

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

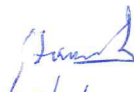
Руководитель темы
зав. лаб., академик



Научный руководитель темы
Р.А. Сюняев

Исполнители темы:

с.н.с., к.ф.-м.н.



Акимов В.В.

с.н.с., к.ф.-м.н.



Арефьев В.А.

с.н.с., к.ф.-м.н.



Буренин Р.А.

в.н.с., д.ф.-м.н.



Вихлинин А.А.

зав. лаб., чл.-корр. РАН



Гильфанов М.Р.

зав. лаб., д.ф.-м.н.



Гребенев С.А.

зав. лаб., к.ф.-м.н.



Демичев В.А.

н.с., к.ф.-м.н.



Карасев Д.И.

с.н.с., к.ф.-м.н.



Кривонос Р.А.

с.н.с., к.ф.-м.н.



Лапшов И.

нач. сектора



Левин В.

зав. лаб., д.ф.-м.н.



Лутовинов А.А.

нач. сектора



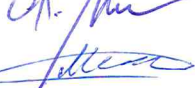
Маслов И.А.

зав. лаб., д.ф.-м.н.



Матвеев Л.И.

м.н.с.



Медведев П.С.

м.н.с.



Мереминский И.А.

н.с., к.ф.-м.н.



Мещеряков А.В.

с.н.с., к.ф.-м.н.



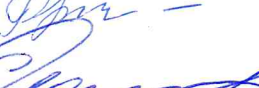
Мольков С.В.

зав. отд., д.ф.-м.н.



Павлинский М.Н.

м.н.с.



Просветов А.В.

зав. лаб., д.ф.-м.н.



Ревнивцев М.Г.

зав. сект., д.ф.-м.н.



Сазонов С.Ю.

Н.С., к.ф.-м.н.

зав. лаб., к.т.н.

С.Н.С., к.ф.-м.н.

М.Н.С., к.ф.-м.н.

М.Н.С.

В.Н.С., чл.-корр. РАН



Семена А.Н.

Семена Н.П.

Ткаченко А.Ю.

Хабибуллин И. И.

Хорунжев Г. А.

Чуразов Е.М.

РЕФЕРАТ

Отчет 51 с., 20 рисунков, 105 источников.

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

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	6
1 Раздел «Проведение фундаментальных исследований по теме «Вселенная» в области космологии, изучения строения и эволюции галактик, звезд, изучение глобальной структуры и эволюции нашей Вселенной».....	8
2 Раздел «Астропыль» Исследование пыли в космосе и атмосфере Земли астрономическими методами	29
3 Раздел «Радиоинтерферометр» Исследования динамики звездообразования в газопылевом комплексе Ориона.....	32
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	37
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	42

ВВЕДЕНИЕ

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

- Фундаментальные и прикладные научные исследования в области астрофизики и радиоастрономии (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.	71
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.	80
5	Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и	79

	антропогенных факторов, научные основы рационального 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 2016. 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

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

Эффективное уравнение состояния возмущений в межгалактическом газе

Е. Чуразов, А. Вихлинин, Р. Сюняев

Важнейшая информация о физике горячей плазмы в скоплениях галактик «закодирована» в свойствах малых возмущений термодинамических параметров газа. Существующие теоретические модели сильно отличаются в предсказаниях иерархии различных типов возмущений, в частности, звуковых и внутренних волн. Решение этого вопроса является ключевым для построения самосогласованной модели эволюции свойств газа в скоплениях галактик и роли различных механизмов в генерации турбулентности. Используя кросс-спектры различных энергетических диапазонов рентгеновского излучения, впервые было измерено эффективное уравнение состояния возмущений в ярчайших скоплениях галактик. Оказалось, что в центральных зонах скоплений внутренние волны доминируют в энергетическом балансе наблюдающихся возмущений, что согласуется с теоретической моделью, в которой активность сверхмассивных черных дыр порождает дозвуковую турбулентность в стратифицированной среде. Диссипация турбулентных движений, в свою очередь, является источником нагрева газа.

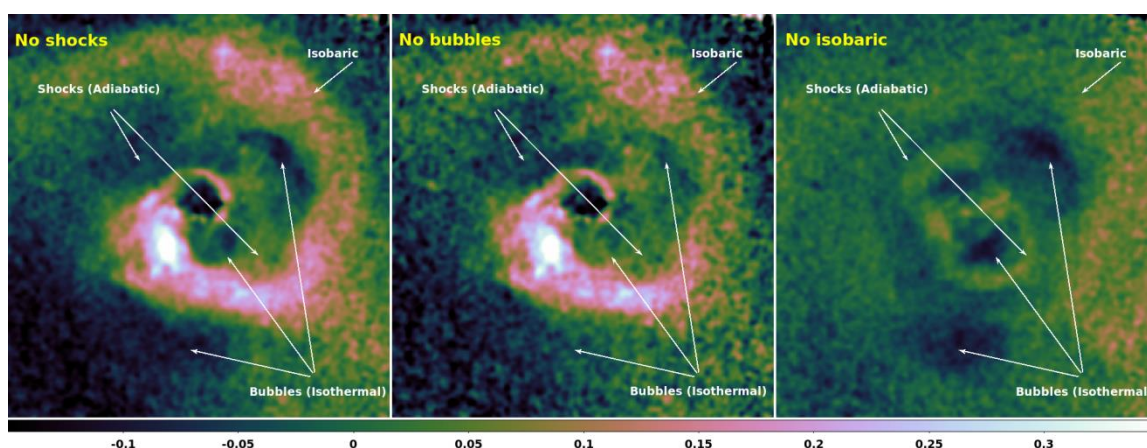


Рис.1 Рентгеновское изображение центральной зоны скопления галактик в созвездии Персея. На трех изображениях убраны вклады звуковых волн (слабых ударных волн), изотермических возмущений (пузырей релятивистской плазмы) и изобарических возмущений (внутренних волн), соответственно.

Оригинальные статьи:

Churazov E., Arevalo P., Forman W., Jones C., Schekochihin A., Vikhlinin A., Zhuravleva I. "Arithmetic with X-ray images of galaxy clusters: effective equation of state for small-scale perturbations in the ICM", 2016, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 463, 1057 *поддержка РФФ*

Arevalo P., Churazov E., Zhuravleva I., Forman W. R., Jones C. "On the Nature of X-ray Surface Brightness Fluctuations in M87", 2016, The Astrophysical Journal, 818, 14

Zhuravleva I., Churazov E., Arevalo P., Schekochihin A. A., Forman W. R., Allen S. W., Simionescu A., Sunyaev R., Vikhlinin A., Werner N. "The nature and energetics of AGN-driven perturbations in the hot gas in the Perseus Cluster", 2016, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 458, 2902 *поддержка РФФ*

Обнаружение одной из самых далеких нейтронных звезд в нашей Галактике

Авторы: А.Лутовинов, Р.Кривонос, С. Мольков

Измерено магнитное поле и определено расстояние до рентгеновского пульсара 2S 1553-542, который оказался одним из самых далеких рентгеновских объектов Галактики. Система находится на расстоянии около 20 килопарсек на дальней окраине Галактики, предположительно в рукаве Стрельца. Благодаря данным обсерваторий NuSTAR и Fermi удалось впервые измерить величину магнитного поля нейтронной звезды (3×10^{12} Гаусс) и определить темп ускорения ее вращения, а по особенностям рентгеновского излучения — оценить расстояние до системы в 20 ± 4 кпк. Кроме того, наблюдения с помощью обсерватории Chandra позволили впервые точно определить координаты источника. Для поиска звезды-компаньона и определения ее природы были проведены оптические наблюдения этого участка неба с помощью телескопа Большого Южноафриканского Телескопа SALT и использованы данные инфракрасного обзора VVV, показавшие, что спектр одной из звезд, находящихся вблизи рентгеновского положения источника, очень похож на спектры звезд класса Be. В ходе сравнения с подобными объектами удалось точнее определить класс звезды — B1-2Ve, а это в свою очередь позволило независимо оценить расстояние до двойной системы — 15-20 кпк. Полученные значения прекрасно согласуются с приведенными выше результатами рентгеновских наблюдений. На основании этого был сделан вывод: двойная система 2S1553-542 расположена на противоположном краю Млечного пути, скорее всего, в рукаве Стрельца (Рис.1). Проведенное комплексное исследование с использованием данных в разных областях электромагнитного спектра, а также примененные методы и подходы открывают новые возможности для поиска и изучения далеких объектов Галактики.

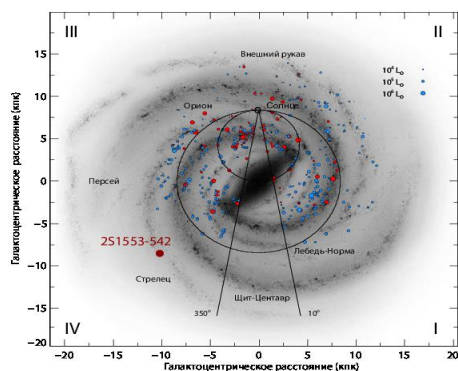


Рис.1 Предполагаемое расположение двойной системы в Галактике в рукаве Стрельца. Кружком показано расположение Солнечной системы.

Оригинальные статьи:

Tsygankov S., Lutovinov A., Krivonos R., Molkov S., et al. NuSTAR discovery of a cyclotron absorption line in the transient X-ray pulsar 2S 1553–542 // MNRAS. 2016. V.457. P.258—266 (IF = 4.952) (поддержана грантом РФФ 14-12-01287)

Lutovinov A., Buckley D., Townsend L. et al. 2S 1553–542: a Be/X-ray binary pulsar on the far side of the Galaxy // MNRAS. 2016. V.462. P.3823—3829 (IF = 4.952)

Сверхмягкие рентгеновские источники и происхождения Сверхновых типа Ia.

М.Р.Гильфанов

Исследованы различные проявления сверхмягких рентгеновских источников в контексте происхождения Сверхновых типа Ia. Теоретически рассчитано количество и свойства популяции транзитных сверхмягких рентгеновских источников, связанных с рентгеновским «послесвечением» Классических и рекуррентных Новых. Сравнение результатов теоретических расчетов с данными рентгеновских наблюдений галактики Туманность Андромеды обсерваторией XMM-Newton (Европейское Космическое Агентство) показало, что значительная часть сверхмягких рентгеновских источников, наблюдаемых в этой галактике, не являются стационарными, а вызваны рентгеновским «послесвечением» Новых. Найдено объяснение низкой частоте обнаружения ионизованных туманностей вокруг сверхмягких источников. На основе данных наблюдений Слоановского обзора неба (SDSS - Sloan Digital Sky Survey, США) измерены средние характеристики оптического линейчатого излучения в пассивно эволюционирующих галактиках как функция их возраста. На основании этих измерений получены ограничения на источники ионизирующего излучения в этих галактиках и, в частности, на число сверхмягких источников и интегральный темп увеличения массы белых карликов в таких источниках. На основе этих данных получены ограничения на вклад аккрецирующих белых карликов в наблюдаемую популяцию Сверхновых типа Ia.

Оригинальные статьи:

1. Soraisam M., Gilfanov M., Wolf W., Bildsten L.
Population of post-nova supersoft X-ray sources
MNRAS, 2016, 455, 668 - *поддержка РФФ*
2. Woods T.E. and Gilfanov M.
Where are all of the nebulae ionized by supersoft X-ray sources?
MNRAS, 2016, 455, 1770 - *поддержка РФФ*
3. Johansson J., Woods T.E., Gilfanov M., Sarzi M., Chen Y.-M., Oh K.
Diffuse gas in retired galaxies: nebular emission templates and constraints on the sources of ionization
MNRAS, 2016, 461, 4505

Открытие далекого рентгеновского квазара на $z=5.08$

Г.А. Хорунжев, Р.А. Буренин, С.Ю. Сазонов

Один из самых далеких рентгеновских квазаров был обнаружен с помощью нового спектрографа АДАМ на 1,6-метровом телескопе АЗТ-33ИК Саянской солнечной обсерватории. Источник 3ХММ J125329.4+305539 находится на красном смещении $z=5,08$, этот объект является одним из самых далеких и ярких квазаров обнаруженных по излучению в рентгеновском диапазоне. Полученные данные подтверждают высокие характеристики нового спектрографа низкого и среднего разрешения АДАМ.

Объект был обнаружен во время спектроскопической проверки отобранных в рентгене кандидатов в далекие квазары на $z>3$. Поиск таких источников является одним из важнейших направлений исследования истории роста сверхмассивных черных дыр и эволюции массивных галактик во Вселенной. Полученные результаты свидетельствуют, что уже сейчас, используя накопленные данные, можно значительно увеличить число известных рентгеновских квазаров. А в будущем, с запуском обсерватории СРГ, которая должна провести обзор всего неба в рентгене, это позволит обнаружить все наиболее яркие квазары в наблюдаемой части Вселенной.

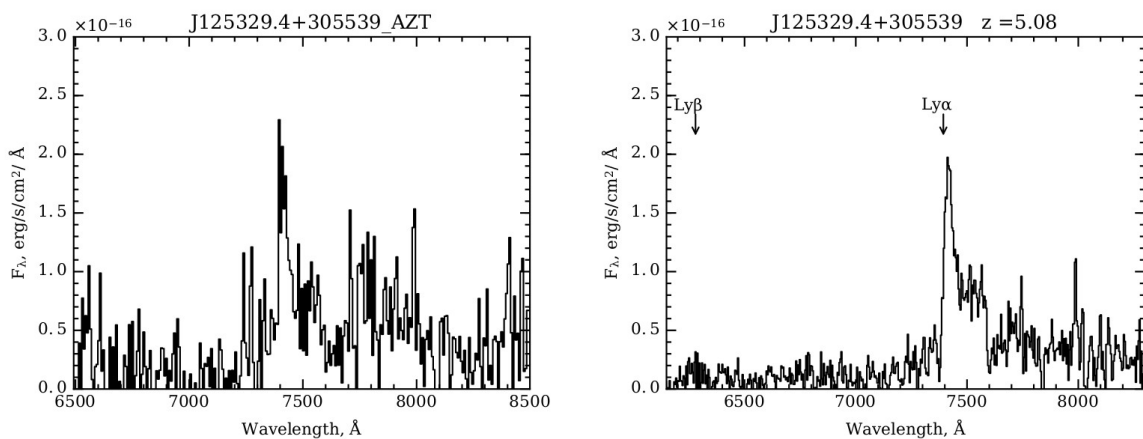


Рисунок 1:

Спектры квазара J125329+305539 на красном смещении 5.08. Слева — измеренный спектрографом АДАМ (АЗТ-33ИК), справа — измеренный на телескопе БТА (САО РАН). По горизонтали — длина волны. Пик, обозначенный стрелкой, — линия Лайман-альфа.

Оригинальные статьи:

Г.А. Хорунжев, Р.А. Буренин, А.В. Мещеряков, С.Ю. Сазонов
"Каталог кандидатов в квазары на $3 < z < 5.5$ отобранных среди рентгеновских источников обзора 3XMM-DR4 обсерватории XMM-Ньютон"
Письма в астрономический журнал, 2016, том 42, №5, с. 313-332,
Astronomy Letters, 2016, Vol. 42, No 5, pp. 277-294. IF = 1.297 / 1.432 *поддержка РФФ*

Г.А. Хорунжев, Р.А. Буренин, С.Ю. Сазонов, А.Л. Амвросов, М.В. Еселевич.
"Оптическая спектроскопия кандидатов в квазары на $3 < z < 5.5$ из рентгеновского обзора обсерватории XMM-Ньютон. Далекий рентгеновский квазар на $z=5.08$ "
Письма в астрономический журнал, 2017, том 43 IF = 1.297 *поддержка РФФ*

Наблюдения ультраяркого рентгеновского источника NGC 5643 X-1

Р.А. Кривонос, С.Ю. Сазонов

Спиральная галактика NGC 5643 расположена на расстоянии 14 Мпк и содержит активное ядро и ультраяркий рентгеновский источник (УРИ) со светимостью более 10^{40} эрг/с. Активно обсуждается природа таких источников, а именно являются ли они микроквазарами по типу известного объекта SS433 в нашей Галактике, или аккрецирующими черными дырами промежуточных масс. При анализе жесткого рентгеновского излучения близких АЯГ, авторы работы обратили внимание на ультраяркий источник NGC 5643 X-1, с целью исследования его рентгеновского спектра. Задача усложнялась тем, что изображение галактики NGC 5643 полностью доминируется излучением активного ядра, и углового разрешения телескопов NuSTARa недостаточно, чтобы независимо измерить спектр УРИ. Был разработан уникальный метод двумерного моделирования наблюдательных данных для разделения излучения двух объектов. Было обнаружено повышение яркости жесткой спектральной компоненты ультраяркого источника, что предположительно связано с массивным ветром от сверхкритического аккреционного диска черной дыры звездной массы, таким образом было найдено еще одно подтверждение «микрокварзарной» природы подобных ультраярких источников.

