

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

УДК 520.8 524.3 520 681.7

Номер государственной регистрации 0120.0 602990

УТВЕРЖДАЮ

Директор

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



А.А.Петрукович
А.А.Петрукович
2018г.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
Исследования в области астрофизики высоких энергий, теоретической физики и
наблюдательной космологии.

Тема ВСЕЛЕННАЯ

Научный руководитель
академик

Р.А.Сюняев
Р.А. Сюняев
«__» _____ 2018 г.

Москва

2018

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы
г.н.с., академик РАН


Сюняев Р.А.

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


Сазонов С.Ю.

Исполнители темы:

с.н.с., к.ф.-м.н.


Арефьев В.А.

с.н.с., к.ф.-м.н.

Буренин Р.А.

чл.-корр. РАН


Гильфанов М.Р.

в.н.с., д.ф.-м.н.


Гребенев С.А.

зав. лаб.

Измоленов В.В.

н.с., к.ф.-м.н.


Карасёв Д.И.

с.н.с., к.ф.-м.н.


Кривонос Р.А.

с.н.с., к.ф.-м.н.


Лапшов И.Ю.

начальник сектора


Левин В.В.

н.с., к.ф.-м.н.


Лыскова Н.С.

н.с., к.ф.-м.н.


Медведев П.С.

зам. директора, д.ф.-м.н.


Лутовинов А.А.

м.н.с., к.ф.-м.н.


Мереминский И.А.

н.с., к.ф.-м.н.


Мещеряков А.В.

с.н.с., к.ф.-м.н.


Мольков С.В.

с.н.с., д.ф.-м.н.


Моисеев А.В.

зав. отд., д.ф.-м.н.


Павлинский М.Н.

зав. лаб., д.ф.-м.н.


Попель С.И.

н.с., к.ф.-м.н.


Семена А.Н.

зав. лаб., к.т.н.


Семена Н.П.

с.н.с., к.ф.-м.н.


Ткаченко А.Ю.

н.с., к.ф.-м.н.


Филиппова Е.В.

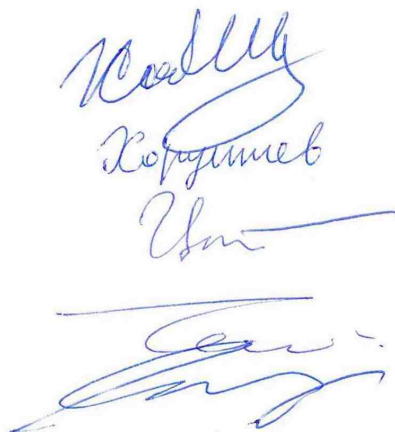
н.с., к.ф.-м.н.

м.н.с.

с.н.с., к.ф.-м.н.

н.с., к.ф.-м.н.

чл.-корр. РАН



Хабидуллин
Хорунжев
Цыганков
Человеков

Хабибуллин И. И.

Хорунжев Г. А.

Цыганков С.С.

Человеков И.В.

Чуразов Е.М.

РЕФЕРАТ

Отчет 57 с., 21 рисунок, 66(статьи)+15(телеграммы)+6(труды конф.) источника.

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

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	6
1 Раздел «Важнейшие результаты».....	8
2 Раздел «Проведение фундаментальных исследований по теме «Вселенная» в области космологии, изучения строения и эволюции галактик, звезд, изучение глобальной структуры и эволюции нашей Вселенной».....	10
3 Раздел «Плазменно-пылевые процессы в космических объектах»	18
4 Раздел «Межпланетная среда»	21
5 Раздел «Научные исследования, поддержанные грантами РФ»	23
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	46

ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

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

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 2018. по теме ВСЕЛЕННАЯ. Исследования в области астрофизики высоких энергий, теоретической физики и наблюдательной космологии. Фундаментальные и прикладные научные исследования в области астрофизики и радио-интерферометрии

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

Гос. регистрация № 0120.0 602990

Научный руководитель академик Р.А. Сюняев

Важнейшие результаты за 2018 год

Влияние поверхности релятивистского объекта на формирование спектров рентгеновского излучения при аккреции

М.Р. Гильфанов, Р.А. Сюняев

В процессе аккреции на релятивистскую звезду вещество излучает лишь около половины своей энергии. В то время как при аккреции на черную дыру оставшаяся энергия адвектируется внутрь горизонта событий, в случае нейтронной звезды она выделяется на поверхности, превращая ее в мощный источник мягкого рентгеновского излучения, которое оказывает решающее влияние на параметры горячей плазмы вокруг. Это объясняет существование дихотомии между характеристиками рентгеновского излучения черных дыр и нейтронных звезд – последние имеют систематически более мягкие спектры, характеризующиеся меньшими значениями параметра Комptonизации и температуры электронов в короне. Величина энерговыделения на поверхности нейтронной звезды и спектр излучения зависят от периода ее вращения – процесс Комptonизации вблизи быстровращающихся нейтронных звезд более эффективен, а температура электронов выше, что делает быстровращающихся нейтронных звезд отчасти похожими на черные дыры. Наблюдаемое поведение является прямым следствием предсказания общей теорией относительности об отсутствии поверхности у черных дыр.

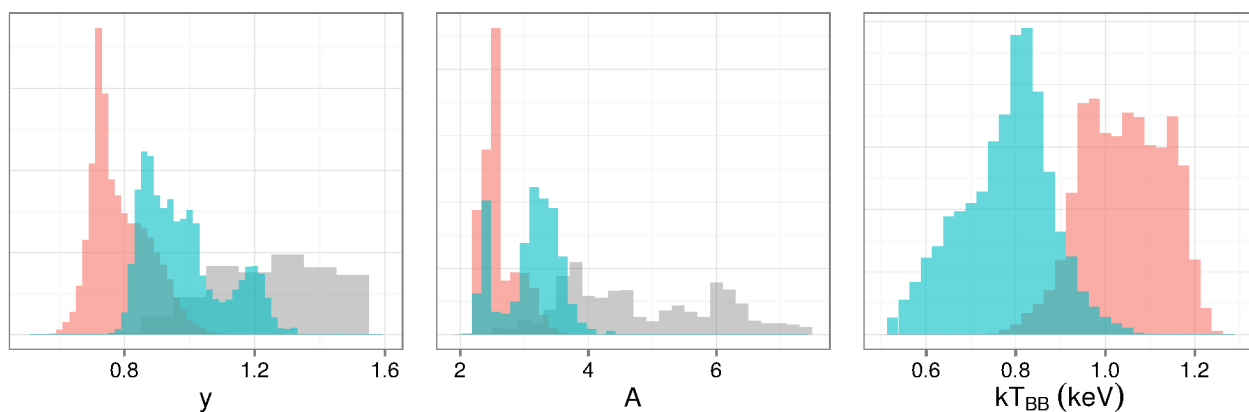


Рисунок: Распределение параметра Комptonизации y (слева), коэффициента усиления при Комptonизации A (в центре) и температуры электронов в короне kT_{BB} (справа) в быстро-вращающихся (>500 Гц, голубая гистограмма) и медленно-вращающихся (<500 Гц, красная гистограмма) нейтронных звездах и черных дырах (серая гистограмма).

Burke, M. J., M. Gilfanov and R. Sunyaev *"The impact of neutron star spin on X-ray spectra"*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 474, 760 (2018)

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

Новые массивные скопления галактик на высоких красных смещениях в обзоре обсерватории им. Планка

Р.А. Буренин, И.Ф. Бикмаев, И.М. Хамитов, И.А. Зазнобин, Г.А. Хорунжеев, М.В. Еселевич, В.Л. Афанасьев, С.Н. Додонов, Х.-А. Рубино-Мартин, Н. Агханям, Р.А. Сюняев

При помощи российских оптических телескопов – 6-м телескопа САО РАН (Большой телескоп азимутальный, БТА), 1.5-м Российско-Турецкого телескопа (РТТ-150), 1.6-м телескопа Саянской обсерватории, а также при помощи 3.5-м телескопа обсерватории Калар-Альто (Испания), среди источников Сюняева-Зельдовича из обзора всего неба обсерватории им. Планка обнаружены семь скоплений галактик на высоких красных смещениях, $z \approx 0.8$, для всех скоплений получены спектроскопические измерения красных смещений. В центральных областях двух скоплений обнаружены дуги сильного гравитационного линзирования далеких галактик, одна из которых находится на красном смещении $z = 4.262$.

Эти скопления относятся к числу наиболее массивных скоплений галактик в наблюдаемой части Вселенной. Полученные данные примерно удваивают число известных скоплений галактик в обзоре обсерватории им. Планка на таких высоких красных смещениях, значительно увеличивается полнота каталога обзора всего неба для таких скоплений галактик.

Письма в *Астрономический журнал*, т. 44, с. 317 (2018)

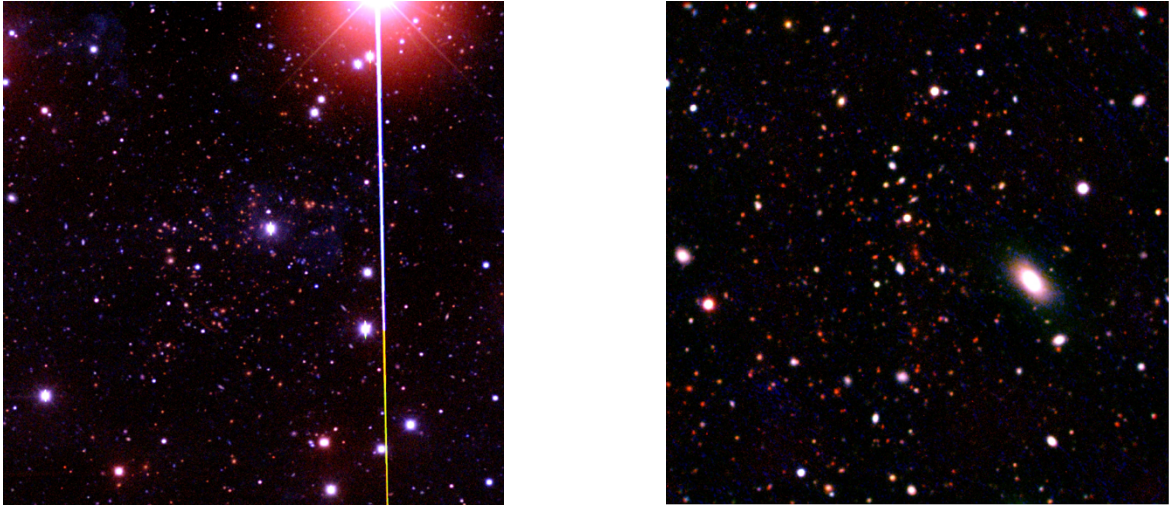


Рис.1 Примеры обнаруженных массивных скоплений галактик. Красные галактики в центре каждого изображения образуют т. н. «красную последовательность» и являются членами скопления.

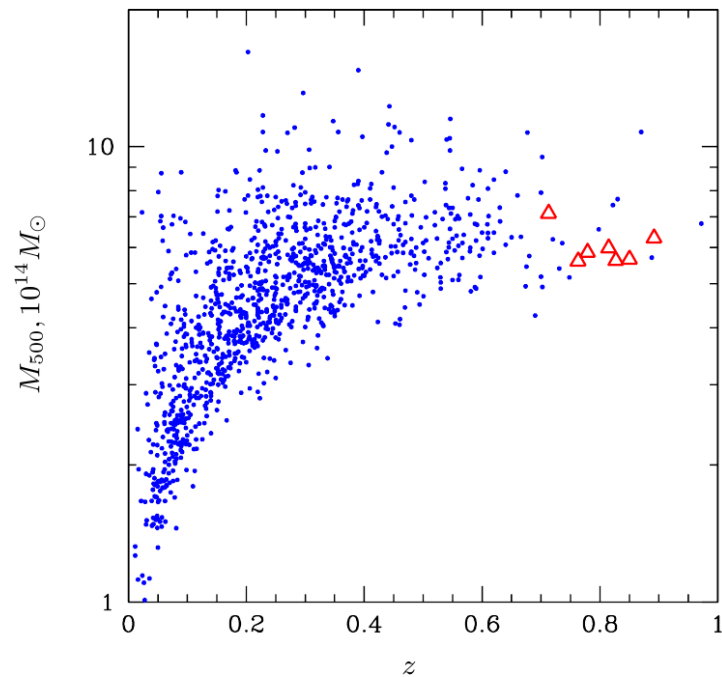


Рис.2 Соотношение между красным смещением и массой для скоплений галактик, отождествленных в каталоге источников Сюняева-Зельдовича обзора обсерватории им. Планка (синие точки) и в нашей работе (красные треугольники). Видно, что полученные данные примерно удваивают число известных скоплений галактик в обзоре обсерватории им. Планка на высоких красных смещениях, $z \approx 0.8$.

Влияние поверхности релятивистского объекта на формирование спектров рентгеновского излучения при аккреции

М.Р.Гильфанов и Р.А.Сюняев

В процессе аккреции на релятивистскую звезду вещество излучает лишь около половины своей энергии. В то время как при аккреции на черную дыру оставшаяся энергия адвектируется внутрь горизонта событий, в случае нейтронной звезды она выделяется на поверхности, превращая ее в мощный источник мягкого рентгеновского излучения, которое оказывает решающее влияние на параметры горячей плазмы вокруг. Это объясняет существование дихотомии между характеристиками рентгеновского излучения черных дыр и нейтронных звезд – последние имеют систематически более мягкие спектры, характеризующиеся меньшими значениями параметра Комptonизации и температуры электронов в короне. Величина энерговыделения на поверхности нейтронной звезды и спектр излучения зависят от периода ее вращения – процесс Комptonизации вблизи быстровращающихся нейтронных звезд более эффективен, а температура электронов выше, что делает быстровращающихся нейтронных звезд отчасти похожими на черные дыры. Наблюдаемое поведение является прямым следствием предсказания общей теорией относительности об отсутствии поверхности у черных дыр.

Оригинальная статья:

Burke, M. J., M. Gilfanov and R. Sunyaev *"The impact of neutron star spin on X-ray spectra"*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 474, 760 (2018)

Обнаружение и исследование низкочастотных квазипериодических осцилляций рентгеновского излучения на начальной стадии вспышки рентгеновской новой MAXI J1535-571

И.А. Мереминский, С.А. Гребенев, А.В. Просветов, А.Н. Семена

В спектре мощности излучения рентгеновской новой и нового кандидата в черные дыры – источника MAXI J1535-571, на начальном этапе его вспышки в сентябре 2017 г. (на стадии роста потока, во время жесткого спектрального состояния источника) открыты низкочастотные (от ~ 0.2 до ~ 3 Гц) квазипериодические осцилляции (QPO) рентгеновского потока. По данным приборов обсерваторий SWIFT и INTEGRAL прослежена эволюция параметров осцилляций (прежде всего их частоты) со временем и их корреляция с изменениями в рентгеновском спектре источника (изменениями потока и жесткости излучения). В предположении, что частота QPO определяется кеплеровской частотой вращения вещества в аккреционном диске на радиусе “обрезания” (границе, отделяющей холодный чернотельный диск от высокотемпературной внутренней области, ответственной за наблюдаемое жесткое излучение), прослежено изменение со временем радиуса “обрезания” и оптической толщи высокотемпературного облака плазмы. Показано, что предположение о равенстве частоты QPO кеплеровской частоте приводит к разумным и самосогласованным результатам. С другой стороны, для того чтобы одновременно удовлетворить предсказаниям модели Ленсе-Тирринга прецессии горячего потока (объясняющей происхождение КПО) и наблюдаемому уширению линии нейтрального железа (предположительно связанное с отражением рентгеновского излучения от внутренней области аккреционного диска) требуется, чтобы черная дыра в системе обладала массой в сотни масс Солнца, что крайне маловероятно, и скорее всего указывает на некорректность одного из предположений.

Оригинальная статья:

И.А. Мереминский, С.А. Гребенев, А.В. Просветов, А.Н. Семена "Низкочастотные квазипериодические осцилляции излучения рентгеновской новой MAXI J1535-571 на начальной стадии вспышки 2017 г.", Письма в Астрономический журнал, 2018, т. 44, сс. 413-424 (Astron. Lett., 2018, v. 44, pp. 378-389; doi.org/10.1134/S106377371806004X), IF = 1.160, Q3

Моделирование обзора Галактической плоскости телескопом ART-XC обсерватории Спектр-Рентген-Гамма

И. А. Мереминский, Р. А. Буренин, Р. А. Кривонос, И. Ю. Лапишов, М. Н. Павлинский, С. Ю. Сазонов, А. Ю. Ткаченко, Е. В. Филиппова, А. Е. Штыковский

Рассмотрена возможность проведения обзора плоскости Галактики в жестком энергетическом диапазоне 5-11 кэВ с помощью телескопа ART-XC на борту обсерватории Спектр-Рентген-Гамма во время перелета спутника в точку L2. Предложена одна из возможных площадок для такого обзора. Показано, что в обзоре площадью 10 кв. град и продолжительностью 10 суток можно будет обнаружить порядка сотни катаклизмических переменных со светимостями $10^{31}-10^{34}$ эрг s^{-1} . Такая репрезентативная выборка может позволить существенно уточнить функцию светимости и другие свойства популяции катаклизмических переменных в Галактике. При благоприятном уровне фона заряженных частиц удастся также зарегистрировать около десятка ярких коронально-активных звезд, на расстояниях до нескольких кпк от Земли.

