

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

«18» декабря 2020г.

м.п.



ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

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

(Промежуточный)

Тема ВСЕЛЕННАЯ

0028-2020-0014

Научный руководитель
академик

Р.А. Сюняев

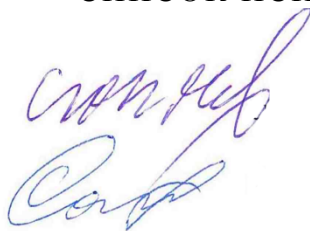
«14» декабря 2020 г.

Москва

2020

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

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



Сюняев Р.А. (все разделы) (14.12.20)

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



Сазонов С.Ю. (все разделы) (14.12.20)

Исполнители темы:

с.н.с., к.ф.-м.н.



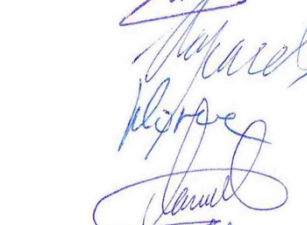
Арефьев В.А. (разделы 3,6) (14.12.20)

с.н.с., к.ф.-м.н.



Буренин Р.А. (разделы 3,6) (14.12.20)

в.н.с., чл.-корр. РАН



Гильфанов М.Р. (разделы 3,6) (14.12.20)

в.н.с., зав. лаб., д.ф.-м.н.



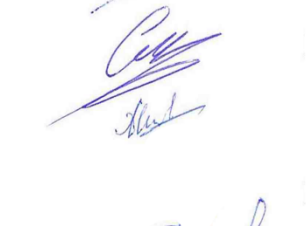
Гребенев С.А. (разделы 3,6) (14.12.20)

зав. лаб., д.ф.-м.н.



Измоденов В.В. (раздел 5) (14.12.20)

н.с., к.ф.-м.н.



Карасёв Д.И. (разделы 3,6) (14.12.20)

с.н.с., к.ф.-м.н.



Кривонос Р.А. (разделы 3,6) (14.12.20)

с.н.с., к.ф.-м.н.



Лапшов И.Ю. (разделы 3,6) (14.12.20)

начальник сектора



Левин В.В. (разделы 1,3,6) (14.12.20)

н.с., к.ф.-м.н.

Лыскова Н.С. (разделы 3,6) (14.12.20)

н.с., к.ф.-м.н.

Медведев П.С. (разделы 3,6) (14.12.20)

зам. директора, д.ф.-м.н.

Лутовинов А.А. (разделы 3,6) (14.12.20)

н.с., к.ф.-м.н.

Мереминский И.А. (разделы 3,6) (14.12.20)

н.с., к.ф.-м.н.

Мещеряков А.В. (разделы 3,6) (14.12.20)

с.н.с., к.ф.-м.н.

Мольков С.В. (разделы 3,6) (14.12.20)

с.н.с., д.ф.-м.н.

Моисеев А.В. (разделы 3,6) (14.12.20)

зав. лаб., д.ф.-м.н.

Попель С.И. (раздел 4) (14.12.20)

н.с., к.ф.-м.н.

Семена А.Н. (разделы 3,6) (14.12.20)

зав. лаб., д.т.н.

Семена Н.П. (разделы 3,6) (14.12.20)

с.н.с., к.ф.-м.н.

Ткаченко А.Ю. (разделы 3,6) (14.12.20)

н.с., к.ф.-м.н.

Филиппова Е.В. (разделы 3,6) (14.12.20)

н.с., к.ф.-м.н.

н.с., к.ф.-м.н.



Хорунжев

Хабидуллин И. И. (разделы 3,6) (14.12.20)

Хорунжев Г. А. (разделы 3,6) (14.12.20)

с.н.с., к.ф.-м.н.

в.н.с., академик РАН



Человеков И.В. (разделы 3,6) (14.12.20)

Чуразов Е.М. (разделы 2,3,6) (14.12.20)

РЕФЕРАТ

Отчет 40 с., 12 рисунков, 0 таблиц, 52(статьи)+ 14 (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 2020 год	8
2 Наиболее значимые результаты за 2020 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.....	13
4 Раздел «Плазменно-пылевые процессы в космических объектах»	18
5 Раздел «Межпланетная среда»	21
6 Раздел «Научные исследования, поддержанные грантами РНФ»	24
 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	 32

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 2020. 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 2020 год

Первый рентгеновский обзор всего неба орбитальной обсерватории Спектр-РГ

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

В декабре 2019 года российская орбитальная обсерватория Спектр-РГ начала проводить обзор всего неба в рентгеновских лучах и уже в июне 2020 года завершила первое сканирование небесной сферы. Телескоп eROSITA (Германия) построил лучшую в мире детальную карту всего неба в рентгеновских лучах и обнаружил около миллиона источников мягкого рентгеновского излучения – на порядок больше, чем было известно раньше. Большинство найденных объектов являются активно растущими сверхмассивными черными дырами – ядрами активных галактик и далекими квазарами, светившими, когда Вселенная была в десять раз моложе. Обнаружено также порядка 20 тысяч скоплений галактик и 200 тысяч звезд с горячими коронами в нашей Галактике. Построена карта диффузного рентгеновского излучения, отражающая распределение газа с температурой несколько миллионов градусов в Галактике и холодного газа, поглощающего это излучение. Среди диффузных структур – остатки вспышек сверхновых, в которых главную роль играют ударные волны, распространяющиеся по межзвездной среде, и такие гигантские образования как Северный Полярный Шпур. Телескоп ART-XC им. М.Н. Павлинского (Россия) уже за полгода получил уникально четкую карту всего неба в более жестком рентгеновском диапазоне энергий и обнаружил излучение от более чем 600 источников, в том числе нескольких десятков ранее неизвестных объектов в Галактике и за ее пределами. Среди них – сверхмассивные черные дыры, окруженные толщей холодного газа и невидимые в мягких рентгеновских лучах. Важно отметить, что карты неба подобной полноты в жестком рентгеновском диапазоне строились обсерваториями предыдущего поколения в течение десятилетий. Обзор обсерватории Спектр-РГ продлится еще три года. Всего будет проведено 8 сканов всего неба. Это позволит расширить каталог рентгеновских источников еще на порядок и изучить такие экстремальные астрофизические явления, как приливные разрушения звезд вблизи сверхмассивных черных дыр.

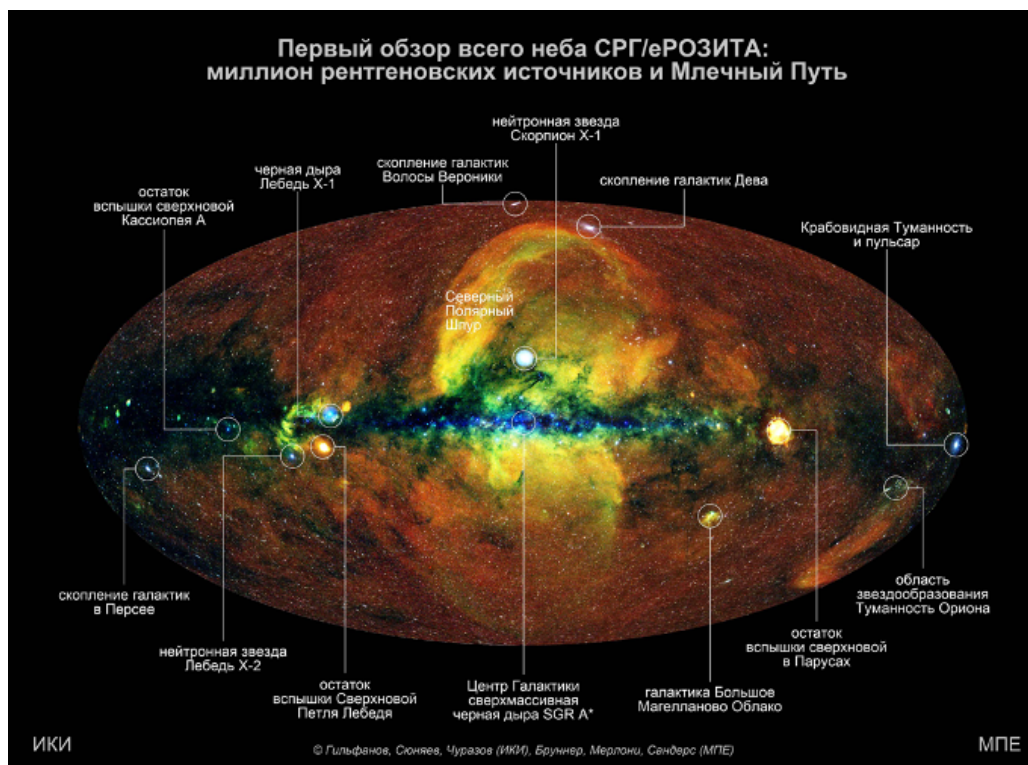


Рисунок 1 — Карта неба в диапазоне энергий 0.3-2.3 кэВ, построенная учеными Института космических исследований Российской академии наук и Института внеземной физики Общества Макса Планка (Германия) по данным первых 6 месяцев сканирования неба с помощью телескопа eROSITA обсерватории СРГ.

SRG/ART-XC

First sky survey

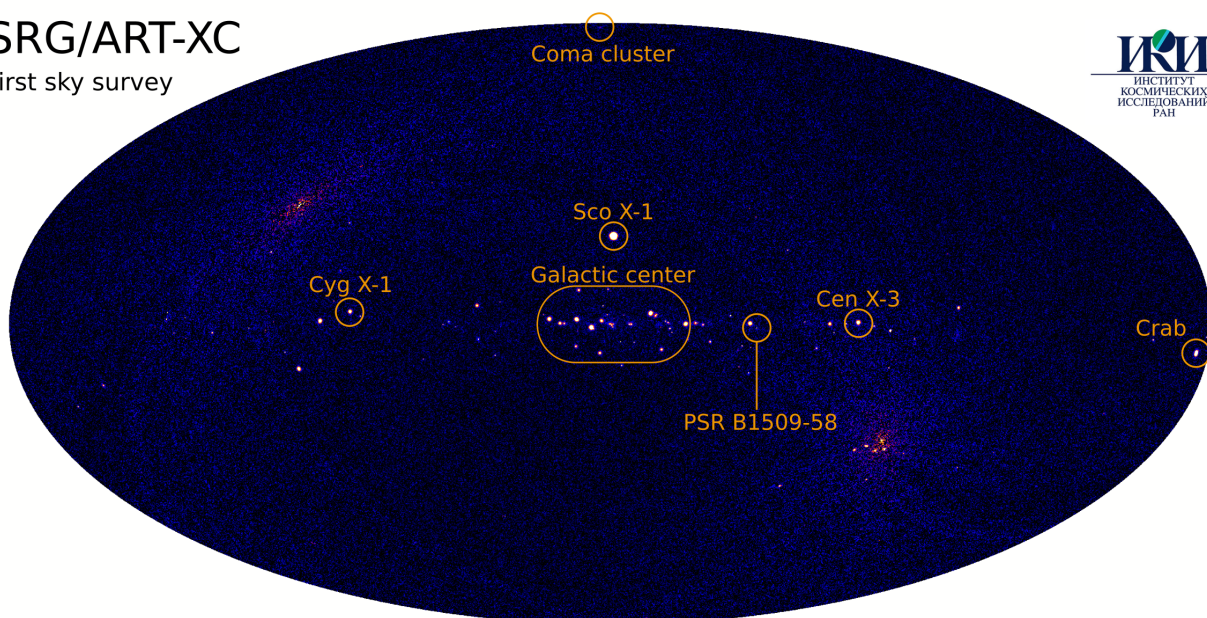


Рисунок 2 — Карта неба в диапазоне энергий 4-12 кэВ, полученная учеными ИКИ РАН по данным первых 6 месяцев сканирования неба с помощью телескопа ART-XC им. М.Н. Павлинского обсерватории СРГ.

Наиболее значимый результат за 2020 год

Открытие далеких рентгеновских квазаров с помощью телескопа eРОЗИТА обсерватории SRГ

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

Рентгеновский обзор всего неба, проводимый с помощью телескопа eРОЗИТА обсерватории SRГ, благодаря его охвату и глубине, впервые предоставил возможность провести широкомасштабный поиск мощных рентгеновских квазаров в молодой Вселенной. Две научные группы Российского консорциума SRГ/eРОЗИТА, состоящие из ученых ИКИ РАН, решают эту задачу в рамках программы «Далекие и яркие квазары» (Distant and luminous quasars, DaLeQo1). Ее цель – создание статистически полной выборки рентгеновских квазаров большой светимости на $z > 3$. Исследования таких объектов крайне важны, т.к. данные о количестве активно растущих сверхмассивных черных дыр на больших красных смещениях позволяют сильно ограничить модели их образования и лучше понять, как происходила повторная ионизация вещества во Вселенной.

Кандидаты в далекие квазары отбираются среди источников, обнаруженных телескопом eРОЗИТА, по данным оптических и инфракрасных фотометрических обзоров, при помощи разработанной в коллективе системы классификации рентгеновских объектов SRGz. Для подтверждения природы, уточнения красных смещений и детального исследования (в частности, измерения масс сверхмассивных черных дыр) кандидатов в далекие квазары проводятся спектроскопические оптические наблюдения в сотрудничестве с учеными из ведущих российских обсерваторий. Эти наблюдения необходимы также для проверки и усовершенствования системы SRGz.

В работах №2-4 представлены первые результаты этой масштабной спектроскопической программы, проводимой на 1,5-метровом Российско-Турецком телескопе, 1,6-метровом телескопе АЗТ-33ИК Саянской обсерватории ИСЗФ СО РАН, 2,5-м телескопе Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ и 6-метровом телескопе БТА Специальной астрофизической обсерватории РАН. В частности, сообщается об открытии нескольких квазаров на $z > 4$.