Оригинальная статья/статьи:

R. Krivonos and S. Sazonov, "NuSTAR and XMM-Newton observations of the ultraluminous X-ray source NGC 5643 X-1", 11/2016, MNRAS, 463, 1, p.756-762, impact factor = 4.952,
<http://dx.doi.org/10.1093/mnras/stw2058>, *РФФ 14-12-01315*

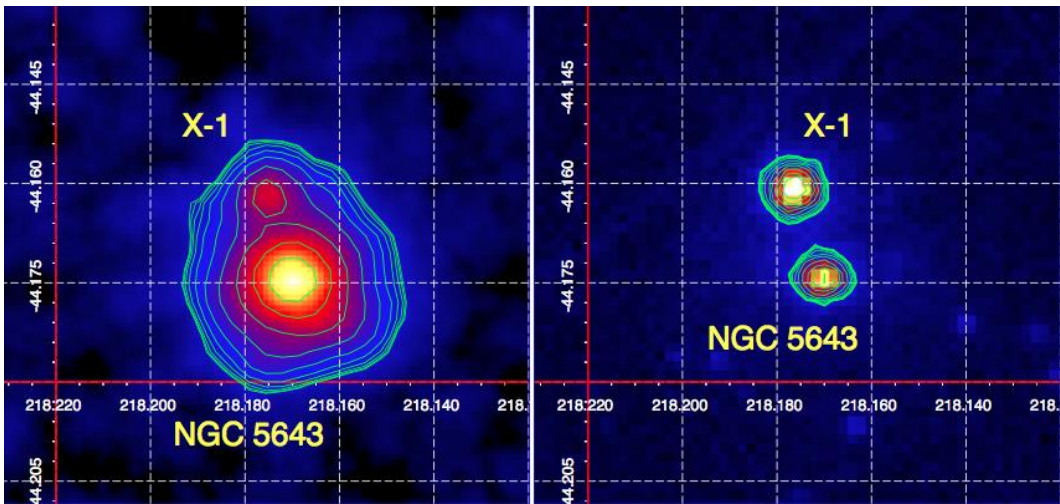


Рис 1. На рисунке показано изображение области галактики NGC 5643 с ярким АЯГ и УРИ X1, полученное на спутнике *НусТАР* (слева) и *ХММ-Newton* (справа).

Затменная катаклизмическая переменная IGR J18293–1213

Р.А. Кривonos

Обсерватория ИНТЕГРАЛ продолжает обзор Галактики в жестком рентгеновском диапазоне, и предоставляет важную информацию о популяции слабых рентгеновских источников. Один из недавно обнаруженных источников, IGR J18293–1213, был исследован с помощью фокусирующего рентгеновского телескопа *НусТАР*, с целью определения природы его излучения. В кривой блеска IGR J18293–1213 были обнаружены эпизоды затмений звездой компаньоном с длительностью 30 минут. Удалось определить орбитальный период двойной системы (6 часов) и предполагаемый тип системы: аккрецирующий замагниченный белый карлик с массой 0.78 солнечных масс и звездой-компаньоном с массой 0.82 массы Солнца.

Оригинальная статья/статьи:

Clavel, M.; Tomsick, J.; Bodaghee, A.; Chiu, J.-L.; Fornasini, F.; Hong, J.; Krivonos, R.; Ponti, G.; Rahoui, F.; Stern, D., "IGR J18293-1213 is an eclipsing cataclysmic variable", 09/2016, MNRAS, 461, 1, p.304-311, impact factor = 4.952, <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/stw1330>, поддержка РНФ 14-22-00271

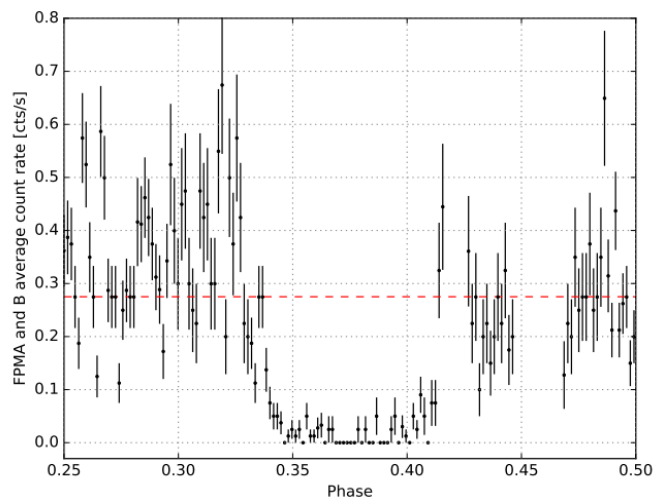


Рис 1. На рисунке показана накопленная форма затмений рентгеновского источника IGR J18293–1213

Определение свойств аккреционного течения в системе HL СМа по анализу переменности ее светимости.

А.Н.Семена, Д.Бакли, М.Г.Резнищев, А.А.Лутовинов, Х. Брайтенбах

В работе рассмотрены свойства аperiodической переменности светимости карликовой Новой HL СМа. Показано, что переменность системы HL СМа подавлена на частотах выше 0.7×10^{-2} Гц. Подавление переменности на этой частоте может быть связано с частичным испарением внутренних областей оптически толстой части аккреционного диска или с характерным временем переработки излучения, идущего из центральных областей системы. Обнаружено, что частота подавления переменности не меняется при переходе системы из спокойного во вспышечное состояние, что свидетельствует о неизменности геометрии аккреционного течения. Исходя из оптической и рентгеновской светимости системы сделан вывод о том, что пограничный слой на поверхности белого карлика находится в оптически толстом режиме, как в спокойном, так и во вспышечном состоянии. Последнее означает, что оптически толстая часть аккреционного течения (диска) доходит до поверхности белого карлика.

Из полученных спектров мощности переменности и спектральных характеристик в широком диапазоне энергий -- от оптики до рентгена -- получены оценки на темп аккреции в системе, геометрические и температурные характеристики аккреционного течения.

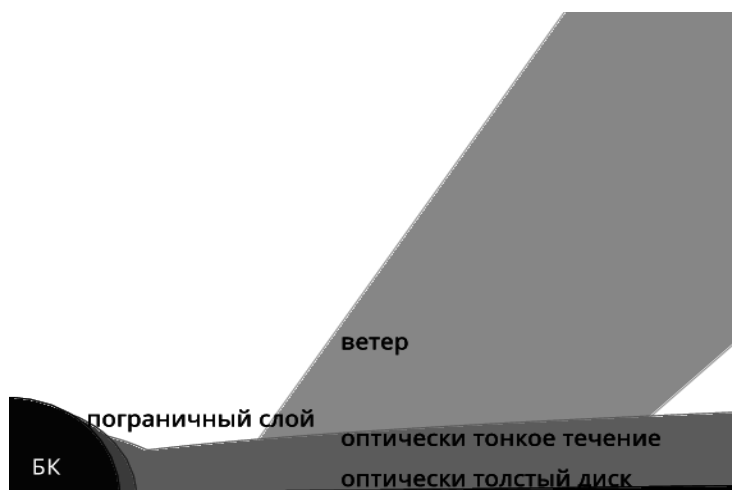


Рис.1 Схематическое изображение течения вещества в окрестности белого карлика в немагнитных карликовых новых

Оригинальные статьи:

Astronomy Letters, Volume 42, Issue 6, pp.379-392 (2016) IF = 1.297 поддержка РФФ

Циклическое изменение периода пульсаций в двойной системе LMC X-4

С. Мольков, А. Лутовинов, М.Фаланга, С.Цыганков и Э.Боццо

Рентгеновские пульсары в двойных аккрецирующих системах наблюдаются как в стадиях ускорения так и в стадиях замедления собственного вращения. Иногда у одной системы наблюдаются переходы из одной стадии в другую. На сегодняшний день существует несколько конкурирующих теорий объясняющих подобное поведение.

В подотчетный период исследовалась долговременная эволюция периода собственного вращения рентгеновского пульсара в массивной двойной системе LMC X-4. Использовались данные наблюдений ряда космических рентгеновских обсерваторий за период времени более чем 40 лет.

В результате исследований, впервые были обнаружены циклические переходы пульсара из состояния с замедлением вращения к состоянию ускорения вращения и обратно. Характерное время цикла составляет примерно 6.8 года. Мы рассмотрели несколько сценариев, которые могут быть ответственны за подобное поведение. Одним из самых естественных и интригующих объяснений такому поведению могло бы стать обращение двойной системы вокруг третьего тела. В таком случае мы получаем, что данное третье тело должно быть черной дырой промежуточной массы (~2000 Msun) и это было бы первым надежным подтверждением существования таких объектов. Однако, мы показали, что данный сценарий можно исключить. Также мы рассмотрели такие механизмы: вариации темпа аккреции, переключение между различными состояниями магнитосферы пульсара и «регулировка» аккреции магнитосферой посредством частичного отбрасывания вещества, поступающего из диска. Мы не смогли однозначно определить какой из процессов отвечает за наблюдаемое поведение, но считаем два последних сценария наиболее вероятными.

Оригинальные статьи:

Near-periodical spin period evolution in the binary system LMC X-4 S.. Molkov, A. Lutovinov, M. Falanga, S. Tsygankov and E. Bozzo *MNRAS*, *IF* 4.952, *Advance Access published September 23, 2016*

<http://mnras.oxfordjournals.org/content/early/2016/09/23/mnras.stw2429.full.pdf?keytype=ref&ijkey=UV8KzUOtTHWDLfV>

Спектроскопическое исследование оптического спутника быстрого рентгеновского транзientа IGR J17544-2619 по наблюдениям на 1.5-м телескопе РТТ-150

И.Ф.Бикмаев, Е.А.Николаева, В.В.Шиманский, А.И.Галеев, Р.Я.Жучков, Э.Н.Иртуганов, С.С.Мельников, Н.А.Сахибуллин, С.А.Гребенев, Л.М.Шарипова

Одно из важнейших достижений обсерватории гамма-лучей ИНТЕГРАЛ - открытие ранее неизвестной популяции галактических рентгеновских двойных систем, так называемых "быстрых рентгеновских транзientов". Это системы, состоящие из нейтронной звезды с

сильным магнитным полем (рентгеновского пульсара) и сверхгиганта раннего спектрального класса. До их открытия было известно всего несколько рентгеновских двойных со сверхгигантами. Все это были квазипостоянные рентгеновские источники, излучающие за счет аккреции из звездного ветра сверхгиганта, как для таких систем и ожидается. Было не понятно, почему их так мало. С открытием "быстрых транзиентов" число систем со сверхгигантами заметно возросло и уже достигает нескольких десятков. Согласно предложенной нами модели "быстрых транзиентов", причина, почему постоянно излучающих систем со сверхгигантами наблюдается так мало, заключается в действии центробежного барьера на границе магнитосферы нейтронной звезды ("эффект пропеллера"), останавливающего аккрецию, а вспышки быстрых транзиентов связаны с кратковременным преодолением этого барьера из-за локального повышения плотности или уменьшения скорости звездного ветра. Хотя качественно модель хорошо объясняет наблюдаемое явление, для ее количественной проверки необходимо надежное определение орбитальных и других параметров двойной системы у ряда "быстрых транзиентов", что является довольно сложной задачей. Здесь представлены результаты исследования оптической звезды-спутника одного из эталонных "быстрых рентгеновских транзиентов", источника IGR J17544-2619, с целью определения физических и орбитальных параметров его системы методами доплеровской спектроскопии. В работе, основанной на многолетних наблюдениях источника на телескопе РТТ-150, надежно определен период и другие орбитальные параметры системы, измерена функция масс и масса оптической звезды. Полученные значения хорошо согласуются с предложенной моделью "быстрых транзиентов".

Оригинальные статьи:

И.Ф.Бикмаев, Е.А.Николаева, В.В.Шиманский, А.И.Галеев, Р.Я.Жучков, Э.Н.Иртуганов, С.С.Мельников, Н.А.Сахибуллин, С.А.Гребенев, Л.М.Шарипова "Спектроскопическое исследование оптического спутника быстрого рентгеновского транзиента IGR J17544-2619 по наблюдениям на 1.5-м телескопе РТТ-150", Письма в Астрономический журнал (Astronomy Letters), 2017, т. 43, № 4, в печати. (IF=1.432).

«Рентгеновская новая MAXI J1828-249. Эволюция широкополосного спектра излучения во время вспышки 2013-2014 гг.» (могла быть в отчете 2015 года)

С.А.Гребенев, А.В.Просветова, Р.А.Буренин, Р.А.Кривонос, А.В.Мещеряков

Продолжение цикла работ С.А.Гребенева и А.В.Просветова по широкополосной спектроскопии рентгеновских новых, начатого в 2013 г. и имеющего целью проверку справедливости утверждения о том, что оптическое излучение таких систем формируется из-за прогрева жесткими рентгеновскими лучами внешних холодных областей аккреционного диска. Рентгеновскими новыми называются двойные системы, иногда вспыхивающие из-за нестационарной аккреции вещества, перетекающего с маломассивной звезды-спутника на черную дыру. По данным орбитальных обсерваторий SWIFT, INTEGRAL, MAXI/ISS и наземного телескопа РТТ-150 выполнено исследование широкополосных (от оптики до жесткого рентгена) спектров излучения рентгеновской новой MAXI J1828-249 и их эволюции во время вспышки источника в 2013-2014 гг.

Показано, что оптическое и инфракрасное излучение новой в значительной мере определяется продолжением степенной компоненты, ответственной за ее жесткое рентгеновское излучение. Вклад внешних холодных областей аккреционного диска, даже с учетом рентгеновского прогрева его поверхности, оказывается умеренным во время "высокого" состояния источника (когда в рентгеновском спектре наблюдается мягкая чернотельная компонента излучения) и практически отсутствует во время "низкого" или "жесткого" состояния. Данный результат предполагает, что значительная часть оптического и инфракрасного излучения таких систем формируется в той же области основного энерговыделения, где образуется их жесткое излучение. Это может быть комптоновское или синхрокомптоновское излучение высокотемпературной плазмы в центральной раздутой неустойчивостями области аккреционного диска, синхротронное излучение горячей короны над диском или синхротронное излучение его релятивистских струй (джетов).

Оригинальные статьи:

Гребенев С.А., Просветов А.В., Буренин Р.А., Кривонос Р.А., Мещеряков А.В. "Рентгеновская новая MAXI J1828-249. Эволюция широкополосного спектра излучения во время вспышки 2013-2014 гг.", *Письма в Астрономический журнал*, 2016, т. 42, № 2, с. 88–101.

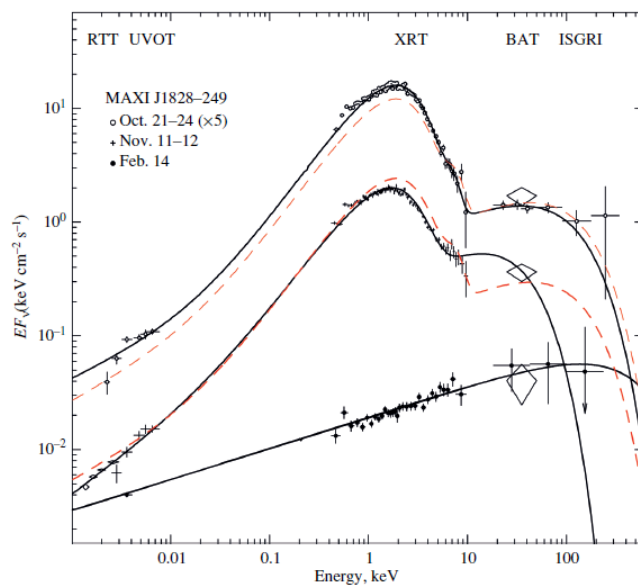


Рис. 1. Эволюция широкополосного спектра

излучения рентгеновской новой MAXI J1828-249 в октябре 2013–феврале 2014 гг. по данным наблюдений обсерваториями INTEGRAL (прибор ISGRI) и SWIFT (BAT, XRT и UVOT), а также телескопом RTT-150. Спектр, измеренный 21–24 октября, смещен для удобства вверх умножением на 5. Штриховой линией для сравнения показан спектр (его аппроксимация), полученный во время первого наблюдения (15–17 октября 2013 г.).

Теоретическое моделирование популяций аккрецирующих белых карликов в галактиках.