Оригинальная статья:

И. А. Мереминский, Р. А. Буренин, Р. А. Кривонос, И. Ю. Лапишов, М. Н. Павлинский, С. Ю. Сазонов, А. Ю. Ткаченко, Е. В. Филиппова, А. Е. Штыковский "Популяции источников в обзоре Галактической плоскости телескопом ART-XC обсерватории Спектр-РГ: моделирование", принято к публикации, Письма в астрономический журнал, 2019, т. 45, IF = 1.160, Q3

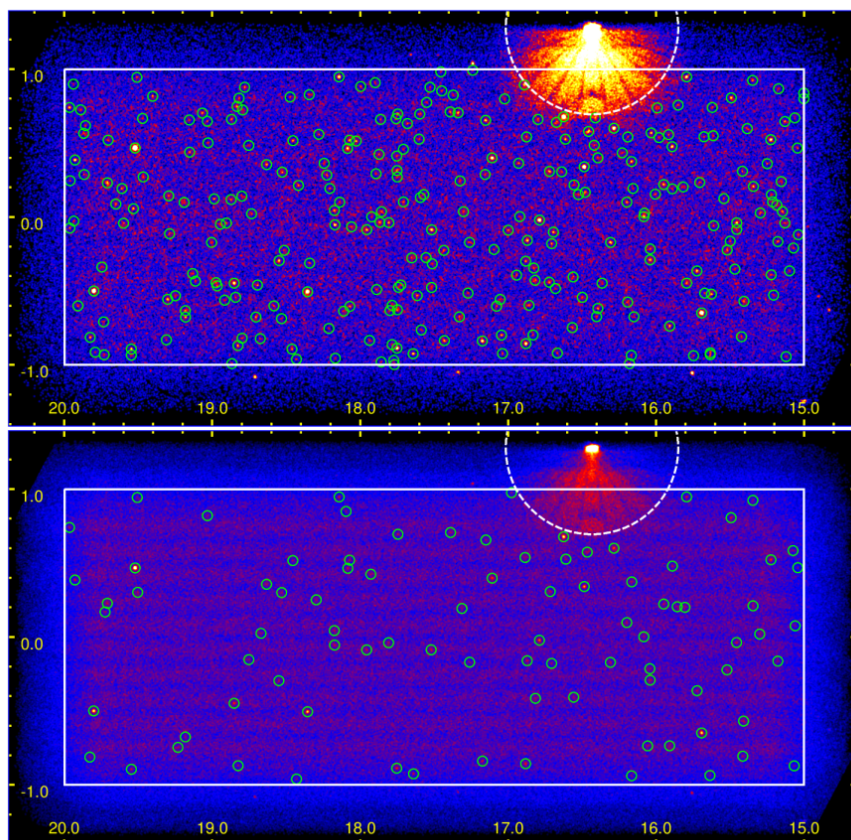


Рис. 1 Рентгеновские изображения неба в диапазоне 5-11 кэВ, полученные телескопом ART-XC по модельным данным. Вверху - в случае низкого фона частиц, внизу - в случае высокого фона. Белый прямоугольник соответствует области обзора ($5^\circ \times 2^\circ$), зарегистрированные источники показаны зелеными кружками. Цветовая шкала логарифмическая. Яркий источник в правом верхнем углу - GX 17+2, вокруг него хорошо заметна область, засорённая фотонами однократного отражения.

Обработка больших массивов астрономических изображений в парадигме распределенных вычислений Отображение-Свертка (MapReduce)

Изобретение относится к области формирования системы хранения, обработки и интеллектуального анализа больших массивов данных астрономических наблюдений. Техническим результатом является обеспечение возможности повышения эффективности статистической обработки, а также инкрементальной обработки больших массивов астрономических данных.

Оригинальная статья:

А. В. Мещеряков (ИКИ), В. В. Глазкова, С. В. Герасимов, А.Н.Терехин, И.С.Попов (МГУ) «Способ формирования каталога небесных объектов из больших массивов астрономических изображений», 2018, Патент на изобретение №2659493

Поиск и исследование галактического ветра среди близких галактик.

А.В. Мусеев

Данные обзора близких галактик методом 3D-спектроскопии CALIFA (Calar Alto Legacy Integral Field Area Survey) использовались для поиска феномена галактического ветра — крупномасштабных выбросов ионизованного газа из звездных дисков галактик под действием звездообразования или активного ядра. Среди 273 галактик CALIFA сильно наклоненных к лучу зрения ($i > 70^\circ$), обнаружено 17 кандидатов (8% выборки) в галактический ветер (газ тянется далее 2 кпк перпендикулярно диску, рост отношения интенсивностей запрещенных эмиссионных линий к бальмеровским с удалением от диска объясняется ударной ионизацией). Все объекты с галактическим ветром принадлежат «главной последовательности» на графике M^* -SFR, не выделяясь от других галактик с текущим звездообразованием. В то же время, найденные объекты отличаются повышенной плотностью темпа звездообразования (Σ_{SFR}) внутри эффективного радиуса.

Это согласуется с идеей о том, что ветровые истечения определяются процессами в центральных областях галактик. При этом, в подавляющем большинстве случаев, центральная плотность звездообразования слишком мала, сравнительно с выведенным ранее условием ($\Sigma_{\text{SFR}} > 0.1 \text{ Mo yr}^{-1} \text{ kpc}^{-2}$) для ветровых истечений, в том числе, на больших

красных смещениях. Предложены более мягкие критерии для начала формирования галактического ветра ($\Sigma_{\text{SFR}} > 0.01 \text{ Mo yr}^{-1} \text{ kpc}^{-2}$, $\Sigma_{\text{gas}} > 10 \text{ Mo pc}^{-2}$)

Оригинальная статья:

C. Lopez-Coba, S. F. Sanchez, J. Bland-Hawthorn, A. V. Moiseev, I. Cruz-Gonzalez, R. Garcia-Benito, J. Barrera-Ballesteros, L. Galbany, MNRAS, 2019, 482, p. 4032, IF = 5.194, квантиль журнала Q1, <https://doi.org/10.1093/mnras/sty2960>

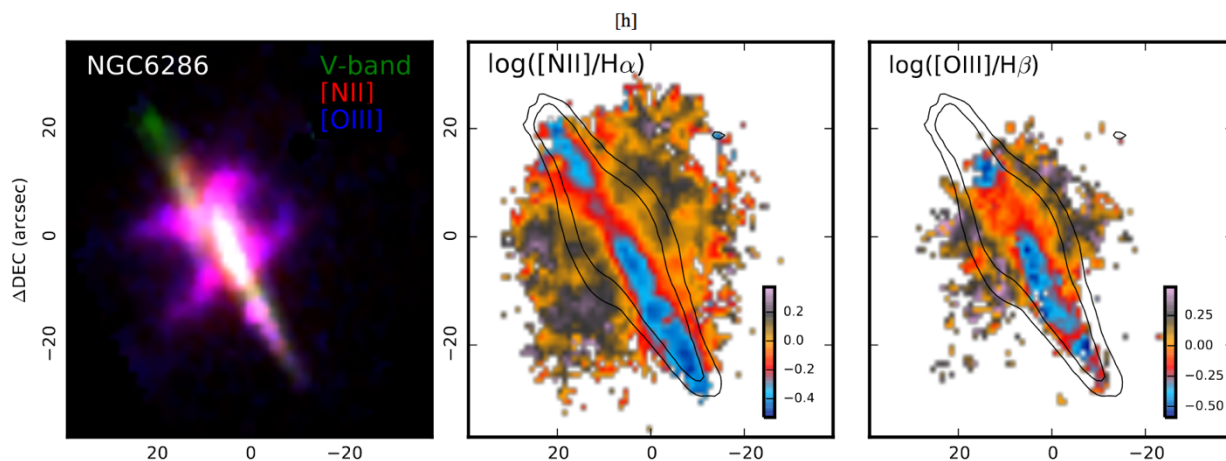


Рис. 1 Галактический ветер в NGC 6286. Слева — комбинация изображений в линиях [OIII], [NII] и в полоса V, построенных по спектрам обзора CALIFA. В центре и справа — карты отношения эмиссионных линий [NII]/H α и [OIII]/H β с контурами изображения в континууме.

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

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

В течение 2016-2017 годов в ИКИ РАН на 60-ти метровом калибровочном рентгеновском стенде проводились испытания запасных образцов (ЗИП) рентгеновской зеркальной системы (РЗС₆) и полупроводникового фокального рентгеновского детектора (УРД₂₉) телескопа ART-XC проекта «Спектр-РГ».

В результате нескольких серий калибровочных измерений:

- получена зависимость энергетического разрешения УРД от энергии;
- определен параметр W_{90} PSF зеркальной системы РЗС₆ ART-XC и показано, что существует зависимость величины W_{90} для РЗС₆ от энергии;
- продолжена работа по оценке согласия модельной функции эффективной площади РЗС, полученной методом гау-трассинг, с результатами измерений. Показано, что экспериментальные данные достаточно хорошо согласуются с моделью РЗС. Относительная разница в потоках не превысила $\leq 3.5\%$ в основном диапазоне энергий 4 – 20 кэВ и $\leq 5.4\%$ в «жестком» диапазоне 20 – 40 кэВ. При сравнении реальных и модельных спектров возникли некоторые сомнения в корректности модели РЗС в области L-скачков иридия 10 – 14 кэВ.

- протестировано «плоское поле» детектора УРД₂₉ в зависимости от энергии и разработан простой алгоритм подстройки программных порогов детекторов. Данный алгоритм даст возможность «выравнивать» плоское поле детекторов ART_XC при наземной обработке.
- показано, что эффективность детекторов Amptek XR-100T-CdTe и УРД₂₉ с точностью 10% согласуются в диапазоне энергий 4 - 50 кэВ. Оценка эффективности детектора УРД₂₉ была получена через эффективность детектора XR-100T-CdTe с платиновым верхним контактом 200 нм и толщиной мёртвого слоя CdTe 150 нм. Эффективность детектора УРД₂₉ достигает 50% на энергии ~4.6 кэВ и 90% на энергии ~9.7 кэВ.
- по полученным данным по эффективности детектора УРД₂₉ уточнена эффективная площадь телескопа ART-XC по оси зрения по двойным и одиночным отражениям с максимумом 410±16 см² на энергии 9.6 кэВ.

Данная работа чрезвычайно важна для определения точных характеристик телескопа ART-XC, симуляции и планирования будущих наблюдений и отработки методов детектирования источников телескопа ART-XC обсерватории СРГ.

Оригинальные статьи:

M. Pavlinsky, A. Tkachenko, V. Levin, A. Krivchenko, A. Rotin, M. Kuznetsova, I. Lapshov, R. Krivonos, A. Semena, N. Semena, D. Serbinov, A. Shtykovsky, A. Yaskovich, V. Oleinikov, A. Glushenko, I. Mereminskiy, S. Molkov, S. Sazonov, V. Arefiev "On-ground calibration of the ART-XC/SRG mirror system and detector unit at IKI. Part I" // *Experimental Astronomy*, Volume 45, Issue 3, pp.315-350 (IF = 1.349, Q2)

M. Pavlinsky, A. Tkachenko, V. Levin, A. Krivchenko, A. Rotin, M. Kuznetsova, I. Lapshov, R. Krivonos, A. Semena, N. Semena, D. Serbinov, A. Shtykovsky, A. Yaskovich, V. Oleinikov, A. Glushenko, I. Mereminskiy, S. Molkov, S. Sazonov, V. Arefiev "On-ground calibration of the ART-XC/SRG mirror system and detector unit at IKI. Part II" // *Experimental Astronomy*, in press (IF = 1.349, Q2)

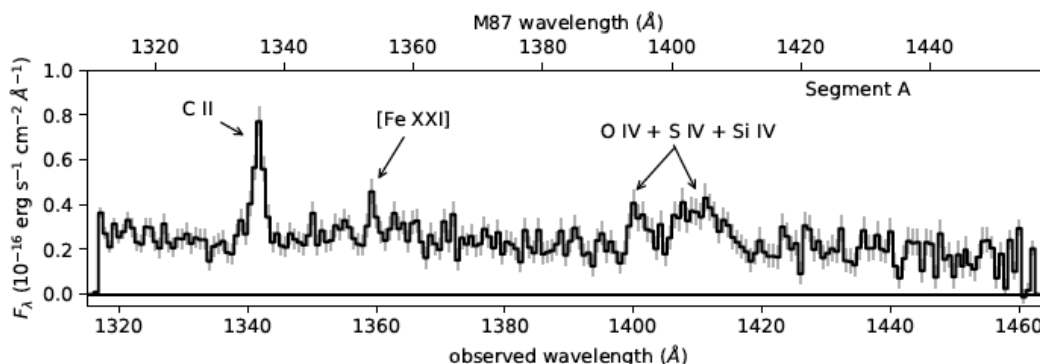
A. Tkachenko; M. Pavlinsky; I. Lapshov; V. Levin; V. Akimov; A. Krivchenko; A. Rotin; M. Kuznetsova; N. Semena; A. Semena; D. Serbinov; R. Krivonos; A. Shtykovsky; A. Yaskovich; V. Oleinikov; A. Glushenko; I. Mereminskiy; S. Molkov; S. Sazonov; V. Arefiev "On-ground calibration of the ART-XC/SRG instrument" // *Proc. SPIE 10699, Space Telescopes and Instrumentation 2018: Ultraviolet to Gamma Ray*, 106995E (6 July 2018); doi: 10.1117/12.2312094

Эмиссия в линиях далекого ультрафиолета, кинематика газа и обнаружение эмиссионной линии $\lambda 1354.1$ углеродоподобного иона железа в направлении на филамент в гигантской эллиптической галактике M 87 со сверхмассивной черной дырой.

Майкл Андерсон, Рашид Сюняев

Весной 2018 года по нашей заявке Ультрафиолетовый Спектрометр Космического Телескопа имени Хаббла провел в течении 14 орбит наблюдения северного филамента в галактике M 87 на проекционном расстоянии в 1.9 кпс от ее ядра. Задача предполагала обнаружение запрещенной ультрафиолетовой линии углеродоподобного иона железа, характерной для горячей плазмы с электронной температурой близкой к 10^7 К (которая

обычно наблюдается лишь в рентгеновских лучах). Мы рассчитывали, что наблюдение этой линии позволит измерить лучевую скорость излучающей плазмы и турбулентные скорости в ней. Данная линия была обнаружена нами на уровне 4.3 – 5 стандартных отклонений. Это ее первое обнаружение в объекте вне нашей Галактики. Одновременно в спектре филамента обнаружены яркие линии водорода (Ly-alpha), водородоподобного гелия, дублет литиеподобного углерода, ионов N V и C II. Для всех этих линий впервые измерены лучевая скорость и турбулентное уширение исследуемых линий.



Показано, что излучение в линиях далекого ультрафиолета является важнейшим фактором охлаждения плазмы в северном филаменте и что наблюдаемые в разных линиях облака плазмы с температурой в $10^4 < T_e < 10^5$ К имеют близкие лучевые скорости и турбулентные разбросы скоростей. Эти измерения имеют точности на уровне нескольких км/с при лучевых скоростях порядка 140 км/с и турбулентных порядка 170 км/с. Такие измерения для сравнительно холодной плазмы, окруженной горячим газом, наблюдаемым лишь в рентгеновских лучах, также проведены впервые для филаментов в эллиптических галактиках.

Неожиданным результатом являются разные знаки радиальных скоростей холодной плазмы ($T_e \sim 10^5$ К) филамента и горячего газа ($T_e \sim 10^7$ К), наблюдаемого в линии углеродоподобного иона железа. Сделана попытка объяснить это колоссальное различие в лучевых скоростях взаимодействием филамента со всплывающим и расширяющимся «пузырем», заполненным космическими лучами из контрджета, ускоренного при аккреции вещества сверхмассивной черной дырой. Дополнительным результатом этих наблюдений явилось обнаружение линий поглощения в линиях Ly-alpha и C II и измерение поверхностной плотности газа в нашей Галактике в направлении на филамент в M 87.

Оригинальная статья

Anderson, M.E. and Sunyaev, R. «FUV line emission, gas kinematics, and discovery of [Fe XXI] λ 1354.1 in the sightline toward a filament in M87», *Astronomy & Astrophysics*, 617, A123 (2018)

Распределение газа в Галактике по данным рентгеновской спектроскопии высокого разрешения.

Е. Чуразов

Используя данные наблюдений линий поглощения в рентгеновском диапазоне в направлении 18 двойных систем в Галактике и 42 внегалактических источников, построена модель пространственного распределения трех фаз межзвездной среды – нейтральной/холодной ($T < 10^4 \text{K}$), частично ионизованной ($T \sim 5 \cdot 10^4 \text{K}$) и горячей ($T \sim 2 \cdot 10^6 \text{K}$). В Галактическом диске массы этих трех фаз находятся в соотношении $\sim 89 : 8 : 3$, соответственно. Однако, вне диска доля горячей компоненты заметно больше, причем, ее пространственное распределение совместимо с предположением, что значительная часть сигнала набирается на расстояниях, сравнимых с вириальным радиусом Галактики.