В работе №1 сообщается об открытии телескопом eРОЗИТА рентгеновского излучения от квазара на красном смещении $z=6.2$ (соответствует возрасту Вселенной около 900 миллионов лет!). Этот квазар ранее уже был известен по наблюдениям в видимом и радиодиапазонах, но рентгеновское излучение от него зарегистрировано впервые. По данным телескопа eРОЗИТА, рентгеновская светимость квазара составляет около 3×10^{46} эрг/с, что в несколько раз превышает предыдущий рекорд для квазаров на $z > 6$.

Болометрическая светимость квазара оказывается еще на порядок выше, $\sim 3 \times 10^{47}$ эрг/с, а масса черной дыры в этом объекте, вероятно, превышает $\sim 2 \times 10^9$ масс Солнца. Причем квазар является радиогромким. В статье высказана гипотеза, что его огромная рентгеновская светимость связана с обратным комптоновским рассеянием реликтового излучения Вселенной в релятивистских джетах. Этот процесс должен быть особенно важен в ранней Вселенной, где плотность энергии реликтового излучения в тысячи раз выше, чем в современную эпоху.

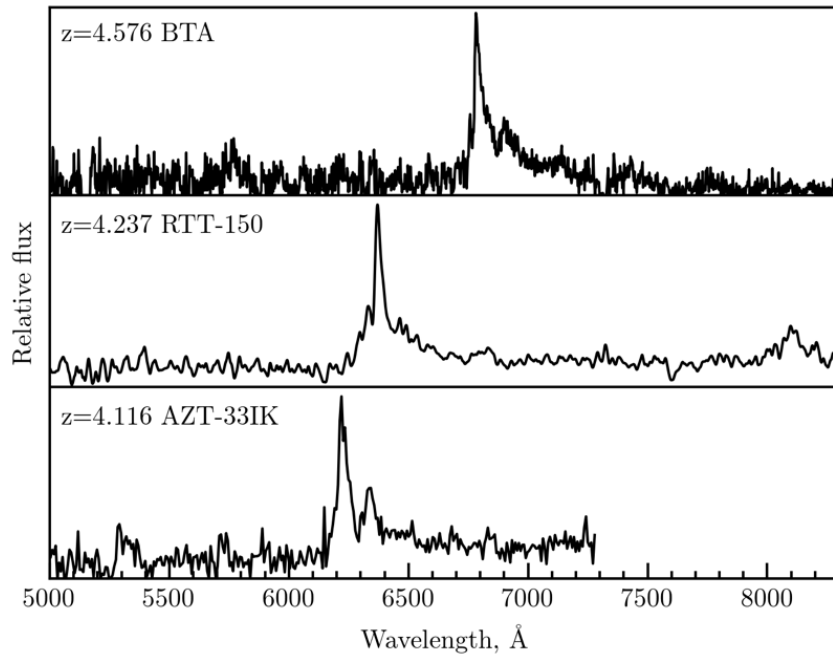


Рисунок 1 — Оптические спектры трех квазаров на $z > 4$, открытых в ходе рентгеновского обзора неба обсерватории СРГ. Эти объекты были найдены нейронной сетью SRGz среди полумиллиона источников, обнаруженных телескопом ePOZITA, и их природа была подтверждена с помощью наблюдений на телескопах БТА, РТТ-150 и АЗТ-33ИК.

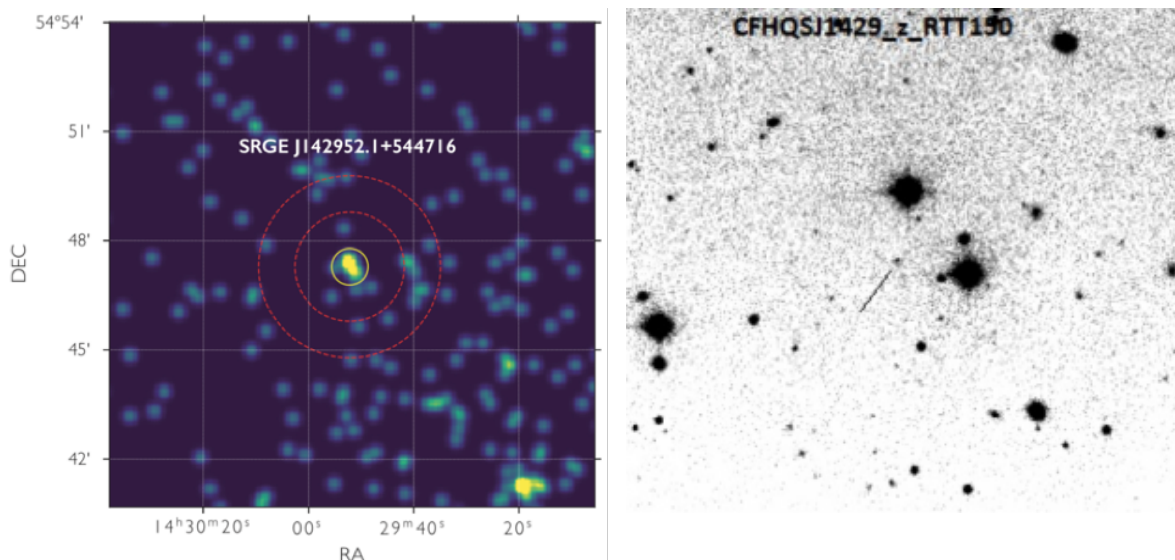


Рисунок 2 — Рентгеновское и оптическое изображения квазара на $z=6,2$ по данным телескопа eРОЗИТА обсерватории СРГ (слева) и телескопа РТТ-150 (справа). Фотоны от квазара на этих изображениях были испущены 12,8 миллиарда лет назад при аккреции вещества на черную дыру с массой не менее 2 миллиардов масс Солнца.

1. «SRG/eROSITA uncovers the most X-ray luminous quasar at $z>6$ »
Medvedev, P., Sazonov S., Gilfanov M., Burenin R., Khorunzhev G., Meshcheryakov A., Sunyaev R., Bikmaev I., Irtuganov E.
MNRAS 497, 1842 (2020)
2. «Первые далекие рентгеновские квазары ($z \sim 4$) среди источников, открытых телескопом eРОЗИТА орбитальной обсерватории СРГ в ходе глубокого обзора области Дыры Локмана»
Г.А. Хорунжев, А.В. Мещеряков, Р.А. Буренин, А.Р. Ляпин, П.С. Медведев, С.Ю. Сазонов, М.В. Еселевич, Р.А. Сюняев, М.Р. Гильфанов
Письма в Астрономический Журнал 46, 155-162 (2020)
3. «Оптическая спектроскопия объектов СРГ/eРОЗИТА на 2.5-м телескопе Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ»
А.В. Додин, С.А. Потанин, Н.И. Шатский, А.А. Белинский, К.Е. Атапин, М.А. Бурлак, О.В. Егоров, А.М. Татарников, К.А. Постнов, М.И. Бельведерский, Р.А. Буренин, М.Р. Гильфанов, П.С. Медведев, А.В. Мещеряков, С.Ю. Сазонов, Г.А. Хорунжев, Р.А. Сюняев
Письма в Астрономический Журнал, 46, 429-438 (2020)
4. «Спектроскопическое определение красных смещений выборки далеких квазаров обсерватории СРГ по наблюдениям на РТТ-150. I»
И.Ф. Бикмаев, Э.Н. Иртуганов, Н.А. Сахибуллин, Р.И. Гумеров, А.С. Склинов, М.В. Глушков, В.Д. Борисов, Р.А. Буренин, И.А. Зазнобин, Р.А. Кривонос, А.Р. Ляпин, П.С. Медведев, А.В. Мещеряков, С.Ю. Сазонов, Р.А. Сюняев, Г.А. Хорунжев, М.Р. Гильфанов
Письма в Астрономический Журнал, 46, 689-701 (2020)

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

Обнаружение рентгеновского излучения крупномасштабных пузырей в гало Нашей Галактики по данным телескопа eРОЗИТА обсерватории СРГ

Р. Сюняев, Р. Буренин, Е. Чуразов, Н. Эйсмонт, М. Гильфанов, И. Хабибуллин, Р. Кривонос, П. Медведев, В. Назаров, М. Павлинский, С. Сазонов

Сверхмассивная черная дыра в центре Нашей Галактики сейчас проявляет себя как очень слабый рентгеновский и радиоисточник, время от времени слабо вспыхивающий в рентгеновских и инфракрасных лучах. Но она вполне могла быть весьма активной в прошлом. Мы знаем примеры такой активности из наблюдений сверхмассивных черных дыр в других галактиках. На первой карте обзора всего неба, созданной рентгеновским телескопом eРОЗИТА, одним из двух инструментов орбитальной обсерватории Спектр-РГ, удалось обнаружить удивительную новую деталь: огромную округлую структуру ниже плоскости Млечного Пути, занимающую существенную часть Южного Неба.

Подобная структура на Северном Небе, так называемый Северный Полярный Шпур, известна со времен становления радиоастрономии и рентгеновской астрономии. Долгие годы считалось, что она возникла как следствие взрыва близкой к Солнцу сверхновой десятки или сотни тысяч лет назад. Но взятые вместе, северная и южная структуры на карте напоминают ореол в форме песочных часов, достаточно симметричный относительно центра Галактики, который отстоит от Солнца на расстояние в 25 тысяч световых лет, и напоминает по морфологии глобальное распределение гамма-излучения в ГэВ-ном диапазоне по данным обсерватории им. Ферми, т.н. “пузыри Ферми”. Крупномасштабное рентгеновское излучение, наблюдаемое СРГ/eРОЗИТА в диапазоне 0.6–1.0 кэВ (Рисунок 1), демонстрирует проявления этих гигантских пузырей с медленно меняющейся яркостью на большей части неба. Их угловые размеры сравнимы с размерами всей нашей Галактики, что соответствует линейным размерам в десяток килопарсек, т.е. до 30 000 световых лет в поперечнике.

Это открытие помогает понять циркуляцию барионного вещества в нашей Галактике и вокруг нее, а также в других галактиках. Пузыри, которые «видит» телескоп СРГ/eРОЗИТА, являются «отражением» возмущений в горячем разреженном газе гало нашей Галактики, которые были вызваны выбросом вещества вследствие активности центральной сверхмассивной черной дыры, либо гигантской вспышкой звездообразования в газе центральной части Галактики. Необходимая для их формирования энергия должна была быть очень большой — 10^{56} эрг. Это соответствует выделению энергии 100 000 сверхновых, что аналогично оценкам других вспышек в активных ядрах далеких галактик.

Оригинальная статья

P. Predehl, R. A. Sunyaev, W. Becker, H. Brunner, R. Burenin, A. Bykov, A. Cherepashchuk, N. Chugai, E. Churazov, V. Doroshenko, N. Eismont, M. Freyberg, M. Gilfanov, F. Haberl, I. Khabibullin, R. Krivonos, C. Maitra, P. Medvedev, A. Merloni, K. Nandra, V. Nazarov, M. Pavlinsky, G. Ponti, J. S. Sanders, M. Sasaki, S. Sazonov, A. W. Strong & J. Wilms

Detection of large-scale X-ray bubbles in the Milky Way halo Nature, 588, 227–231(2020), (IF =42.778, Q1), DOI:10.1038/s41586-020-2979-0 <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2979-0>

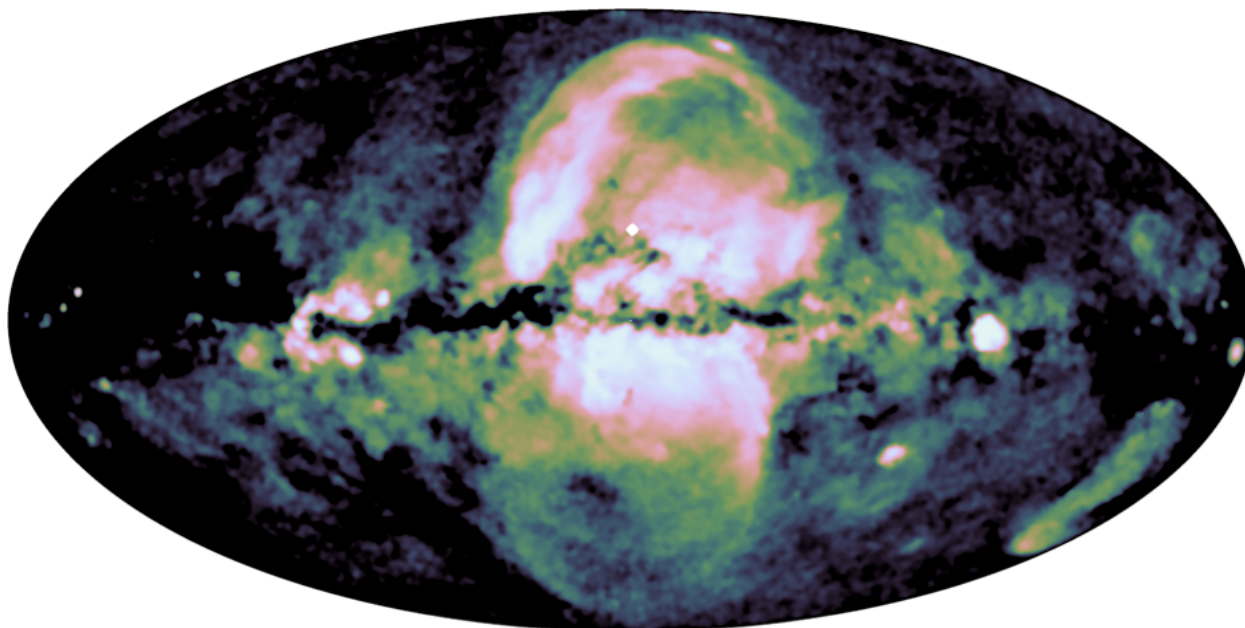


Рисунок 1. — Карта диффузного рентгеновского излучения в диапазоне 0.6–1.0 кэВ по данным полугодового обзора всего неба телескопом *СРГ/еРОЗИТА*. Изображение показывает распределение интенсивности излучения по небесной сфере в Галактических координатах, используя проекцию Хаммера-Аитова, позволяющую верно передать соотношение поверхностной яркости излучения в различных областях. Вклад излучения многочисленных точечных источников переднего и заднего фона был удален, изображение сглажено для увеличения видимости глобальных протяженных структур (“пузырей *еРОЗИТЫ*”) выше и ниже Галактической плоскости.