М.Р.Гильфанов

Проведено теоретическое моделирование популяций аккрецирующих белых карликов в галактиках с разной историей звездообразования и разным средним возрастом звездного населения. При моделировании использовался гибридный подход к популяционному

синтезу, при котором эволюция двойных систем до момента заполнения полости Роша звездой донором моделируется «быстрыми» приближенными алгоритмами, традиционно используемыми в популяционном синтезе. Дальнейшая эволюция двойной системы и перетекание вещества в ней моделируется при помощи детальных расчетов звездной эволюции при помощи эволюционного кода MESA. Для этой цели была построена библиотека, содержащая около 30,000 эволюционных треков двойных систем. Результаты расчетов сравниваются с наблюдениями галактик в мягком рентгеновском диапазоне обсерваторией Чандра и в оптическом диапазоне в обзоре SDSS (Sloan Digital Sky Survey), а также со статистикой Новых в галактике Туманность Андромеды. Показано, что при надлежащем описании фазы общей оболочки результаты расчетов совместимы с наблюдениями.

Оригинальные статьи:

Chen H., Woods T.E., Yungelson L.R., Gilfanov M., Han Z. Modelling nova populations in galaxies MNRAS, 2016, 458, 2916, IF = 4.952

Зависимость диаграммы направленности излучения рентгеновского пульсара 4U 1626-67 от светимости

М.Р.Гильфанов

Исследована переменность флуоресцентной линии нейтрального железа 6.4 кэВ по данным орбитальных рентгеновских обсерваторий Chandra, XMM-Newton и Rossi X-ray Timing Explorer. Линия была задетектирована в период высокой светимости пульсара, когда профиль импульса пульсара имел двугорбую форму, характерную для пропеллерной диаграммы направленности излучения пульсара. При такой конфигурации ожидается, что часть излучения аккреционной колонки вблизи поверхности нейтронной звезды может освещать внешнюю часть аккреционного диска и/или звезду-донор, производя флуоресцентное излучение. Это подтверждается малой шириной линии, свидетельствующей о том, что она образуется на расстоянии $\sim 10^9$ см от нейтронной звезды, что примерно соответствует размеру магнитосферы пульсара. В то же время в периоды низкой светимости пульсара линия 6.4 кэВ в спектре отсутствовала, а профиль импульса имел сложную многопиковую структуру. Эти результаты подтверждают предсказания Баско и Сюняева (1976) о зависимости диаграммы направленности излучения аккреционной колонки от темпа аккреции.

Оригинальные статьи:

Koliopanos F. and Gilfanov M. Luminosity dependent change of the emission diagram in the X-ray pulsar 4U1626-67 MNRAS, 2016, 456, 3535

Дихотомия между спектральными свойствами нейтронных звезд и черных дыр

М.Р.Гильфанов и Р.А.Сюняев

На основе анализа большой выборки спектров аккрецирующих нейтронных звезд и черных дыр показано, что существует дихотомия между характеристиками Комptonизированного излучения в этих двух классах объектов. Дихотомия проявляется как в распределении значений параметра Комptonизации u так и коэффициента усиления при Комptonизации A . Граница, разделяющая нейтронные звезды и черные дыры проходит при значении параметра Комptonизации $u \sim 0.9$, при этом нейтронные звезды имеют систематически меньшие значения параметра Комptonизации, чем черные дыры. Показано, что в случае аккреции на нейтронные звезды аккрецирующее вещество теряет примерно $\sim 1/2-2/3$ своей энергии через процесс Комptonизации в горячей короне вблизи компактного объекта. Оставшаяся энергия выделяется на поверхности нейтронной звезды, превращая ее в мощный источник мягкого рентгеновского излучения, которое оказывает решающее влияние на свойства горячей короны, в которой формируется Комptonизированное излучение. Найдены свидетельства зависимости параметров короны от частоты вращения нейтронной звезды. Наблюдаемая дихотомия между параметрами Комptonизированного излучения от нейтронных звезд и черных дыр связано с наличием поверхности у нейтронных звезд и ее отсутствием у черных дыр.

Оригинальные статьи:

Burke, M. J., M. Gilfanov, and R. Sunyaev "A dichotomy between the hard state spectral properties of black hole and neutron star X-ray binaries", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, in press (2016)

Состояние телескопа ART-XC проекта Спектр-РГ

Павлинский М., Акимов В., Левин В., Кривченко А., Ротин А., Кузнецова М., Лапшов И., Ткаченко А., Семена Н., Бунтов М., Глушенко А., Арефьев В., Яскович А., Гребенев С., Сазонов С., Ревнивцев М., Лутовинов А., Мольков С., Кривонос Р., Сербинов Д., Куделин М., Дроздова Т., Воронков С., Сюняев Р., Чуразов Е., Гильфанов М. и др.

Показан текущий статус работ по созданию телескопа ART-XC, входящего в состав проекта Спектр-РГ. Приведены результаты совместных наземных калибровок летных зеркальных систем с летными рентгеновскими детекторами ART-XC на рентгеновском стенде НИКС ИКИ РАН. Проведен анализ измерений рентгеновской прозрачности фольг, устанавливаемых перед рентгеновскими зеркальными системами ART-XC для обеспечения теплового баланса телескопа.

Оригинальная статья:

M. Pavlinsky, V. Akimov, V. Levin, A. Krivchenko, A. Rotin, M. Kuznetsova, I. Lapshov, A. Tkachenko, N. Semena, M. Buntov, A. Glushenko, V. Arefiev, A. Yaskovich, S. Grebenev, S. Sazonov, M. Revnivitsev, A. Lutovinov, S. Molkov, R. Krivonos, D. Serbinov, M. Kudelin, T. Drozdova, S. Voronkov, R. Sunyaev, E. Churazov, M. Gilfanov, V. Babushkin, I. Lomakin, A. Menderov, M. Gubarev, B. Ramsey, K. Kilaru, S.L. O'Dell, J. Kolodziejczak, R. Elsner, V. Zavlin, D. Swartz, Status of ART-XC / SRG instrument // Proc. SPIE 9905, Space Telescopes and Instrumentation 2016: Ultraviolet to Gamma Ray, 99051J (18 July 2016); doi: 10.1117/12.2230974

Поддержана грантом РФФИ 14-12-01315

Глубокий обзор в жестких рентгеновских лучах прибором IBIS обсерватории ИНТЕГРАЛ внегалактических полей (M81, БМО и ЗС 273/Волосы Вероники).

И. Мереминский, Кривonos P.A., Лутовинов A.A., Сазонов C.Ю., Ревнивец M.Г. и P.A. Сюняв

Нами был проведен обзор трех глубоких экстрагалактических полей в жестком рентгеновском диапазоне (17-60 кэВ) по данным телескопа IBIS/INTEGRAL. Полная площадь обзора составила 4900 кв.град., 500 кв.град покрыто с чувствительностью лучше 3.6×10^{-12} эрг см^{-2} с^{-1} . Всего в обзоре было зарегистрировано 147 источников, из которых 37 – впервые в жестком рентгеновском диапазоне. 13 источников были отождествлены с известными мягкими рентгеновскими компаньонами. Основной целью работы было измерение кривой подсчетов АЯГ в жестком диапазоне, поскольку выборки АЯГ полученные телескопами работающими в стандартном рентгеновском диапазоне подвержены селективным эффектам, связанным с большей вероятностью детектирования непоглощенных АЯГ. Кроме того, измерения в жестком рентгеновском диапазоне в области потоков $\sim 10^{-13}$ эрг см^{-2} с^{-1} необходимы для “сшивки” кривых подсчетов полученных “обзорными” миссиями (INTEGRAL, Swift) и телескопом NuSTAR.

Кривые подсчетов по данным проведенного обзора были построены как для каждого из полей по отдельности, так и для всего обзора. Наклоны степенных законов, получаемые при аппроксимации кривых подсчетов, соответствуют $-3/2$, как ожидается для равномерно распределенных в пространстве объектов, за исключением поля Большого Магелланова облака, где наблюдается небольшое (2 стандартных отклонения) отличие. Полученные нами результаты и данные телескопа NuSTAR в целом согласуются, а небольшое различие в нормировке и наклоне степенного закона может быть объяснено как локальной неоднородностью Вселенной на малых масштабах (т. к. площадь обзора NuSTAR очень мала), так и тем, что обзоры отражают характеристики разных популяций, локальной в нашем случае ($z \sim 0..0.1$) и далекой ($z \sim 1$) в обзоре NuSTAR.

Оригинальные статьи:

MNRAS, 459, 140-150 (IF = 4.952)

<http://mnras.oxfordjournals.org/content/459/1/140.full.pdf>, <https://arxiv.org/abs/1602.00463>

Работа была поддержана грантом РФФИ 14-22-00271

Вспышка рентгеновской новой GRS 1739-278 в сентябре 2016 г.

И.А.Мереминский, Е.В.Филиппова, Р.А.Кривонос, С.А.Гребенев, Р.А.Буренин, Р.А.Сюняев

В ходе сканирующих наблюдений области центра Галактики в конце августа - сентябре 2016 г. обнаружена очередная (третья) вспышка исторической рентгеновской новой GRS 1739-278, предполагаемой черной дыры в маломассивной двойной системе. Представлены результаты наблюдений хода развития этой вспышки обсерваториями INTEGRAL и SWIFT. В жестком диапазоне 20-60 кэВ поток фотонов от источника вырос с ~ 11 мКраб (3 сентября) до ~ 30 мКраб (14 сентября), находился в течении ~ 8 дней на достигнутом уровне, а затем вернулся к значению ~ 15 мКраб. Спектр излучения источника, полученный в период его максимальной яркости, в диапазоне 0.5-150 кэВ мог быть аппроксимирован единым степенным законом с фотонным индексом 1.86 ± 0.07 , искаженным только фотопоглощением, соответствующим поверхностной плотности водорода $\log(N_H) = 2.33$ в предположении солнечного обилия тяжелых элементов. Это означает, что источник в это время находился в низком жестком состоянии. Инфракрасные наблюдения, выполненные на телескопе РТТ-150 вблизи максимума рентгеновского блеска источника, не выявили излучения вплоть до 22.0 μ (5s, в фильтре r') и 20.8 μ (в фильтре i'). Мы еще не знаем, закончилась данная вспышка или наблюдался лишь её начальный этап. В первом случае, исходя из кривой блеска и спектральных характеристик, можно констатировать, что она оказалась "неудавшейся", т.е. объем вещества, выпавшего при аккреции в этом эпизоде, был недостаточным для достижения высокого состояния с мягкой чернотельной компонентой в спектре, характерной для развитых вспышек рентгеновских новых.

Оригинальные статьи:

И.А. Мереминский, Е.В. Филиппова, Р.А. Кривонос, С.А. Гребенев, Р.А. Буренин, Р.А. Сюняев "Вспышка рентгеновской новой GRS 1739-278 в сентябре 2016 г.", Письма в Астрономический журнал (Astronomy Letters), 2017, т. 43, № 3, в печати (IF=1.432), с поддержкой РФФ.

I. Mereminskiy, R. Krivonos, S. Grebenev, E. Filippova, R. Sunyaev "INTEGRAL sees a rising flux from the historical X-ray nova GRS 1739-278", Astronomer's Telegrams, 9517 (2016).

Тепловое рентгеновское излучение барионного джета: самосогласованная многотемпературная спектральная модель

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

Нами проведено детальное моделирование рентгеновского излучения барионных джетов SS 433 для широкого диапазона характеризующих их параметров. При помощи построенной модели, мы показали возможность использования простых наблюдаемых характеристик рентгеновского излучения (таких как наклон отношение потоков в различных энергетических полосах, отношение потоков в линиях и в континууме) для диагностики физических параметров джетов (температуры и плотности у основания) без использования сложного анализа широкополосного спектра высокого разрешения. Представленная модель может быть использована для анализа данных рентгеновской спектроскопии высокого разрешения SS 433, а также для поиска компонент, связанных с излучением барионных джетов, в спектрах других рентгеновских источников,

потенциально связанных с сверхкритической аккрецией (например, ультраярких рентгеновских источников).

Оригинальные статьи:

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (IF = 4.952),

Volume 455, Issue 2, p.1414-1427, <http://adsabs.harvard.edu/abs/2016MNRAS.455.1414K>

Поддержана грантом РФФ 14-12-01315

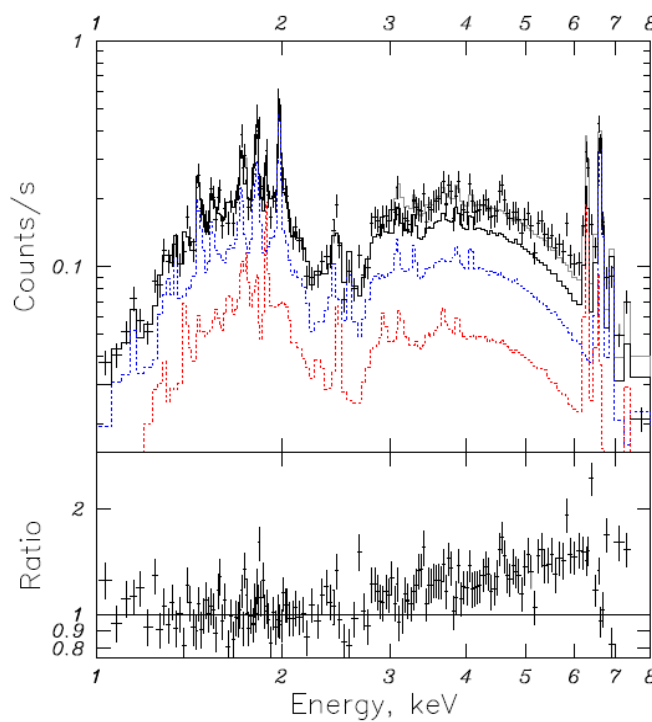


Рис.1. Пример описания спектра SS 433 в стандартном рентгеновском диапазоне, полученному спектрометром высокого разрешения обсерватории Chandra, при помощи самосогласованной многотемпературной модели, представленной в работе. Красная и синяя линии соответствуют вкладам удаляющегося и приближающегося джетов, соответственно. Избыток на больших энергиях может быть объяснен увеличением относительной нормировки приближающегося джета, что может указывать на частичное затенение удаляющегося джета аккреционным диском и его ветром.

Является ли SS 433 ультраярким рентгеновским источником? Ограничения, полученные при помощи рентгеновского эха

И.И. Хабибуллин, С. Ю. Сазонов

Нами построена модель облучения окружающей межзвездной среды (атомарного и молекулярного газа) предполагаемым невидимым нам центральным источником коллимированного излучения сверхкритического аккретора SS433. В результате сравнения с измерениями поверхностной яркости рентгеновского излучения в интересующей нас области обсерваториями RXTE и ASCA нам удалось поставить надежный верхний предел $\sim 2 \times 10^{39}$ эрг/с на полную светимость коллимированного рентгеновского излучения SS 433. Верхний предел на кажущуюся светимость (изотропный эквивалент) составляет порядка 3×10^{40} эрг/с. Полученный предел согласуется с гипотезой о том, что SS 433 является отвернутым от нас ULX, однако позволяет исключить то, что SS 433 относится к наиболее мощным ULX.

Оригинальные статьи:

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (IF = 4.952), Volume 457, Issue 4, p.3963-

3974, <http://adsabs.harvard.edu/abs/2016MNRAS.457.3963K> Поддержана грантом РФФ 14-12-01315

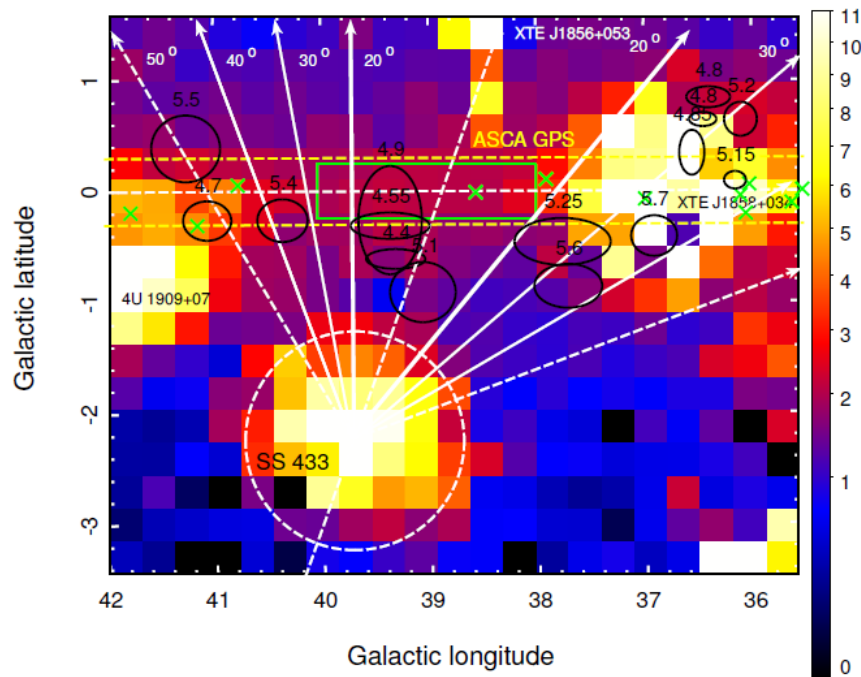


Рис.1. Область неба, в которой был проведен поиск "рентгеновского эха" SS 433. Показана карта рентгеновского излучения по данным обсерватории RXTE (Revnivtsev et al. 2006), также указана область, исследованная в обзоре обсерватории ASCA (Sugizaki et al. 2001). Черными эллипсами показаны молекулярные облака вблизи SS 433, также указаны оценки расстояний до них. Наиболее жесткий предел на светимость коллимированного излучения SS 433 был получен по рентгеновской яркости внутри прямоугольника размером 2 на 0.5 градуса в галактической плоскости (показан зеленым).