Оригинальная статья:

Gatuzz E., Churazov E. "Probing the structure of the gas in the Milky Way through X-ray high-resolution spectroscopy", MNRAS, 474, 696 (2018), IF=5.194, Q1, <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/stx2776>

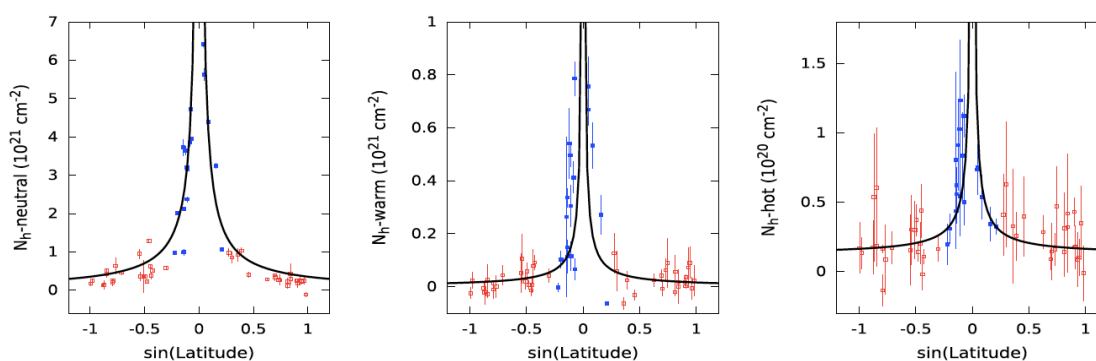


Рис. 1 Распределения колонок холодной (слева), частично ионизованной (в центре) и горячей (справа) фаз межзвездной среды вдоль луча зрения в зависимости от широты в галактических координатах. Сплошными черными линиями показаны модельные распределения.

Плазменно-пылевые процессы в космических объектах (лаборатория 513)

Лунная пыль и пылевая плазма: последние наработки, успехи и нерешенные проблемы

Попель С.И., Голуб Ф., Зеленый Л.М., Дубинский А.Ю.

Продемонстрирована зависимость свойств плазменно-пылевой системы над Луной от содержания воды и водорода в лунном реголите. Показана возможность высвобождения из кристаллической решетки диоксида кремния в лунном реголите атомов кислорода как

частей молекул гидроксида серебра. Гидроксид серебра, в свою очередь, может относительно легко вступать в реакцию с водородом, что приводит к образованию воды и серебра. Тем самым показана возможность образования молекул воды, включенных в приповерхностный лунный грунт. Присутствие молекул воды в лунном грунте влияет на фотоэлектрические свойства лунного реголита и параметры плазменно-пылевой системы над Луной.

Оригинальные статьи:

Popel S.I., Golub' A.P., Zelenyi L.M., Dubinskii A.Yu. Lunar Dust and Dusty Plasmas: Recent Developments, Advances, and Unsolved Problems // Planetary and Space Science. 2018. V. 156. P. 71-84. (IF: 1,820).

Дубинский А.Ю., Попель С.И. К вопросу об образовании воды в лунном реголите // Космические исследования. 2019. Т. 57, № 2, в печати (IF: 0,444).

Экспериментальное исследование минеральных мелкомасштабных частиц в атмосфере Центральной Азии

Адушкин В.В., Чен Б.Б., Попель С.И., Дубинский А.Ю., Вайдлер П.Г., Фридрих Ф.

Проведено экспериментальное исследование мелкомасштабных минеральных пылевых частиц в атмосфере над Киргизией. Показано, что вещество исследованных частиц соответствует обогащенным кварцем минералам, полевым шпатам, слоистым силикатам, минералам, содержащим карбонат кальция и т.д. В целом, имеется определенное соответствие составов минеральных частиц в атмосфере Киргизии и других регионах Центральной Азии. Построены распределения частиц по размерам, согласующиеся с результатами исследований по изучению свойств пылевого аэрозоля пустынь Центральной Азии, проведенных в юго-западной части Таджикистана в 1989 году.

Оригинальная статья:

Адушкин В.В., Чен Б.Б., Попель С.И., Дубинский А.Ю., Вайдлер П.Г., Фридрих Ф. Экспериментальное исследование минеральных мелкомасштабных частиц в атмосфере Центральной Азии // Физика Земли. 2018. № 2. С. 145-150. (IF: 0,642)

Аэрозольный радиационный форсинг мелкомасштабных частиц в атмосфере Центральноазиатского региона. Оценки воздействия мелкомасштабных части на перенос радиации

Чен Б.Б., Попель С.И., Голоуб Ф., Адушкин В.В., Когай Г.А., Улукбек уулу Мурадильбек, Вайдлер П.Г., Фридрих Ф.

Проведена оценка аэрозольного радиационного форсинга нижнего слоя атмосферы Земли – тропосферы (ARF_BOA) и верхней границы атмосферы (ARF_TOA), измеренные с помощью солнечного фотометра в течение 2014-2015 гг. Средние месячные значения ARF_BOA менялись от $-8,2 \pm 3,5$ Вт·м⁻² в феврале 2014 г. До $-33,1 \pm 17,6$ Вт·м⁻² в июне 2015 г., а ARF_TOA - от $-11,3 \pm 4,3$ Вт·м⁻² в сентябре 2014 г. до $+15,9 \pm 7,6$ Вт·м⁻² в марте 2015 г.

Ежедневные величины ARF_TOA колебались от $-3,6 \text{ W m}^{-2}$ до $-64,5 \text{ W m}^{-2}$ и от $-0,6 \text{ W m}^{-2}$ до $+34 \text{ W m}^{-2}$ на BOA в 2014 г., что соответствует изменению ARF_ATM от $+34,0 \text{ W m}^{-2}$ до $+63,9 \text{ W m}^{-2}$ и скорости нагрева атмосферы аэрозолем от $0,29 \text{ K день}^{-1}$ до $0,55 \text{ K день}^{-1}$. В 2015 г. ежедневные величины ARF_BOA и ARF_TOA изменялись от $-3,6$ до $-202,7 \text{ W m}^{-2}$ и от $-122,0$ до $+71,5 \text{ W m}^{-2}$, что соответствует изменению ARF_ATM от $+75,1$ до $+80,7 \text{ W m}^{-2}$ и скорости нагрева от $0,64 \text{ K день}^{-1}$ до $0,69 \text{ K день}^{-1}$. Средние сезонные величины ARF_ATM субмикронных наномасштабных частиц изменялись от $+9,7 \pm 7,9$ до $+30,3 \pm 14,9 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$, а их смеси – от $+13,3 \pm 5,1$ до $+59,2 \pm 28,4 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$, что в значительной степени превышает величины ARF_ATM при наличии пустынной пыли. Соответствующая скорость нагрева атмосферы единичного атмосферного столба менялась от $0,08 \text{ K день}^{-1}$ до $0,51 \text{ K день}^{-1}$. Средние месячные величины ARF_ATM изменялись от $+11,6 \pm 6,2$ до $+48,3 \pm 28,0 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$; соответствующая скорость нагрева атмосферы аэрозолем единичного атмосферного столба составила от $0,1 \text{ K день}^{-1}$ до $0,4 \text{ K день}^{-1}$.

Оригинальная статья:

Чен Б.Б., Попель С.И., Голоуб Ф., Адушкин В.В., Когай Г.А., Улукбек уулу Мурадилбек, Вайдлер П.Г., Фридрих Ф. Аэрозольный радиационный форсинг мелкомасштабных частиц в атмосфере Центральноазиатского региона. Часть 1. Оценки воздействия мелкомасштабных частиц на перенос радиации // Вестник Кыргызско-Российского Славянского Университета. 2018. Т. 18, № 4. С. 198-204 (IF: 0,099).

Аэрозольный радиационный форсинг мелкомасштабных частиц в атмосфере Центральноазиатского региона. Часть 2. Эффективность прямого радиационного форсинга

Чен Б.Б., Попель С.И., Голоуб Ф., Адушкин В.В., Когай Г.А., Улукбек уулу Мурадилбек, Вайдлер П.Г., Фридрих Ф.

Проведена оценка эффективности ARF (ARF на единицу оптической толщины аэрозоля) в атмосфере Центральной Азии (Киргизия) в течение 2014–2015 гг. Установлен эффект роста аэрозольной оптической толщины субмикронных наномасштабных частиц с увеличением ARF_TOA только в тех случаях, когда на верхней границе происходит поглощение падающего потока излучения атмосферой. При этом во все сезоны года с ростом оптических толщин происходит уменьшение ARF_BOA. Обнаружено также, что увеличение альбедо однократного рассеяния в теплое полугодие приводит к уменьшению величин ARF_TOA.

Оригинальная статья:

Чен Б.Б., Попель С.И., Голоуб Ф., Адушкин В.В., Когай Г.А., Улукбек уулу Мурадилбек, Вайдлер П.Г., Фридрих Ф. Аэрозольный радиационный форсинг мелкомасштабных частиц в атмосфере Центральноазиатского региона. Часть 2. Эффективность прямого радиационного форсинга // Вестник Кыргызско-Российского Славянского Университета. 2018. Т. 18, № 4. С. 205-214 (IF: 0,099).

Межпланетная среда

(лаборатория 534)

Убегающая массивная звезда на главной последовательности

Гварамадзе В.В.

В работе исследована открытая нами убегающая массивная звезда CPD-64 2731 с инфракрасной оболочкой. Используя спектр этой звезды, полученный с помощью телескопа SALT Южноафриканской астрономической обсерватории, мы определили спектральный тип звезды (O5.5V), ее гелиоцентрическую скорость (-175 км/с), а также скорость ее вращения (300 км/с). С помощью данных астрометрической миссии Gaia были определены расстояние до звезды (7.5 кпк), ее поперечная пекулярная скорость (90 км/с) и кинематический возраст (около 6 миллионов лет). Необычайно высокая для этого возраста скорость вращения звезды позволила нам сделать вывод, что CPD-64 2731 является продуктом эволюции тесной двойной системы, выброшенной из родительского скопления в результате динамического взаимодействия с другими массивными звездами скопления. Поиск возможного родительского скопления CPD-64 2731 не дал результата, что возможно связано с тем, что это скопление уже распалось, либо оно скрыто пылью в плоскости Галактики (см. рис. 1).

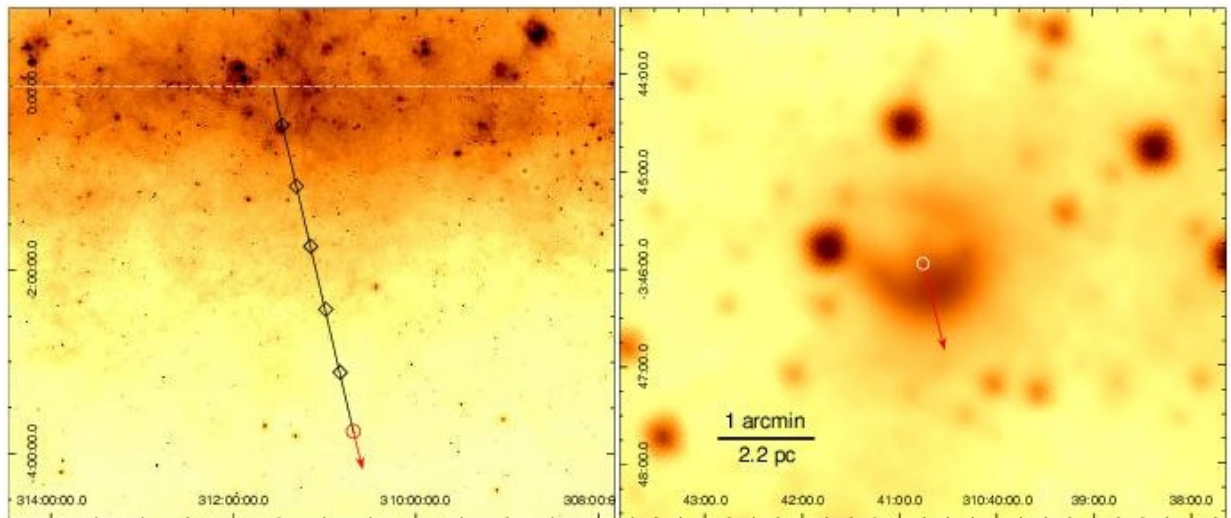


Рис. 1 Слева: Траектория CPD-64 2731, полученная с помощью данных Gaia. Стрелка показывает направление движения звезды. Пунктиром показана плоскость Галактики. Ромбики показывают положение звезды 1, 2, 3, 4 и 5 миллионов лет назад. На расстоянии 7.5 кпк 1 градус соответствует 130 пк. Справа: Изображение оболочки вокруг убегающей массивной звезды CPD-64 2731, полученное космическим инфракрасным телескопом WISE на длине волны 22 микрона. Стрелка показывает направление движения звезды.

Оригинальная статья:

Gvaramadze V. V., Maryeva O. V., Kniazev A. Y., Alexashov D. B., Castro N., Langer N., Katkov I. Y., CPD-64 2731: a massive spun-up and rejuvenated high-velocity runaway star, 2019, MNRAS, 482, 4408-4421, DOI: 10.1093/mnras/sty2987, IF=5.194

Исследование влияния магнитного поля на изэнтропическую тепловую неустойчивость в областях фотодиссоциации

Краснобаев К.В., Тагирова Р.Р.

Рассмотрено распространение магнитоакустических возмущений в области фотодиссоциации в приближении слабой нелинейности и малых отклонений от адиабатичности. Ранее в статье Краснобаева и Тагировой (MNRAS, 2017) было установлено, что в атомарной зоне области фотодиссоциации возможно развитие акустической моды тепловой неустойчивости. На основе модели нагрева и охлаждения газа, предложенной в указанной выше работе, были определены инкременты нарастания возмущений и времена образования ударных волн в намагниченной плазме. Показано, что если тепловое давление выше магнитного давления, то быстрые моды магнитоакустических возмущений развиваются быстрее, чем медленные. Волны, распространяющиеся близко к продольному направлению магнитного поля, почти не подвергаются влиянию поля, тогда как развитие волн, движущихся поперек поля, подавляется.

Оригинальная статья:

Краснобаев К. В., Тагирова Р. Р. Влияние магнитного поля на волновые движения в термически неустойчивых областях фотодиссоциации // Письма в Астрон. ж., т. 45, №3, 2019

Раздел «Научные исследования, поддержанные грантами РФФ»

Оптическое отождествление далеких скоплений галактик среди источников сигнала Сюняева-Зельдовича из обзора обсерватории им. Планка

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

Представлены результаты работ по оптическому отождествлению и спектроскопическим измерениям красных смещений скоплений галактик из второго каталога скоплений обзора всего неба обсерватории им. Планка, расположенных на высоких красных смещениях $z \approx 0.7-0.9$. Используются данные наблюдений 1,5-м Российско-Турецкого телескопа (РТТ-150), 1.6-м телескопа Саянской обсерватории, 3.5-м телескопа обсерватории Калар-Альто, а также данные 6-м телескопа САО РАН (Большой телескоп азимутальный, БТА). Спектроскопические измерения красных смещений получены для семи далеких скоплений галактик, включая одно скопление, PSZ2 G126.57+51.61, которое входит в космологическую выборку обзора. В центральных областях двух скоплений PSZ2 G069.39+68.05 и PSZ2 G087.39-34.58 обнаружены дуги сильного гравитационного линзирования далеких галактик, одна из которых находится на красном смещении $z = 4.262$. Полученные данные примерно удваивают число известных скоплений галактик в обзоре обсерватории им. Планка на высоких красных смещениях, $z \approx 0.8$.

Оригинальная статья:

Р.А. Буренин, И.Ф. Бикмаев, И.М. Хамитов, И.А. Зазнобин, Г.А. Хорунжеев, М.В. Еселевич, В.Л. Афанасьев, С.Н. Додонов, Х.-А. Рубино-Мартин, Н. Агханям, Р.А. Сюняев, Письма в Астрономический журнал, 44, 317, IF = 1.160, (2018)
<https://doi.org/10.1134/S1063773718050018>, (поддержана грантом РФФ 14-22-00271)

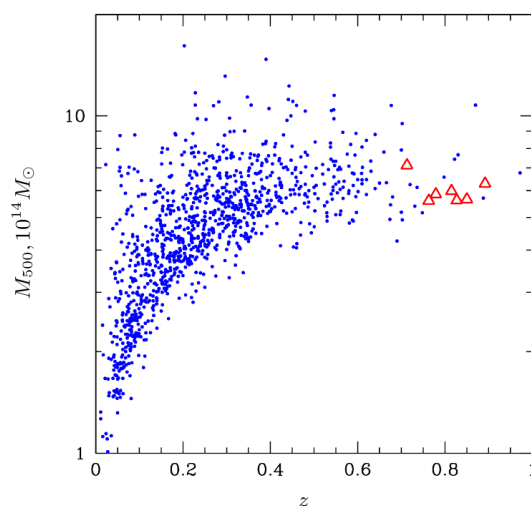


Рис 1. На рисунке приводится соотношение между красным смещением и массой для скоплений галактик, отождествленных в каталоге источников Сюняева-Зельдовича обзора обсерватории им. Планка (синие точки) и в нашей работе (красные треугольники).

