) *Экспертизы для Российского фонда фундаментальных исследований, Российской академии наук и Минобрнауки (тематика — астрономия)*

Лутовинов А.А.

8 экспертиз тем и отчетов по государственным заданиям для Российской академии наук и Минобрнауки

Моисеев А.В.

- 1) *РФФИ - 2 экспертизы*
- 2) *РНФ - 1 экспертиза*
- 3) *Оценка результативности научной деятельности организаций, подведомственных Минобрнауки России - 4 экспертизы*
- 4) *Заявочная кампания-2020 по Конкурсу на получение грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - 1 экспертиза*

Буренин Р.А.

11 - экспертиз по научным проектам Российского научного фонда