Влияние гравитационного поля Галактики на точность определения координат внегалактических источников: наблюдательные проявления и возможность детектирования

Н.С. Лыскова, А.А. Лутовинов

Данная работа является логическим продолжением статьи Ларченкова, Лыскова, Лутовинов 2017, в которой нами был количественно исследован эффект влияния локальных флуктуаций гравитационного поля Галактики на точность астрометрических наблюдений внегалактических источников. В рамках настоящей работы мы попытались ответить на вопрос, возможно ли методами радиоинтерферометрии значимо задетектировать «блуждание» координат? И если да, то каким образом? Нами была разработана конкретная стратегия наблюдений, при которой становится возможным детектирование наличие эффекта «блуждания» координат, несмотря на малость эффекта и наличие других астрофизических явлений, влияющих на точность определения расстояний. Мы показали, что при точности дифференциальной астрометрии в 10 микросекунд основная и контрольная выборки, содержащие по 30 пар внегалактических источников, для которых измеряются расстояния в парах с интервалом в два месяца, различаются на уровне значимости 3σ (согласно критерию Фишера) уже после двух лет измерений. Другими словами, при такой точности уже по истечении двух лет значимо детектируется систематическое увеличение стандартного отклонения измеренных угловых расстояний в

парах основной выборки источников по сравнению с контрольной, что является прямым следствием наличия эффекта «блуждания», обусловленного локальной нестационарностью гравитационного поля Галактики. При точности дифференциальной астрометрии в 30 микросекунд дуги, достижимой на таких современных радиоинтерферометрах, как KVN, контрольная и основная выборки будут различимы на уровне 2σ за время наблюдений 10 лет. В данной работе также обсуждаются другие эффекты, влияющие на точность дифференциальной астрометрии, но не связанные с наличием «гравитационного шума», и предлагается стратегия минимизации их вклада в измеряемый сигнал. В частности, необходимы одновременные наблюдения на нескольких частотах, т.к. эффект «блуждания» ахроматичен в отличие от паразитных шумов и астрофизических явлений. Результаты нашей работы имеют важнейшее значение для решения задач высокоточной астрометрии, а также могут быть использованы для будущих проектов по космической навигации.

Оригинальная статья/статьи:

Larchenkova T.I., Lyskova N.S., Petrov L., Lutovinov A.A. "Influence of the Galactic Gravitational Field on the Positional Accuracy of Extragalactic Sources. II. Observational Appearances and Detectability", ApJ 898, 51, 2020, IF = 5.745, квантиль Q1, <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab989b>

Галактическое население маломассивных рентгеновских двойных систем и центральная область Галактики

С.Ю. Сазонов, И.В. Человеков, И.И. Хабибуллин, И.А. Мереминский, С.А. Гребенев, Р.А. Кривонос

Семнадцать лет наблюдений в жестком рентгеновском диапазоне с помощью приборов обсерватории ИНТЕГРАЛ с акцентом на Млечный Путь и центральную область Галактики предоставили уникальную базу данных для исследования галактического населения маломассивных рентгеновских двойных систем (LMXB). Это позволило значительно улучшить понимание разнообразных энергетических явлений, связанных с аккрецией вещества на нейтронные звезды и черные дыры. Представлен обзор результатов по LMXB, полученных с помощью обсерватории ИНТЕГРАЛ. В частности, обсуждается пространственное распределение LMXB в Галактике и их функция рентгеновской светимости, а также различные физические явления, связанные с источниками типа атолл и Z, барстерами, симбиотическими рентгеновскими двойными системами, сверхкомпактными рентгеновскими двойными системами и стабильными LMXB с черными дырами. Представлен обновленный каталог подтвержденных LMXB, обнаруженных обсерваторией ИНТЕГРАЛ, который включает 166 объектов. Долгосрочный мониторинг центра Галактики с помощью обсерватории ИНТЕГРАЛ позволил пролить свет на активность источника Sgr A * в недавнем прошлом, подтвердив предыдущие указания на то, что наша сверхмассивная черная дыра пережила эпизод бурной аккреции всего ~ 100 лет назад. Эта захватывающая тема также рассматривается в этом обзоре.

Оригинальная статья:

Sazonov S., Paizis A., Bazzano A., Chelovekov I., Khabibullin I., Postnov K., Mereminskiy I., Fionchi M., Bélanger G., Bird A.J., Bozzo E., Chenevez J., Del Santo M., Falanga M., Farinelli R., Ferrigno C., Grebenev S., Krivonos R., Kuulkers E., Lund N., Sanchez-Fernandez C., Tarana A., Ubertini P., Wilms J. «The Galactic LMXB Population and the Galactic Centre Region», New Astronomy Reviews, 2020, vol. 88, p. 101536, квантиль Q1, IF=5.143
DOI: 10.1016/j.newar.2020.101536

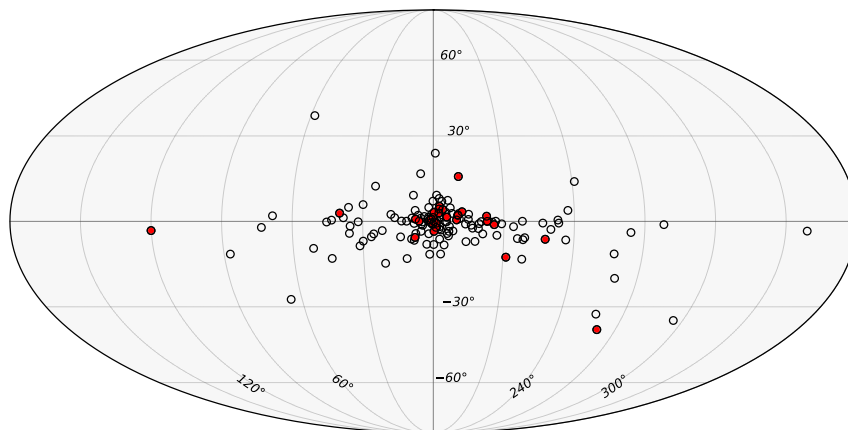


Рисунок 1 — Расположение на небе маломассивных рентгеновских двойных систем, зарегистрированных в жестких рентгеновских лучах орбитальной обсерваторией ИНТЕГРАЛ (в галактических координатах). Объекты, открытые обсерваторией ИНТЕГРАЛ, показаны заполненными красными символами.

Исследование структуры центральной машины линзированного квазара SDSS J1004+4112 на основе наблюдений на 6-м телескопе CAO РАН.

А.В. Моисеев

Проанализированы спектральные и поляризационные оптические наблюдения на 6-м телескопе CAO РАН гравитационной линзы SDSS J1004+4112 (четверное изображение квазара $z=1.73$, линзированного скоплением галактик на $z=0.58$). Показано, что наблюдаемая переменность крыла эмиссионной линии CIV в изображении А объясняется микролинзированием околоядерной области формирования широких линий, включая истечение ионизованного газа из ядра. В то время как переменность поляризационных характеристик изображения D вызвано микролинзированием области экваториального рассеяния, связанной с околоядерным пылевым тором.

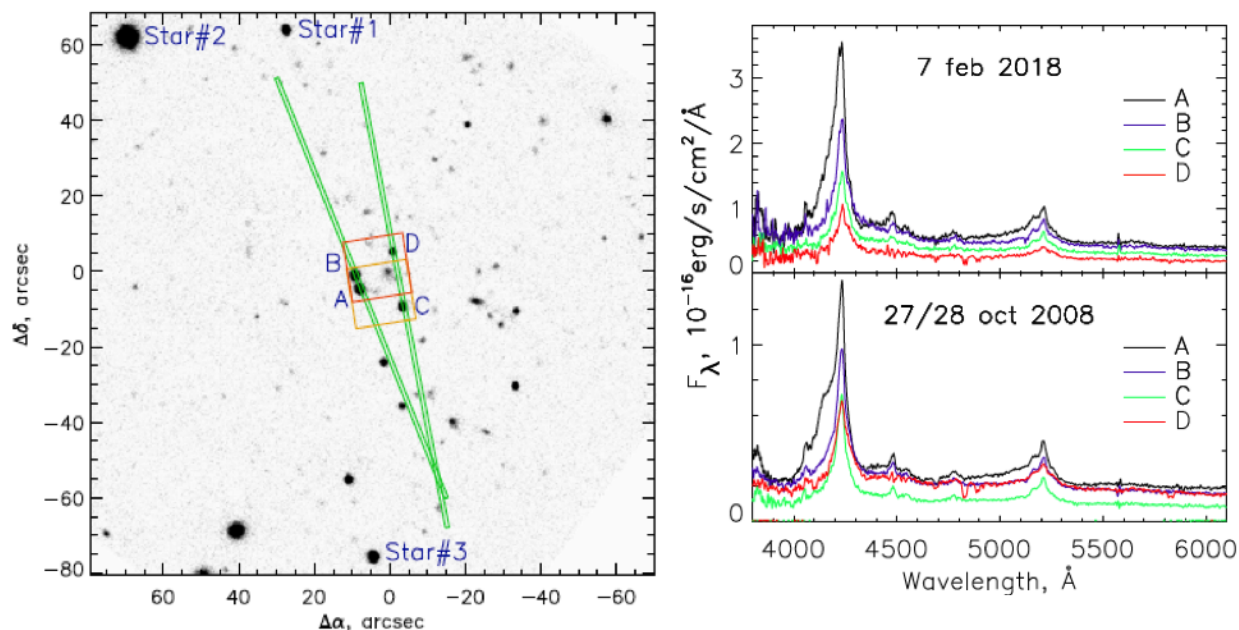


Рисунок 1 — Изображение гравитационной линзы в полосе V , полученное на 6-м телескопе CAO РАН с прибором SCORPIO-2 (отмечены расположение щелей спектрографов SCORPIO/SCORPIO-2 и полей интегрально-полевого спектрографа MPFS). Справа показаны спектры отдельных компонент линзы в разные эпохи.

Оригинальная статья:

Popović, L. Č.; Afanasiev, V. L.; Moiseev, A.; Smirnova, A.; Simić, S.; Savić, Dj.; Mediavilla, E. G.; Fian, C., “Spectroscopy and polarimetry of the gravitationally lensed quasar SDSS J1004+4112 with the 6m SAO RAS telescope”, 2020, *A&A*, Volume 634, id.A27, 16 pp., IF = 5.636, Q1, DOI: 10.1051/0004-6361/201936088 (поддержано грантом РФФИ 19-32500 CAO РАН)

Обеспечение теплового режима космического рентгеновского телескопа методом поиска оптимальных решений

Н.П.Семена, М.В.Бунтов

Представлен оригинальный метод обеспечения тепловых режимов космических аппаратов. Он основан на сочетании узловых и конечно-элементных тепловых моделей при оптимальном распределении задач между ними, их информационном взаимодействии и уточнении недостоверных исходных данных путем их восстановления из результатов эксперимента с помощью обратных тепловых задач. Показаны результаты использования метода для обеспечения тепловых режимов первого российского зеркально рентгеновского телескопа ART-XC им. М.Н.Павлинского, который в настоящее время в составе космической обсерватории «Спектр-РГ» проводит обзор неба из точки либрации L2.

Оригинальная статья:

Н.П.Семена, М.В.Бунтов “ Обеспечение теплового режима космического рентгеновского телескопа методом поиска оптимальных решений”, *Тепловые процессы в технике*. (2020) Т. 12. №8. С. 388–370 (DOI: 10.34759/tpt-2020-12-8-358-370)

Обзор результатов обсерватории ИНТЕГРАЛ по исследованию аннигиляционного излучения и диффузного фона

Е. Чуразов, Р.Кривонос, С.Сазонов, Р.Сюняев

Выполнен обзор наиболее интересных результатов обсерватории ИНТЕГРАЛ по исследованию аннигиляционного излучения позитронов и диффузного фона в Галактике.

Churazov E., Bouchet L., Jean P., Jourdain E., Knödlseeder J., Krivonos R., Roques J.-P., Sazonov S., Siegert T., Strong A., Sunyaev R. "INTEGRAL results on the electron-positron annihilation radiation and X-ray & Gamma-ray diffuse emission of the Milky Way", NewAR, 90 (2020), Q1, IF: 4.2 <http://dx.doi.org/10.1016/j.newar.2020.101548>

Плазменно-пылевые процессы в космических объектах

(лаборатория 513)

Потоки пылевых частиц в системе Марса

Попель С.И., Голубь А.П., Дольников Г.Г.