Измерения амплитуды возмущений плотности материи по космологическим данным

Р.А. Буренин

Проводится сравнение различных измерений линейной амплитуды возмущений плотности материи, которые получаются по данным измерений анизотропии реликтового излучения (РИ), слабого гравитационного линзирования, функции масс скоплений галактик, спектра мощности материи, искажений пространства красных смещений. Показано, что данные обзора Планка по измерению спектра анизотропии температуры на высоких мультиполях, $\ell > 1000$ (где влияние гравитационного линзирования является наиболее значительным), дают измерение амплитуды возмущений плотности материи, которое противоречит всем другим измерениям этой величины как по данным анизотропии РИ обзора обсерватории им. Планка, так и по другим данным, на уровне значимости около 3.7σ . Таким образом, для расчетов ограничений на космологические параметры, в настоящее время, эти данные объединять вместе не следует.

За исключением данных обзора Планка по спектру анизотропии температуры на высоких мультиполях, все остальные измерения амплитуды возмущений хорошо согласуются между собой и дают ограничения на линейную амплитуду возмущений плотности материи: $\sigma_8 = 0.792 \pm 0.006$, на параметр плотности материи: $\Omega_m = 0.287 \pm 0.007$, и на постоянную Хаббла: $H_0 = 69.4 \pm 0.6 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$. Учитывая дополнительно данные по измерениям барионных акустических осцилляций и (или) по прямым измерениям постоянной Хаббла в местной Вселенной, можно получить различные ограничения на сумму масс и число видов нейтрино.

Оригинальная статья:

Р.А. Буренин, Письма в Астрономический журнал, 44, 714, IF = 1.160, (2018) (поддержана грантом РФФИ 18-12-00520)

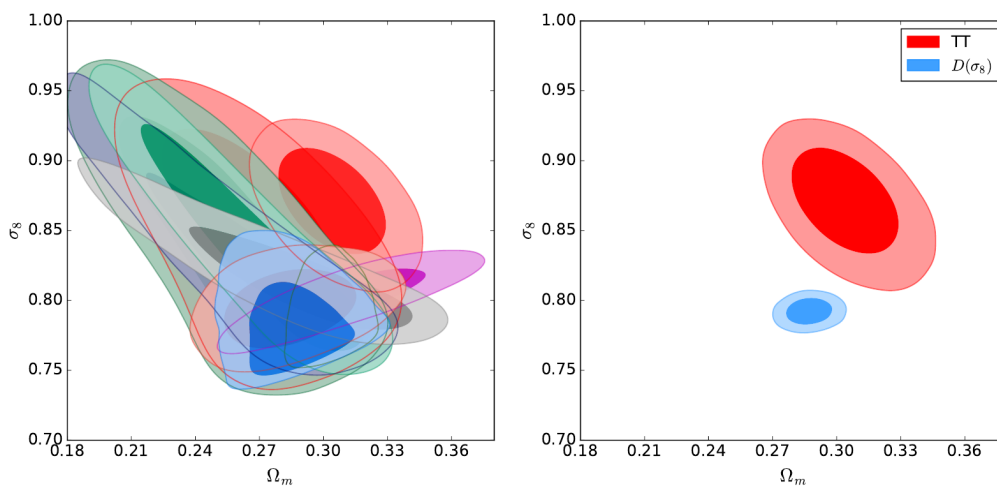


Рис 1. Ограничения на параметр плотности материи, Ω_m , и линейную амплитуду возмущений плотности, σ_8 , в модели Λ CDM, по измерениям анизотропии температуры РИ в обзоре им. Планка (TT, красные контуры), а также по всем другим данным.

Астроархеология Сверхновых

М.Р.Гильфанов

Эволюционный механизм, лежащий в основе взрывов сверхновых типа Ia, остается неизвестным. Однако недавние попытки получить верхние пределы на светимость их предшественников, основанные на влиянии их излучения в жестком ультрафиолетовом и мягком рентгеновском диапазонах на межзвездную среду родительской галактики, оказались успешными. Бесстолкновительные ударные волны на фронте остатков вспышек сверхновых, в которых доминирует излучение балмеровских линий водорода (Balmer dominated shocks) позволяют определить ионизационное состояние межзвездной среды вокруг остатка вспышки сверхновой. Так как характерное время рекомбинации водорода в межзвездной среде велико и составляет около 100,000 лет, обнаружение большого количества нейтрального водорода вблизи остатка вспышки сверхновой позволяет получить ограничения на типичную светимость предшественника до взрыва на временах порядка времени рекомбинации газа. Используя этот факт было исследовано поведение температуры и предшественников четырех остатков сверхновых типа Ia: SN1006, 0509-67.5, 0519-69.0 и DEM L71. На основе расчетов при помощи фотоионизационного кода Cloudy были получены следующие результаты. В случае остатка вспышки сверхновой SN1006 наши расчеты исключают возможность существования горячего белого карлика со светимостью, соответствующей стационарному горению водорода или гелия на его поверхности, либо аккреционному диску с темпом аккреции более $9.5e-8$ масс Солнца в год. В случае остатка вспышки сверхновой 0509-67.5 исключена возможность дисковой аккреции на белый карлик с темпом более $1.55e-8$ масс Солнца в год. Для 0519-69.0 и DEM L71 существующие ограничения не могут исключить наличие аккрецирующего белого карлика со стационарным горением водорода перед взрывом. Будущие глубокие спектроскопические наблюдения позволят либо получить более сильные ограничения на светимость предшественника этих сверхновых либо обнаружат свидетельства присутствия яркого источника на месте взрыва.

Оригинальная статья:

Woods T., Ghavamian P., Badenes C. and Gilfanov M.

Balmer-dominated Shocks Exclude Hot Progenitors for Many Type Ia Supernovae

Astrophysical Journal, 863, 120 (2018) DOI: [10.3847/1538-4357/aad1ee](https://doi.org/10.3847/1538-4357/aad1ee) (поддержана РФФИ 14-22-00271)

Флуктуации космического рентгеновского фона – новый способ исследования межгалактической среды на периферии скоплений галактик

М.Р.Гильфанов и Р.А.Сюняев

Исследованы флуктуации поверхностной яркости космического рентгеновского фона с использованием данных наблюдений поля XBOOTES обсерваторией Чандра. После удаления разрешенных источников мы вычислили спектр мощности флуктуаций неразрешенного космического рентгеновского фона на угловых масштабах от 2 угл.сек. до 3 градусов. Показано, что сигнал крупномасштабной структуры доминирует над дробовым шумом неразрешенных точечных источников на угловых масштабах выше ~ 1 угл. Минуты. Продемонстрировано, что этот сигнал, по всей вероятности, создается главным образом межгалактической средой неразрешенных скоплений и групп галактик. После вычитания вклада дробового шума, спектр мощности флуктуаций космического рентгеновского фона имеет степенную форму с наклоном $\Gamma=0.96\pm 0.06$. Энергетический спектр флуктуаций фона хорошо описывается спектром излучения оптически тонкой плазмы с температурой $T \approx 1.3$ кэВ, расположенной на красном $z \approx 0,40$. Эти числа хорошо согласуются с теоретическими ожиданиями, основанными на функции рентгеновской светимости и калибровочными соотношениями для скоплений галактик. Мы оценили типичную массу и светимость объектов, ответственных за флуктуации неразрешенного рентгеновского фона: $M_{500} \sim 10^{13,6} M_{\odot} h^{-1}$ и $L(0,5-2,0 \text{ кэВ}) \sim 10^{42,5} \text{ эрг с}^{-1}$. С другой стороны, средневзвешенные по потоку температура и красное смещение разрешенных скоплений галактик составляют $T \approx 2.4$ кэВ и $z \approx 0.23$, подтверждая, что флуктуации неразрешенного фона обусловлены, как и ожидалось, более холодными (то есть менее массивными) и более далекими скоплениями галактик. Мы показали, что форма спектра мощности чувствительна к структуре межгалактической среды во внешних областях скоплений галактик, вплоть до \sim нескольких значений радиуса R_{500} . Наши результаты подчеркивают значительный диагностический потенциал анализа флуктуаций космического рентгеновского фона при изучении структуры межгалактической среды в скоплениях галактик.

Оригинальная статья:

Kolodzig A, Gilfanov M., Hütsi G., Sunyaev R. "Studying the ICM in clusters of galaxies via surface brightness fluctuations of the cosmic X-ray background", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 473, 4653 (2018) <https://doi.org/10.1093/mnras/stx2581> (**поддержана РФФ 14-22-00271**)

Многоволновой подход к классификации явлений, открываемых в экспериментах «time-domain astronomy», на примере данных Паломарской Фабрики Транзиентов.

М.Р.Гильфанов

В поиске редких явлений в астрономических массивах данных высокого временного разрешения и большого объема (т.н. “time domain astronomy”) важно учитывать возможность ошибочной классификации более распространенных галактических событий переднего плана в качестве экзотических внегалактических явлений. На примере анализа необычной оптической вспышки в направлении галактики Туманность Андромеды, обнаруженной Паломарской Фабрикой Транзиентов, продемонстрировано, как комбинированные наблюдения в нескольких диапазонах длин волн, в данном случае в оптическом и рентгеновском диапазонах, могут быть использованы для более точной классификации событий.

Во время оптических наблюдений галактики М 31 в данных Паломарской Фабрики Транзиентов (iPTF) было обнаружено чрезвычайно яркое и быстрое транзиентное событие. Событие, обнаруженное iPTF, первоначально было классифицировано как чрезвычайно быстрая и энергичная внегалактическая вспышка с амплитудой около 3х звездных величин и продолжительностью менее 15 минут. Одной из захватывающих возможностей было то, что это событие могло быть очень быстрой новой, расположенной в галактике М31. В этом случае масса белого карлика, на котором произошел вспышка новой была бы чрезвычайно близка к Chandrasekharovскому пределу массы. Природа этого явления была раскрыта при помощи архивных данных рентгеновской обсерватории Chandra.

Было установлено, что рентгеновский спектр спокойного излучения объекта может быть описан моделью излучения оптически тонкой плазмы с температурой ≈ 7 МК, характерной для коронального излучения активной звезды. Комбинация рентгеновской светимости, вычисленной в предположении, что источник находится в галактике М31 (3×10^{36} эрг/с), и цветовой температуры исключает любой тип известного аккрецирующего компактного объекта или активной звезды в М 31. Продemonстрировано, что оптический транзиент является активной звездой главной последовательности М-типа, расположенной в диске Млечного Пути на расстоянии 0,5-1 кпк. Ее рентгеновская светимость в покое составляет $1.3-5 \times 10^{30}$ эрг/с, а абсолютная оптическая величина в R-диапазоне составляет 9.5-11.0. Наблюдаемая оптическая вспышка имела эквивалентную длительность ≈ 95 мин и полную энергию $\approx (0.3-1) \times 10^{35}$ эрг в полосе R, что включает ее в число самых ярких вспышек, когда-либо наблюдавшихся от звезды М-типа. Этот пример может служить примером для классификации галактических и внегалактических событий в настоящих и будущих экспериментах в области “time domain astronomy”, таких как Фабрика Транзиентов Звезды (ZTF) и Большой Синоптический Обзорный Телескоп (LSST).

Оригинальная статья:

Soraisam, M.D.; Gilfanov, M.; Kupfer, T.; Prince, T.A.; Masci, F.; Laher, R.R.; Kong, A.K. H. “*Multiwavelength approach to classifying transient events in the direction of M31.*” *Astronomy and Astrophysics*, 615, 152 (2018) (**поддержана РФФ 14-22-00271**)

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

И.А. Зазнобин, Р.А. Буренин, И.Ф. Бикмаев, И.М. Хамитов, Г.А. Хорунжеев, ... , Р.А. Сюняев.

Представлены результаты работ по оптическому отождествлению и спектроскопическим измерениям красных смещений скоплений галактик из второго каталога источников сигнала Сюняева-Зельдовича обзора всего неба обсерватории им. Планка. Используются данные наблюдений 1.5-м российско-турецкого телескопа (РТТ-150), 1.6-м телескопа Саянской обсерватории АЗТ-ЗЗИК, 3.5-м телескопа обсерватории Калар-Альто, а также данные 6-м телескопа САО РАН (Большой телескоп азимутальный, БТА). Для наблюдений были отобраны источники сигнала Сюняева-Зельдовича не отождествленные со скоплениями галактик с известными красными смещениями. Наблюдения проводились в течение трех лет, в результате которых для набора скоплений галактик были получены прямые изображения в различных фильтрах, а так же спектры наиболее ярких галактик красной последовательности этих скоплений. Для 37 скоплений галактик были получены спектроскопические измерения красных смещений.

Оригинальная статья:

И.А. Зазнобин, Р.А. Буренин, И.Ф. Бикмаев, И.М. Хамитов, Г.А. Хорунжеев, ... , Р.А.

Сюняев, Письма в астрономический журнал, 45, №2, с.1, IF = 1.160,

<http://dx.doi.org/10.1134/S0320010819020074> (поддержана грантом РФФИ 18-12-00520)

Скопления галактик из второго каталога обсерватории им. Планка

Название	Координаты (J2000)		z	N _{gal}	Ссылки	Замечания
	α	δ				
PS Z2G009.04+31.09	16 18 25.4	-04 11 47	0.242	3	1*	CO
PS Z2G033.83-46.57	21 45 12.3	-18 42 59	0.441	1	2	
PS Z2G045.20+15.63	18 16 04.6	+17 46 59	0.133	1		CO
PS Z2G045.47+17.80	18 08 14.7	+18 51 53	0.376	1		
PS Z2G056.38+23.36	18 01 16.5	+30 23 20	0.298	1		
PS Z2G066.85+22.48	18 20 13.0	+39 17 34	0.249	2		
PS Z2G067.21-20.49	21 13 22.7	+17 59 38	0.366	2	1, 3	
PS Z2G069.35-15.58	21 02 38.0	+22 42 27	0.096	1	1	
PS Z2G069.47-29.06	21 46 02.1	+14 01 26	0.392	1	1*, 3*	*
PS Z2G079.36+38.06	16 59 18.6	+52 04 48	0.301	4		
PS Z2G082.37+22.35	18 44 26.6	+53 00 48	0.332	1		
PS Z2G086.35-13.94	21 49 42.5	+35 43 08	0.279	2		CO
PS Z2G090.12-13.87	22 03 36.2	+38 04 46	0.073	1		
PS Z2G093.41-16.26	22 24 00.1	+38 00 56	0.268	2	1*	
PS Z2G094.31-11.31	22 12 59.2	+42 35 03	0.204	1	1*	CO
PS Z2G098.44+56.59	14 27 25.0	+55 45 00	0.131	1	3, 4*	
PS Z2G100.22+33.81	17 13 42.0	+69 21 33	0.599	5	1*	
PS Z2G105.00+39.68	15 52 52.9	+70 31 39	0.199	2		
PS Z2G106.11+24.11	19 21 31.8	+74 33 26	0.101	1	5	fg
PS Z2G106.21+26.32	18 48 31.2	+75 03 30	0.114	1		fg
PS Z2G118.49+48.17	13 23 55.0	+68 39 31	0.355	1		
PS Z2G118.56-13.14	00 25 13.4	+49 30 35	0.278	1		
PS Z2G120.30+44.47	13 16 38.1	+72 32 18	0.261	1		
PS Z2G125.84-18.72	01 06 56.0	+44 03 39	0.188	5	1*	
PS Z2G126.36-19.11	01 09 26.7	+43 37 06	0.200	1	1*	
PS Z2G126.72-21.03	01 10 24.9	+41 41 18	0.198	1	1*, 3	fg, *
PS Z2G131.15-14.72	01 38 44.4	+47 22 39	0.223	1		
PS Z2G142.41+30.68	07 56 35.8	+72 35 31	0.240	1		
PS Z2G147.17+42.67	09 50 00.6	+64 55 27	0.440	1		SDSS
PS Z2G159.40-40.67	02 42 23.0	+14 15 15	0.254	1		
PS Z2G171.22-26.03	03 52 47.1	+19 21 51	0.358	2		CO
PS Z2G179.45-43.92	03 19 18.4	+02 05 35	0.401	1	1*, 3*	
PS Z2G188.33-34.98	04 04 18.0	+02 23 56	0.273	1		CO, ZwCl 401.8+0219
PS Z2G206.75-33.21	04 41 39.2	-09 46 32	0.457	1		
PS Z2G210.57-44.61	04 03 33.5	-17 06 49	0.142	1		Abell 472
PS Z2G323.96+43.81	13 54 04.6	-16 30 08	0.363	1		
PS Z2G325.19+49.12	13 49 57.7	-11 13 40	0.205	2		

Примечание. Ссылки: 1 — Стреблянская и др. (2018); 2 — Амодео и др. (2017); 3 — Буренин (2017); 4 — Сообщество Планка (2016a); 5 — Боада и др. (2018); * — опубликованное в указанной работе красное смещение скопления является фотометрической оценкой; Замечания: * — имеется обсуждение в тексте; CO — поле источника попадает в маску монооксида углерода из работы Хатри (2016); fg — остаток группы; SDSS — красное смещение подтверждается спектроскопическими данными Слоновского обзора.

Рис. 1 Результаты спектроскопических измерений красных смещений для 37 скоплений галактик из второго каталога источников Сюняева-Зельдовича обсерватории им. Планка.