Диффузия гелия в период формирования первых галактик

П.С. Медведев, С.Ю. Сазонов, М. Р. Гильфанов

В работе решается задача о влиянии диффузии на обилие первичных элементов в период формирования структур в ранней Вселенной. Основным направлением было определение надежного ограничения на амплитуды эффектов вносимых диффузией легких элементов. Нами были рассмотрены две стадии формирования структур с массами, значительно превышающими критическую массу Джинса: 1) фаза до первичного коллапса возмущений плотности (линейный и нелинейный режимы роста) 2) последующая аккреция вещества на вириализованный объект. Для описания аккреции газа на протогалактику во время второй стадии, мы использовали аналитическое самоподобное решение. Чтобы рассчитать темп диффузии мы решаем полную систему уравнений Бюргерса. Расчеты показали, что диффузия в холодном и близком к нейтральному первичном газе приводит к приросту относительного обилия гелия $\sim 10^{-4}$ внутри первых формирующих звезды минигало с массами 10^5 - 10^6 масс солнца на $z \sim 10$. Ионизация газа резко увеличивает сечение взаимодействия частиц, препятствуя диффузии. Но при достаточно высокой температуре плазмы диффузия может снова становиться значимой. Учитывая все эти возможности, мы рассмотрели ряд сценариев: формирование первых интересных астрофизических объектов (минигало, в которых могли образовываться первые звезды) на "заре" реионизации, когда газ во Вселенной оставался очень холодным (холоднее реликтового излучения) и нейтральным, формирование последующих более крупных объектов, когда газ во Вселенной уже был подогрет до определенной степени первыми астрофизическими объектами (в том числе субкосмическими лучами от первых сверхновых), формирование

протогалактик и более массивных структур в эпоху реионизации Вселенной, когда межгалактический газ уже находился в высокой степени ионизации. Оказалось, что во всех этих режимах диффузия должна приводить к увеличению первичных элементов в формирующихся объектах, а амплитуда эффекта зависит от ионизационного и теплового состояния межгалактического газа, достигая величины $\sim 0.1\%$. Таким образом, будущие высокоточные измерения отклонений в обилии первичных элементов от предсказаний теории нуклеосинтеза могли бы дать дополнительную независимую информацию об истории нагрева и реионизации Вселенной.

Оригинальная статья:

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016MNRAS.459..431M>

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 459, Issue 1, p.431-440, 06.2016

IF = 4.952. Работа была поддержана РФФ.

Наблюдательные возможности нового спектрографа среднего и низкого разрешения на 1.6-м телескопе Саянской обсерватории

Р.А. Буренин, А.Л. Амвросов, М.В. Еселевич, В. М. Григорьев, В.А. Арефьев, В.С. Воробьев, А.А. Лутовинов, М.Г. Ревнивцев, С.Ю. Сазонов, А.Ю. Ткаченко, Г.А. Хорунжеев, А.Л. Яскович, М.Н. Павлинский В.А.

Обсуждаются возможности нового спектрографа среднего и низкого разрешения, установленного недавно на 1.6-м телескопе АЗТ-33ИК Саянской обсерватории ИСЗФ СО РАН, для решения задач наземной оптической поддержки будущего рентгеновского обзора всего неба обсерватории СРГ. Приводятся результаты пробных наблюдений скоплений галактик, активных ядер галактик (АЯГ) и квазаров, а также катаклизмических переменных, выполненных сразу после установки спектрографа на телескопе. По результатам этих наблюдений показано, что телескоп АЗТ-33ИК, оснащенный новым спектрографом среднего и низкого разрешения, может обеспечить существенную часть необходимых оптических наблюдений в программе наземной оптической поддержки обзора всего неба обсерватории СРГ.



Оригинальные статьи:

Письма в Астрономический журнал, т. 42, с.333

(2016) IF =1.297 / 1.432 (работа поддержана грантом РФФ 14-22-00271)

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016AstL...42..295B>

Рис.1 Телескоп АЗТ-33ИК Саянской обсерватории ИСЗФ СО РАН с новым спектрографом среднего и низкого разрешения.

Выборка катаклизмических переменных обнаруженных в рентгеновском обзоре площадью 400 кв. градусов

Р. А. Буренин, М. Г. Ревнивцев, А. Ю. Ткаченко, В. С. Воробьев, А. Н. Семена, А. В. Мецержков, С. Н. Додонов, М. В. Еселевич, М. Н. Павлинский

В работе представлена выборка катаклизмических переменных (КП), обнаруженных среди рентге новских источников обзора площадью 400 кв. градусов (400d), выполненного по данным наведений обсерватории РОСАТ. Описана методика отбора КП среди рентгеновских источников при помощи дополнительных данных в оптическом и инфракрасном диапазонах, по данным Слоановского обзора, а также по данным обзора WISE. Приведены результаты оптических наблюдений отобранных объектов, выполненных в основном на Российско-Турецком 1.5-м телескопе (РТТ-150) и на 6-м телескопе САО РАН (БТА). Некоторые наблюдения были выполнены также на 1.6-м телескопе АЗТ-33ИК ИСЗФ СО РАН. К настоящему времени отобрано 8 КП, из которых 4 обнаружены в нашей работе. На основе этой выборки получены предварительные ограничения на рентгеновскую функцию светимости КП в окрестностях Солнца в области низких светимостей $L_X \sim 10^{29} - 10^{30}$ эрг с⁻¹ (0.5–2 кэВ). Показано, что логарифмический наклон функции светимости КП становится в этой области светимостей более пологим по сравнению с наклоном при $L_X > 10^{31}$ эрг с⁻¹. Из наших оценок функции светимости КП следует, что в обзоре всего неба обсерватории СРГ на высоких галактических широтах будет обнаружено несколько тысяч КП, что позволит получить гораздо более точные измерения их рентгеновской функции светимости.

Оригинальные статьи:

Письма в *Астрономический журнал*, т. 42, с.273 (2016) IF =1.297 / 1.432 (работа поддержана грантом РФФИ 14-22-00271) <http://adsabs.harvard.edu/abs/2016AstL...42..240B>

Открытие исключительно яркой гигантской дуги гравитационного линзирования в скоплении галактик из обзора обсерватории им. Планка

Р.А. Буренин, Р.А.Сюняев (в составе международного коллектива авторов)

По данным телескопов Европейской южной обсерватории (NTT, Magellan-I Baade) в скоплении PSZ1 G311.65-18.48 из 1-го каталога скоплений галактик, обнаруженных по наблюдению эффекта Сюняева-Зельдовича в обзоре обсерватории им. Планка, была обнаружена исключительно яркая гигантская дуга гравитационного линзирования, образованная далекой фоновой галактикой, расположенной на красном смещении $z=2.369$. Даже с учетом максимально возможно высокой оценки коэффициента усиления гравитационного линзирования можно сделать вывод о том, что линзированная галактика является одной из наиболее ярких галактик, известных к настоящему времени на высоких красных смещениях $z \sim 2-3$.

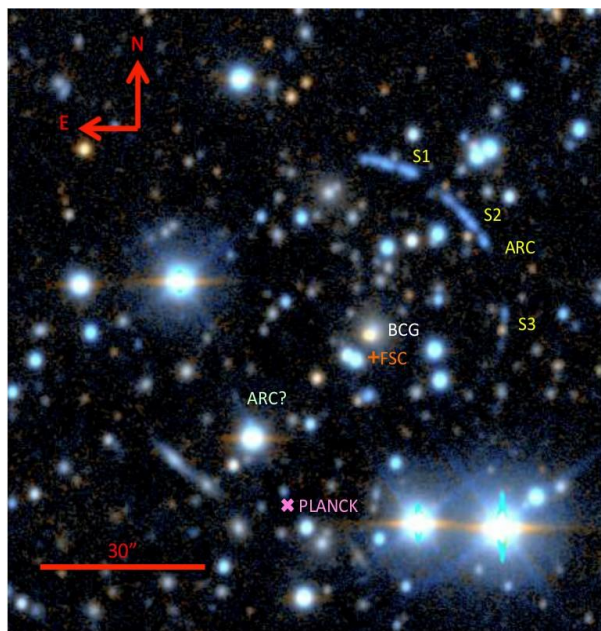


Рис 2. Исключительно яркой гигантской дуги гравитационного линзирования в скоплении галактик PSZ1 G311.65-18.48 из обзора обсерватории им. Планка

Оригинальные статьи:

H. Dahle, N. Aghanim, L. Guennou, P. Hudelot, R. Kneissl, E. Pointecouteau, A. Beelen, M. Bayliss, M. Douspis, N. Nesvadba, A. Hempel, M. Gronke, R. Burenin, H. Dole, D. Harrison, P. Mazzotta, and R. Sunyaev, “Discovery of an exceptionally bright giant arc at $z = 2.369$,

gravitationally lensed by the Planck cluster

PSZ1 G311.65 – 18.48”, *Astronomy & Astrophysics*, Volume 590, L4, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...590L...4D> (работа поддержана грантом РФФ 14-22-00271)

Соотношение между рентгеновской светимостью и температурой для статистически полной выборки маломассивных скоплений галактик

Р.А. Буренин, А.А. Вихлинин (в составе международного коллектива авторов)

В работе представлены результаты наблюдений телескопа Чандра 23-х групп и маломассивных скоплений галактик на $0.03 < z < 0.15$ с медианным значением температуры около 2 кэВ. Эта выборка является статистически полной подвыборкой скоплений из обзора площадью 400 кв. градусов (400d). Исследованы масштабные соотношения между рентгеновской светимостью и температурой для скоплений из этой выборки, учитывая все возможные эффекты отбора. Показано, что степенной наклон соотношения между рентгеновской светимостью и температурой не отличается от такового для массивных скоплений.

Оригинальные статьи: S. Zou, B. J. Maughan, P. A. Giles, A. Vikhlinin, F. Pasaud, R. Burenin, and A. Hornstrup, “The X-ray luminosity temperature relation of a complete sample of low mass galaxy clusters”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 463, 820, IF = 4.952 <http://adsabs.harvard.edu/abs/2016MNRAS.463..820Z> (работа поддержана грантом РФФ 14-22-00271)

Исследование скоплений галактик и микроволнового фонового излучения по данным обзора всего неба спутником Планк

Р.А.Буренин, Р.А. Сюняев, Е.М. Чуразов

Продолжены исследования скоплений галактик и микроволнового фонового излучения по данным обзора всего неба спутником Планк. Исследования ведутся большим международным коллективом авторов при активном участии Р.А.Буренина, Р.А.Сюняева и Е.М.Чуразова.

В частности, проведены измерения красных смещений скоплений галактик, обнаруженных по наблюдению эффекта Сюняева-Зельдовича в обзоре всего неба спутником Планк. Наблюдения проводились на Российско-Турецком 1.5-м телескопе, 6-м телескопе САО РАН (БТА), 1.6-м телескопе АЗТ-33ИК Саянской обсерватории ИСЗФ СО РАН, а также на большом числе зарубежных телескопов. Эти данные были использованы при создании каталога скоплений галактик.

Активная работа велась по построению карт эффекта Сюняева-Зельдовича, по исследованию корреляции наблюдаемой величины этого эффекта с инфракрасным фоном, а также во многих других направлениях работы с данными спутника Планк.

Оригинальные статьи:

Planck Collaboration, ... Burenin R.A., ... Sunyaev R.A., ... "Planck 2015 results. I. Overview of products and scientific results", *Astronomy & Astrophysics*, 594, A1, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A...1P>

Planck Collaboration, ... Sunyaev R.A., ... "Planck 2015 results. IX. Diffuse component separation: CMB maps", *Astronomy & Astrophysics*, 594, A9, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A...9P>

Planck Collaboration, ... Sunyaev R.A., ... "Planck 2015 results. X. Diffuse component separation: Foreground maps", *Astronomy & Astrophysics*, 594, A10, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A..10P>

Planck Collaboration, ... Sunyaev R.A., ... "Planck 2015 results. XI. CMB power spectra, likelihoods, and robustness of parameters", *Astronomy & Astrophysics*, 594, A11, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A..11P>

Planck Collaboration, ... Sunyaev R.A., ... "Planck 2015 results. XIII. Cosmological parameters", *Astronomy & Astrophysics*, 594, A13, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A..13P>

Planck Collaboration, ... Sunyaev R.A., ... "Planck 2015 results. XIV. Dark energy and modified gravity", *Astronomy & Astrophysics*, 594, A14, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A..14P>

Planck Collaboration, ... Sunyaev R.A., ... "Planck 2015 results. XV. Gravitational lensing", *Astronomy & Astrophysics*, 594, A15, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A..15P>

Planck Collaboration, ... Sunyaev R.A., ... “Planck 2015 results. XVI. Isotropy and statistics of the CMB”, *Astronomy & Astrophysics*, 594, A16, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A..16P>

Planck Collaboration, ... Sunyaev R.A., ... “Planck 2015 results. XVII. Constraints on primordial non-Gaussianity”, *Astronomy & Astrophysics*, 594, A17, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A..17P>

Planck Collaboration, ... Sunyaev R.A., ... “Planck 2015 results. XIX. Constraints on primordial magnetic fields”, *Astronomy & Astrophysics*, 594, A19, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A..19P>

Planck Collaboration, ... Sunyaev R.A., ... “Planck 2015 results. XX. Constraints on inflation”, *Astronomy & Astrophysics*, 594, A20, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A..20P>

Planck Collaboration, ... Sunyaev R.A., ... “Planck 2015 results. XXI. The integrated Sachs-Wolfe effect”, *Astronomy & Astrophysics*, 594, A21, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A..21P>

Planck Collaboration, ... Churazov E.M., ... Sunyaev R.A., ... “Planck 2015 results. XXII. A map of the thermal Sunyaev-Zeldovich effect”, *Astronomy & Astrophysics*, 594, A22, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A..22P>

Planck Collaboration, ... Churazov E.M., ... Sunyaev R.A., ... “Planck 2015 results. XXIII. The thermal Sunyaev-Zeldovich effect-cosmic infrared background correlation”, *Astronomy & Astrophysics*, 594, A23, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A..23P>

Planck Collaboration, ... Sunyaev R.A., ... “Planck 2015 results. XXIV. Cosmology from Sunyaev-Zeldovich cluster counts”, *Astronomy & Astrophysics*, 594, A24, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A..24P>

Planck Collaboration, ... Sunyaev R.A., ... “Planck 2015 results. XXV. Diffuse low-frequency Galactic foregrounds”, *Astronomy & Astrophysics*, 594, A25, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A..25P>

Planck Collaboration, ... Sunyaev R.A., ... “Planck 2015 results. XXVI. The Second Planck Catalogue of Compact Sources”, *Astronomy & Astrophysics*, 594, A26, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A..26P>

Planck Collaboration, ... Burenin R.A., ... Sunyaev R.A., ... “Planck 2015 results. XXVII. The second Planck catalogue of Sunyaev-Zeldovich sources”, *Astronomy & Astrophysics*, 594, A27, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A..27P>

Planck Collaboration, ... Sunyaev R.A., ... “Planck 2015 results. XXVIII. The Planck Catalogue of Galactic cold clumps”, *Astronomy & Astrophysics*, 594, A28, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...594A..28P>

Planck Collaboration, ... Burenin R.A., ... Sunyaev R.A., ... “Planck intermediate results. XXXVI. Optical identification and redshifts of Planck SZ sources with telescopes at the Canary Islands observatories”, *Astronomy & Astrophysics*, 586, A139, IF = 5.185
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016A%26A...586A.139P>

Наблюдения рентгеновского пульсара LMC X-4 обсерваторией NuSTAR:

ограничение на величину магнитного поля и томография системы в линии железа

Штыковский А.Е., Лутовинов А.А., Арефьев В.А., Мольков С.В., Цыганков С.С., Ревнивцев М.Г.