Вычислены потоки массы и пылевых частиц, появление которых на орбите вокруг Марса обусловлено процессами столкновений метеороидов с Фобосом и Деймосом. Определены распределения по размерам захваченных на орбите вокруг Марса пылевых частиц. Знание о параметрах этих частиц важно при планировании экспериментов по исследованию пыли в системе Марса в рамках будущих космических миссий.

Оригинальная статья:

Попель С.И., Голубь А.П., Дольников Г.Г., Захаров А.В., Карташева А.А. Потоки пылевых частиц в системе Марса // Письма в ЖТФ. 2020. Т. 46. № 16. С. 32-34 [DOI: 10.21883/PJTF.2020.16.49851.18264] квартиль Q4; IF 0.791 (поддержана РФФИ 18-02-00341a)

Характеристики внутренних гравитационных волн и предупреждение землетрясений

Попель С.И., Дубинский А. Ю.

По материалам экспериментальных исследований волновых возмущений в атмосфере Земли до и после каждого из 52 значимых землетрясений, произошедших за период с 1997 по 2018 гг. в азиатском регионе, показано, что величины амплитуд внутренних гравитационных волн, источниками которых являются сейсмически активные регионы, на уровне порога насыщения могут использоваться для краткосрочной оценки времени наступления предстоящих сейсмических событий.

Оригинальная статья:

Адушкин В.В., Нифадьев В.И., Чен Б.Б., Попель С.И., Когай Г.А., Дубинский А. Ю., Вайдлер П.Г. Характеристики внутренних гравитационных волн и предупреждение землетрясений // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2020. Т. 493. № 2. С. 74-77 [DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524873299-303>] Q4; IF 0.594).

Пылевые ионно-звуковые ударные волны в лабораторной, ионосферной и астрофизической плазме

Попель С.И., Голубь А.П.

Представлены методы описания ионно-звуковых ударных волн в пылевой плазме. Описан новый вид пылевых ионно-звуковых ударных волн, связанных с аномальной диссипацией. Рассмотрены основные диссипативные процессы, связанные с процессами зарядки пылевых частиц, поглощением ионов пылевыми частицами, кулоновскими столкновениями ионов с пылевыми частицами, затуханием Ландау. Предложенные методы теоретического исследования позволяют объяснить все основные особенности пылевых ионно-звуковых ударных волн, наблюдаемых в лабораторных экспериментах. Такого рода ударные волны широко представлены в околоземной плазме и Вселенной. Их изучение возможно в активных ионосферных экспериментах типа Fluxus. Важными астрофизическими проблемами, в которых следует учитывать проявления рассмотренных ударных волн, могут служить ударные волны от сверхновых, эволюция местной межзвездной среды и т.д.

Оригинальная статья:

Лосева Т.В., Попель С.И., Голубь А.П. Пылевые ионно-звуковые ударные волны в лабораторной, ионосферной и астрофизической плазме // Физика плазмы. 2020. Т. 46. № 11. С. 1007-1025 [DOI: [10.31857/S0367292120110049](https://doi.org/10.31857/S0367292120110049)] квартиль Q4; IF 0.832.

Cosmological Inflation Based on the Uncertainty-Mediated Dark Energy

Ю.В. Думин

Рассмотрена так называемая “квази-экспоненциальная” космологическая модель, основанная на соотношении неопределённостей, которая характеризуется существенно более низким темпом расширения ранней Вселенной по сравнению с чисто экспоненциальной инфляцией. Проанализирована причинно-следственная структура пространства-времени с использованием общеизвестной методики конформных диаграмм. Оказывается, что хотя конкретные параметры конформных конусов причинности в предлагаемой модели имеют существенно иной вид, чем при чисто экспоненциальной инфляции, сами конформные диаграммы выглядят качественно так же, как и в стандартной инфляционной теории. А именно, конус причинности, развивающийся от момента Большого Взрыва, с подавляющей вероятностью охватывает собой весь конус пространства-времени, наблюдаемый, например, на момент рекомбинации (когда формируется спектр реликтового излучения) или на момент фазовых переходов полей Хиггса (когда возникает потенциальная возможность образования топологических дефектов). При этом во всей наблюдаемой на данный момент области пространства успевает произойти релаксация неоднородностей, которые могли бы существовать в момент Большого Взрыва. Следовательно, показано, что “квази-экспоненциальная” модель,

основанная на соотношении неопределённостей, может решить проблемы однородности и изотропии реликтового излучения, отсутствия топологических дефектов и т.п. столь же успешно, как и стандартный инфляционный сценарий.

Оригинальная статья:

Dumin Yu.V. Cosmological Inflation Based on the Uncertainty-Mediated Dark Energy // Gravitation and Cosmology. 2020. V. 26. No. 3. P. 259-264
[DOI: <https://doi.org/10.1134/S0202289320030068>]; квартиль Q4; IF 0.880.

Лямбда-возмущения кеплеровских орбит в расширяющейся Вселенной

Ю.В. Думин

Рассмотрена задача о движении пробного тела в поле тяготеющей массы, погружённой в космологический фон, создаваемый лямбда-членом. В отличие от предшествующих работ, в которых рассматривалась данная задача, где в качестве математической основы бралась стационарная метрика Котлера (или Эйнштейна–де Ситтера), не обладающая стандартной космологической асимптотикой Робертсона–Уолкера на бесконечности, что не позволяет получить стандартный хаббловский поток на больших расстояниях, предложено решение вышеупомянутой задачи с учётом адекватных граничных условий, т.е. воспроизводящих стандартный хаббловский поток на бесконечности. Имея такое решение, можно проследить, как модифицируется хаббловский поток при приближении к тяготеющему центру. В качестве математического аппарата использована модифицированная метрика Котлера, на основе которой получена система уравнений движения пробного тела и произведено её исследование как аналитическими, так и численными методами. Решения получены для ряда модельных ситуаций. Показано, что эффект хаббловского расширения не сводится к простому “наложению” на кеплеровское движение. Вместо этого имеет место их “интерференция”, сложным образом зависящая от параметров системы. В зависимости от значений характерных параметров возможна как ситуация, когда притяжение к тяготеющему центру почти полностью подавляет эффект Хаббла, так и режим движения по спирали, раскручивающейся со скоростью, близкой к скорости хаббловского потока на бесконечности.

Оригинальная статья:

Dumin Yu.V. Lambda Perturbations of Keplerian Orbits in the Expanding Universe // Gravitation and Cosmology. 2020. V. 26. No. 4. P. 307-315.
[DOI: <https://doi.org/10.1134/S0202289320040040>]; квартиль Q4; IF 0.880.

Межпланетная среда

(лаборатория 534)

Взаимодействие ускоренно движущегося слоя с облаком: образование хвостов и кумулятивных струй

Котова Г. Ю., Краснобаев К. В., Тагирова Р. Р.

Рассматриваются ускоренно движущиеся плотные слои и оболочки, которые возникают при истечении звездных ветров, расширении областей Н II и распространении ударных волн от взрывов сверхновых в межзвездной среде. Характерной особенностью оболочек является их неоднородная структура. Так в областях НII наблюдаются “узлы”, “пальцы”, “глобулы” и подобные объекты. Возникновение таких неоднородностей обычно объясняется либо развитием различных типов неустойчивостей, либо взаимодействием ионизационного-ударного фронта с ранее существовавшими сгустками и с турбулентной межзвездной средой. Сложность в определении конкретного сценария заключается в том, что различные механизмы могут привести к образованию структур, которые мало отличаются между собой морфологически. Тем не менее, проблемы разрушения облаков ударными волнами в настоящее время широко отражены в литературе. Гораздо меньше публикаций посвящено вопросам проникновения облаков в оболочки, граничащих с менее плотным нагретым газом. В настоящей работе, варьируя толщину слоя и параметры облака, определяются те значения плотности облака, его скорости и размера, при которых формируется кумулятивная струя и/или возникает эффект появления хвоста. Устанавливается критерий образования таких структур при взаимодействии слоя с облаком. Выполнено численное моделирование проникновения сгустков вещества (облака) в ускоренно движущийся слой конечной толщины. Показано, что кумулятивные струи могут возникать при наличии ускорения слоя. Исследовано влияние распределения плотности в сгустке и формы сгустка на образование кумулятивных струй. Найдено, что распределение плотности в облаке оказывает существенное влияние на форму кумулятивной струи. Для возникновения кумулятивной струи след за облаком не должен быстро заполняться веществом слоя. Иначе не образуется полость за центральной частью облака. Поэтому в случае однородного облака возникает лишь очень слабая струя. Также найдено, что если характерная толщина слоя не слишком велика по сравнению с масштабом облака, то возможно появление часто наблюдаемых «хвостов» плотного газа, проникающих в область НII. Установленные эффекты позволяют оценить параметры неоднородностей, существовавших в среде перед слоем до их взаимодействия с ним. Разработанная в работе модель применялась к области НII RCW 82. Согласно оценкам характерное время формирования кумулятивной струи около 0.15 млн лет. Это меньше возраста области НII RCW 82, который составляет около 0.4 млн лет. Из полученных оценок следует, что условия на периферии области НII RCW 82 благоприятны для проявления кумулятивных эффектов на масштабах около 0.05 пк, которые значительно меньше толщины слоя.

Оригинальная статья:

1. Kotova G. Y., Krasnobaev K. V. *Interaction of an accelerating layer with a cloud: formation of tails and cumulative jets // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.* — 2020. — Vol. 492. — P. 2229–2235. DOI: 10.1093/mnras/stz3604. IF 5.356, Q1.
2. Котова Г. Ю., Краснобаев К. В., Тагирова Р. Р. Влияние показателя адиабаты и радиационных процессов на взаимодействие газового уплотнения с ускоренно

Исследование астросферы вокруг голубого сверхгиганта ALS 19653

Гварамадзе В.В.

Получены глубокие оптические изображения астросферы вокруг голубого сверхгиганта ALS 19653. Проведенная нами ранее работа показала, что эта звезда окружена гантелеобразной ИК-туманностью и почти круговой оптической оболочкой с угловым радиусом около 0.5 минут (что соответствует примерно 0.2 пк). Также ранее была обнаружена слабая более протяженная оптическая туманность с угловым радиусом около 2.7 минут, центр которой совпадает с положением ALS 19653. Для подтверждения физической связи между ALS 19653 и внешней оболочкой были проведены наблюдения в узкополосных фильтрах Нальфа и [O III] на 61-см телескопе обсерватории Curiosity2 (США).

Полученное изображение показало, что внешняя туманность имеет почти круговую форму и что излучение от нее заполняет все пространство между ее внешним краем и центральной оболочкой. Было также обнаружено, что максимум яркости внешней туманности приходится на ее северо-восточный край и что ALS 19653 несколько смещена от центра туманности к ее более яркому краю, что может быть вызвано движением звезды относительно межзвездной среды. Для проверки этой возможности была определена пекулярная поперечная скорость звезды по ее собственному движению, измеренному спутником Gaia. Показано, что эта скорость равна 20 км/с и что звезда действительно движется в сторону более яркого края внешней оболочки. Это служит аргументом в пользу физической связи между звездой и оболочкой. Еще одним аргументом, подтверждающим эту связь, явилось обнаружение диффузного ИК-излучения, имеющего тот же угловой размер, что и внешняя оболочка.

Обнаружение двух концентрических оболочек вокруг ALS 19653 указывает на то, что эта звезда по крайней мере дважды переживала эпизоды повышенной потери вещества в последние примерно 10 000 лет. Подобные двухкомпонентные туманности были также обнаружены вокруг некоторых других звезд. Общей характеристикой этих объектов является то, что их внутренние туманности обладают осевой симметрией. Хотя механизмы, приводящие к образованию таких туманностей до конца не изучены, считается, что они связаны с нынешней или прошлой двойственностью центральных звезд туманностей.

Оригинальная статья:

Drudis J.M., Gvaramadze V.V., Research Notes of the American Astronomical Society: Two nested shells around the blue supergiant ALS 19653, Research Notes of the AAS, 2020, 4, 1; DOI: 10.3847/2515-5172/abbc11 (РФФИ 19-02-00779)

Определение пространственной скорости центральной звезды астросферы S308

Гварамадзе В.В.

Определена пространственная скорость звезды WR6, расположенной вблизи от геометрического центра околосредней туманности (астросферы) S308. WR6 является двойной звездой, состоящей из звезды Вольфа-Райе (с массой около 20 солнечных масс) и невидимого компонента (с массой 3-5 солнечных масс), вращающихся друг вокруг друга с периодом 3.7 дня. Цель проведенной работы -- показать, что WR6 является классической

«убегающей» звездой (то есть ее скорость больше 30 км/с) и проверить является ли звездное скопление Collinder 121 родительским для этой звезды.

На то, что WR6 является «убегающей» звездой указывает ее удаленность (около 380 пк) от плоскости нашей Галактики, что намного превышает полутолщину слоя (50 пк) внутри которого сосредоточены области массивного звездообразования, где эта звезда была образована и откуда она была выброшена. Определенная ранее на основе данных спутника Hipparcos поперечная скорость WR6 (23 км/с) была недостаточно высокой для уверенной классификации этой звезды как «убегающей». С появлением данных спутника Gaia появилась возможность заново определить эту скорость, которая с учетом уточненного расстояния до центра нашей Галактики (8.15 кпк) оказалась равной 34.2 км/с. Ориентация вектора этой скорости исключает связь между звездой и скоплением Collinder 121. Показано, что WR6 движется в сторону самой яркой части астросферы, что указывает на то, что уярчение астросферы связано с движением звезды. Исходя из того, что WR6 находится вблизи от геометрического центра астросферы и того, что астросфера имеет почти сферическую форму сделан вывод, что астросфера движется с той же пространственной скоростью, что и сама звезда. Это позволило определить полную пространственную скорость WR6 (около 40 км/с) по известной системной скорости астросферы. Кроме того, показано, что кинематический возраст WR6 в два раза превышает эволюционный возраст этой звезды. Из этого были сделаны выводы, что WR6 выглядит моложе из-за перетекания вещества с одного компонента двойной системы на другой (приведшего к эффективному омоложению системы) и что невидимый компаньон скорее всего является гелиевой звездой.