Оптическое отождествление рентгеновских источников из 14-летнего обзора всего неба обсерватории ИНТЕГРАЛ

*Д. И. Карасев, А. А. Лутовинов, А.Ю. Ткаченко, Г. А. Хорунжес,
Р. А. Кривонос, П.С.Медведев, М. Н. Павлинский, Р. А. Буренин, М. В. Еселевич*

Получены результаты оптических отождествлений нескольких источников жесткого рентгеновского излучения из обзора всего неба обсерватории ИНТЕГРАЛ, полученного за 14 лет наблюдений. Уточнив положения этих объектов на небе с помощью рентгеновского телескопа XRT обсерватории Swift и обсерватории XMM-Newton, мы провели идентификацию их компаньонов с использованием данных оптических и инфракрасных обзоров неба. Для более чем половины объектов из настоящей выборки с помощью телескопов РТТ-150 и АЗТ-33ИК были получены оптические спектры, которые позволили установить природу объектов и измерить их красные смещения. Показано, что шесть источников имеют внегалактическое происхождение и относятся к сейфертовским галактиками 1-го и 2-го типов (IGR J01017+6519, IGR J08215-1320, IGR J08321-1808, IGR J16494-1740, IGR J17098-2344, IGR J17422-2108); о природе еще 4-х объектов (IGR J11299-6557, IGR J14417-5533, IGR J18141-1823, IGR J18544+0839) однозначных выводов сделать не удалось, однако по косвенным признакам они, вероятнее всего, являются также внегалактическими объектами. Еще для одного из объектов (IGR J18044-1829) однозначного отождествления получено не было.

Название	RA (J2000)	Dec (J2000)	z	Класс объекта	Примечания
IGR J01017+6519	01 ^h 01 ^m 58 ^s .26	65°21'17".87	0.085	Sy1	WISE J010158.29+652117.5
IGR J08215-1320	08 ^h 21 ^m 33 ^s .51	-13°21'04".51	0.014	Sy2	MCG-02-22-003
IGR J08321-1808	08 ^h 31 ^m 58 ^s .37	-18°08'35".21	0.135	Sy1	WISE J083158.37-180835.2
IGR J11299-6557	11 ^h 29 ^m 56 ^s .444	-65°55'21".83	—	АЯГ?	WISE J112956.44-655521.8
IGR J14417-5533	14 ^h 41 ^m 18 ^s .742	-55°33'35".17	—	АЯГ?	WISE J144118.74-553335.1
IGR J16494-1740	16 ^h 49 ^m 21 ^s .04	-17°38'40".17	0.027	Sy2	ESO 586-4
IGR J17098-2344	17 ^h 09 ^m 44 ^s .70	-23°46'53".21	0.036	NLSy1 или Sy1.2 ?	WISE J170944.70-234653.1
IGR J17422-2108	17 ^h 42 ^m 11 ^s .43	-21°03'53".48	0.106	Sy1	PSO J174211.443-210353.335
IGR J18044-1829	18 ^h 04 ^m 34 ^s .042	-18°30'05".09	—	?	—
IGR J18141-1823	18 ^h 14 ^m 14 ^s .526	-18°23'10".42	—	АЯГ?	G012.4048-00.4216
IGR J18544+0839	18 ^h 54 ^m 22 ^s .297	+8°38'46".22	—	АЯГ?	WISE J185422.29+083846.2

Рис.1 Оптические и ИК компаньоны жестких рентгеновских источников

Оригинальная статья:

*Д. И. Карасев, А. А. Лутовинов, А.Ю. Ткаченко, Г. А. Хорунжес,
Р. А. Кривонос, П.С.Медведев, М. Н. Павлинский, Р. А. Буренин, М. В. Еселевич*
Письма в Астрономический журнал, т. 44, №8-9, с. 569–588 (2018), Q3, IF = 1.160
(поддержана грантом РНФ 14-22-00271)

Первые детальные наблюдения близкой галактики Треугольник (M33) в жестком рентгеновском диапазоне

Р.А. Кривонос, С.Ю. Сазонов, С.М. Николаева, С.С. Цыганков, Ю. Поутанен

В 2017 году с помощью орбитального телескопа NuSTAR были проведены уникальные наблюдения галактики Треугольник (M33) на энергиях выше 10 кэВ. Впервые удалось получить высококачественные широкополосные спектры индивидуальных рентгеновских источников, находящихся на расстоянии около 800 кпк от солнечной системы. В данной работе представлены результаты исследований двух ярчайших рентгеновских источников галактики M33, известных как M33 X-6 и M33 X-8. Наибольший интерес представляет источник M33 X-8, относящийся к классу ультраярких рентгеновских источников (его светимость составляет примерно $2 \cdot 10^{39}$ эрг/с). Впервые удалось получить широкополосный спектр этого объекта, проливающий свет на его природу. На энергиях ниже 10 кэВ основное излучение источника описывается моделью излучения стандартного аккреционного диска с температурой около 1 кэВ, а на энергиях 10–20 кэВ доминирует нетепловое излучение, которое хорошо описывается моделью степенного закона с наклоном 3 (со слабым указанием на завал). Эти характеристики необычны для ультраярких рентгеновских источников, зато характерны для «обычных» рентгеновских двойных систем с черными дырами в их так называемом очень высоком состоянии. Это указывает на то, что M33 X-8, скорее всего, является двойной системой с черной дырой, которая аккрецирует в очень высоком, но все же докритическом темпе, в отличие от сверхкритической аккреции, которая, по всей видимости, происходит в УРИ еще более высокой светимости. Это, наряду с недавним открытием нескольких ультраярких рентгеновских пульсаров, говорит о том, что популяция ультраярких рентгеновских источников неоднородна, а складывается из нескольких существенно разных (по типу и массе компактного объекта, темпу аккреции и т.д.) популяций астрофизических объектов. По данным телескопа XRT обсерватории Swift и телескопа NuSTAR впервые удалось построить рентгеновский спектр второго по яркости источника (X-6) галактики M33, в широком диапазоне энергий 0.3–20 кэВ. Спектр хорошо описывается моделью оптически и геометрически толстого аккреционного диска с максимальной температурой около 2 кэВ и внутренним радиусом около 5 км. Есть также указание на присутствие в спектре дополнительной жесткой компоненты. Боллометрическая светимость M33 X-6 составляет около $2 \cdot 10^{38}$ эрг/с, при этом светимость в жестком диапазоне 10–20 кэВ составляет около 10% от полной. Все это указывает на то, что M33 X-6, вероятно, является источником Z-типа – рентгеновской двойной системой, в которой происходит околокритическая аккреция на слабозамагниченную нейтронную звезду. Объекты такого типа раньше исследовались практически исключительно в нашей Галактике.

Оригинальная статья:

Кривонос Р., Сазонов С., Цыганков С., Поутанен Ю., “NuSTAR observations of the ultraluminous X-ray source M33 X-8: a black hole in a very high state?”, опубликовано 27 июля 2018 в журнале MNRAS (IF=5.194), том 480, 2, стр. 2357, <https://doi.org/10.1093/mnras/sty1995>; <https://arxiv.org/abs/1807.10427>, (поддержана грантом РФФ 14-12-01315).

Николаева С., Кривонос Р., Сазонов С., “Широкополосный спектр рентгеновской двойной системы M33 X-6 по данным NuSTAR и Swift-XRT. Внегалактический источник Z-типа?”, принято к печати в “Письмах в Астрономический журнал”(IF=1.160) 24 апреля 2018, ISSN 1063-7737, том 44, 10, стр. 593–602, <https://doi.org/10.1134/S1063773718100055>; <https://arxiv.org/abs/1809.02871>, (поддержана грантом РФФ 14-12-01315).

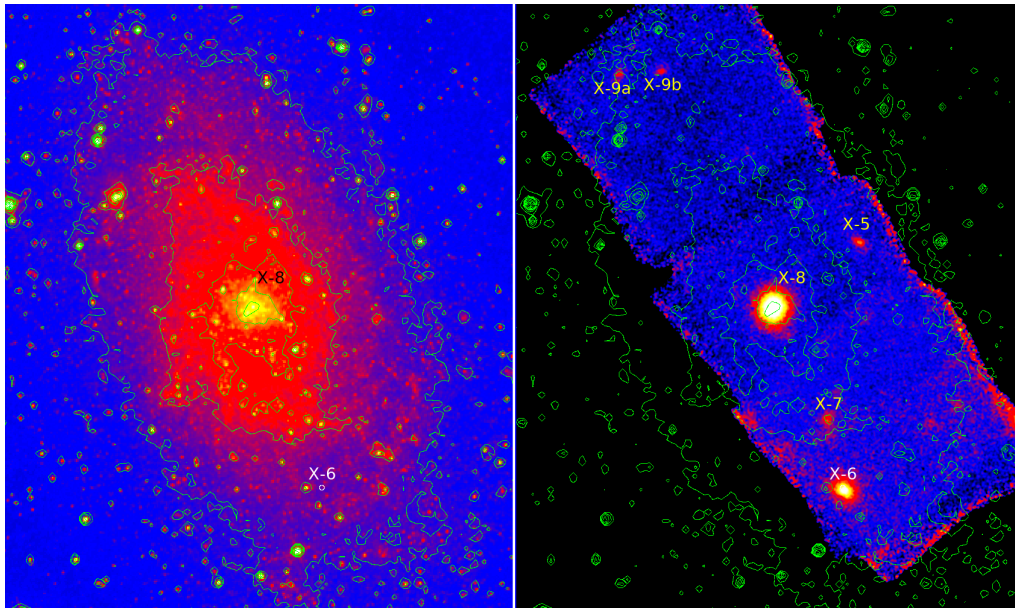


Рис. 1 На рисунке показано изображение близкой галактики M33 по данным инфракрасного обзора WISE (4.6 мкм, слева) и рентгеновский снимок галактики, сделанный орбитальным телескопом NuSTAR (3-80 кэВ, справа). Зелеными контурами показаны изофоты обзора WISE. На изображениях также отмечены положения исследуемых источников M33 X-8 и X-6.

Самоподавление теплопроводности в слабозамагниченной свист-неустойчивой плазме

С.В. Комаров, А.А. Щекочихин, Е.М. Чуразов, А.А. Спитковский

В работе выполнена теоретическая оценка и численное моделирование влияния свистовой неустойчивости на перенос тепла в плазме скоплений галактик. Показано, что тепловой поток в плазме с достаточно высоким отношением тепловой и магнитной плотностей энергий («плазменным бета») неустойчив и приводит к быстрому росту поперечных магнитных возмущений на масштабе электронного ларморовского радиуса. Такие возмущения рассеивают электроны, уменьшая тепловой поток до тех пор, пока рост неустойчивости прекращается и наступает насыщение. Величина теплового потока в насыщении не зависит от градиента температуры и обратно пропорциональна плазменному бета. Теоретические результаты подтверждаются численным моделированием свистовой неустойчивости с помощью метода «частиц в ячейках». Демонстрируется, что неустойчивость насыщается квазилинейно. В скоплениях галактик свистовая неустойчивость может приводить к подавлению теплопроводности в несколько раз на масштабах градиентов температуры порядка 100 килопарсек. В сочетании с другими механизмами подавления, описанный эффект помогает объяснить наблюдаемые в скоплениях существенные пространственные вариации температуры.

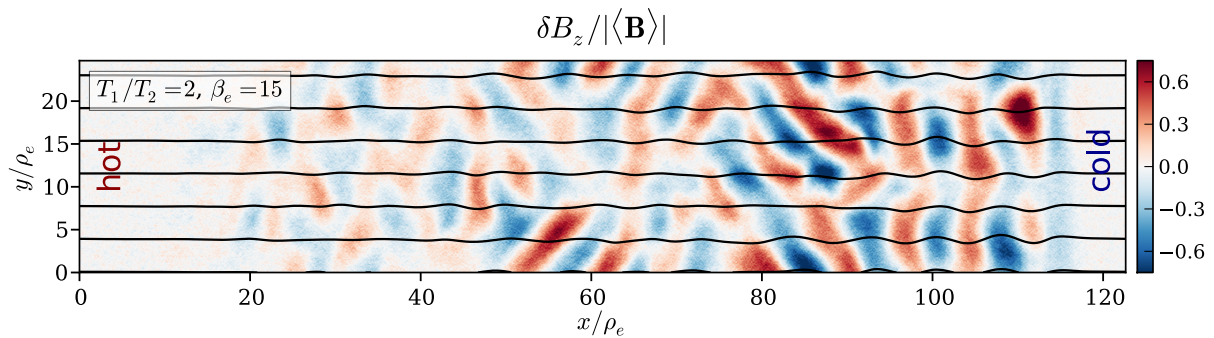


Рис. 1 Результаты численного моделирования: магнитные флуктуации, создаваемые свистовой неустойчивостью за счет наличия в плазме теплового потока. Цветом показана относительная величина возмущений, контуры изображают силовые линии магнитного поля.

Оригинальная статья:

С.В. Комаров, А.А. Щекочихин, Е.М. Чуразов, А.А. Спитковский, 2018, Journal of Plasma Physics, 84, 3, IF = 1.567, <https://doi.org/10.1017/S0022377818000399> (поддержана грантом РФФ 14-22-00271)

GRO J1750-27: далекая нейтронная звезда демонстрирующая переходы в режим пропеллера

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

На основании данных наблюдений в рентгеновском (обсерватории *Chandra*, *Swift*, and *Fermi/GBM*) и инфракрасном (обзоры неба *VVV* и *UKIDSS*) диапазонах энергии были исследованы свойства рентгеновской двойной системы с пульсаром GRO J1750-27. Нам впервые удалось получить координаты источника с точностью, достаточной для однозначной идентификации компаньона исследуемого объекта в инфракрасном диапазоне. На основании данных *VVV* был восстановлен SED компаньона, учитывая при этом тот факт, что закон поглощения в направлении на источник отличается от стандартного. Последующее сравнение этого распределения со спектрами типичных рентгеновских двойных с Ве- и В- звездами позволило поставить некоторое ограничение снизу на возможное расстояние до источника на уровне 12 кпк.

Помимо этого исследование наблюдаемого эффекта ускорения вращения во время гигантской вспышки 2015 года дало независимые оценки расстояния до источника на уровне 14 - 22 кпк, а также позволяет оценить магнитное поле на поверхности нейтронной звезды $B \sim (3.5-4.5) \cdot 10^{12}$ Гс. Последнее значение согласуется с возможным переходом источника в режим пропеллера, сильный намек на который был обнаружен *Swift/XRT* и *Chandra*.

На основании всего сказанного мы можем заключить что рентгеновский источник GRO J1750-27 расположен дальше центра Галактики и, возможно, является одной из наиболее удаленных (из известных) от нас двойной системой.

Оригинальная статья:

А.А. Lutovinov, S.S. Tsygankov, D.I. Karasev, S.V. Molkov, V. Doroshenko
 “GROJ1750-27: a neutron star far behind the Galactic Center switching into the propeller regime” принята в *MNRAS* (2019), (IF=5.194), Q1 (поддержана грантом РФФ 14-22-00271)

Наклон профиля полной плотности эллиптических галактик по данным сильного линзирования и звёздной кинематики

Н.С. Лыскова, Е.М. Чуразов

Наблюдения и результаты численного моделирования галактик раннего типа свидетельствуют о том, что плотность вещества в этих объектах хорошо описывается законом $\rho \propto r^{-\gamma}$ в широком диапазоне радиусов, в то время как распределение плотности темного вещества и распределение плотности звёзд не описываются степенным законом. При этом, как следует из численных симуляций, наклон полной плотности галактик γ и его эволюция с красным смещением оказываются чувствительными к разным процессам обратной связи с активным галактическим ядром и со звёздами (звёздные ветра, сверхновые). Таким образом, возникает необходимость измерения наклона профиля плотности (или массы) большого числа галактик раннего типа для построения реалистичных моделей их формирования и эволюции. В данной работе предложен подход, который позволяет оценить массу и наклон профиля плотности галактик раннего типа из совместного анализа минимального набора наблюдательных данных по гравитационному линзированию и звёздной кинематике. Было показано, что для оценки массы и наклона профиля плотности галактик-линз достаточно: 1) измеренной дисперсии лучевых скоростей на определенном радиусе R_2 , где профиль поверхностной яркости убывает как R^{-2} , и 2) спроектированной массы M_E , заключённой в цилиндре радиуса Эйнштейна-Хвольсона R_E . Предложенный подход был протестирован на большой выборке галактик, полученных в результате численного космологического моделирования, которые по своим кинематическим свойствам схожи с наблюдаемыми галактиками раннего типа в близкой Вселенной. Показано, что разработанный в настоящей работе метод позволяет восстановить наклон профиля полной плотности с точностью $\approx 13\%$. Продемонстрировано преимущество (лучшая точность) метода по сравнению с методом, предложенным в работе Купманс и др. 2006, который позволяет восстановить наклон полной плотности на основе данных по апертурной дисперсии скоростей и спроектированной массы M_E . Наш подход был применён к выборке 15 галактик-линз раннего типа из работ Барнабе и соавторов 2009, 2011, для которых доступны панорамные измерения дисперсии лучевых скоростей звёзд, карты поверхностной яркости, а также измерения спроектированной массы, заключённой в цилиндре радиуса Эйнштейна-Хвольсона. Показано, что значения массы и наклона профиля полной плотности хорошо согласуются (в пределах ошибок) с результатами более детального и трудоёмкого моделирования. Таким образом, предложенный метод представляется надёжным и быстродействующим инструментом для оценки наклона профиля полной плотности эллиптических галактик на разных красных смещениях, который необходим для построения реалистичной модели формирования и эволюции массивных галактик.