Представлены результаты исследования спектральных и временных свойств излучения рентгеновского пульсара LMC X-4 по данным обсерватории NuSTAR в широком рентгеновском диапазоне энергий 3-79 кэВ. Наряду с детальным анализом усредненного спектра излучения источника, впервые получены высокоточные спектры, соответствующие разным фазам цикла собственного вращения нейтронной звезды. Показано, что модель комптонизированного излучения наиболее адекватно описывает спектр источника, и прослежена эволюция его параметров в зависимости от фазы импульса. Для всех спектров (усредненного и фазовых) в диапазоне энергий 5-55 кэВ был проведен поиск циклотронной линии поглощения. Полученный предел на оптическую глубину циклотронной линии $\tau \sim 0.15$ (3σ) указывает на отсутствие такой особенности в указанном диапазоне энергий, что позволяет получить ограничение на величину магнитного поля нейтронной звезды: $B < 3 \cdot 10^{11}$ Гс или $B > 6.5 \cdot 10^{12}$ Гс. Последнее ограничение согласуется с оценкой величины магнитного поля, полученной из анализа спектра мощности пульсара $B \approx 3 \cdot 10^{13}$ Гс. По результатам анализа фазовых спектров источника определена задержка между максимумами излучения и эквивалентной шириной флуоресцентной линии железа, зависящая от орбитальной фазы и, по-видимому, связанная с временем пролета фотонов между излучающими областями вблизи нейтронной звезды и областью, где происходит отражение потока (предположительно, в струе втекающего вещества, или в месте взаимодействия струи с внешними краями аккреционного диска).

Оригинальные статьи:

Штыковский А.Е., Лутовинов А.А., Арефьев В.А., Мольков С.В., Цыганков С.С., Ревнивцев М.Г. “Наблюдения рентгеновского пульсара LMC X-4 обсерваторией NuSTAR: ограничение на величину магнитного поля и томография системы в линии железа.”, Письма в астрономический журнал, 2017, том 43, IF = 1.297 / 1.432 *поддержка РФФ*

Раздел «АСТРОПЫЛЬ»

Завершена обработка поляризационных измерений фона неба в период появления ярких серебристых облаков 5 июля 2015 года. На основе обработки получена зависимость поляризации света, рассеянной частицами облаков, от угла рассеяния, в диапазоне углов от 40° до 130°. До этого подобная зависимость измерялась только в интервале углов до 80° что не захватывало максимум вблизи 90°. На основе полученной зависимости сделан вывод о малости вклада многократного рассеяния, что означает возможность изучения микрофизических свойств частиц серебристых облаков на основе наземных фотометрических и поляризационных измерений.

Сравнение полученных поляризационных характеристик с теоретическими значениями для сфер (теория Ми) и сфероидов (метод Т-матриц) позволяет выделить область возможных размеров и формы ледяных частиц облаков (рисунок 1). Эффективный радиус частиц составляет 60 нм, форма близка к сферической (отношение осей сфероидов не

больше 2). Данные оказываются в хорошем согласии с современными лидарными, ракетными и спутниковыми измерениями, не уступая им по точности.

В 2016 году начались поляризационные измерения фона сумеречного и ночного неба с широкоугольным объективом (поле зрения более 140°) и трехцветной ПЗС-матрицей с эффективными длинами волн 460, 540 и 620 нм. Наличие колориметрических данных, наряду с поляризационными, позволяет выделить отдельные малые компоненты фона неба, в частности - рассеяние на частицах стратосферного аэрозоля, дающие избыток длинноволновой радиации в области зари период светлых сумерек (зенитное расстояние Солнца около 93°-94°, рисунок 2).

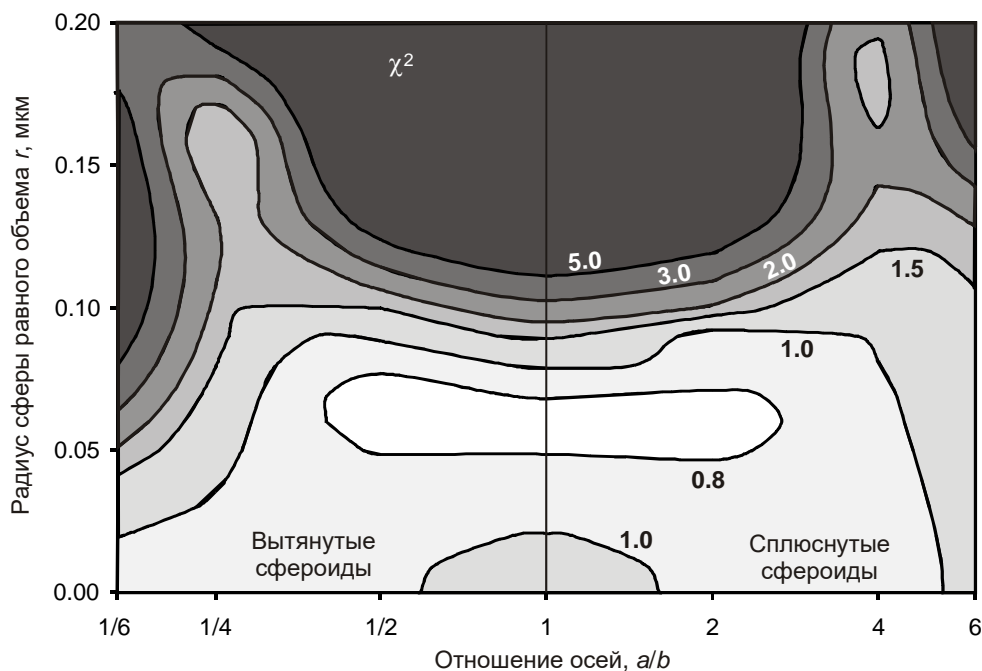


Рисунок 1. Распределение величины χ^2 (согласие поляризационных измерений с моделью) для различных размеров и формы частиц серебристых облаков.

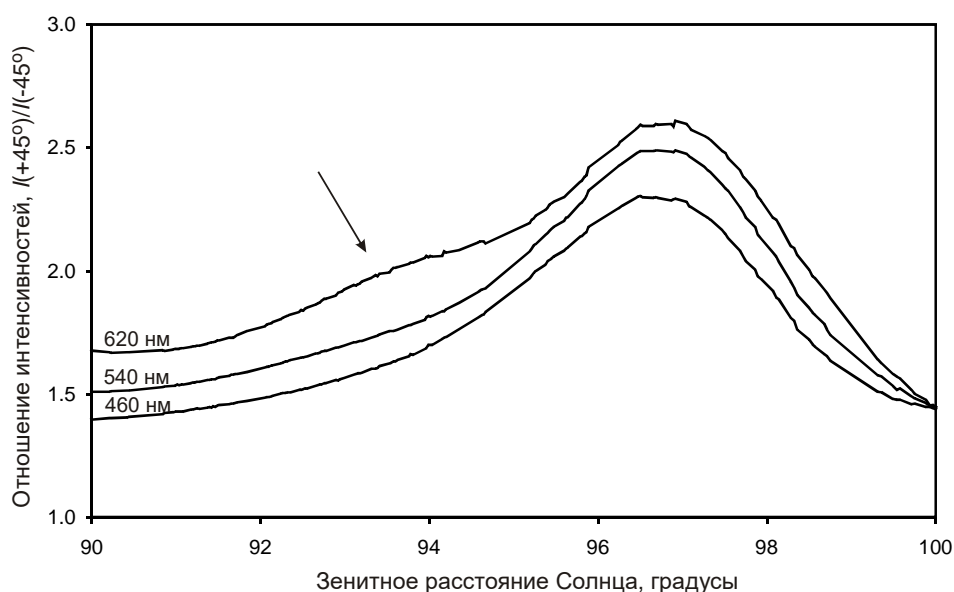


Рисунок 2. Отношение величин интенсивности фона неба в области зари и противоположной точке солнечного вертикала (зенитное расстояние 45°) в зависимости от зенитного расстояния Солнца в трех цветовых полосах. Эффект стратосферного аэрозоля показан стрелкой.

Совместно с ИНАСАН и КраО на обсерватории в п. Симеиз (44°.4 с.ш., 34°.0 в.д., 370 м) установлена камера для мониторинга неба в районе зенита с целью контроля за состоянием неба во время наблюдений и для фотометрии ярких переменных звезд, например ϵ Возничего, которая исследуется нами в инфракрасной области спектра. В камере используется приемник MEADE DSI PRO II, объектив МИР-20 (F20 мм, 1:3.5) и зеленый светофильтр, выделяющий полосу близкую к астрономической полосе V. Поле зрения камеры 12 градусов. Управление и прием данных осуществляется по Интернету.



Рисунок 3. Камера для мониторинга неба в районе зенита на обсерватории КраО в п.Симеиз.

Оригинальные статьи:

Угольников О.С., Козелов Б.В. Исследования мезосферы на основе широкоугольной поляриметрии сумеречного неба: первые результаты за полярным кругом // *Космические исследования*, 2016, том 54, № 4, с. 295–301.

Угольников О.С., Маслов И.А. Анализ направления поляризации фона сумеречного неба как средство выделения однократного рассеяния // *Космические исследования*, 2016, том 54 (в печати).

Ugolnikov O.S., Maslov I.A., Kozelov B.V., Dlugach J.M. Noctilucent cloud polarimetry: Twilight measurements in a wide range of scattering angles // *Planetary and Space Science*, 2016, v. 125, p.105-113.

Maslov I.A., Taranova O.G., Tatarnikov A.M., Shenavrin V.I. Comparison of the infrared magnitudes of the eclipsing variable star ϵ Aur during the two main luminance lows using observations from 1980 to 2015 // *Astronomical and Astrophysical Transactions*, 2016, vol.29, No3-4 (в печати).

Конференции:

1. O.S. Ugolnikov, I.A. Maslov, B.V. Kozelov, V.I. Kirillov. Clouds and Aerosol Particles Investigations in Middle and Upper Atmosphere Using All-Sky Polarization Cameras During the Twilight (invited) // 39-й Ежегодный семинар "Физика авроральных явлений", Полярный геофизический институт, Апатиты, 29 февраля - 3 марта 2016 г.

2. Угольников О.С. Поляриметрия аэрозоля и облаков в средней и верхней атмосфере (обзорная лекция) // 20-я Школа-конференция молодых ученых Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические эффекты. 24-26 мая 2016 г., с. Безводное, Нижегородская область.

Раздел «Радиоинтерферометр»

Результаты исследований сверхтонкой структуры активных ядер галактик

Л.И.Матвеевко, С.В.Селезнев и С.С.Сиваконь

Подтема: «Результаты исследований сверхтонкой структуры активных ядер галактик»

Процессы, протекающие в ядрах галактик, являются одним из важнейших и малоисследованных направлений современной астрофизики, что связано с их необычайно малыми угловыми размерами. Усовершенствование метода сверхдальней радиоинтерферометрии позволило существенно продвинуться в этом направлении. В представленном отчете за 2016 г. приведены результаты исследований тонкой структуры активных ядер галактик Лебедь А, NGC 1275 и 3C 273 и 3C 454.3. Достигнуто предельное угловое разрешение, достигающее 1.2 мсек. дуги ($1 \text{ mas} \approx 2 \text{ мм}$ на Луне). Получены уникальные результаты по сверхтонкой структуре активных зон ядер галактик. Выделены сопла и эжектируемые биполярные потоки – джеты и контрджеты. Установлена чрезвычайно высокая яркостная температура потоков на выходе сопел $T_b \gg 10^{12} \text{ К}$, которая определяется излучением эжектируемых релятивистских электронов. Скорости эжекции потоков $V \approx 0.1c$, размеры биполярных потоков $\rho \approx 1 \text{ пк}$ и определяются временем высвечивания электронов $t \approx 3 \text{ лет}$. Увеличенные размеры джета, наблюдаемые на уровне нескольких процентов, определяются их послесвечением, ускорением, компенсирующим потери излучения. Установлено, что во вращающихся биполярных потоках возбуждаются кольцевые токи - магнитные поля. Тангенциальные направления колец наблюдаются в виде параллельных цепочек компонент. Эжекция джета и контрджета равновероятна. Отличие определяется движением потока джета по полю - поток ускоряется и контрджета против против поля - тормозится.

Полученные результаты является значительным вкладом в понимание протекающих процессов в ядрах галактик. Показано, что кинематика протекающих процессов соответствует вихревой природе - антицентрифуге. Окружающая тепловая плазма поступает на “аккреционный диск” и перетекает по спиральной траектории – рукавам к центру. Преобладает круговая составляющая скорости над радиальной. Возникающий избыточный угловой момент по мере накопления уносится вращающимся биполярным

потоком, формируется высокоскоростной поток, окруженный низкоскоростными составляющими. Вращающиеся потоки ускоряются и коллимируются, что определяется газовой динамикой. Тепловая плазма по мере перетекания ускоряется, разогревается до релятивистских температур и эжектируется. Остаток вещества выпадает на формирующееся центральное тело – черную дыру. Получены радио карты объектов с активными ядрами за многолетний период с различными угловыми разрешениями. Рассмотрим некоторые из них.

1. БЛАЗАР 3С 454.3.

Сверхтонкая структура объекта 3С 454.3 исследована на волне $\lambda=2$ см, в том числе в поляризованном излучении, с разрешением $\phi=0.1$ мсек. дуги и на волне $\lambda=7$ мм с разрешением до $\phi=1.2$ мсек. дуги, рис.1. Для общего представления отметим, что 1 мсек. дуги соответствует углу, под которым была бы видна на Луне с Земли горошинка. На картах выделяются фрагменты джета и контрджет. Размеры джета существенно превышают размеры контрджета. Искривленная спиралевидная форма джета с расходящимся шагом определяется изменением положения оси вращения диска и прецессией, вызываемой неустойчивостью эжектированного потока. Контрджет — зеркальное отражение начальной части джета. Его небольшие размеры соответствуют яркой части джета и определяются коротким временем высвечивания релятивистских электронов и относительно небольшой скоростью эжекции. Яркостная температура потока на выходе сопла при высоком разрешении $\phi=1.2$ мсек. дуги достигает $T_b \approx 10^{15}$ К. Сопло окружено спиралевидными фрагментами рукавов, по которым плазма поступает к соплу и эжектируется, унося избыточный угловой момент по мере его накопления. Расстояние от сопла до фрагментов рукавов изменяется от $\rho \approx 2.2$ мсек. дуги или 6 пк на волне $\lambda=2$ см до $\rho \approx 0.2$ мсек. дуги или 0.5 пк и $\rho \approx 0.04$ мсек. дуги или 0.1 пк на волне $\lambda=7$ мм. При этом яркости фрагментов возрастают от 0.5% до 5% пикового значения. Увеличение яркости фрагментов определяется возрастанием оптической толщи и энергии релятивистских электронов. Ориентация плоскости поляризации излучения практически ортогональна фрагменту потока, что соответствует магнитному полю, параллельному потоку. Во вращающихся потоках возбуждаются кольцевые токи и магнитные поля подобные соленоиду.

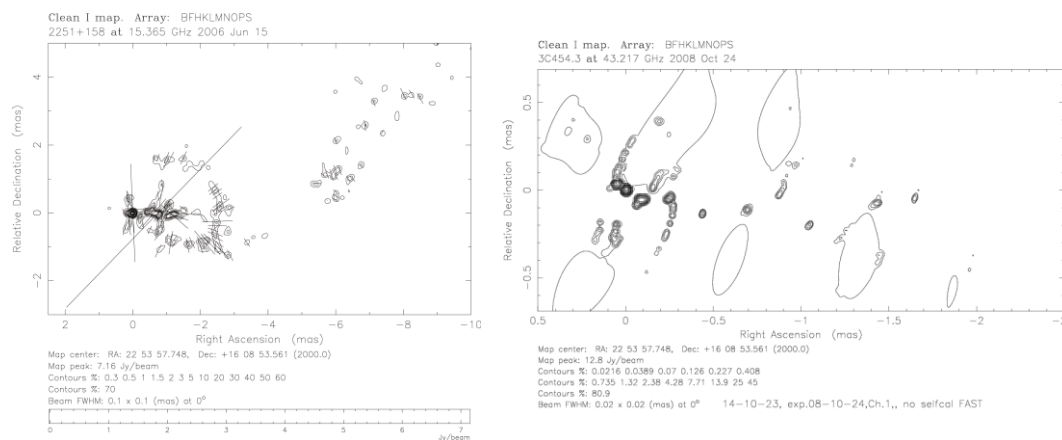


Рис.1а. Тонкая структура активной области блазара 3С 454.3, $\lambda = 2$ см. Выделяются контрджет и вкрапления в джете, разрешение $\phi=0.1$ мсек. дуги; дугообразная структура – часть рукава. – слева. Структура на волне $\lambda = 7$ мм, $\phi=20$ мсек, эпоха 2008 видны два фрагмент спиральных рукавов – справа.