Оригинальная статья:

Gvaramadze V.V., Research Notes of the American Astronomical Society: WR6: a rejuvenated runaway star, Research Notes of the AAS, 2020, 4, 1; DOI: 10.3847/2515-5172/abceaf (РФФИ 19-02-00779)

Раздел «Научные исследования, поддержанные грантами РФФИ»

Спектроскопические измерения красных смещений 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 12 скоплений галактик, входящих во второй каталог источников Сюняева–Зельдовича обсерватории им. Планка.

Оригинальная статья/статьи:

*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 скоплений галактик, обнаруженных по данным обзора обсерватории им. Планка» Письма в Астрономический журнал, 46, №2, стр.79-91, (2020)
DOI:10.1134/S1063773720020048 IF=1.489, Q2 (поддержан РФФИ 18-12-00520)*

Поиск следов распада стерильного нейтрино по данным телескопа NuSTAR в центральном утолщении (балдже) Галактики

Р.А. Кривонос (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 использовалась модель боковой засветки телескопа NuSTAR, разработанная Р.А. Кривоносом, которая активно применяется, для задачи поиска следов распада стерильного нейтрино. В 2020 году были проанализированы два специализированных наблюдения области центрального утолщения (балджа) Галактики со смещением 10 градусов от галактической плоскости. Данные наблюдения были спланированы авторами публикации и одобрены комитетом по распределению наблюдательного времени телескопа NuSTAR. Наблюдения были выбраны так, чтобы с одной стороны избежать сильной паразитной засветки в центральной части балджа, а с другой стороны, чтобы провести измерения вблизи самой плотной области гало Темной Материи. Получены строгие ограничения на распад стерильного нейтрино с массой Темной Материи в диапазоне 5-20 кэВ, что соответствует стерильному нейтрино с массой 10-40 кэВ (Рисунок 1). Наиболее строгие ограничения были поставлены в диапазоне масс 10–12 кэВ, улучшая предыдущие

ограничения в этом диапазоне в ~ 2 раза. Полученные результаты были проверены методом Монте-Карло, который показал, что новые ограничения не подвержены влиянию систематического шума.

Оригинальная статья/статьи:

Б. Роак, К. Нг, К. Перец, Дж. Беаком, Ш. Хориучи, Кривонос Р., Д. Вук, “NuSTAR tests of sterile-neutrino dark matter: New Galactic bulge observations and combined impact”, *Physical Review D* (IF= 4.380), том 101, 10 (2020), Q1, <http://doi.org/10.1103/PhysRevD.101.103011>; <https://arxiv.org/abs/1908.09037>, (поддержана грантом РНФ 19-12-00396).

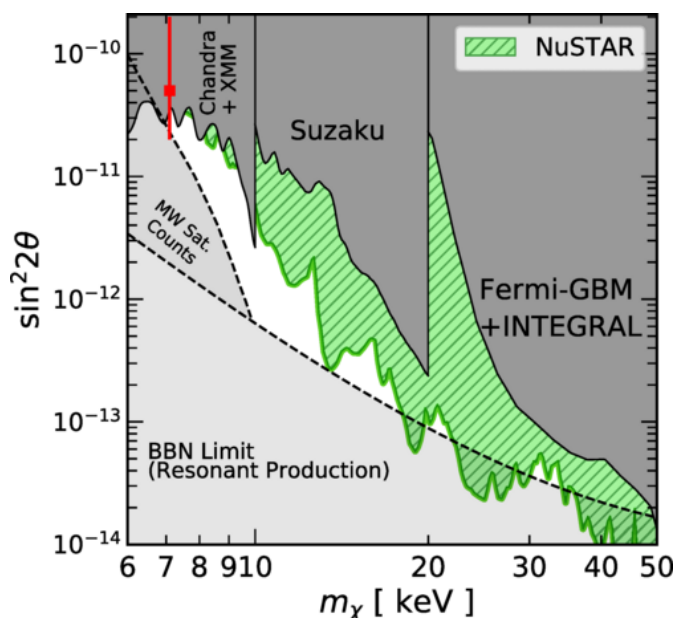


Рисунок 1 — Ограничения на пространство параметров «квадрат угла смешивания» - «масса стерильного нейтрино», полученные по данным телескопа НуСТАР в галактическом балдже (зеленая область).

«Телескоп СРГ/еРОЗИТА обнаружил квазар с самой большой рентгеновской светимостью на $z>6$ »

П. Медведев, С. Сазонов, М. Гильфанов, Р. Буренин, Г. Хорунжев, А. Мещяриков, Р. Сюняев

Рентгеновский обзор всего неба, проводимый с помощью телескопа еРОЗИТА обсерватории СРГ, благодаря его охвату и глубине, впервые предоставил возможность провести широкомасштабный поиск мощных рентгеновских квазаров в молодой Вселенной. Исследования таких объектов крайне важны, т.к. данные о количестве активно растущих сверхмассивных черных дыр на больших красных смещениях позволяют сильно ограничить модели их образования и лучше понять, как происходила повторная ионизация вещества во Вселенной.

В работе сообщается об открытии телескопом еРОЗИТА рентгеновского излучения от квазара на красном смещении $z=6$, что соответствует возрасту Вселенной около 900 миллионов лет. Этот квазар ранее уже был известен по наблюдениям в видимом и радиодиапазонах, но рентгеновское излучение от него зарегистрировано впервые. По данным телескопа еРОЗИТА, рентгеновская светимость квазара составляет около 3×10^{46} эрг/с, что в несколько раз превышает предыдущий рекорд для квазаров на $z>6$.

Болометрическая светимость квазара оказывается еще на порядок выше, $\sim 3 \times 10^{47}$ эрг/с, а масса черной дыры в этом объекте, вероятно, превышает $\sim 2 \times 10^9$ масс Солнца. Особый интерес представляет тот факт, что этот квазар является радиогромким. В статье высказана гипотеза, что его огромная рентгеновская светимость связана с обратным комптоновским рассеянием реликтового излучения Вселенной в релятивистских джетах. Этот процесс должен быть особенно важен в ранней Вселенной, где плотность энергии реликтового излучения в тысячи раз выше, чем в современную эпоху.

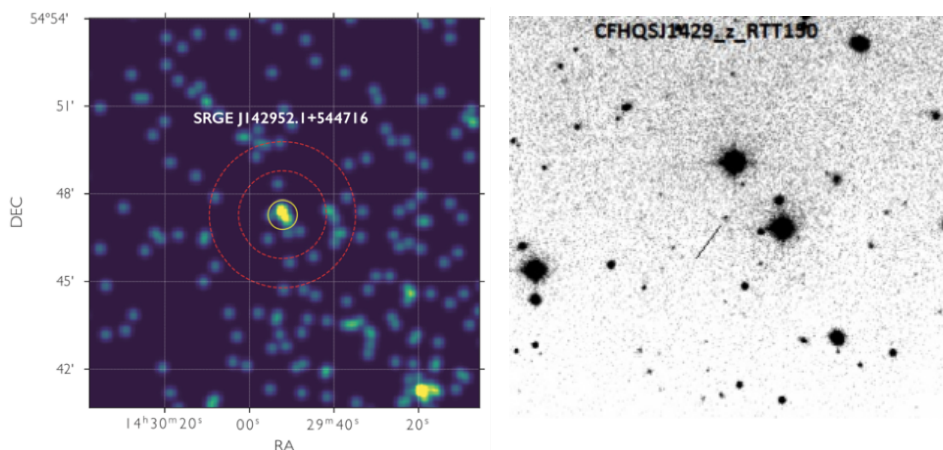


Рисунок 1 — Рентгеновское и оптическое изображения квазара на $z=6,2$ по данным телескопа eРОЗИТА обсерватории СРГ (слева) и телескопа РТТ-150 (справа). Фотоны от квазара на этих изображениях были испущены 12,8 миллиарда лет назад при аккреции вещества на черную дыру с массой не менее 2 миллиардов масс Солнца.

Оригинальная статья:

Medvedev, P., Sazonov S., Gilfanov M., Burenin R., Khorunzhev G., Meshcheryakov A., Sunyaev R., Bikmaev I., Irtuganov E., “SRG/eROSITA uncovers the most X-ray luminous quasar at $z>6$ ”, *MNRAS*, 497, 2, pp. 1842–1850 (2020), IF = 5.356, Q1 квартиль Web of Science, 10.1093/mnras/staa2051, (поддержана грантом РНФ 19-12-00396)

Взгляд обсерватории ИНТЕГРАЛ на активные ядра галактик

С.Ю. Сазонов, И.А. Мереминский

Активные ядра галактик (АЯГ) представляют собой одно из самых энергичных явлений во Вселенной. В последние два десятилетия обсерватория ИНТЕГРАЛ внесла значительный вклад в изучение таких объектов. Благодаря внегалактическим обзорам неба этой обсерватории все классы АЯГ, ранее обнаруженных в мягких рентгеновских лучах (в диапазоне 2-10 кэВ), теперь удалось обнаружить и на более высоких энергиях. К настоящему времени каталогизировано около 450 АЯГ по данным обсерватории ИНТЕГРАЛ, и заметная часть из них — это либо объекты, впервые зарегистрированные на высоких энергиях, либо новые АЯГ. Высокоэнергичный диапазон (20-200 кэВ) дает новые возможности для спектральных исследований АЯГ и является наиболее подходящим для популяционных исследований АЯГ, поскольку в нем менее всего сказывается поглощение, препятствующее исследованиям на других частотах. Накопленные за много лет данные обсерватории ИНТЕГРАЛ позволили изучить спектры АЯГ на высоких энергиях, исследовать их поглощающие свойства, проверить схему объединения АЯГ и провести популяционные исследования. В обзоре представлены основные результаты и отмечен

вклад обсерватории ИНТЕГРАЛ в изучение разных классов АЯГ. Обсуждается взаимосвязь с исследованиями АЯГ на других длинах волн, в частности, в слабоизученном ГэВ/ТэВ диапазоне.

Оригинальная статья:

Malizia A., Sazonov S., Bassani L., Pian E., Beckmann V., Molina M., Mereminskiy I., Belanger G. «*INTEGRAL View of AGN*», *New Astronomy Reviews*, (2020), vol. 90, p. 101545, IF=5.143. (при поддержке гранта РНФ 19-12-00396)

Наблюдательное исследование необычной эмиссионной области в группе галактик А.В. Мусеев

Выяснена природа гигантской (диаметром 6-8 кпк) области излучения в линии $H\alpha$, открытой в ходе обзора SDSS-IV MaNGA, расположенной между двумя галактиками раннего типа («объект Тоторо»). Анализ новых наблюдений, выполненных на 6-м телескопе САО РАН, телескопе CFHT, радиоинтерферометре NOEMA, а также архивных рентгеновских данных Chandra, показал, что в пространственно близкой области одновременно сосуществуют горячий (X-ray), теплый ($H\alpha$) и холодный молекулярный (CO) газ. Из всех предложенных сценариев, наблюдаемая картина объясняется только в предположении, что обнаруженная область связана с охлаждением межгалактической среды. А её смещение относительно центра главной галактики группы (VII Zw 700) вызвано процессом слияния двух близких групп галактик.

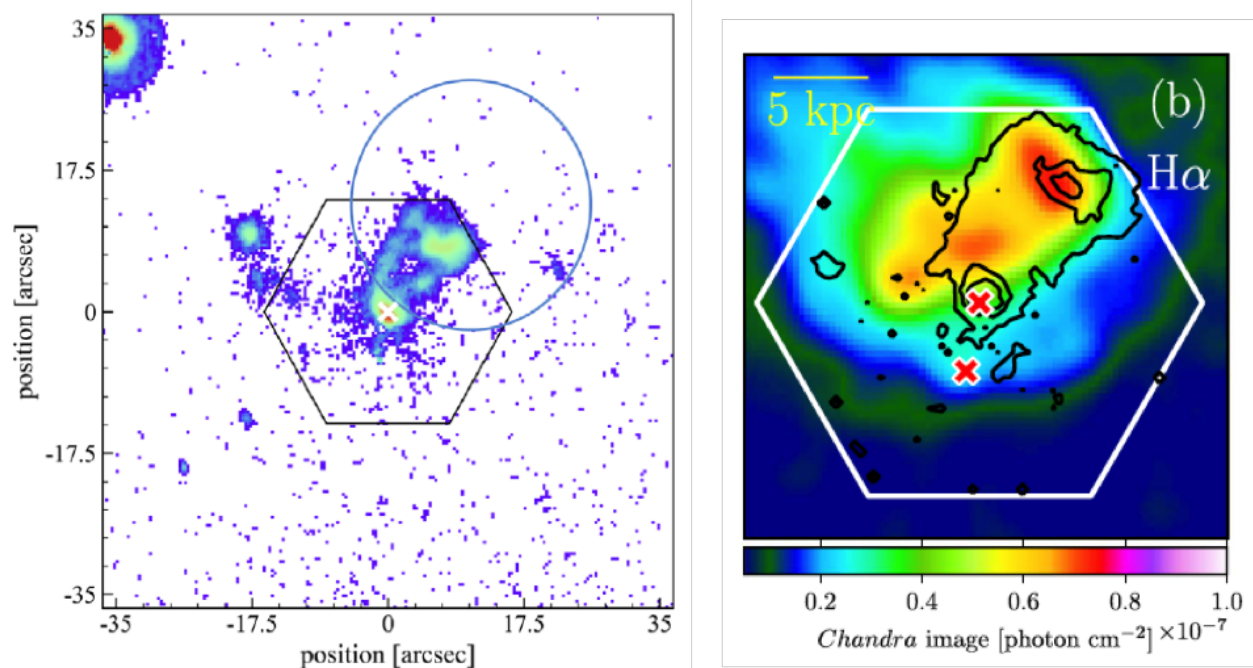


Рисунок 1 — Глубокое H изображение VII Zw 700 (слева), полученное на 6-м телескоп САО РАН (SCORPIO-2) изображение на 0.5-2 keV (Chandra). Шестигранником показано поле зрения интегрально-полевого блока SDSS MaNGA.