Оригинальная статья:

Lyskova N., Churazov E., Naab T., 2018, MNRAS, 475, 2403, IF = 5.194, квартиль Q1, <https://doi.org/10.1093/mnras/sty018>, (поддержана грантом РФФИ 14-22-00271)

Верхний предел на избыток никеля в ветре сверхкритического аккреционного диска SS 433 по данным рентгеновской спектроскопии

П. С. Медведев, И. И. Хабибуллин, С. Ю. Сазонов, Е. М. Чуразов, С. С. Цыганков

В работе представлен анализ длительного рентгеновского наблюдения микроквазара SS433, проведенного космической обсерваторией XMM-Newton, с целью поиска флуоресцентной линии нейтрального (или слабо ионизованного) никеля на энергии 7.5 кэВ. Рассмотрено две модели формирования флуоресцентных линий в спектре SS 433: 1) в результате отражения излучения предполагаемого центрального рентгеновского источника системы от оптически толстого нейтрального газа стенок «канала» сверхкритического диска; и 2) при прохождении излучения от горячего основания джетов через оптически тонкий по томсоновскому рассеянию ветер системы.

В результате моделирования, показано, что для двух рассмотренных моделей формирования флуоресцентных линий в спектре SS 433, поток в линии *Ni I Ka* ожидается на уровне 0.45 от потока во флуоресцентной линии *Fe I Ka* 6.4 кэВ для десятикратного относительного избытка никеля, наблюдаемого в джетах.

Из анализа наблюдательных данных, для модели континуума без абсорбционного скачка на нейтральном железе найден верхний предел на поток в узкой флуоресцентной линии никеля *Ni I Ka* равный 0.9×10^{-5} фот/с/см² (90% уровень значимости). В модели континуума с абсорбционным скачком соответствующий верхний предел найден на уровне 2.5×10^{-5} фот/с/см². В то же время поток во флуоресцентной линии железа зарегистрирован равным $9.9(+1.3, -1.5) \times 10^{-5}$ фот/с/см².

Таким образом, показано, что избыток обилия никеля в ветре аккреционного диска должен быть как минимум в полтора раза меньше соответствующего избытка никеля, наблюдаемого в джетах SS 433.

Оригинальная статья:

П. С. Медведев, И. И. Хабибуллин, С. Ю. Сазонов, Е. М. Чуразов, С. С. Цыганков, Письма в Астрономический Журнал, 2018, том 44, №6, с. 390-410, IF = 1.297, Q3. <http://adsabs.harvard.edu/abs/2018AstL...44..390M>, поддержана грантом РНФ 14-12-01315

Обзор современных методов исследования состава горячего межгалактического газа в скоплениях галактик

П. С. Медведев

Изучение химического обогащения межгалактической среды (ICM) на протяжении космологического времени дает бесценную информацию об эволюции барионного вещества во Вселенной, истории звездообразования в скоплениях галактик и свойствах газодинамического взаимодействия галактик с окружающим их газом межгалактической среды.

В этой обзорной работе мы пересматриваем и обсуждаем наиболее важные результаты, полученные в этой области, с теоретической и наблюдательной точек зрения. В последние

годы расчеты химических свойств ICM в современных космологических гидродинамических моделях преуспели в воспроизведении большого разнообразия наблюдательных признаков. Получаемая из расчетов общая картина свидетельствует о раннем обогащении газа тяжелыми элементами в период формирования скоплений галактик (на стадии протоскоплений). На это указывает как наблюдаемая для широкого диапазона масс систем (от групп до скоплений галактик) однородность уровня обогащения на больших пространственных масштабах во внешних областях, так и наблюдаемая временная инвариантность химического обогащения для объектов с красными смещениями в пределах $z \sim 1-2$.

Результаты, полученные за последние годы, говорят о необходимости объединения усилий наблюдательных и численных методов исследования химического состава ICM с целью более эффективной работы с огромным объемом данных, производимым современными (и будущими) рентгеновскими космическими обсерваториями. Дальнейший прогресс в понимании химической истории крупнейших гравитационно связанных структур во Вселенной потребует более точных измерений обилия химических элементов. Помимо систематических неопределенностей, связанных с ограничениями современных численных моделей, большую сложность для развития этой области создают ограничения связанные с умеренным спектральным разрешением ПЗС приборов на борту действующих рентгеновских миссий. Дифракционные спектрометры, такие как *RGS/XMM-Newton*, способны разрешать линии Fe-L комплекса железа, но имеют другие важные ограничения такие как (i) относительно узкое спектральное окно, (ii) последующая сложность нахождения уровня континуума для определения абсолютных значений обилия и (iii) инструментальное уширение линий за счет пространственной протяженности источников (скоплений галактик).

Оригинальные статьи:

F. Mernier, V. Biffi, H. Yamaguchi, P. Medvedev, A. Simionescu, S. Ettori, N. Werner, J. S. Kaastra, J. de Plaa, L. Gu, Space Sci Rev, 2018, 214:123, IF= 9.327
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11214-018-0565-7>
(поддержана грантом РФФИ 14-22-00271)

V. Biffi, F. Mernier, P. Medvedev, Space Sci Rev, 2018, 214:123, IF= 9.327
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11214-018-0557-7>
(поддержана грантом РФФИ 14-22-00271)

Исследование временной переменности GRS 1739-278 в ходе вспышки 2014 года

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

Обнаружены квазипериодические осцилляции (КПО) типа-C рентгеновского потока в маломассивной рентгеновской двойной GRS 1739-278 в начальной стадии вспышки 2014 года. В течении суток частота КПО увеличилась в два с половиной раза (с 0.3 до 0.7 Гц), при этом существенного изменения энергетического спектра источника не произошло. Анализ энергетического спектра источника с использованием современных моделей релятивистского отражения указывает на то, что внутренний край аккреционного диска расположен близко к компактному объекту ($R_{tr} < 7.3 GM/c^2$), что нехарактерно для наблюдаемого промежуточного-жесткого состояния источника. При этом вклада теплового излучения от диска в энергетический спектр не наблюдалось. Был проведен анализ быстрой переменности источника с использованием ко-спектров мощности, их использование было продиктовано особенностями детекторов телескопа NuSTAR, на котором выполнялись

наблюдения. В ко-спектрах хорошо видны пики КПО и первой гармоники, причем отношение их мощностей изменяется при переходе из мягкого (3-5 кэВ) в жесткий (15-78 кэВ) диапазон. Измерены фазовые лаги между жестким и мягким каналом, они положительны в диапазоне частот 0.1-3 Гц и отрицательны на меньших частотах. Если интерпретировать наблюдаемые КПО в модели прецессии Ленсе-Тирринга горячего потока, являющейся наиболее разработанной на данный момент, то для того, чтобы диск имел наблюдаемый внутренний радиус оказывается необходимо, чтобы масса компактного объекта была существенно больше ожидаемой (10 Msun). Это противоречие, также продемонстрированное в нескольких других работах, возможно указывает на неточность использованной спектральной модели.

Оригинальная статья:

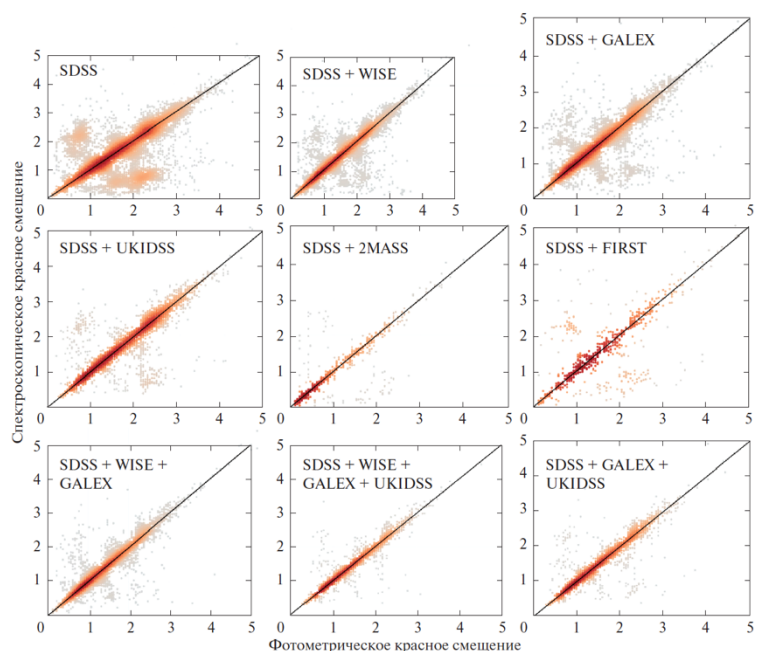
Mereminskiy, I. A., Semena, A. N., Bykov, S. D., Filippova, E. V., Lutovinov, A. A.; Poutanen, J. "Studying temporal variability of GRS 1739-278 during the 2014 outburst", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 482, Issue 1, p.1392-1405, IF = 5.194, Q1, doi.org/10.1093/mnras/sty2752, работа поддержана грантом РФФ 14-12-01287.

Измерение вероятностных фотометрических красных смещений рентгеновских квазаров на основе квантильной регрессии ансамблей деревьев решений

А. В. Мещеряков (ИКИ), В. В. Глазкова, С. В. Герасимов, И. В. Машечкин (МГУ)

Предложены эмпирические алгоритмы машинного обучения qRF и qLGBM для измерения вероятностных фотометрических красных смещений (photo-z) рентгеновских квазаров на основе квантильной регрессии ансамблей деревьев решений. Опираясь на данные современных больших фотометрических обзоров неба, данные методы позволяют выполнять высококачественные точечные прогнозы photo-z рентгеновских квазаров, делать оценки доверительных интервалов, а также восстанавливать полные функции распределения вероятности прогнозов. Предложенные нами подходы показывают существенно лучшую точность по сравнению с имеющимися в литературе результатами.

Рис. 1 Диаграммы рассеяния точечных прогнозов photo-z на тестовой выборке 3ХММ, полученных моделью qRF с использованием различных комбинаций фотометрических данных



Оригинальная статья:

А. В. Мещеряков (ИКИ), В. В. Глазкова, С. В. Герасимов, И. В. Машечкин (МГУ), Письма в Астрономический журнал, т. 44, №12, с. 801–820 (2018), Q3, IF = 0.873 (поддержана грантом РФФ 14-22-00271)

Mrk 6: гигантская система газовых облаков ионизованных активным ядром.

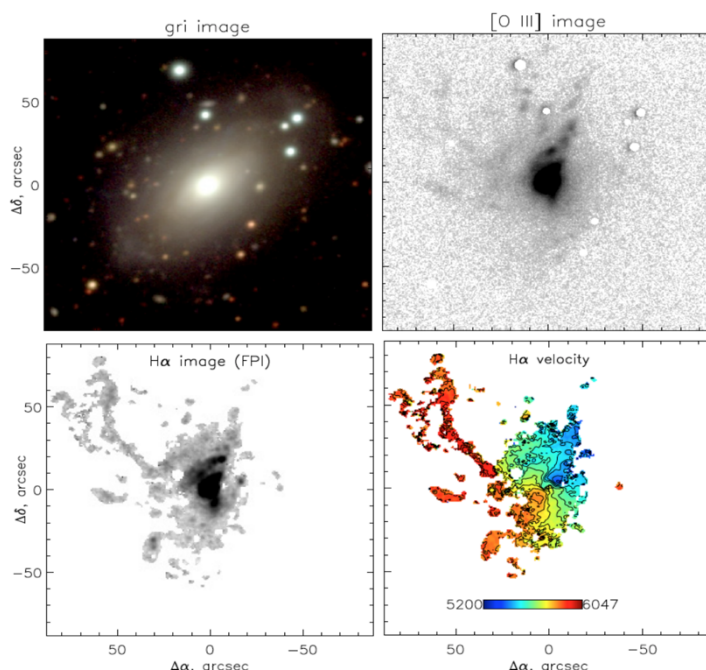
А.В. Моисеев

С помощью разных видов оптических наблюдений (фотометрия в широких и узкополосных фильтрах, длиннощелевая и 3D-спектроскопия) на 6-м телескопе САО РАН обнаружена и изучена система облаков ионизованного газа, расположенных далеко за пределами звездного диска линзовидной галактики Mrk 6. Наиболее протяженные филаменты тянутся вплоть до расстояний 40 кпк от ядра. Весь комплекс полученных спектральных данных о состоянии ионизации и распределении лучевых скоростей удастся объяснить в предположении, что наблюдается газ, захваченный Mrk 6 из внешней среды и подсвеченный жестким излучением активного ядра. В таком случае, активное ядро является своеобразным «прожектором», позволяющим увидеть часть значительно более протяженной структуры холодного газа, аккрецированного галактикой. Происхождение этого газа пока не ясно, поскольку глубокие изображения окрестностей Mrk 6 показывают отсутствие каких-либо звездных структур (приливных хвостов, разрушенных спутников), связанных с газовыми филаментами.

Оригинальная статья:

A.A. Smirnova, A.V. Moiseev, S.N. Dodonov,
MNRAS, 2018, 481, p. 4542, IF = 5.194,
квартиль журнала Q1,
<https://doi.org/10.1093/mnras/sty2569>,
(поддержана грантом РФФ 17-12-01335)

Рис. 1 Результаты наблюдений Mrk 6. Верхний ряд – прямые изображения в широких фильтрах и в эмиссионной линии ионизованного газа [OIII]. Нижний ряд - распределение яркости, и поле лучевых скоростей ионизованного газа в линии H α .



Воздействие ультраярких рентгеновских источников на первые галактики и нагрев ранней Вселенной

С.Ю. Сазонов, И.И. Хабибуллин

Тема вторичной ионизации Вселенной чрезвычайно актуальна. Остается открытым ключевой вопрос: какие астрофизические объекты и физические механизмы были ответственны за реионизацию? В последнее время активно обсуждается гипотеза, что еще до фотоионизации ультрафиолетовым излучением галактик и квазаров первичная межгалактическая среда могла быть заметно разогрета излучением первых рентгеновских источников. Естественным кандидатом на роль таких источников в ранней Вселенной являются массивные рентгеновские двойные системы (МРД). В местном объеме Вселенной основной вклад в суммарное рентгеновское излучение популяции МРД вносят наиболее экстремальные представители класса ультраярких рентгеновских источников (УРИ) — со светимостью выше 10^{40} эрг/с. Такие редкие объекты, по всей видимости, доминировали в производстве рентгеновского фона и в ранней Вселенной. Показано, что УРИ со светимостью 10^{40} – 10^{41} эрг/с, излучаемой в течение 10^5 лет, может существенно ионизовать межзвездную среду родительской карликовой галактики с полной массой $M \sim 10^7$ – 10^8 солнечных и таким образом уменьшить ее непрозрачность по отношению к мягким рентгеновским лучам. В результате доля мягкого рентгеновского излучения УРИ, выходящего в окружающую межгалактическую среду, может возрасти с 20–50 до 30–80 процентов в течение активного периода жизни УРИ. Следовательно, МРД могли вызвать более сильный нагрев межгалактической среды на $z > 10$ (а следовательно и другой ожидаемый уровень сигнала в линии 21 см), по сравнению с предыдущими оценками, в которых пренебрегалось влиянием УРИ на межзвездную среду. В то же время, более крупные галактики не могли быть значительно ионизованы даже ярчайшими УРИ. Так как такие галактики, по-видимому, стали преобладать в глобальном темпе звездообразования на $z < 10$, то средняя доля мягкого рентгеновского излучения населения МРД, проникающего в межгалактическую среду, вероятно, оставалась низкой (<30 процентов) в эту, более позднюю эпоху.

Оригинальная статья:

1) Sazonov S., Khabibullin I. «Impact of ultraluminous X-ray sources on photoabsorption in the first galaxies», MNRAS, 2018, vol. 476, p. 2530–2541, IF=5.194 (поддержана грантом РНФ 14-12-01315)

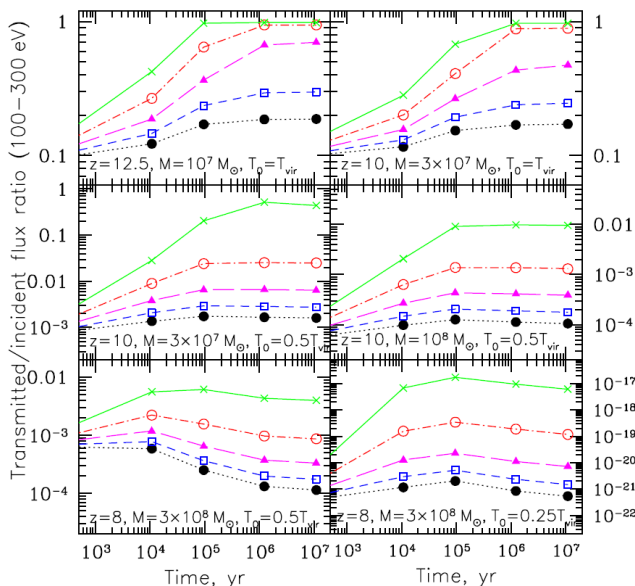


Рис. 1 Доля светимости УРИ в ультрамягком диапазоне (0.1–1 кэВ), выходящего за пределы галактики для различных параметров модели.