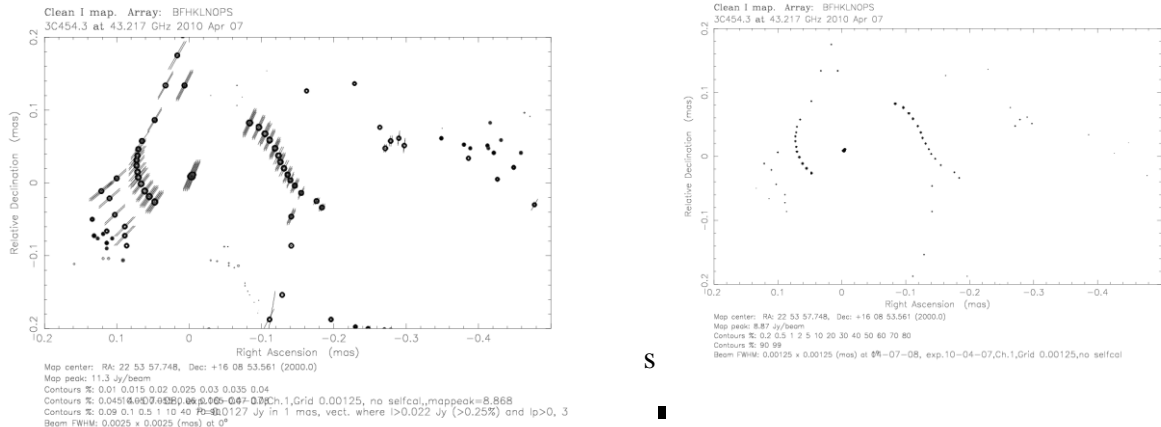


Рис.1b. Тонкая структура активной области блазара 3C 454.3, $\lambda = 7$ мм, эпоха 2010, разрешение $\varphi=2.5$ μ с, отрезки прямых соответствуют поляризации - слева и $\varphi=1.25$ μ с – справа.

2. Сейфертовская галактика NGC 1275.

Структура галактики состоит из активной области и биполярных потоков, переходящих в “уши”, рис 2а. В активной области находятся две параллельные гравитационно-связанные системы, разнесенные в картинной плоскости на 0.5 пк Рис 2b и 2c длина волны $\lambda=2$ см, эпохи 2009 и 2010, разрешение $\varphi=50$ μ с; Рис 2d эпоха 2011 $\lambda=7$ мм разрешение $\varphi=20$ μ с. Каждая из них содержит диск-эжектор и биполярный поток. Высокоскоростные биполярные потоки окружены низкоскоростными составляющими. Диаметры низкоскоростных коаксиальных потоков соответствуют $\Phi_1 \approx 0.3$ пк, $\Phi_2 \approx 0.8$ пк и третья составляющая на пределе обнаружения $\Phi_3 \approx 1.4$ пк. Скорости потоков и их яркостные температуры экспоненциально нарастают по мере приближения к центру. Размер сопла равен $\Phi_0 \approx 7$ мпк. Яркостные температуры высокоскоростных потоков на выходе эжектора $T_b \approx 50 \cdot 10^{12}$ К. Скорости систем отличаются на ≈ 600 км/с, период обращения равен $\sim 5 \cdot 10^3$ лет, масса центральных тел - черных дыр $M \approx 10^7 M_{\text{Sun}}$.

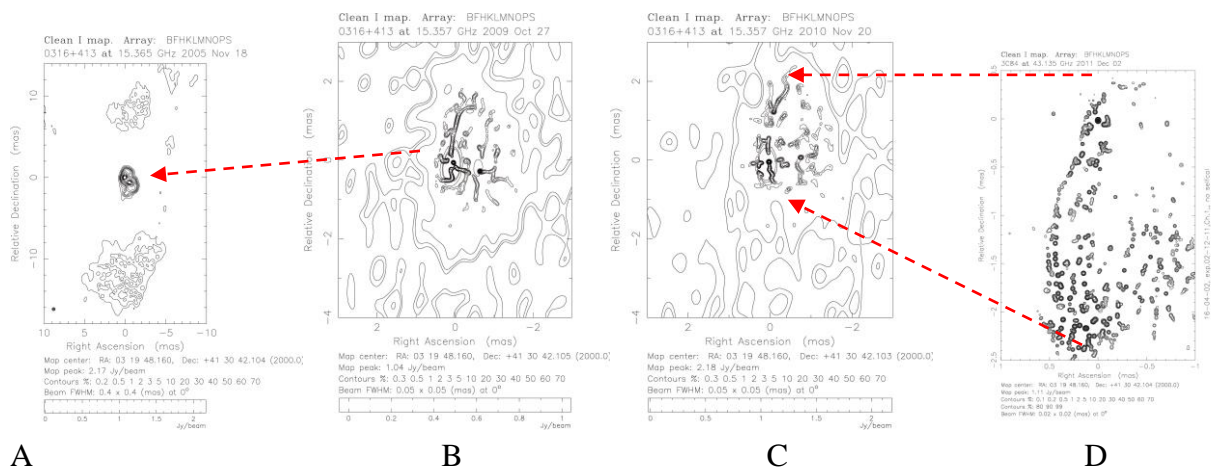


Рис.2. Радиогалактика NGC 1275, $\lambda = 2$ см, эпоха 18.11.2005, разрешение 0.4 мсек. дуги - а. Центральная активная область в увеличенном масштабе, разрешение 50 мксек. дуги – b эпоха 27.10.2009 и эпоха 27.10.2010.

Подтема: «Исследования кинематики структуры области звездообразования в газопылевом комплексе Ориона.

В эпохи пониженной активности 1998 и 2003 в Туманности Ориона снизилось мазерное излучение области сопла эжектора, блендирующее тонкую структуру области пониженной яркости. Это позволило исследовать сверхтонкую структуру области звездообразования с разрешением от 100 до 10 мксек. дуги. На рисунке 1 приведена тонкая структура области эжекции потоков. Спиралевидность структуры предполагает истечение низкоскоростной составляющей, уносящей избыточный угловой момент, в течение времени меньшего периода обращения.

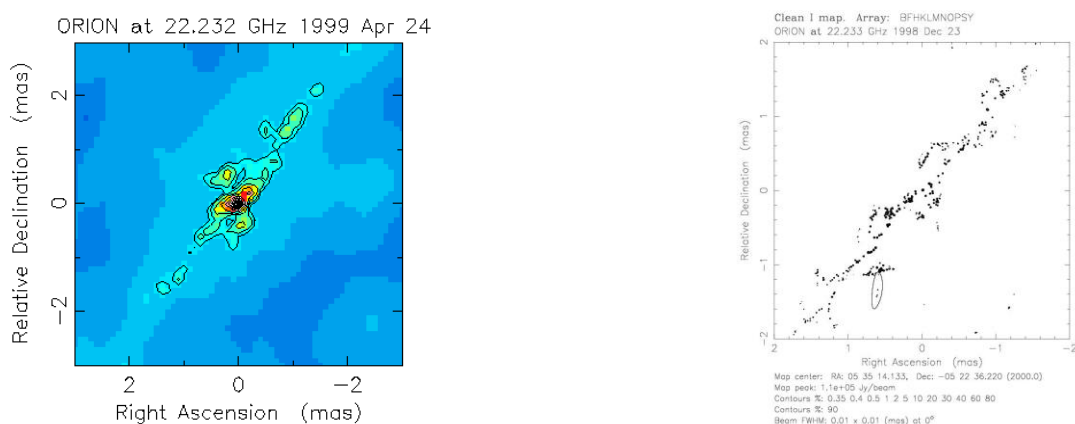


Рис. 1. Область эжекции потоков в активной области звездообразования в Орионе КЛ в мазерном излучении линии водяного пара, разрешение 100 мксек. дуги - слева. Центральный биполярный поток, окруженный низкоскоростной спиралевидной структурой, эпоха 1998, разрешение 10 мксек. дуги - справа.

В период молчания эпоха 2003 тонкая структура области сопла показана на рис. 2. Наблюдается центральный S – образный биполярный поток, окруженный параллельными цепочками – тангенциальными направлениями низкоскоростной составляющей, разрешение 100 мксек. дуги - слева. Центральный биполярный поток, окруженный низкоскоростной структурой, эпоха 2003, разрешение 20 мксек. дуги - справа.

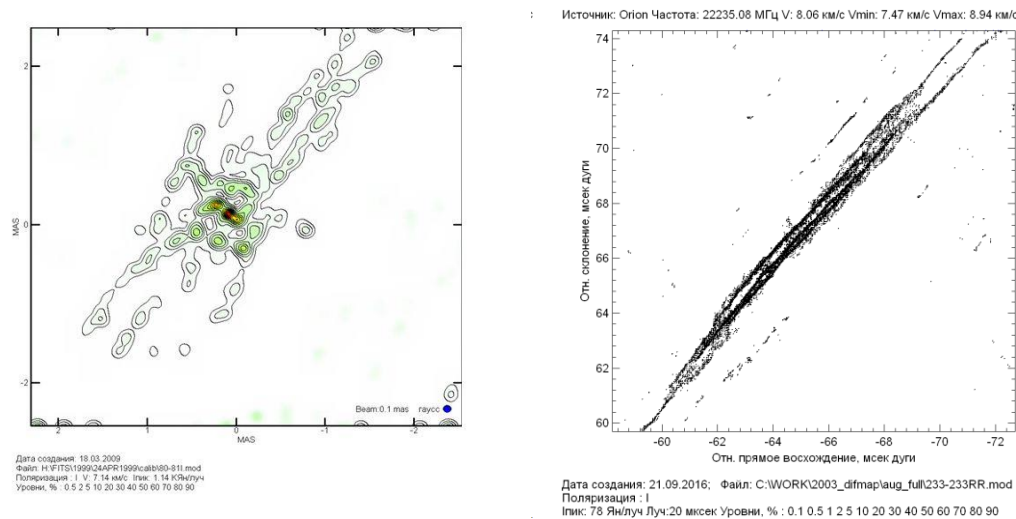


Рис. 2. Область сопла, центральный S – образный поток, окруженный низкоскоростной составляющей, эпоха 2003, разрешение 100 мсек. дуги - слева. Центральный биполярный поток, окруженный низкоскоростной спиралевидной структурой, разрешение 20 мсек. дуги - справа.

В плотном молекулярном облаке Ориона КЛ мазерном излучении наблюдаются кольцевые структуры. Одна из структур показана на рис. 3. Цветом обозначены продольные скорости фрагментов, цифрами скорости в местной системе покоя. Наклон кольцевой структуры равен 39° , а скорость вращения 1 км/с.

Как и в случае галактик кинематика структуры имеет вихревую природу.

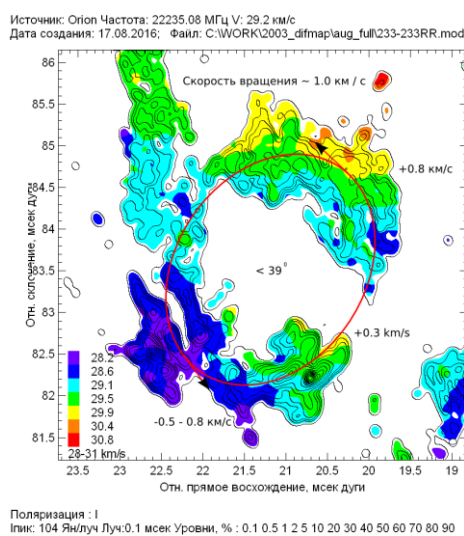


Рис.3. Кольцевая структура в Орионе КЛ.

Оригинальные статьи:

Л.И.Матвеевко, С.С.Сиваконь: Активная область ядра блазара 3с 454.3. Письма в астрономический журнал, 2016, том 42, №10, с. 703–716.

Л.и.матвеевко, с.в.селезнев: Особенности тонкой структуры ядра галактики NGC 1275. Письма в астрономический журнал, 2016, том 42, №4, с. 237–245.

Л.И.Матвеевко, С.С.Сиваконь: Активная зона ядра квазара 3C 273, *Письма В Астрономический Журнал*, 2016, в печати.

Л.И.Матвеевко, Препринт ИКИ № 2179, 2016, Многоликое единство.

Конференции

1. Л.И.Матвеевко, Доклад: MULTI-FACE UNITY. *13th European VLBI Network Symposium. 20 -23 September 2016 St. Petersburg.*
2. Л.И.Матвеевко, доклад FROM CRAB to CYGNUS, Международная конференция, Всеволновая астрономия. Шкловский-100. Москва, 20-22 июня 2016 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном отчете использованы результаты исследований, проведенных в 2016г. по теме ВСЕЛЕННАЯ. Исследования в области астрофизики высоких энергий, теоретической физики и наблюдательной космологии. Наиболее важные результаты:

«Эффективное уравнение состояния возмущений в межгалактическом газе»

Е.Чуразов, А.Вихлинин, Р.Сюняев

Важнейшая информация о физике горячей плазмы в скоплениях галактик «закодирована» в свойствах малых возмущений термодинамических параметров газа. Существующие теоретические модели сильно отличаются в предсказаниях иерархии различных типов возмущений, в частности, звуковых и внутренних волн. Решение этого вопроса является ключевым для построения самосогласованной модели эволюции свойств газа в скоплениях галактик и роли различных механизмов в генерации турбулентности. Используя кросс-спектры различных энергетических диапазонов рентгеновского излучения, впервые было измерено эффективное уравнение состояния возмущений в ярчайших скоплениях галактик. Оказалось, что в центральных зонах скоплений внутренние волны доминируют в энергетическом балансе наблюдающихся возмущений, что согласуется с теоретической моделью, в которой активность сверхмассивных черных дыр порождает дозвуковую турбулентность в стратифицированной среде. Диссипация турбулентных движений, в свою очередь, является источником нагрева газа.

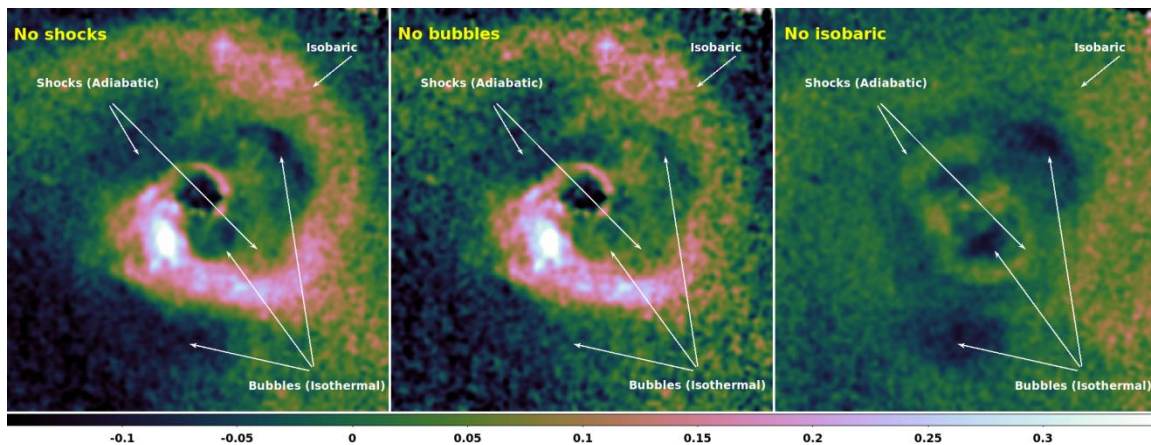


Рис.1 Рентгеновское изображение центральной зоны скопления галактик в созвездии Персея. На трех изображениях убраны вклады звуковых волн (слабых ударных волн), изотермических возмущений (пузырей релятивистской плазмы) и изобарических возмущений (внутренних волн), соответственно.