Оригинальная статья:

Hsi-An Pan, Lihwai Lin, Bau-Ching Hsieh, Michal J. Michalowski, Matthew S. Bothwell, Song Huang, Alexei V. Moiseev et al., "SDSS-IV MaNGA: The Nature of an Off-galaxy H α Blob—A Multiwavelength View of Offset Cooling in a Merging Galaxy Group", ApJ, 2020, Volume 903, Issue 1, id.16, 17 pp., IF = 5.745, Q1, DOI: 10.3847/1538-4357/abb80c , (поддержана грантом РФФ 17-12-01335 CAO РАН)

Влияние поляризации первичного излучения на свойства рентгеновского эхо исторических 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. Обычным упрощающим предположением при этом является отсутствие поляризации первичного излучения вспышки. Тем не менее, изучение инфракрасного излучения современных вспышек показывает достаточно высокий уровень поляризации. Если исторические вспышки имели похожую природу, то они также могли характеризоваться значительной долей линейной поляризации. Было впервые рассмотрено влияние поляризации первичного излучения вспышки на глобальные свойства рентгеновского эха, в т.ч. на распределение интенсивности, степени и направления поляризации в отраженном континууме, в рамках парадигмы "короткой вспышки". Текущие карты отраженного рентгеновского излучения использованы для проверки возможностей обсерватории IXPE по выявлению возможных отклонений от базовой модели в виде частичной линейной поляризации первичного излучения вспышки. Показано, что в случае поляризации первичного излучения вспышки отраженное рентгеновское излучение может характеризоваться сложным пространственным распределением интенсивности, степени и направления поляризации в рассеянном континууме. Облака, проецирующиеся вблизи центрального источника наилучшим образом подходят для выяснения подобной ситуации и исключения неполяризованного первичного источника. Впервые предложена возможность комбинировать поляризационную информацию с измерением относительной интенсивности (эквивалентной ширины) флуоресцентной линии железа для различения случаев поляризованного изотропного и неполяризованного коллимированного источника. Разработанный формализм позволит провести анализ данных в систематическом ключе и приблизиться к пониманию механизмов, ответственных за исторические вспышки Sgr A*.

Оригинальная статья:

Khabibullin I., Churazov E., Sunyaev R., (2020), MNRAS, 498, 4379, "Impact of intrinsic polarization of Sgr A historical flares on (polarization) properties of their X-ray echoes" MNRAS (IF = 5.194, Q1), принята к публикации, (поддержана грантом РФФ 19-12-00369)*

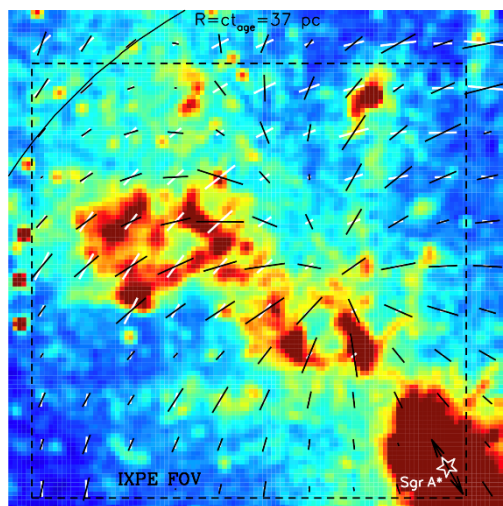


Рисунок 1 — Иллюстрация ожидаемой картины поляризации отраженного рентгеновского излучения в случае поляризованного первичного источника (черные линии, длина пропорциональна степени поляризации, направление соответствует проекции электрического вектора) в сравнении со случаем неполяризованного источника (белые линии). Цветовая карта показывает распределение поверхностной яркости излучения по данным обсерватории Chandra, квадратная область иллюстрирует размер поля зрения картирующего поляриметра IXPE.

Измерения красных смещений галактик в скоплениях методом многоцелевой спектроскопии на 1.5-м телескопе РТТ-150

И.М. Хамитов, И.Ф. Бикмаев, Р.А. Буренин, М.В. Глушков, С.С. Мельников, А.Р. Ляпин

Представлен пример одновременного спектроскопического измерения красных смещений большого числа галактик в скоплении методом многообъектной спектроскопии, при помощи спектрографа среднего и низкого разрешения ТФОСК, на 1.5-м Российско-Турецком Телескопе (РТТ-150). Получены измерения красных смещений галактик скопления 0301.6+0156, расположенного на $z = 0.17057 \pm 0.0004$, обнаруженного ранее по наблюдению сигнала Сюняева-Зельдовича в обзоре всего неба обсерватории им. Планка. В одном наблюдении с экспозицией 3 часа получены спектры 16 галактик скопления, 9 из которых определены как эллиптические и для них произведены высококачественные измерения красных смещений. Показано, что при помощи спектрографа ТФОСК с использованием многообъектных масок в одном наблюдении можно измерять красные смещения галактик с величинами до $m_r = 20.0$, число которых в поле спектрографа может составить до нескольких десятков, в зависимости от богатства и расстояния до скопления. Такие измерения могут потребоваться для уточнения красных смещений скоплений, а также для оценок их масс динамическим способом.

Оригинальная статья/статьи:

И.М.Хамитов, И.Ф.Бикмаев, Р.А.Буренин, М.В.Глушков, С.С.Мельников, А.Р.Ляпин
 «Измерения красных смещений галактик в скоплениях методом многоцелевой спектроскопии на 1.5-м телескопе РТТ-150» Письма в Астрономический журнал, 46, №1, стр.1-11, (2020) DOI:10.1134/S106377372001003X IF=1.489, Q2
 (поддержан РНФ 18-12-00520)

Первые далекие рентгеновские квазары, открытые телескопом *еРОЗИТА* в ходе глубокого обзора области Дыры Локмана и первого обзора неба обсерватории *СРГ*, тема Вселенная

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

Данным результатам посвящены две первые статьи по данным наблюдений рентгеновский обсерватории *СРГ*. В первой статье рассказывается об открытии в рентгеновском и видимом диапазоне двух квазаров на красных смещениях $z \sim 4$ в обзоре Дыры Локмана. Проведенные на 1.6-метровом телескопе АЗТ-33ИК Саянской обсерватории спектроскопические наблюдения первых двух кандидатов в далекие квазары подтвердили, что эти объекты действительно объекты на красных смещениях 3.878 и 4.116 и характеризуются высокой рентгеновской светимостью порядка 10^{45} эрг/с в диапазоне 2–10 кэВ. С помощью системы отождествления *SRGz* удалось верно указать на оптические компаньоны рентгеновских источников и с хорошей точностью определить их фотометрическое красное смещение. Во второй работе обсуждаются результаты первых спектроскопических наблюдений на 1.5-м Российско-Турецком телескопе: обнаружение новых рентгеновских квазаров на $z > 3$ в обзоре неба. Полученные результаты демонстрируют высокую эффективность работы системы отождествления, классификации рентгеновских источников и практические возможности комплекса наземной оптической поддержки обсерватории *СРГ*.

Оригинальная статья/статьи:

Г.А.Хорунжеев, А.В.Мещеряков, Р.А.Буренин, А.Р.Ляпин, П.С.Медведев, С.Ю.Сазонов, М.В.Еселевич, Р.А.Сюняев, М.Р.Гильфанов “Первые далекие рентгеновские квазары ($z \sim 4$) среди источников, открытых телескопом *еРОЗИТА* орбитальной обсерватории *СРГ* в ходе глубокого обзора области Дыры Локмана” *Письма в Астрономический журнал*, (2020), 46,3 (*Astron. Lett.* 46, 149–155 (2020)) *IF* = 1.489, *Q2*
<https://doi.org/10.1134/S1063773720030032>

И.Ф. Бикмаев, Э.Н. Иртуганов, Е.А. Николаева, Н.А. Сахибуллин, Р.И. Гумеров, А.С. Склянов, М.В. Глушков, В.Д. Борисов, Р.А. Буренин, И.А. Зазнобин, Р.А. Кривонос, А.Р. Ляпин, П.С. Медведев, А.В. Мещеряков, С.Ю. Сазонов, Р.А. Сюняев, Г.А. Хорунжеев, М.Р. Гильфанов, “Спектроскопическое определение красных смещений выборки далеких квазаров обсерватории *СРГ* по наблюдениям на *РТТ-150*. I” *Письма в Астрономический журнал*, 46, №10, стр.689-701, 2020 *IF*=1.489, *Q2*
<http://dx.doi.org/10.31857/S0320010820100046> (поддержана РНФ 18-12-00520.)

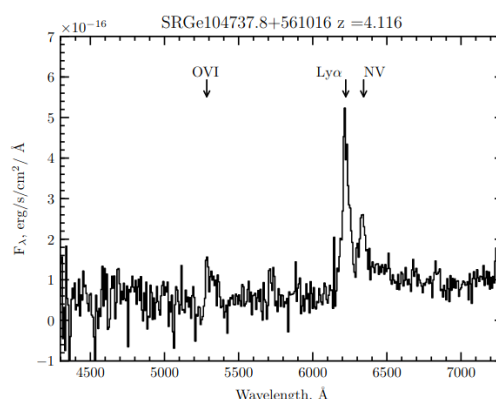
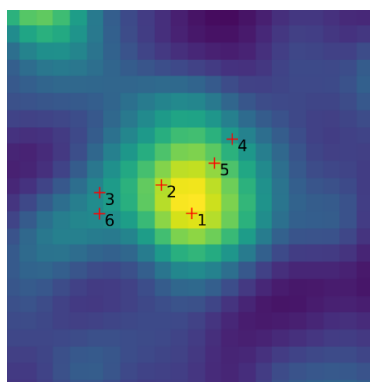


Рисунок 1 — Слева показана карта рентгеновских фотонов рентгеновского телескопа *СРГ/еРОЗИТА*. Крестиками отмечены положения оптических компаньонов. Цифрой «1» показан наиболее вероятный оптический компаньон, который оказался квазаром на $z=4.116$. Справа показан спектр этого наиболее вероятного оптического компаньона, полученный на 1.6-метровом телескопе АЗТ-33ИК.

Ударные волны в скоплениях галактик

Е. Чуразов

Показано, что ударные волны, возникающие в процессе слияния скоплений с менее массивными скоплениями и группами галактик, способны достичь периферийных областей скопления далеко за пределами традиционной аккреционной ударной волны. Другими интересными результатами стали (1) вывод, что можно пытаться использовать слабые ударные волны в скоплениях для определения топологии магнитных полей и (2) вывод, что данные интерферометра АСА могут быть использованы для достоверности детектирования скоплений в рентгеновском диапазоне, что особенно важно для проекта СРГ.

Komarov S., Reynolds C., Churazov E. "Propagation of weak shocks in cool-core galaxy clusters in two-temperature magnetohydrodynamics with anisotropic thermal conduction", *MNRAS*, 497,1442 (2020) IF: 5.356, Q1, <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/staa1986> (поддержана грантом РФФИ 19-12-00369)

Di Mascolo L., Mroczkowski T., Churazov E., Moravec E., Brodwin M., Gonzalez A., Decker B. B., Eisenhardt P. R. M., Stanford S. A., Stern D., Sunyaev R., Wylezalek D. "The Massive and Distant Clusters of WISE Survey. SZ effect of Verification with the Atacama Compact Array - Localization and Cluster Analysis", *A&A*, 638 (2020) IF: 5.636, Q1, <http://dx.doi.org/10.1051/0004-6361/202037818> (поддержана грантом РФФИ 19-12-00369)

Zhang C., Churazov E., Dolag K., Forman W. R., Zhuravleva I. "Collision of merger and accretion shocks: formation of Mpc-scale contact discontinuity in the Perseus cluster", *MNRAS*, 498,L134 (2020) IF: 5.356, Q1, <http://dx.doi.org/10.1093/mnrasl/slaa147> (поддержана грантом РФФИ 19-12-00369)

Zhang C., Churazov E., Dolag K., Forman W. R., Zhuravleva I. "Encounters of merger and accretion shocks in galaxy clusters and their effects on intracluster medium", *MNRAS*, 494,4547 (2020) IF: 5.356, Q1, <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/staa1013> (поддержана грантом РФФИ 19-12-00369)

Zhang C., Churazov E., Zhuravleva I. "Pairs of Giant Shock Waves (N-Waves) in Merging Galaxy Clusters", *MNRAS*.tmp (2020) IF: 5.356, Q1, DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/staa3718> (поддержана грантом РФФИ 19-12-00369)

Xie C., van Weeren R. J., Lovisari L., Andrade-Santos F., Botteon A., Brüggen M., Bulbul E., Churazov E., Clarke T. E., Forman W. R., Intema H. T., Jones C., Kraft R. P., Lal D. V., Mroczkowski T., Zitrin A. "The discovery of radio halos in the frontier fields clusters Abell S1063 and Abell 370", *A&A*, 636 (2020) IF: 5.636, Q1, DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/0004-6361/201936953>

Нагрев астрофизической плазмы нейтральным пучком вблизи компактных объектов

Е. Чуразов, И.Хабибуллин, Р.Сюняев

Предложена новая модель нагрева межзвездной среды пучками нейтральных атомов, двигающимися с почти релятивистскими скоростями. Подобная ситуация может возникать вблизи компактных объектов, аккрецирующих вещество с темпом, превышающим Эддингтоновский.