Спектральные свойства сильно поглощенных сейфертовских галактик из обзора всего неба обсерватории ИНТЕГРАЛ

А.Н. Семена, С.Ю. Сазонов, Р.А. Кривонос

В работе, на основе широкополосных спектров телескопа NuSTAR, измерены внутренние колонки поглощения и истинные светимости десяти сильно поглощенных АЯГ из статистически полной выборки АЯГ семилетнего обзора обсерватории ИНТЕГРАЛ.

Оригинальная статья:

А.Н. Семена, С.Ю. Сазонов, Р.А. Кривонос, “Спектральные свойства сильно поглощенных сейфертовских галактик из обзора всего неба обсерватории ИНТЕГРАЛ” Письма в *Астрономический журнал*, (принята в печать) IF=1.16, Q3 (*поддержана грантом РФФИ 14-22-00271*)

Рентгеновское излучение тепло-горячего межгалактического газа: роль резонансного рассеяния космического рентгеновского фона

И.И. Хабибуллин, Е. М. Чуразов

Около половины барионного бюджета Вселенной в текущую эпоху приходится на теплую межгалактическую среду (WHIM), плотность которой превышает среднюю плотность лишь на один-два порядка, а температура достаточно высока для практически полной ионизации водорода и гелия. Собственное излучение такой среды очень слабо и обусловлено фотоионизацией в результате облучения космическим рентгеновским фоном, при этом основной вклад дается линиями излучения высокоионизованных атомов космологически наиболее распространенных тяжелых элементов (в первую очередь, кислорода), попадающие в мягкий рентгеновский диапазон. Такая среда должна проявлять себя и в виде “линий поглощения” в спектре ярких фоновых рентгеновских источников, видимых “на просвет”, возникающих из-за резонансного рассеяния на разрешенных переходах в тех же высокоионизованных атомах. Если значительная доля таких источников может быть разрешена и исключена из сигнала, собранного из небесной площадки, содержащей сгущение WHIM, оставшееся диффузное излучение должно также включать рассеянное излучение изотропного рентгеновского фона. Нами проведены аналитическое исследование и моделирование рентгеновского излучения WHIM с учетом перечисленных эффектов для широкой области пространства параметров плотность-температура, в результате чего описано усиление излучательной способности плазмы, изменение различных диагностических характеристик излучения (например, отношения линий и их эквивалентной ширины), а также рассмотрены перспективы детектирования сгущений WHIM в излучении при помощи будущих рентгеновских миссий (в частности, *SPG/eROSITA*). Показано, что вклад резонансного рассеяния в несколько раз увеличивает излучательную способность WHIM в диапазоне 0.5-1 кэВ и в несколько десятков раз в области наиболее ярких резонансных линий. Детектирование рентгеновского излучения филаментарных структур WHIM в Локальной Вселенной возможно в результате наблюдения *eROSITA* продолжительностью около миллиона секунд.

Оригинальная статья:

И.И. Хабибуллин, Е. М. Чуразов *MNRAS* (*IF* = 5.194), принята к публикации, <http://adsabs.harvard.edu/doi/10.1093/mnras/sty2992>, поддержана грантом РФФ 14-22-00271

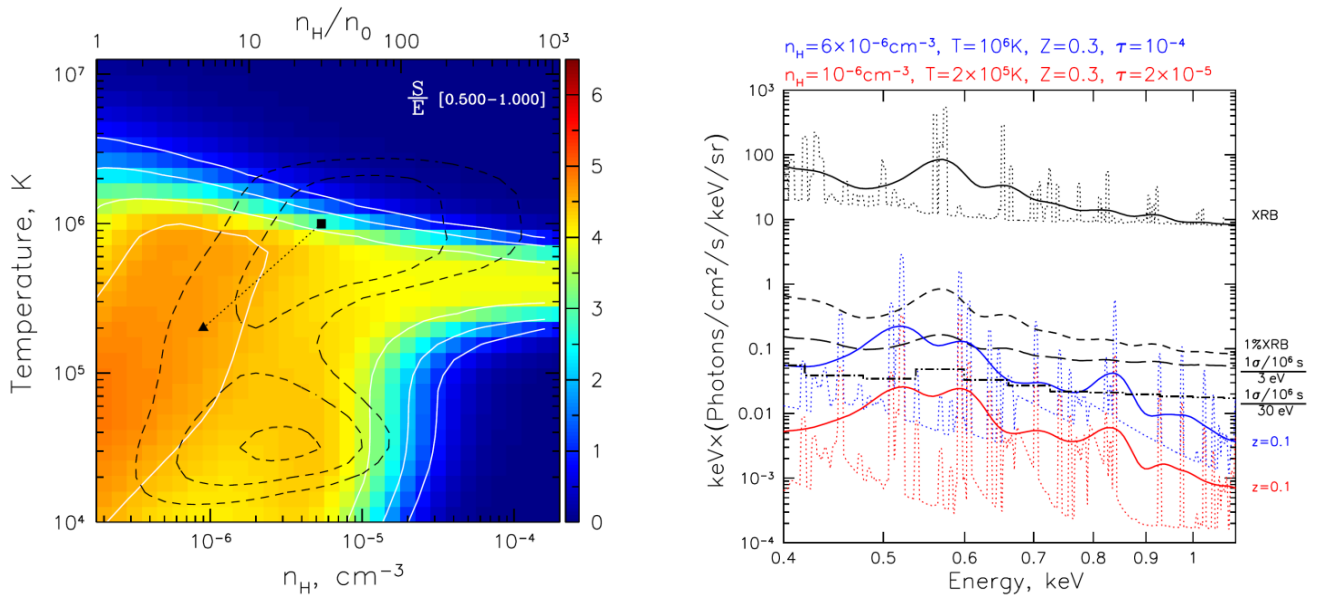


Рис. 1 Левая панель. Карта отношения рассеянной к собственной излучательной способности тепло-горячего межгалактического газа (в диапазоне 0.5-1 кэВ) на плоскости плотность-температура. Черные контуры показывают область пространства параметров, в которой ожидается наибольшее количество гелиеподобного кислорода в Локальной Вселенной (на основе космологического гидродинамического моделирования *Magneticum*). Положения, отмеченные черным квадратом и треугольником, соответствуют параметрам, типичным для структур типа филаментов и “листов” в Локальной Вселенной.

Правая панель. Спектр мягкого рентгеновского излучения таких структур (синие и красные кривые, соответственно) на красном смещении $z=0.1$ по отношению к полному рентгеновскому фону (черные кривые). Сплошные линии показывают ожидаемый сигнал после свертки со спектральной функцией отклика телескопа *eROSITA* обсерватории Спектр-РГ, пунктирные – свернутые с окном шириной 3 эВ. Также показаны уровни, соответствующие 1% фона и его 1-сигма флуктуациям, достижимым после наблюдения *eROSITA* продолжительностью 1 миллион секунд для спектральных каналов шириной 3 эВ и 30 эВ (см. подписи справа).

Рентгеновская функция светимости квазаров на $3 < z < 5$ по данным «Случайного обзора» обсерватории ХММ-НЬЮТОН

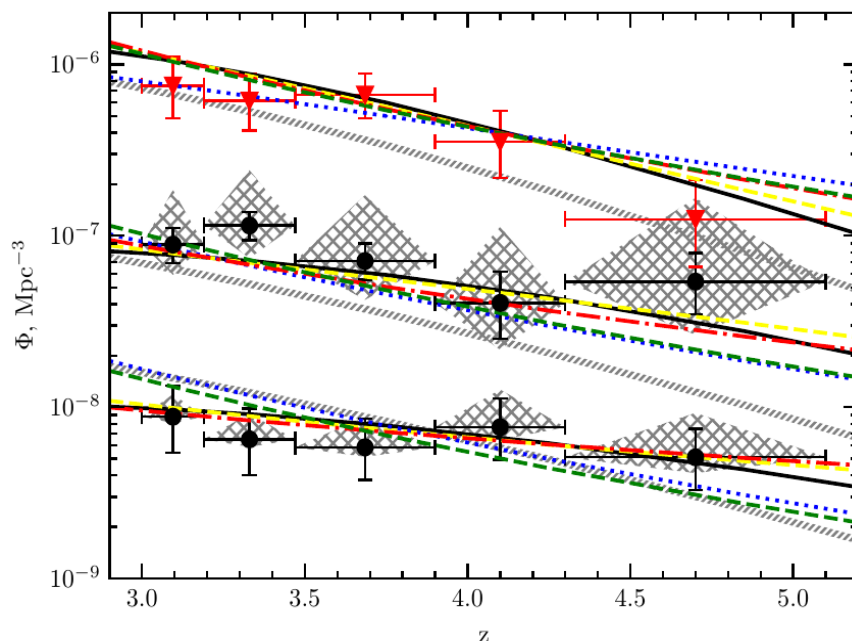
Г.А. Хорунжев, С.Ю. Сазонов, Р.А. Буренин

В работе измерена рентгеновская функция светимости далеких ($3 < z < 5.1$) квазаров первого типа. Для измерения использована выборка далеких квазаров большой светимости ($L_X > 10^{45}$ эрг/с в диапазоне энергий 2-10 кэВ) из каталога далеких рентгеновских квазаров Хорунжева и др. (2016). Благодаря рекордной площади покрытия неба (250 кв. град) на рентгеновских потоках $\sim 10^{-14}$ эрг/с/см² в диапазоне 0.5-2 кэВ, впервые удалось получить надежные оценки пространственной плотности далеких рентгеновских квазаров со светимостями $L_X > 2 \times 10^{45}$ эрг/с. Как видно из рис. 1, их сопутствующая плотность остается постоянной с ростом красного смещения от $z=3$ до $z=5$ с точностью до множителя ~ 2 . Впервые надежно ограничен степенной наклон рентгеновской функции светимости далеких квазаров в ее яркой части (выше излома). За счет использования каталога Хорунжева и др. (2016), удалось существенно ограничить величину степенного наклона γ_2 по сравнению с измерениями Вито и др. 2014. Измеренный интервал возможных значений наклона для наилучшей модели «эволюции светимости и плотности» квазаров составляет: $\gamma_2 = 2.72^{+0.19}_{-0.12} \pm 0.21$, где сначала указаны нижняя и верхняя границы γ_2 с учетом остающейся неопределенности в полноте обнаружения рентгеновских источников в Слоановском обзоре, затем - статистическая ошибка наклона.

Оригинальная статья:

Г.А. Хорунжев, С.Ю. Сазонов, Р.А. Буренин, Письма в Астрономический журнал, 44, №8-9, с. 546, G.A. Khorunzhev, S.Yu. Sazonov, R.A. Burenin, Astronomy Letters, 2018, Vol. 44, No 8-9, pp. 500-521. IF = 1.16, квартиль Q3, <http://adsabs.harvard.edu/abs/2018AstL...44..500K>, (поддержана грантом РНФ 14-22-00271)

Рис. 1 Эволюция пространственной плотности далеких ярких квазаров. Треугольники – плотность квазаров в интервале светимостей $44.5 < \lg(L_X) < 45.0$, полученная по подвыборке квазаров из работы Вито и др. (2014), кружки — плотность квазаров с $45.0 < \lg(L_X) < 45.3$ и $45.3 < \lg(L_X) < 45.9$, полученная по подвыборке из каталога Хорунжева и др. (2016) с учетом поправки на неполноту. Заштрихованные области отражают неопределенность поправки на неполноту. Линиями показаны разные модели функции светимости.



Возбуждение внутренних волн и динамика газа в скоплениях галактик

Е. Чуразов

Показано, что условием эффективного возбуждения внутренних волн в стратифицированных атмосферах скоплений галактик всплывающими пузырями релятивистской плазмы является «сплюснутость» этих пузырей, увеличивающая лобовое сопротивление и понижающая число Фруда. При этом волны могут вносить значительный (доминирующий) вклад в перенос энергии от пузырей к газу скопления.

Показано, как градиенты термодинамических параметров и ускорение/замедление сливающихся скоплений приводят к нетривиальной зависимости положения головной ударной волны относительно движущегося скопления. В сочетании с измерениями скачков плотности и температуры на фронте ударной волны это позволяет отличить фазы слияния до и после прохождения перицентра.

Показано, как электронная теплопроводность влияет на профили температуры за фронтом ударной волны, возникающей при спорадических периодах активности сверхмассивных черных дыр в центрах скоплений галактик. Это позволяет наложить ограничения на соотношение между теплопроводностью газа (точнее – степенью подавления теплопроводности) и амплитудой изменений темпа энерговыделения сверхмассивной черной дыры. Также показано, что без сильного подавления теплопроводности звуковые волны должны диссипировать свою энергию в области (порядка 100 кпк) от центра скопления. Это подтверждает ранее выработанную концепцию, постулирующую, что большая часть механической энергии, произведенной черной дырой, переходит в тепло в пределах центральной области скопления галактик.

Оригинальные статьи:

Zhang C., Churazov E., Schekochihin A. A. "Generation of internal waves by buoyant bubbles in galaxy clusters and heating of intracluster medium", MNRAS, 478, 4785 (2018), **IF 5.194, Q1**, <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/sty1269> (поддержана грантом РФФ 14-22-00271)

Zhang C., Churazov E., Forman W. R., Jones C. "Standoff distance of bow shocks in galaxy clusters as proxy for Mach number", MNRAS, 482, 20 (2019), **IF 5.194, Q1**, <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/sty2501> (поддержана грантом РФФ 14-22-00271)

Tang X., Churazov E. "Sound wave generation by a spherically symmetric outburst and AGN feedback in galaxy clusters II: impact of thermal conduction", MNRAS, 477, 3672 (2018), **IF 5.194, Q1**, <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/sty725> (поддержана грантом РФФ 14-22-00271)

Sheardown A.,... E.Churazov, ... "The Recent Growth History of the Fornax Cluster Derived from Simultaneous Sloshing and Gas Stripping: Simulating the Infall of NGC 1404", ApJ, 865, 118 (2018), **IF 5.551, Q1**, <http://dx.doi.org/10.3847/1538-4357/aadc0f>

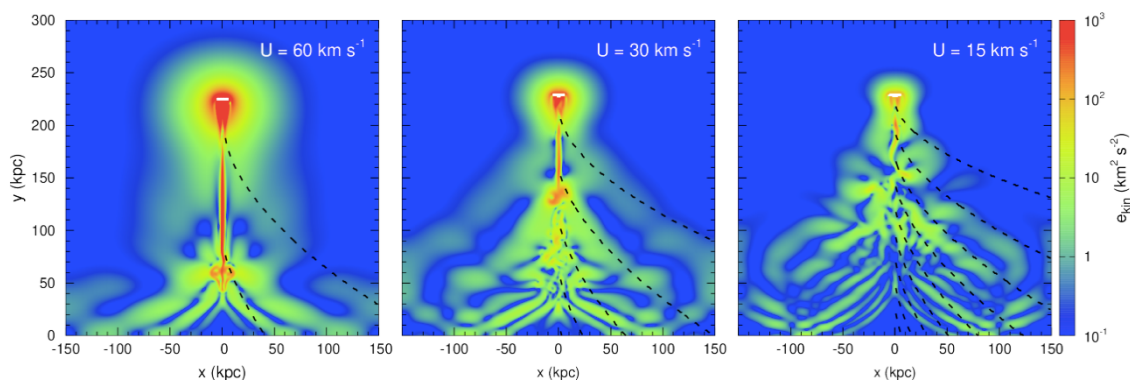


Рис. 1 Численное моделирование возбуждения внутренних волн в стратифицированной атмосфере скопления галактик всплывающим пузырьком при разных скоростях движения. В реальной задаче скорость определяется самосогласованно из баланса сил, действующих на пузырь.

Поляризация гамма-излучения и форма аннигиляционной линии на энергии 511 кэВ, как диагностика асимметрии сверхновых типа Ia и топологии магнитных полей.

Е. Чуразов и И.Хабибуллин

Предложен новый метод определения асимметрии разлетающихся оболочек, возникающей при взрывах сверхновых звезд типа Ia, по наблюдениям в гамма-диапазоне. Не вызывает сомнений, что такие сверхновые представляют собой термоядерные взрывы белых карликов, но до сих пор остаются открытыми вопросы о природе предшественников сверхновых, физике взрыва и магнитных полей в разлетающихся оболочках. В работе показано, что при асимметричном взрыве возникает поляризация, связанная с рассеянием излучения в гамма-линиях радиоактивного распада изотопа ^{56}Co в веществе оболочки. Более того, сравнение формы аннигиляционной линии позитронов, рождающихся в 19% распадах, с формой гамма-линий, вылетающих из оболочки без рассеяния, позволяет измерить характерную длину пробега позитронов в оболочках и, таким образом, определить топологию магнитных полей. Такие измерения уже включены в научные программы перспективных обсерваторий, работающих в гамма-диапазоне электромагнитного спектра.