Оригинальные статьи:

Churazov E., Arevalo P., Forman W., Jones C., Schekochihin A., Vikhlinin A., Zhuravleva I. "Arithmetic with X-ray images of galaxy clusters: effective equation of state for small-scale perturbations in the ICM", 2016, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 463, 1057

Arevalo P., Churazov E., Zhuravleva I., Forman W. R., Jones C. "On the Nature of X-ray Surface Brightness Fluctuations in M87", 2016, The Astrophysical Journal, 818, 14

Zhuravleva I., Churazov E., Arevalo P., Schekochihin A. A., Forman W. R., Allen S. W., Simionescu A., Sunyaev R., Vikhlinin A., Werner N. "The nature and energetics of AGN-driven perturbations in the hot gas in the Perseus Cluster", 2016, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 458, 2902

Обнаружение одной из самых далеких нейтронных звезд в нашей Галактике

Авторы: А.Лутовинов, Р.Кривонос, С. Мольков

Измерено магнитное поле и определено расстояние до рентгеновского пульсара 2S 1553-542, который оказался одним из самых далеких рентгеновских объектов Галактики. Система находится на расстоянии около 20 килопарсек на дальней окраине Галактики, предположительно в рукаве Стрельца. Благодаря данным обсерваторий NuSTAR и Fermi удалось впервые измерить величину магнитного поля нейтронной звезды (3×10^{12} Гаусс) и определить темп ускорения ее вращения, а по особенностям рентгеновского излучения — оценить расстояние до системы в 20 ± 4 кпк. Кроме того, наблюдения с помощью обсерватории Chandra позволили впервые точно определить координаты источника. Для поиска звезды-компаньона и определения ее природы были проведены оптические наблюдения этого участка неба с помощью телескопа Большого Южноафриканского Телескопа SALT и использованы данные инфракрасного обзора VVV, показавшие, что спектр одной из звезд, находящихся вблизи рентгеновского положения источника, очень похож на спектры звезд класса Ве. В ходе сравнения с подобными объектами удалось точнее определить класс звезды — B1-2Ve, а это в свою очередь позволило независимо оценить расстояние до двойной системы — 15-20 кпк. Полученные значения прекрасно согласуются с приведенными выше результатами рентгеновских наблюдений. На основании этого был сделан вывод: двойная система 2S1553-542 расположена на

противоположном краю Млечного пути, скорее всего, в рукаве Стрельца (Рис.1). Проведенное комплексное исследование с использованием данных в разных областях электромагнитного спектра, а также примененные методы и подходы открывают новые возможности для поиска и изучения далеких объектов Галактики.

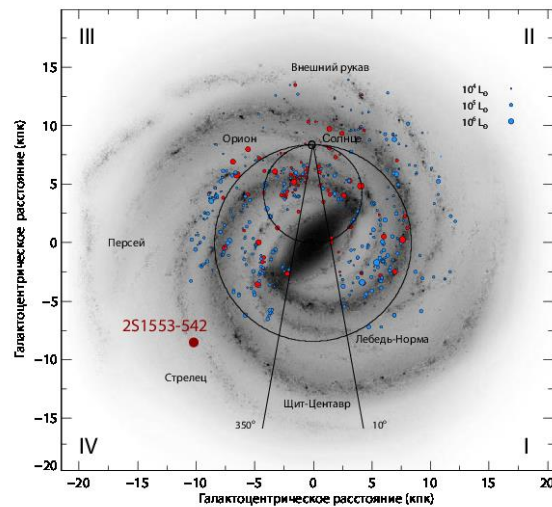


Рис.1 Предполагаемое расположение двойной системы в Галактике в рукаве Стрельца. Кружком показано расположение Солнечной системы.

Оригинальные статьи:

Tsygankov S., Lutovinov A., Krivonos R., Molkov S., et al. NuSTAR discovery of a cyclotron absorption line in the transient X-ray pulsar 2S 1553–542 // MNRAS. 2016. V.457. P.258—266 (IF = 4.952) (поддержана грантом РФФ 14-12-01287)

Lutovinov A., Buckley D., Townsend L. et al. 2S 1553–542: a Be/X-ray binary pulsar on the far side of the Galaxy // MNRAS. 2016. V.462. P.3823—3829 (IF = 4.952)

Сверхмягкие рентгеновские источники и происхождения Сверхновых типа Ia.

М.Р.Гильфанов

Исследованы различные проявления сверхмягких рентгеновских источников в контексте происхождения Сверхновых типа Ia. Теоретически рассчитано количество и свойства популяции транзиентных сверхмягких рентгеновских источников, связанных с рентгеновским «послесвечением» Классических и рекуррентных Новых. Сравнение результатов теоретических расчетов с данными рентгеновских наблюдений галактики Туманность Андромеды обсерваторией XMM-Newton (Европейское Космическое Агентство) показало, что значительная часть сверхмягких рентгеновских источников, наблюдаемых в этой галактике, не являются стационарными, а вызваны рентгеновским «послесвечением» Новых. Найдено объяснение низкой частоте обнаружения ионизованных туманностей вокруг сверхмягких источников. На основе данных наблюдений Слоановского обзора неба (SDSS - Sloan Digital Sky Survey, США) измерены средние характеристики оптического линейчатого излучения в пассивно эволюционирующих галактиках как функция их возраста. На основании этих измерений получены ограничения на источники ионизирующего излучения в этих галактиках и, в частности, на число сверхмягких источников и интегральный темп увеличения массы белых карликов в таких источниках. На основе этих данных получены ограничения на вклад аккрецирующих белых карликов в наблюдаемую популяцию Сверхновых типа Ia.

Статьи:

4. Soraisam M., Gilfanov M., Wolf W., Bildsten L.
Population of post-nova supersoft X-ray sources
MNRAS, 2016, 455, 668 - *поддержка РФФ*
5. Woods T.E. and Gilfanov M.
Where are all of the nebulae ionized by supersoft X-ray sources?
MNRAS, 2016, 455, 1770 - *поддержка РФФ*
6. Johansson J., Woods T.E., Gilfanov M., Sarzi M., Chen Y.-M., Oh K.
Diffuse gas in retired galaxies: nebular emission templates and constraints on the sources
of ionization
MNRAS, 2016, 461, 4505

Открытие далекого рентгеновского квазара на $z=5.08$

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

Один из самых далеких рентгеновских квазаров был обнаружен с помощью нового спектрографа АДАМ на 1,6-метровом телескопе АЗТ-33ИК Саянской солнечной обсерватории. Источник 3ХММ J125329.4+305539 находится на красном смещении $z=5,08$, этот объект является одним из самых далеких и ярких квазаров обнаруженных по излучению в рентгеновском диапазоне. Полученные данные подтверждают высокие характеристики нового спектрографа низкого и среднего разрешения АДАМ.

Объект был обнаружен во время спектроскопической проверки отобранных в рентгене кандидатов в далекие квазары на $z>3$. Поиск таких источников является одним из важнейших направлений исследования истории роста сверхмассивных черных дыр и эволюции массивных галактик во Вселенной. Полученные результаты свидетельствуют, что уже сейчас, используя накопленные данные, можно значительно увеличить число известных рентгеновских квазаров. А в будущем, с запуском обсерватории СРГ, которая должна провести обзор всего неба в рентгене, это позволит обнаружить все наиболее яркие квазары в наблюдаемой части Вселенной.

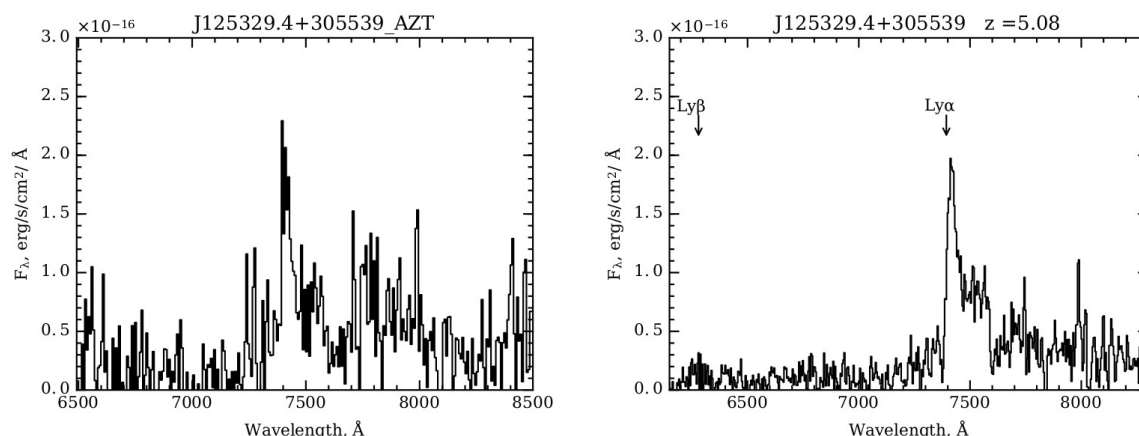


Рисунок 1:

Спектры квазара J125329+305539 на красном смещении 5.08. Слева — измеренный спектрографом АДАМ (АЗТ-33ИК), справа — измеренный на телескопе БТА (САО РАН). По горизонтали — длина волны. Пик, обозначенный стрелкой, — линия Лайман-альфа.

Оригинальные статьи:

Г.А. Хорунжев, Р.А. Буренин, А.В. Мещеряков, С.Ю. Сазонов
"Каталог кандидатов в квазары на $3 < z < 5.5$ отобранных среди рентгеновских источников обзора 3XMM-DR4 обсерватории XMM-Ньютон"
Письма в астрономический журнал, 2016, том 42, №5, с. 313-332,
Astronomy Letters, 2016, Vol. 42, No 5, pp. 277-294. IF = 1.297 / 1.432

Г.А. Хорунжев, Р.А. Буренин, С.Ю. Сазонов, А.Л. Амвросов, М.В. Еселевич.
"Оптическая спектроскопия кандидатов в квазары на $3 < z < 5.5$ из рентгеновского обзора обсерватории XMM-Ньютон. Далекий рентгеновский квазар на $z=5.08$ " Письма в астрономический журнал, 2017, том 43 IF = 1.297

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Публикации по теме ВСЕЛЕННАЯ

Всего научных публикаций в 2016г: - 75

В том числе в зарубежных изданиях: - 60

Статьи в отечественных рецензируемых журналах: - 15

статьи в сборниках и материалах конференций: - 5

Телеграммы: - 25

Статьи в научно - популярных изданиях: - 0

Публикации, подготовленные в соавторстве с зарубежными учеными: 52 (без телеграмм)

Выполнены при поддержке грантов РФФИ: 26

Суммарный импакт фактор публикаций: 295.405

Web of Science:

Суммарный индекс цитирования Web of Science (2011-2015):

Публикации в российских журналах

1. Угольников О.С., Козелов Б.В. Исследования мезосферы на основе широкоугольной поляриметрии сумеречного неба: первые результаты за полярным кругом // *Космические исследования* (IF=0.563), 2016, том 54, № 4, с. 295–301.

2. Угольников О.С., Маслов И.А. Анализ направления поляризации фона сумеречного неба как средство выделения однократного рассеяния // *Космические исследования*, 2016, том 54 (в печати) (IF=0.563)

3. *И.Ф.Бикмаев, Е.А.Николаева, В.В.Шиманский, А.И.Галеев, Р.Я.Жучков, Э.Н.Иртуганов, С.С.Мельников, Н.А.Сахибуллин, С.А.Гребенев, Л.М.Шарипова "Спектроскопическое исследование оптического спутника быстрого рентгеновского транзиента IGR J17544-2619 по наблюдениям на 1.5-м телескопе РТТ-150", Письма в Астрономический журнал (Astronomy Letters), 2017, т. 43, № 4, в печати. (IF=1.432).*

4. Л.И.Матвеевко, С.С.Сиваконь: АКТИВНАЯ ОБЛАСТЬ ЯДРА БЛАЗАРА ЗС 454.3. ПИСЬМА В АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, 2016, том 42, №10, с. 703–716. IF = 1.297 / 1.432

5. Л.И.Матвеевко, С.В.Селезнев: ОСОБЕННОСТИ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ ЯДРА ГАЛАКТИКИ NGC 1275. ПИСЬМА В АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, 2016, том 42, №4, с. 237–245. IF = 1.297 / 1.432

6. Л.И.Матвеевко, С.С.Сиваконь: Активная зона ядра квазара ЗС 273, *Письма В Астрономический Журнал*, 2016, в печати. IF = 1.297 / 1.432

1. Г.А. Хорунжев, Р.А. Буренин, А.В. Мещеряков, С.Ю. Сазонов "Каталог кандидатов в квазары на $3 < z < 5.5$ отобранных среди рентгеновских источников обзора 3XMM-DR4 обсерватории XMM-Ньютон" Письма в астрономический журнал, 2016, том 42, №5, с. 313-332, *Astronomy Letters*, 2016, Vol. 42, No 5, pp. 277-294. IF = 1.297 / 1.432
2. А.Н.Семена, Д.Бакли, М.Г.Ревнивцев, А.А.Лутовинов, Х. Брайтенбах Определение свойств аккреционного течения в системе HL СМа по анализу переменности ее светимости *Astronomy Letters*, Volume 42, Issue 6, pp.379-392 (2016) IF = 1.297 / 1.432
3. Н.П.Семена, О.Е.Козлов, Д.В.Сербинов Использование трансформирующихся конструкций для обеспечения допустимого температурного режима лунных научных приборов Космонавтика и ракетостроение № 2 2016 с.133-144
4. Н.П.Семена, Д.В.Сербинов Математическая интерпретация теплового эксперимента, имитирующего условия космического пространства Тепловые процессы в технике т.8 № 9 с.423-431
5. И.А. Мереминский, Е.В.Филлипова, Р.А. Кривонос Р.А., С.А. Гребенев, Р.А. Буренин, и Р.А. Сюняев Вспышка рентгеновской Новой GRS 1739-278 в сентябре 2016 г *ПАЗ/Astronomy Letters*, 2017, II (IF =1.297/1.432)
6. Гребенев С.А., Просветов А.В., Буренин Р.А., Кривонос Р.А., Мещеряков А.В. "Рентгеновская новая MAXI J1828-249. Эволюция широкополосного спектра излучения во время вспышки 2013-2014 гг.", *Письма в Астрономический журнал*, 2016, т. 42, № 2, с. 88–101. IF = 1.297 / 1.432
7. Штыковский А.Е., Лутовинов А.А., Арефьев В.А., Мольков С.В., Цыганков С.С., Ревнивцев М.Г. "Наблюдения рентгеновского пульсара LMC X-4 обсерваторией NuSTAR: ограничение на величину магнитного поля и томография системы в линии железа.", *Письма в астрономический журнал*, 2017, том 43, IF = 1.297 / 1.432
8. Р.А. Буренин, А.Л. Амвросов, М.В. Еселевич, В. М. Григорьев, В.А. Арефьев, В.С. Воробьев, А.А. Лутовинов, М.Г. Ревнивцев, С.Ю. Сазонов, А.Ю. Ткаченко, Г.А. Хорунжев, А.Л. Яскович, М.Н. Павлинский В.А. Наблюдательные возможности нового спектрографа среднего и низкого разрешения на 1.6-м телескопе Саянской обсерватории *Письма в Астрономический журнал*, т. 42, с.333 (2016) IF =1.297 / 1.432
9. Р. А. Буренин, М. Г. Ревнивцев, А. Ю. Ткаченко, В. С. Воробьев, А. Н. Семена, А. В. Мещеряков, С. Н. Додонов, М. В. Еселевич, М. Н. Павлинский Выборка катаклизмических переменных обнаруженных в рентгеновском обзоре площадью 400 кв. Градусов *Письма в Астрономический журнал*, т. 42, с.273 (2016) IF =1.297 / 1.432

Публикации в иностранных журналах

1. Dolag, K.; Komatsu, E.; Sunyaev, R., "SZ effects in the Magneticum Pathfinder simulation: comparison with the Planck, SPT, and ACT results", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 463, issue 2, pp. 1797-1811 (2016), DOI: 10.1093/mnras/stw2035
2. Burke, M.J.; Gilfanov, M.; Sunyaev, R., "A dichotomy between the hard state spectral properties of black hole and neutron star X-ray binaries", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Advance Access, (2016), DOI: 10.1093/mnras/stw2514
3. Planck Collaboration (259 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. XXVII. The second Planck catalogue of Sunyaev-Zeldovich sources", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A27, 38 pp, (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201525823
4. Planck Collaboration (242 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. XXVI. The Second Planck Catalogue of Compact Sources", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A26, 39 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201526914
5. Planck Collaboration (239 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. XXV. Diffuse low-frequency Galactic foregrounds", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A25, 45 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201526803
6. Planck Collaboration (235 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. XXIV. Cosmology from Sunyaev-Zeldovich cluster counts", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A24, 19 pp. (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201525833
7. Planck Collaboration (201 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. XXII. A map of the thermal Sunyaev-Zeldovich effect", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A22, 24 pp.(2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201525826
8. Planck Collaboration (231 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. XXI. The integrated Sachs-Wolfe effect", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A21, 30 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201525831
9. Planck Collaboration (246 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. XX. Constraints on inflation", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A20, 65 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201525898
10. Planck Collaboration (241 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. XVII. Constraints on primordial non-Gaussianity", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A17, 66 pp.,(2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201525836
11. Planck Collaboration (229 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. XV. Gravitational lensing", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A15, 28 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201525941