Churazov E., Khabibullin I., Sunyaev R. "Does Nature use neutral beams for interstellar plasma heating around compact objects?", *MNRAS*, 495, L55 (2020) IF: 5.356, Q1, <http://dx.doi.org/10.1093/mnrasl/slaa053> (поддержана грантом РФФИ 19-12-00369)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Публикации по теме ВСЕЛЕННАЯ (33)

Всего научных публикаций в 2020г: 52 (без трудов конференций и телеграмм)

В том числе в зарубежных изданиях: 42 (из них 16 РНФ)

Статьи в отечественных рецензируемых журналах: 10 (из них 3 РНФ)

статьи в сборниках и материалах конференций: 3

Телеграммы: 14

Статьи в научно - популярных изданиях: 0

Выполнены при поддержке грантов РНФ: 19

Публикации в российских журналах

- 1) Н.П.Семена, М.В.Бунтов “ Обеспечение теплового режима космического рентгеновского телескопа методом поиска оптимальных решений”, *Тепловые процессы в технике*. (2020). Т. 12. №8. С. 388–370 (DOI: 10.34759/trt-2020-12-8-358-370)
- 2) Гребенев А.С., Дворкович Ю.А., Князева В.С., Остащенко К.Д., Гребенев С.А., Мереминский И.А., Просветов А.В. “Морфология кривых блеска рентгеновских новых H 1743-322 и GX 339-4 во время их вспышек в период 2005-2019 гг.”, *Письма в Астрономический журнал*, (2020), 46, 231-251 (*Astron. Lett.*, 2020, 46, 205-223; IF=1.489, Q2; [astro-ph:2009.09314](https://doi.org/10.1007/s10637-020-09314-4))
- 3) Белкин С.О., Позаненко А.С., Мазаева Е.Д., Вольнова А.А., Минаев П.Ю., Томинага Н., Гребенев С.А., Человеков И.В., Бакли Д., Блинные С.И., Вольвач А.Е., Вольвач Л.Н., Инасаридзе Р.Я., Клунко Е.В., Молотов И.Е., Рева И.Е., Румянцев В.В., Честнов Д.Н. “Многоволновые наблюдения гамма-всплеска GRB 181201A и обнаружение связанной с ним сверхновой”, *Письма в Астрономический журнал*, (2020), 46, 839-867 (*Astron. Lett.*, (2020), 46, IF=1.489, Q2)
- 4) Г.А.Хорунжеев, А.В.Мещеряков, Р.А.Буренин, А.Р.Ляпин, П.С.Медведев, С.Ю.Сазонов, М.В.Еселевич, Р.А.Сюняев, М.Р.Гильфанов “Первые далекие рентгеновские квазары ($z \sim 4$) среди источников, открытых телескопом eROSITA орбитальной обсерватории СРГ в ходе глубокого обзора области Дыры Локмана” *Письма в Астрономический журнал*, (2020), 46,3 (*Astron. Lett.* 46, 149–155 (2020)) IF =1.489, Q2 <https://doi.org/10.1134/S1063773720030032>
- 5) Попель С.И., Голубь А.П., Дольников Г.Г., Захаров А.В., Карташева А.А. *Потоки пылевых частиц в системе Марса // Письма в ЖТФ*. (2020). Т. 46. № 16. С. 32-34 [DOI: 10.21883/PJTF.2020.16.49851.18264], Q4; IF 0.791

- 6) Адушкин В.В., Нифадьев В.И., Чен Б.Б., Попель С.И., Когай Г.А., Дубинский А. Ю., Вайдлер П.Г. Характеристики внутренних гравитационных волн и предупреждение землетрясений // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. (2020) Т. 493. № 2. С. 74-77 [DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524873299-303>] Q4; IF 0.594)
- 7) Лосева Т.В., Попель С.И., Голубь А.П. Пылевые ионно-звуковые ударные волны в лабораторной, ионосферной и астрофизической плазме // Физика плазмы. (2020) Т. 46. № 11. С. 1007-1025 [DOI: 10.31857/S0367292120110049], Q4; IF 0.832.

С поддержкой РНФ

- 1) 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 скоплений галактик, обнаруженных по данным обзора обсерватории им. Планка» Письма в Астрономический журнал, 46, №2, стр.79-91, (2020) DOI:10.1134/S1063773720020048 IF=1.489, Q2 (поддержан РНФ 18-12-00520)
- 2) И.М.Хамитов, И.Ф.Бикмаев, Р.А.Буренин, М.В.Глушков, С.С.Мельников, А.Р.Ляпин «Измерения красных смещений галактик в скоплениях методом многощелевой спектроскопии на 1.5-м телескопе РТТ-150 » Письма в Астрономический журнал, 46, №1, стр.1-11, (2020) DOI:10.1134/S106377372001003X IF=1.489, Q2 (поддержан РНФ 18-12-00520)
- 3) И.Ф. Бикмаев, Э.Н. Иртуганов, Е.А. Николаева, Н.А. Сахибуллин, Р.И. Гумеров, А.С. Склянов, М.В. Глушков, В.Д. Борисов, Р.А. Буренин, И.А. Зазнобин, Р.А. Кривонос, А.Р. Ляпин, П.С. Медведев, А.В. Мецераков, С.Ю. Сазонов, Р.А. Сюняев, Г.А. Хорунжеев, М.Р. Гильфанов, “ Спектроскопическое определение красных смещений выборки далеких квазаров обсерватории СРГ по наблюдениям на РТТ-150. I ” Письма в Астрономический журнал, 46, №10, стр.689-701, (2020) IF=1.489, Q2 <http://dx.doi.org/10.31857/S0320010820100046> (поддержана РНФ 18-12-00520)

Публикации в иностранных журналах

- 1) Larchenkova T.I., Lyskova N.S., Petrov L., Lutovinov A.A. "Influence of the Galactic Gravitational Field on the Positional Accuracy of Extragalactic Sources. II. Observational Appearances and Detectability", *ApJ* 898, 51, (2020), IF =5.745, Q1, DOI:<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab989b>
- 2) Sazonov S., Paizis A., Bazzano A., Chelovekov I., Khabibullin I., Postnov K., Mereminskiy I., Fiocchi M., Bélanger G., Bird A.J., Bozzo E., Chenevez J., Del Santo M., Falanga M., Farinelli R., Ferrigno C., Grebenev S., Krivonos R., Kuulkers E., Lund N., Sanchez-Fernandez C., Tarana A., Ubertini P., Wilms J. «The Galactic LMXB Population and the Galactic Centre Region», *New Astronomy Reviews* (2020), vol. 88, p. 101536, (IF=5.143, Q1) DOI: 10.1016/j.newar.2020.101536
- 3) Wyrzykowski, L., Mroz, P., Rybicki, K.A., ...Burenin, R.A., ...Grebenev, S.A., ...`Full Orbital Solution for the Binary System in the Northern Galactic Disk Microlensing Event Gaia16aye", *Astronomy & Astrophysics*, (2020), 633, A98 (IF=5.636, Q1) DOI: 10.1051/0004-6361/201935097
- 4) Kretschmar, P., Fuerst, ...Grebenev, S.A., ...`Advances in Understanding High-Mass X-ray Binaries with INTEGRAL and Future Directions", *New Astronomy Reviews*, (2020), 86, 101546 (IF=4.200, Q1)
- 5) Isern, J., Hernanz, M., Bravo, E., Grebenev, S., Jean, P., Renaud, M., Siegert, T., Vink, J. `Synthesis of radioactive elements in novae and supernovae and their use as a diagnostic tool", *New Astronomy Reviews*, (2020), 101606 (IF=4.200, Q1)
- 6) Xie C., van Weeren R. J., Lovisari L., Andrade-Santos F., Botteon A., Brüggén M., Bulbul E., Churazov E., Clarke T. E., Forman W. R., Intema H. T., Jones C., Kraft R. P., Lal D. V., Mroczkowski T., Zitrin A. "The discovery of radio halos in the frontier fields clusters Abell S1063 and Abell 370", *A&A*, 636 (2020) IF: 5.636, Q1, DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/0004-6361/201936953>
- 7) Churazov E., Bouchet L., Jean P., Jourdain E., Knödlseider J., Krivonos R., Roques J.-P., Sazonov S., Siegert T., Strong A., Sunyaev R. "INTEGRAL results on the electron-positron annihilation radiation and X-ray & Gamma-ray diffuse emission of the Milky Way", *NewAR*, 90 (2020) IF: 4.2, Q, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.newar.2020.101548>
- 8) Dumin Yu.V. Cosmological Inflation Based on the Uncertainty-Mediated Dark Energy // *Gravitation and Cosmology*. (2020). V. 26. No. 3. P. 259 Q4; IF 0.880 DOI:10.1134/S0202289320030068
- 9) Dumin Yu.V. Lambda Perturbations of Keplerian Orbits in the Expanding Universe // *Gravitation and Cosmology*. (2020) V. 26. No. 4. P. 307-315. [DOI: <https://doi.org/10.1134/S0202289320040040>]; Q4; IF 0.880

- 10) Kotova G. Y., Krasnobaev K. V. *Interaction of an accelerating layer with a cloud: formation of tails and cumulative jets // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.* (2020) Vol. 492, P. 2229 DOI: 10.1093/mnras/stz3604. Impact Factor 5.356, Q1
- 11) Drudis J.M., Gvaramadze V.V., *Two nested shells around the blue supergiant ALS 19653, Research Notes of the AAS,* (2020), 4, 1; DOI: 10.3847/2515-5172/abbc11
- 12) Gvaramadze V.V., *WR6: a rejuvenated runaway star, Research Notes of the AAS,* (2020) 4, 1; DOI: 10.3847/2515-5172/abceaf
- 13) Kulsrud, Russell M., Sunyaev, Rashid "Anomalous diffusion across a tera-Gauss magnetic field in accreting neutron stars." *Journal of Plasma Physics* 86 (2020) IF: 5.636, Q1, doi:10.1017/S0022377820001026
- 14) Planck Collaboration, Aghanim N., Akrami Y. ... Sunyaev R., ... "Planck 2018 results. XII. Galactic astrophysics using polarized dust emission", *Astronomy and Astrophysics*, 641 (2020), IF: 5.636, Q1, DOI:10.1051/0004-6361/201833885
- 15) Planck Collaboration, Akrami Y., Arroja F., ... Sunyaev R., ... "Planck 2018 results. X. Constraints on inflation", *Astronomy and Astrophysics*, 641 (2020), IF: 5.636, Q1, DOI:10.1051/0004-6361/201833887
- 16) Planck Collaboration, Akrami Y., Arroja F., ... Sunyaev R., ... "Planck 2018 results. IX. Constraints on primordial non-Gaussianity", *Astronomy and Astrophysics*, 641 (2020), IF: 5.636, Q1, DOI:10.1051/0004-6361/201935891
- 17) Planck Collaboration, Aghanim N., Akrami Y., ... Sunyaev R., ... "Planck 2018 results. VIII. Gravitational lensing", *Astronomy and Astrophysics*, 641 (2020), IF: 5.636, Q1, DOI:10.1051/0004-6361/201833886
- 18) Planck Collaboration, Akrami Y., Ashdown M., ... Sunyaev R., ... "Planck 2018 results. VII. Isotropy and statistics of the CMB", *Astronomy and Astrophysics*, 641 (2020), IF: 5.636, Q1, DOI:10.1051/0004-6361/201935201
- 19) Planck Collaboration, Aghanim N., Akrami Y., ... Sunyaev R., ... "Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters", *Astronomy and Astrophysics*, 641 (2020), IF: 5.636, Q1, DOI:10.1051/0004-6361/201833910

- 20) *Planck Collaboration, Aghanim N., Akrami Y., ... Sunyaev R., ... "Planck 2018 results. V. CMB power spectra and likelihoods", Astronomy and Astrophysics, 641 (2020), IF: 5.636, Q1, DOI:10.1051/0004-6361/201936386*

- 21) *Planck Collaboration, Aghanim N., Akrami Y., ... Sunyaev R., ... "Planck 2018 results. III. High Frequency Instrument data processing and frequency maps", Astronomy and Astrophysics, 641 (2020), IF: 5.636, Q1, DOI:10.1051/0004-6361/201832909*

- 22) *Planck Collaboration, Aghanim N., Akrami Y., ... Sunyaev R., ... "Planck 2018 results. I. Overview and the cosmological legacy of Planck", Astronomy and Astrophysics, 641 (2020), IF: 5.636, Q1, DOI:10.1051/0004-6361/201833880*

- 23) *Mereghetti S., Savchenko V., Ferrigno C., Götz D., Rigoselli M., Tiengo A., Bazzano A., Bozzo E., Coleiro A., Courvoisier T. J.-L., Doyle M., Goldwurm A., Hanlon L., Jourdain E., von Kienlin A., Lutovinov A., Martin-Carrillo A., Molkov S., Natalucci L., Onori F., Panessa F., Rodi J., Rodriguez J., Sánchez-Fernández C., Sunyaev R., Ubertini P., "INTEGRAL Discovery of a Burst with Associated Radio Emission from the Magnetar SGR 1935+2154", The Astrophysical Journal, 898 (2020), IF =5.745, Q1, DOI:10.3847/2041-8213/aba2cf*