12. Planck Collaboration (236 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. XIV. Dark energy and modified gravity", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A14, 31 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201525814
13. Planck Collaboration (261 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. XIII. Cosmological parameters", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A13, 63 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201525830
14. Planck Collaboration (223 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. XI. CMB power spectra, likelihoods, and robustness of parameters", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A11, 99 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201526926
15. Planck Collaboration (239 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. X. Diffuse component separation: Foreground maps", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A10, 63 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201525967
16. Planck Collaboration (369 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. I. Overview of products and scientific results", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A1, 38 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201527101
17. Planck Collaboration (222 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. XXVIII. The Planck Catalogue of Galactic cold clumps", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A28, 28 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201525819
18. Planck Collaboration (201 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. XXIII. The thermal Sunyaev-Zeldovich effect-cosmic infrared background correlation", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A23, 17 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201527418
19. Planck Collaboration (232 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. XIX. Constraints on primordial magnetic fields", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A19, 27 pp.,(2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201525821
20. Planck Collaboration (244 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. XVI. Isotropy and statistics of the CMB", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A9, 42 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201525936
21. Planck Collaboration (239 authors including Sunyaev, R.), "Planck 2015 results. IX. Diffuse component separation: CMB maps", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 594, id.A9, 42 pp.,(2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201525936
22. Anderson, Michael E.; Sunyaev, Rashid, "Searching for FUV line emission from 107 K gas in massive elliptical galaxies and galaxy clusters as a tracer of turbulent velocities", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 459, Issue 3, p.2806-2821, (2016), DOI: 10.1093/mnras/stw822
23. Molaro, Margherita; Khatri, Rishi; Sunyaev, Rashid A., "Probing the clumping structure of

- giant molecular clouds through the spectrum, polarisation and morphology of X-ray reflection nebulae", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 589, id.A88, 15 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201527760
24. Planck Collaboration (194 authors including Sunyaev, R.), "Planck intermediate results. XXXVIII. E- and B-modes of dust polarization from the magnetized filamentary structure of the interstellar medium", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 586, id.A141, 17 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201526506
25. Planck Collaboration (191 authors including Sunyaev, R.), "Planck intermediate results. XXXVII. Evidence of unbound gas from the kinetic Sunyaev-Zeldovich effect", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 586, id.A140, 14 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201526328
26. Planck Collaboration (190 authors including Sunyaev, R.), "Planck intermediate results. XXXVI. Optical identification and redshifts of Planck SZ sources with telescopes at the Canary Islands observatories", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 586, id.A139, 15 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201526345
27. Planck Collaboration (203 authors including Sunyaev, R.), "Planck intermediate results. XXXII. The relative orientation between the magnetic field and structures traced by interstellar dust", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 586, id.A135, 24 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201425044
28. Planck Collaboration (233 authors including Sunyaev, R.), "Planck intermediate results. XXX. The angular power spectrum of polarized dust emission at intermediate and high Galactic latitudes", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 586, id.A133, 25 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201425034
29. Planck Collaboration (197 authors including Sunyaev, R.), "Planck intermediate results. XXIX. All-sky dust modelling with Planck, IRAS, and WISE observations", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 586, id.A132, 26 pp., (2016), DOI: 10.1051/0004-6361/201424945
30. Planck Collaboration (177 authors including Sunyaev, R.), "Planck intermediate results. XLII. Large-scale Galactic magnetic fields", eprint arXiv:1601.00546, (2016)
31. Anderson M. E., Churazov E., Bregman J. N. "A deep XMM-Newton study of the hot gaseous halo around NGC 1961", 2016, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 455, 227
32. Arévalo P., Churazov E., Zhuravleva I., Forman W. R., Jones C. "On the Nature of X-ray Surface Brightness Fluctuations in M87", 2016, *The Astrophysical Journal*, 818, 14
33. Ogrean G. A., van Weeren R. J., Jones C., Forman W., Dawson W. A., Golovich N., Andrade-Santos F., Murray S. S., Nulsen P., Roediger E., Zitrin A., Bulbul E., Kraft R.,

- Goulding A., Umetsu K., Mroczkowski T., Bonafede A., Randall S., et al. "Frontier Fields Clusters: Deep Chandra Observations of the Complex Merger MACS~J1149.6+2223", 2016, *The Astrophysical Journal*, 819, 113
34. van Weeren R. J., O'Greehan G. A., Jones C., Forman W. R., Andrade-Santos F., Bonafede A., Brüggemann M., Bulbul E., Clarke T. E., Churazov E., David L., Dawson W. A., Donahue M., Goulding A., Kraft R. P., Mason B., Merten J., Mroczkowski T., et al. "The Discovery of Lensed Radio and X-Ray Sources behind the Frontier Fields Cluster MACS J0717.5+3745 with the JVLA and Chandra", 2016, *The Astrophysical Journal*, 817, 98
35. Isern J., Jean P., Bravo E., Knödseder J., Lebrun F., Churazov E., Sunyaev R., Domingo A., Badenes C., Hartmann D. H., Hoeflich P., Renaud M., Soldi S., Elias-Rosa N., Hernanz M., Domínguez I., García-Senz D., Lichte G. G., et al. "Gamma-ray emission from SN2014J near maximum optical light", 2016, *Astronomy and Astrophysics*, 588, A67
36. Ugolnikov O.S., Maslov I.A., Kozelov B.V., Dlugach J.M. Noctilucent cloud polarimetry: Twilight measurements in a wide range of scattering angles // *Planetary and Space Science*, 2016, v. 125, p.105-113.
37. Maslov I.A., Taranova O.G., Tatarnikov A.M., Shenavrin V.I. *Comparison of the infrared magnitudes of the eclipsing variable star ϵ Aur during the two main luminance lows using observations from 1980 to 2015 // *Astronomical and Astrophysical Transactions*, 2016, vol.29, No3-4 (в печати).*
38. Lutovinov A., Buckley D., Townsend L. et al. 2S 1553–542: a Be/X-ray binary pulsar on the far side of the Galaxy // *MNRAS*. 2016. V.462. P.3823—3829 (IF = 4.952)
39. Johansson, J., T. E. Woods, M. Gilfanov, M. Sarzi, Y.-M. Chen, and K. Oh "Diffuse gas in retired galaxies: nebular emission templates and constraints on the sources of ionization", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 461, 4505 (2016)
40. Lehmer, B. D., A. R. Basu-Zych, S. Mineo, W. N. Brandt, R. T. Eufrazio, T. Fragos, A. E. Hornschemeier, B. Luo, Y. Q. Xue, F. E. Bauer, M. Gilfanov, P. Ranalli, D. P. Schneider, O. Shemmer, P. Tozzi, J. R. Trump, C. Vignali, J.-X. Wang, M. Yukita, and A. Zezas "The Evolution of Normal Galaxy X-Ray Emission through Cosmic History: Constraints from the 6 MS Chandra Deep Field-South", *The Astrophysical Journal* 825, 7 (2016)
41. Chen, H.-L., T. E. Woods, L. R. Yungelson, M. Gilfanov, and Z. Han "Modelling nova populations in galaxies", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 458, 2916 (2016)
42. Koliopanos, F. and M. Gilfanov "Luminosity-dependent change of the emission diagram in the X-ray pulsar 4U 1626-67", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 456, 3535 (2016)
43. LaMassa, S. M., C. M. Urry, N. Cappelluti, H. Böhringer, A. Comastri, E. Glikman, G. Richards, T. Ananna, M. Brusa, C. Cardamone, G. Chon, F. Civano, D. Farrah, M. Gilfanov, P. Green, S. Komossa, P. Lira, M. Makler, S. Marchesi, R. Pecoraro, P. Ranalli, M. Salvato, K.

Schawinski, D. Stern, E. Treister, and M. Viero "The 31 Deg² Release of the Stripe 82 X-Ray Survey: The Point Source Catalog", *The Astrophysical Journal* 817, 172 (2016)

С поддержкой РНФ

1. Churazov E., Arevalo P., Forman W., Jones C., Schekochihin A., Vikhlinin A., Zhuravleva I. "Arithmetic with X-ray images of galaxy clusters: effective equation of state for small-scale perturbations in the ICM", 2016, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 463, 1057
2. Zhuravleva I., Churazov E., Arévalo P., Schekochihin A. A., Forman W. R., Allen S. W., Simionescu A., Sunyaev R., Vikhlinin A., Werner N. "The nature and energetics of AGN-driven perturbations in the hot gas in the Perseus Cluster", 2016, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 458, 2902
3. Komarov S. V., Churazov E. M., Kunz M. W., Schekochihin A. A. "Thermal conduction in a mirror-unstable plasma", 2016, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 460, 467
4. Tsygankov S. S., Krivonos R. A., Lutovinov A. A., Revnitssev M. G., Churazov E. M., Sunyaev R. A., Grebenev S. A. "Galactic survey of ⁴⁴Ti sources with the IBIS telescope onboard INTEGRAL", 2016, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 458, 3411
5. Komarov S. V., Khabibullin I. I., Churazov E. M., Schekochihin A. A. "Polarization of thermal bremsstrahlung emission due to electron pressure anisotropy", 2016, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 461, 2162
6. Clavel, M.; Tomsick, J.; Bodaghee, A.; Chiu, J.-L.; Fornasini, F.; Hong, J.; Krivonos, R.; Ponti, G.; Rahoui, F.; Stern, D., "IGR J18293-1213 is an eclipsing cataclysmic variable", 09/2016, *MNRAS*, 461, 1, p.304-311, impact factor = 4.952
7. R. Krivonos and S. Sazonov, "NuSTAR and XMM-Newton observations of the ultraluminous X-ray source NGC 5643 X-1", 11/2016, *MNRAS*, 463, 1, p.756-762, impact factor = 4.952,
8. Tsygankov S., Lutovinov A., Krivonos R., Molkov S., et al. NuSTAR discovery of a cyclotron absorption line in the transient X-ray pulsar 2S 1553–542 // *MNRAS*. 2016. V.457. P.258—266 (IF = 4.952)
9. Near-periodical spin period evolution in the binary system LMC X-4 S.. Molkov, A. Lutovinov, M. Falanga, S. Tsygankov and E. Bozzo *MNRAS*, IF 4.952, *Advance Access published September 23, 2016*
10. И. Мереминский, Кривонос Р.А., Лутовинов А.А., Сазонов С.Ю., Ревнивцев М.Г.

и Р.А. Сюняев Глубокий обзор в жестких рентгеновских лучах прибором IBIS обсерватории ИНТЕГРАЛ внегалактических полей (M81, БМО и 3С 273/Волосы Вероники). MNRAS, 459, 140-150 (IF = 4.952)

11. И. И. Хабибуллин, П. С. Медведев, С. Ю. Сазонов *Тепловое рентгеновское излучение барионного джета: самосогласованная многотемпературная спектральная модель* Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (IF = 4.952), Volume 455, Issue 2, p.1414-1427

12. И.И. Хабибуллин, С. Ю. Сазонов *Является ли SS 433 ультраярким рентгеновским источником? Ограничения, полученные при помощи рентгеновского эха* Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (IF = 4.952), Volume 457, Issue 4, p.3963-3974,

13. Woods, T. E. and M. Gilfanov "Where are all of the nebulae ionized by supersoft X-ray sources?", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 455, 1770 (2016)

14. Soraisam, M. D., M. Gilfanov, W. M. Wolf, and L. Bildsten "Population of post-nova supersoft X-ray sources", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 455, 668 (2016)

15. Medvedev, P., S. Sazonov, and M. Gilfanov "Helium diffusion during formation of the first galaxies", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 459, 431 (2016) IF = 4.952.

16. H. Dahle, N. Aghanim, L. Guennou, P. Hudelot, R. Kneissl, E. Pointecouteau, A. Beelen, M. Bayliss, M. Douspis, N. Nesvadba, A. Hempel, M. Gronke, R. Burenin, H. Dole, D. Harrison, P. Mazzotta, and R. Sunyaev, "Discovery of an exceptionally bright giant arc at $z = 2.369$, gravitationally lensed by the Planck cluster PSZ1 G311.65 – 18.48", Astronomy & Astrophysics, Volume 590, L4, IF = 5.185

17. S. Zou, B. J. Maughan, P. A. Giles, A. Vikhlinin, F. Pacaud, R. Burenin, and A. Hornstrup, "The X-ray luminosity temperature relation of a complete sample of low mass galaxy clusters", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 463, 820, IF = 4.952

Публикации конференций

1. N.Semena, M. Pavlinsky, M. Buntov, D. Serbinov, V. Levin, V. Tambov, A. Rotin, A. Krivchenko ART-XC/SRG: Results of qualification thermo-vacuum tests Proc. SPIE 9905, Space Telescopes and Instrumentation 2016: Ultraviolet to Gamma Ray, 990550 (July 11, 2016); doi:10.1117/12.2231276

2. M. Pavlinsky, V. Akimov, V. Levin, A. Krivchenko, A. Rotin, M. Kuznetsova, I. Lapshov, A. Tkachenko, N. Semena, M. Buntov, A. Glushenko, V. Arefiev, A. Yaskovich, S. Grebenev, S. Sazonov, M. Revnivtsev, A. Lutovinov, S. Molkov, R. Krivonos, D. Serbinov, M. Kudelin, T. Drozdova, S. Voronkov, Space Research Institute (Russian Federation); R. Sunyaev, E. Churazov, M. Gilfanov, Space Research Institute (Russian Federation)MPI für Astrophysik (Germany); V. Babyshkin, I. Lomakin, A. Menderov, Lavochkin Association (Russian Federation); M. Gubarev, B. Ramsey, K. Kilaru, S. L. O'Dell, J. Kolodziejczak, R. Elsner, NASA Marshall Space Flight Ctr. (United States); V. Zavlin, D. Swartz, Universities Space Research Association (United States) Status of ART-XC/SRG instrument Published in Proceedings

3. Герасимов С.В., Мещеряков А.В. и др. "Архитектура системы обработки больших массивов астрономических данных" //Материалы 4-й Всероссийской научно-технической конференции «Суперкомпьютерные технологии» (СКТ-2016). Ростов-на-Дону, 2016. Т. 2. С. 144-148.

4. O.S. Ugolnikov, I.A. Maslov, B.V. Kozelov, V.I. Kirillov. Clouds and Aerosol Particles Investigations in Middle and Upper Atmosphere Using All-Sky Polarization Cameras During the Twilight (invited) // 39-й Ежегодный семинар "Физика авроральных явлений", Полярный геофизический институт, Апатиты, 29 февраля - 3 марта 2016 г.

5. Угольников О.С. Поляриметрия аэрозоля и облаков в средней и верхней атмосфере (обзорная лекция) // 20-я Школа-конференция молодых ученых Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические эффекты. 24-26 мая 2016 г., с. Безводное, Нижегородская область.

Телеграммы

I. Mereminskiy, R. Krivonos, S. Grebenev, E. Filippova, R. Sunyaev "INTEGRAL sees a rising flux from the historical X-ray nova GRS 1739-278", Astronomer's Telegrams, 9517 (2016).

Munar-Adrover, P., Piano, G., Minervini, G., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 9623,

Munar-Adrover, P., Verrecchia, F., Pittori, C., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 9617,

Bulgarelli, A., Piano, G., Munar-Adrover, P., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 9586,

Minervini, G., Piano, G., Munar-Adrover, P., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 9520,

Munar-Adrover, P., Pittori, C., Bulgarelli, A., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 9450,

Piano, G., Tavani, M., Bulgarelli, A., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 9429,

Pittori, C., Tavani, M., Lucarelli, F., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 9350,

Lucarelli, F., Pittori, C., Verrecchia, F., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 9295,

Verrecchia, F., Lucarelli, F., Pittori, C., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 9232,

Munar-Adrover, P., Piano, G., Pittori, C., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 9186,

Bulgarelli, A., Parmiggiani, N., Fioretti, V., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 9176,

Lucarelli, F., Pittori, C., Verrecchia, F., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 9168,

Lucarelli, F., Pittori, C., Verrecchia, F., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 9157,

Lucarelli, F., Pittori, C., Verrecchia, F., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 8974,

Piano, G., Pittori, C., Verrecchia, F., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 8970,

Verrecchia, F., Tavani, M., Lucarelli, F., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 8960,

Bulgarelli, A., Lucarelli, F., Verrecchia, F., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 8925,

Piano, G., Bulgarelli, A., Tavani, M., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 8879,

Pittori, C., Verrecchia, F., Lucarelli, F., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 8866,

Tavani, M., Bulgarelli, A., Munar, P., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 8597,

Pittori, C., Bulgarelli, A., Lucarelli, F., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 8593,

Lucarelli, F., Verrecchia, F., Bulgarelli, A., and Lapshov I., et al. 2016, The Astronomer's Telegram, 8536,

A. Tkachenko, R. Burenin, M. Pavlinsky, R. Sunyaev et al. "GRB 160927A: RTT150 optical afterglow candidate", GCN Circ. 19954, 2016

I. Bikmaev, E. Irtuganov, N. Sakhbullin, R. Burenin, M. Pavlinsky, R. Sunyaev et al. "GRB 160625B: RTT150 optical observations", GCN Circ. 19651, 2016