- 24) *Mazzali P. A., Bikmaev I., Sunyaev R., Ashall C., Prentice S., Tanaka M., Irtuganov E., Melnikov S., Zhuchkov R., "The intermediate nebular phase of SN 2014J: onset of clumping as the source of recombination", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 494 (2020), IF = 5.356, Q1, DOI:10.1093/mnras/staa839*

- 25) *Predehl P., Sunyaev R. A., Becker W., Brunner H., Burenin R., Bykov A., Cherepashchuk A., Chugai N., Churazov E., Doroshenko V., Eismont N., Freyberg M., Gilfanov M., Haberl F., Khabibullin I., Krivonos R., Maitra C., Medvedev P., Merloni A., Nandra K., Nazarov V., Pavlinsky M., Ponti G., Sanders J. S., Sasaki M., Sazonov S., Strong A. W., Wilms J., "Detection of large-scale X-ray bubbles in the Milky Way halo", Nature, 588 (2020), IF=42.778, Q1, DOI:10.1038/s41586-020-2979-0*

- 26) *Popović, L. Č.; Afanasiev, V. L.; Moiseev, A.; Smirnova, A.; Simić, S.; Savić, Dj.; Mediavilla, E. G.; Fian, C., "Spectroscopy and polarimetry of the gravitationally lensed quasar SDSS J1004+4112 with the 6m SAO RAS telescope", (2020), A&A, Volume 634, id.A27, 16 pp., IF =5.636, Q1, DOI: 10.1051/0004-6361/201936088*

С поддержкой РФФ

- 1) Б. Роак, К. Нг, К. Перец, Дж. Беаком, Ш. Хориучи, Кривонос Р., Д. Вук, “NuSTAR tests of sterile-neutrino dark matter: New Galactic bulge observations and combined impact”, *Physical Review D* (2020) том 101, 10 (IF= 4.380, Q1), <http://doi.org/10.1103/PhysRevD.101.103011> (поддержана грантом РФФ 19-12-00396)
- 2) Medvedev, P., Sazonov S., Gilfanov M., Burenin R., Khorunzhev G., Meshcheryakov A., Sunyaev R., Bikmaev I., Irtuganov E., “SRG/eROSITA uncovers the most X-ray luminous quasar at $z>6$ ”, *MNRAS*, (2020) 497, 2, pp. 1842–1850, IF = 5.356, Q1, DOI: 10.1093/mnras/staa2051, (поддержана грантом РФФ 19-12-00396)
- 3) Malizia A., Sazonov S., Bassani L., Pian E., Beckmann V., Molina M., Mereminskiy I., Belanger G. «INTEGRAL View of AGN», *New Astronomy Reviews*, (2020), vol. 90, p. 101545, IF=5.143. Q1 (при поддержке гранта РФФ 19-12-00396)
- 4) Hsi-An Pan, Lihwai Lin, Bau-Ching Hsieh, Michal J. Michalowski, Matthew S. Bothwell, Song Huang, Alexei V. Moiseev et al., “SDSS-IV MaNGA: The Nature of an Off-galaxy Ha Blob—A Multiwavelength View of Offset Cooling in a Merging Galaxy Group”, *ApJ*, (2020), Volume 903, Issue 1, id.16, 17 pp., IF = 5.745, Q1, DOI: 10.3847/1538-4357/abb80c, (поддержана грантом РФФ 17-12-01335)
- 5) Khabibullin I., Churazov E., Sunyaev R., "Impact of intrinsic polarization of Sgr A* historical flares on (polarization) properties of their X-ray echoes" (2020), *MNRAS*, 498, 4379, (IF = 5.194, Q1), принята к публикации, (поддержана грантом РФФ 19-12-00369)
- 6) Komarov S., Reynolds C., Churazov E. "Propagation of weak shocks in cool-core galaxy clusters in two-temperature magnetohydrodynamics with anisotropic thermal conduction", *MNRAS*, 497,1442 (2020) IF: 5.356, Q1, <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/staa1986> (поддержана грантом РФФ 19-12-00369)
- 7) Di Mascolo L., Mroczkowski T., Churazov E., Moravec E., Brodwin M., Gonzalez A., Decker B. B., Eisenhardt P. R. M., Stanford S. A., Stern D., Sunyaev R., Wylezalek D. "The Massive and Distant Clusters of WISE Survey. SZ effect of Verification with the Atacama Compact Array - Localization and Cluster Analysis", *A&A*, 638 (2020) IF: 5.636, Q1, <http://dx.doi.org/10.1051/0004-6361/202037818> (поддержана грантом РФФ 19-12-00369)
- 8) Zhang C., Churazov E., Dolag K., Forman W. R., Zhuravleva I. "Collision of merger and accretion shocks: formation of Mpc-scale contact discontinuity in the Perseus cluster", *MNRAS*, 498,L134 (2020) IF: 5.356, Q1, <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/slaa147> (поддержана грантом РФФ 19-12-00369)

- 9) Zhang C., Churazov E., Dolag K., Forman W. R., Zhuravleva I. "Encounters of merger and accretion shocks in galaxy clusters and their effects on intracluster medium", *MNRAS*, 494, 4547 (2020) IF: 5.356, Q1, <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/staa1013> (поддержана грантом РФФ 19-12-00369)
- 10) Zhang C., Churazov E., Zhuravleva I. "Pairs of Giant Shock Waves (N-Waves) in Merging Galaxy Clusters", *MNRAS*, 494, 4547 (2020) IF: 5.356, Q1, <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/staa3718> (поддержана грантом РФФ 19-12-00369)
- 11) Churazov E., Khabibullin I., Sunyaev R. "Does Nature use neutral beams for interstellar plasma heating around compact objects?", *MNRAS*, 495, L55 (2020) IF: 5.356, Q1, <http://dx.doi.org/10.1093/mnrasl/slaa053> (поддержана грантом РФФ 19-12-00369)
- 12) Gvaramadze V.V., Kniazev A.Y., Castro N., Katkov I.Y., HD 93795: a late-B supergiant star with a square circumstellar nebula, (2020), *MNRAS*, 492, 2383 IF: 5.356, Q1 (РФФ 19-12-00383)
- 13) Gvaramadze V. V., Kniazev A.Y., Grafener G., Langer N., WR 72: a born-again planetary nebula with hydrogen-poor knots, (2020), *MNRAS*, 492, 3316-3322 IF: 5.356, Q1, (РФФ 19-12-00383)
- 14) Banerjee S., Gilfanov M., Bhattacharyya S., Sunyaev R., "Observing imprints of black hole event horizon on X-ray spectra", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 498 (2020), IF: 5.356, Q1, DOI:10.1093/mnras/staa2788 (поддержана грантом РФФ 19-12-00369)
- 15) Khabibullin I., Churazov E., Sunyaev R., Federrath C., Seifried D., Walch S., "X-raying molecular clouds with a short flare: probing statistics of gas density and velocity fields", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 495 (2020), IF: 5.356, Q1, DOI:10.1093/mnras/staa1262 (поддержана грантом РФФ 19-12-00369)
- 16) Tomsick J. A., Bodaghee A., Chaty S., Clavel M., Fornasini F. M., Hare J., Krivonos R., Rahoui F., Rodriguez J., "Chandra Observations of High-energy X-Ray Sources Discovered by INTEGRAL", *The Astrophysical Journal*, 889 (2020), DOI:10.3847/1538-4357/ab5fd2 (поддержана грантом РФФ 19-12-00369)

Публикации конференций

- 1) Краснобаев К. В., Тагирова Р. Р. Волны в областях фотоионизации и фотодиссоциации и связь их амплитуд с наблюдаемой структурной функцией скоростей // Ломоносовские чтения. Научная конференция. Секция механики. 17-30 октября 2020 года. Тезисы докладов. — М.: Издательство Московского университета, 2020.
- 2) Краснобаев К. В., Котова Г. Ю. Взаимодействие облака с ускоренным ударной волной газовым слоем // Ломоносовские чтения. Научная конференция. Секция механики. 17-30 октября 2020 года. Тезисы докладов. — М.: Издательство Московского университета, 2020.

- 3) Котова Г. Ю., Краснобаев К. В., Тагирова Р. Р. Влияние показателя адиабаты и радиационных процессов на взаимодействие газового уплотнения с ускоренно движущимся слоем // VI международная научная конференция «Фундаментальные и прикладные задачи механики». 2 - 4 декабря 2020 года.

Телеграммы

- 1) Gilfanov M., Sazonov S., Sunyaev R., Medvedev P., Khorunzhev G., Semena A., Yao Y., Kulkarni S. R., Gezari S., van Velzen S., "Tidal disruption event SRGeJ213527.3-181634/ZTF20abgbdpr", *The Astronomer's Telegram*, 14246 (2020)
- 2) Mereminskiy, I.; Medvedev, P.; Lutovinov, A.; Gilfanov, M.; Semena A.; Sunyaev, R.; Molkov, S.; Arefiev, V. "SRG discovery of SRGA J204318.2+443815 = SRGE J204319.0+443820 - possible Galactic X-ray transient" *The Astronomer's Telegram* 14206 (2020)
- 3) Zaznobin I., Eselevich M., Burenin R., Sazonov S., Gilfanov M., Sunyaev R., "Optical photometry of the X-ray/optical transient SRGe J195057.5+672122", *The Astronomer's Telegram*, 13990 (2020)
- 4) Sazonov S., Burenin R., Khorunzhev G., Lyapin A., Medvedev P., Uskov G., Zaznobin I., Afanasiev V., Dodonov S., Uklein R., Belinsky A., Tatarnikov A., Vozyakova O., Zheltoukhov S., Chugai N., Sunyaev R., Gilfanov M., "X-ray and optical transient SRGe J195057.5+672122: a possible nearby GRB afterglow/hypernova", *The Astronomer's Telegram*, 13987 (2020)
- 5) Medvedev P. S., Sunyaev R. A., Gilfanov M. R., Lutovinov A. A., Molkov S. V., Semena A. N., Pavlinsky M. N., Mereminskiy I. A., Khabibullin I. I., "SRG observations of SGR 1935+2154: four days prior to the FRB event", *The Astronomer's Telegram*, 13723 (2020)
- 6) Mereminskiy I., Lutovinov A., Sunyaev R., Grebenev S., Krivonos R., Molkov S., "INTEGRAL detection of a bright X-ray transient in Terzan 1 and a flare from IGR J17407-2808", *The Astronomer's Telegram*, 13630 (2020)
- 7) Lyapin A., Zaznobin I., Khorungev G., Uskov G., Mereminskiy I., Burenin R., Sazonov S., Eselevich M., Gilfanov M., Lutovinov A., Pavlinsky M., Sunyaev R., "Optical observations of the optical and X-ray transient ATLAS19bcxp = SRGA

J043520.9+552226 = SRGE J043523.3+552234: a likely BL Lac object", The Astronomer's Telegram, 13576 (2020)

- 8) *Mereminskiy I., Medvedev P., Semena A., Pavlinsky M., Molkov S., Lutovinov A., Burenin R., Sazonov S., Sunyaev R., Gilfanov M., "SRG discovery of SRGA J043520.9+552226 = SRGE J043523.3+552234, an X-ray counterpart of optical transient ATLAS19bcxp", The Astronomer's Telegram, 13571 (2020)*
- 9) *Mereminskiy I., Grebenev S., Krivonos R., Sunyaev R., Wilms J., Kuulkers E., "INTEGRAL/JEM-X detection of X-ray activity from V4641 Sgr", The Astronomer's Telegram, 13547 (2020)*
- 10) *Zaznobin I., Burenin R., Eiselevich M., Sazonov S., Pavlinsky M., Sunyaev R., Russian SRG/eROSITA Consortium, "Optical spectroscopy of the ZTF19aacomym transient in WISEA J014421.10+500657.0", The Astronomer's Telegram, 13531 (2020)*
- 11) *Khabibullin I., Churazov E., Gilfanov M., Medvedev P., Sazonov S., Sunyaev R., "SRG/eROSITA detection of X-ray emission from the direction of WISEA J014421.10+500657.0 hosting nuclear transient ZTF19aacomym", The Astronomer's Telegram, 13529 (2020)*
- 12) *Burenin R., Eiselevich M., Zaznobin I., Sazonov S., Sunyaev R., "Bright emission lines in the optical spectrum and the redshift of the host galaxy of TDE candidate SRGet J143359.25+400638.5", The Astronomer's Telegram, 13500 (2020)*
- 13) *Khabibullin I., Medvedev P., Churazov E., Gilfanov M., Sazonov S., Sunyaev R., Burenin R., Pavlinsky M., Russian Srg/Erosita Consortium, Srg/Art-Xc Team, "Bright X-ray source SRGet J134954.70+432859.5 in the direction of galaxy SDSS J134954.68+432856.0", The Astronomer's Telegram, 13499 (2020)*
- 14) *Khabibullin I., Sunyaev R., Churazov E., Gilfanov M., Medvedev P., Sazonov S., "A bright X-ray TDE candidate SRGet J143359.25+400638.5 in SDSS J143359.16+400636.0", The Astronomer's Telegram, 13494 (2020)*

Экспертизы

Сазонов С.Ю.

- 1) Работа в Национальном комитете по тематике российских телескопов при Минобрнауки (тематика — астрономия)
- 2) Экспертизы для Российского фонда фундаментальных исследований, Российской академии наук и Минобрнауки (тематика — астрономия)