Оригинальная статья:

Churazov E., Khabibullin I. "Polarization of MeV gamma-rays and 511 keV line shape as probes of SNIa asymmetry and magnetic field", MNRAS, 480, 1393 (2018), **IF 5.194, Q1**, <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/sty1921> (поддержана грантом РФФ 14-22-00271)

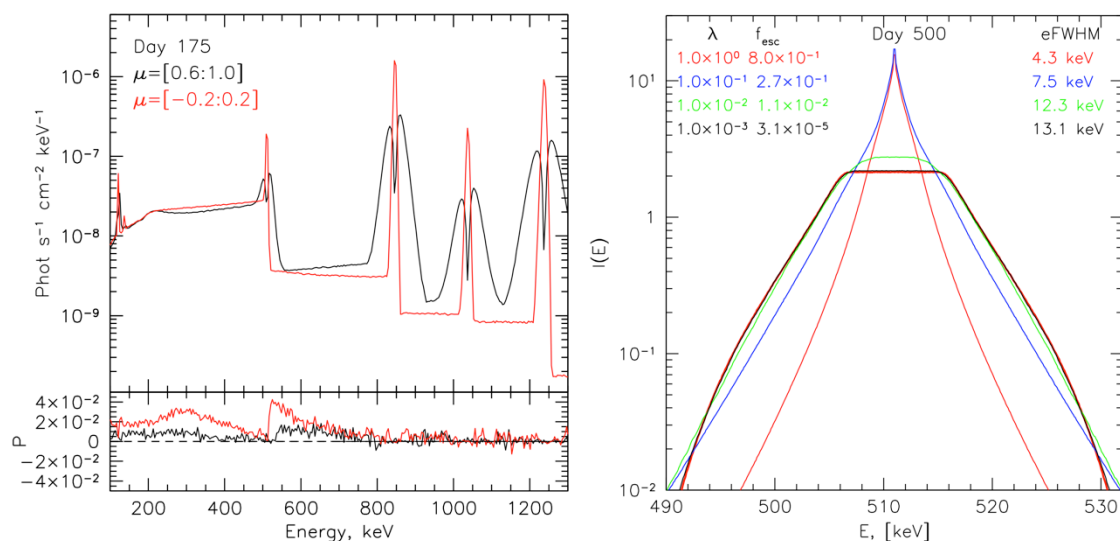


Рис. 1 На левом рисунке показан характерный гамма-спектр сверхновой типа Ia на 175-й день после взрыва и зависимость степени поляризации от энергии, которая служит индикатором асимметрии взрыва. На правом рисунке показана зависимость формы аннигиляционной линии позитронов от эффективной длины свободного пробега позитронов в расширяющейся оболочке. Подобные измерения позволяют судить об эффективности диффузии позитронов в разлетающейся оболочке, а, следовательно, о топологии магнитного поля в ней.

Особенности сверх-эддингтоновских вспышек рентгеновского пульсара LMC X-4 по данным обсерватории NuSTAR

А. Е. Штыковский, В. А. Арефьев, А. А. Лутовинов, С. В. Мольков

Исследованы сверх-эддингтоновские вспышки, зарегистрированных от пульсара LMC X-4 обсерваторией NuSTAR в диапазоне энергий 3–79 кэВ. Показано, что спектр пульсара хорошо описывается моделью тепловой комптонизации (COMPTT) как в спокойном состоянии, так и во время вспышек, когда пиковая светимость источника достигает значений $L_x \sim (2-4) \times 10^{39}$ эрг/с. Обнаружена важная особенность состоящая в том, что увеличение светимости во время вспышек более чем на порядок наблюдается на энергиях ниже 25–30 кэВ, тогда как на более высоких энергиях (30–70 кэВ) форма спектра и регистрируемый поток от источника остаются практически неизменными. Увеличение светимости сопровождается изменениями в профиле импульса источника — в диапазоне энергий 3–40 кэВ он становится приблизительно треугольным, а доля пульсирующего излучения увеличивается с ростом энергии, достигая 60–70% в диапазоне энергий 25–40 кэВ. Проанализированы возможные изменения в геометрии аккреционной колонки, согласующиеся с подобным изменением спектра и формы импульсов.

Оригинальная статья:

Особенности сверх-эддингтоновских вспышек рентгеновского пульсара LMC X-4 по данным обсерватории NuSTAR А. Е. Штыковский, В. А. Арефьев, А. А. Лутовинов, С. В. Мольков, Письма в *Астрономический журнал*, 44, 3, IF = 0.873
<https://arxiv.org/abs/1712.05322> (поддержана грантом РФФ 14-12-01287)

Обнаружение циклотронной линии поглощения в транзиентном рентгеновском пульсаре XTE J1829-098

А. Е. Штыковский, А. А. Лутовинов, С.С. Цыганков, С. В. Мольков

Представлены результаты спектрального и временного анализа рентгеновского пульсара XTE J1829–098 полученные во время вспышки зарегистрированной по данным обсерватории NuSTAR в августе 2018 г. В спектре пульсара найдена спектральная особенность на энергии 15 кэВ. Эта особенность была интерпретирована как циклотронная линия поглощения, что соответствует напряженности магнитного поля на поверхности нейтронной звезды $B \simeq 1.7 \times 10^{12}$ Гаусс. При анализе фазово-разрешенных спектров показано присутствие найденной особенности во всех фазах спектра, а также и вариации указанной особенности и других спектральных параметров в различных фазах. Временной анализ показал наличие выраженных пульсаций с периодом $P = 7.84480(2)$ с. Показана зависимость изменения доли пульсирующего излучения изменяется от энергии, в т.ч. локальное увеличение значения доли пульсирующего излучения в области энергий циклотронной линии. Наличие особенности в спектре источника связанной с присутствием циклотронной линии поглощения подтверждено независимо по данным обсерватории RXTE, а также показано возможное наличие антикорреляции между энергией линии и зарегистрированным рентгеновским потоком источника.

Оригинальная статья:

Discovery of a cyclotron absorption line in the transient X-ray pulsar XTE J1829-098, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters, Volume 482, Issue 1, 1 January 2019, Pages L14–L18, IF = 4.961 A. E. Shtykovsky, A. A. Lutovinov, S. S. Tsygankov and S. V. Molkov <https://doi.org/10.1093/mnrasl/sly182> (поддержана Меггрантом 14.W03.31.0021)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Публикации по теме ВСЕЛЕННАЯ

Всего научных публикаций в 2018г: 66

В том числе в зарубежных изданиях: 45 (из них 22 РНФ)

Статьи в отечественных рецензируемых журналах: 21 (из 11 РНФ)

статьи в сборниках и материалах конференций: 6

Телеграммы: 15

Статьи в научно - популярных изданиях: 0

Выполнены при поддержке грантов РНФ: 33

Выполнены при поддержке грантов Мегагрант: 1

Патенты: 1

Публикации в российских журналах

1. *И.А. Мереминский, С.А. Гребенев, А.В. Просветов, А.Н. Семена* ``Низкочастотные квазипериодические осцилляции излучения рентгеновской новой MAXI J1535-571 на начальной стадии вспышки 2017 г.`, Письма в Астрономический журнал, 2018, т. 44, сс. 413-424 (Astron. Lett., 2018, v. 44, pp. 378-389; doi.org/10.1134/S106377371806004X), IF = 1.160, Q3
2. *И. А. Мереминский, Р. А. Буренин, Р. А. Кривонос, И. Ю. Лапинов, М. Н. Павлинский, С. Ю. Сазонов, А. Ю. Ткаченко, Е. В. Филиппова, А. Е. Штыковский* ``Популяции источников в обзоре Галактической плоскости телескопом ART-XC обсерватории Спектр-РГ: моделирование`, принято к публикации, Письма в астрономический журнал, 2019, т. 45, IF = 1.160, Q3
3. *Дубинский А.Ю., Попель С.И.* К вопросу об образовании воды в лунном реголите // *Космические исследования.* 2019. Т. 57, № 2, в печати (IF: 0,444).
4. *Адушкин В.В., Чен Б.Б., Попель С.И., Дубинский А.Ю., Вайдлер П.Г., Фридрих Ф.* Экспериментальное исследование минеральных мелкомасштабных частиц в атмосфере Центральной Азии // *Физика Земли.* 2018. № 2. С. 145-150. (IF: 0,642) **(соавторы)**
5. *Чен Б.Б., Попель С.И., Голоуб Ф., Адушкин В.В., Когай Г.А., Улукбек уулу Мурадильбек, Вайдлер П.Г., Фридрих Ф.* Аэрозольный радиационный форсинг мелкомасштабных частиц в атмосфере Центральноазиатского региона. Часть 1. Оценки воздействия мелкомасштабных части на перенос радиации // *Вестник*

Кыргызско-Российского Славянского Университета. 2018. Т. 18, № 4. С. 198-204 (IF: 0,099) **(соавторы)**

6. Чен Б.Б., Попель С.И., Голоуб Ф., Адушкин В.В., Когай Г.А., Улукбек уулу Мурадилбек, Вайдлер П.Г., Фридрих Ф. Аэрозольный радиационный форсинг мелкомасштабных частиц в атмосфере Центральноазиатского региона. Часть 2. Эффективность прямого радиационного форсинга // Вестник Кыргызско-Российского Славянского Университета. 2018. Т. 18, № 4. С. 205-214 (IF: 0,099) **(соавторы)**
7. Семена Н. П. Встраивание математической тепловой модели российского приборного комплекса ACS в общую модель европейского космического аппарата TGO миссии EхоMars // Космическая техника и технологии, 2018. – № 3(22). – С. 110-119.
8. Семена Н. П. Численное моделирование тепловых режимов российского приборного комплекса АЦС, интегрированного в европейский космический аппарат EхоMars // Математическое моделирование и численные методы, 2018. – № 1. – С. 55-70.
9. Семена Н. П. Значимость тепловых режимов астрофизических приборов для решения задач внеатмосферной астрономии // Космические исследования, 2018. – Т. 56, № 4. – С.41-56. DOI: 10.31857/S00234060000349-1 (англ. версия: Semena N. P. The Importance of Thermal Modes of Astrophysical Instruments in Solving Problems of Extra-Atmospheric Astronomy // Cosmic Research, 2018. – Vol. 56, No. 4 – P. 273-285. DOI: 10.1134/S0010952518040032.)
10. Краснобаев К. В., Тагирова Р. Р. Влияние магнитного поля на волновые движения в термически неустойчивых областях фотодиссоциации // Письма в Астрон. ж., т. 45, №3, 2019, IF = 1.160, Q3
11. Семена Н. П., Сербинов Д. В., Яскович А. Л., Ткаченко А. Ю., Павлинский М. Н. “Влияние теплового режима зеркала косоугольного падения на его характеристики” // Приборы и техника эксперимента, 2018. – № 3. – С. 100-110. DOI: 10.7868/S0032816218020222 (англ. версия: Semena N. P., Serbinov D. V., Yascovich A. L., Tkachenko A. Yu., Pavlinsky M. N. The Influence of the Thermal Conditions of a Grazing-Incidence Mirror on its Characteristics Instruments and Experimental Techniques, 2018, Vol. 61, No. 3, P. 408-417. DOI: 10.1134/S0020441218020203).

С поддержкой РФФ

1. Николаева С., Кривонос Р., Сазонов С., “Широкополосный спектр рентгеновской двойной системы M33 X-6 по данным NuSTAR и Swift-XRT. Внегалактический источник Z-типа?”, принято к печати в “Письма в Астрономический журнал”(IF=1.160) 24 апреля 2018, ISSN 1063-7737, том 44, 10, стр. 593–602,

<https://doi.org/10.1134/S1063773718100055>; <https://arxiv.org/abs/1809.02871>, (РНФ 14-12-01315).

2. Г.А. Хорунжеев, С.Ю. Сазонов, Р.А. Буренин, “Рентгеновская функция светимости квазаров на $3 < z < 5$ по данным «Случайного обзора» обсерватории ХММ-НЬЮТОН” Письма в *Астрономический журнал*, 44, №8-9, с. 546, Г.А. Khorunzhev, S.Yu. Sazonov, R.A. Burenin, *Astronomy Letters*, 2018, Vol. 44, No 8-9, pp. 500-521. IF = 1.16, квартиль Q3, <http://adsabs.harvard.edu/abs/2018AstL...44..500K>, (РНФ 14-22-00271)
3. А. Е. Штыковский, В. А. Арефьев, А. А. Лутовинов, С. В. Мольков “Особенности сверх-эддингтоновских вспышек рентгеновского пульсара LMC X-4 по данным обсерватории NuSTAR” Письма в *Астрономический журнал*, 44, 3, (2018) IF = 1.160, Q3 <https://arxiv.org/abs/1712.05322> (поддержана грантом РНФ 14-12-01287)
4. А.Н. Семена, С.Ю.Сазонов, Р.А.Кривонос, “Спектральные свойства сильно поглощенных сейфертовских галактик из обзора всего неба обсерватории ИНТЕГРАЛ”, Письма в *Астрономический журнал*, 2019 IF=1.16, Q3 (РНФ 14-22-00271)
5. П. С. Медведев, И. И. Хабибуллин, С. Ю. Сазонов, Е. М. Чуразов, С. С. Цыганков, “Верхний предел на избыток никеля в ветре сверхкритического аккреционного диска SS 433 по данным рентгеновской спектроскопии” Письма в *Астрономический Журнал*, 2018, том 44, №6, с. 390-410, IF = 1.160, Q3. <http://adsabs.harvard.edu/abs/2018AstL...44..390M>, (РНФ 14-12-01315)
6. Р.А. Буренин, И.Ф. Бикмаев, И.М. Хамитов, И.А. Зазнобин, Г.А. Хорунжеев, М.В. Еселевич, В.Л. Афанасьев, С.Н. Додонов, Х.-А. Рубино-Мартин, Н. Агханим, Р.А. Сюняев, “Оптическое отождествление далеких скоплений галактик среди источников сигнала Сюняева-Зельдовича из обзора обсерватории им. Планка” Письма в *Астрономический журнал*, 44, 317, Q3, IF = 1.160, (2018) <https://doi.org/10.1134/S1063773718050018>, (РНФ 14-22-00271)
7. Р.А. Буренин, “Измерения амплитуды возмущений плотности материи по космологическим данным” Письма в *Астрономический журнал*, 44, 714, Q3, IF = 1.160, (2018) (РНФ 18-12-00520)
8. И.А. Зазнобин, Р.А. Буренин, И.Ф. Бикмаев, И.М. Хамитов, Г.А. Хорунжеев, ... , Р.А. Сюняев, “Оптическое отождествление скоплений галактик среди объектов второго каталога источников Сюняева-Зельдовича обсерватории им. Планка” Письма в *астрономический журнал*, 45, №2, с.1, (2019) Q3, IF = 1.160, <http://dx.doi.org/10.1134/S0320010819020074> (РНФ 18-12-00520)
9. А. В. Мещеряков, В. В. Глазкова, С. В. Герасимов, И. В. Машечкин, “Измерение вероятностных фотометрических красных смещений рентгеновских квазаров на основе квантильной регрессии ансамблей деревьев решений” Письма в *Астрономический журнал*, т. 44, №12, с. 801–820 (2018), Q3, IF = 1.160 (РНФ 14-22-00271)
10. Д. И. Карасев, А. А. Лутовинов, А.Ю. Ткаченко, Г. А. Хорунжеев, Р. А. Кривонос, П.С.Медведев, М. Н. Павлинский, Р. А. Буренин, М. В. Еселевич “Оптическое

отождествление рентгеновских источников из 14-летнего обзора всего неба обсерватории ИНТЕГРАЛ” Письма в *Астрономический журнал*, т. 44, №8-9, с. 569–588 (2018), Q3, IF = 1.160 (РНФ 14-22-00271)

11. J.A. Rubino-Martin, R.A. Sunyaev *Relative Contribution of the Hydrogen 2 s Two-Photon Decay and Lyman- α Escape Channels during the Epoch of Cosmological Recombination. *Astronomy Letters* 44, 1-7 (2018), Q3, IF = 1.160 (РНФ 14-22-00271) (соавторы)*

Публикации в иностранных журналах

1. M. Pavlinsky, A. Tkachenko, V. Levin, A. Krivchenko, A. Rotin, M. Kuznetsova, I. Lapshov, R. Krivonos, A. Semena, N. Semena, D. Serbinov, A. Shtykovsky, A. Yaskovich, V. Oleinikov, A. Glushenko, I. Mereminskiy, S. Molkov, S. Sazonov, V. Arefiev "On-ground calibration of the ART-XC/SRG mirror system and detector unit at IKI. Part I" // *Experimental Astronomy*, Volume 45, Issue 3, pp.315-350, (2018), IF = 1.349, Q2
2. M. Pavlinsky, A. Tkachenko, V. Levin, A. Krivchenko, A. Rotin, M. Kuznetsova, I. Lapshov, R. Krivonos, A. Semena, N. Semena, D. Serbinov, A. Shtykovsky, A. Yaskovich, V. Oleinikov, A. Glushenko, I. Mereminskiy, S. Molkov, S. Sazonov, V. Arefiev "On-ground calibration of the ART-XC/SRG mirror system and detector unit at IKI. Part II" // *Experimental Astronomy*, IF = 1.349, Q2, in press
3. C. Lopez-Coba, S. F. Sanchez, J. Bland-Hawthorn, A. V. Moiseev, I. Cruz-Gonzalez, R. Garcia-Benito, J. Barrera-Ballesteros, L. Galbany, "Systematic study of outflows in the Local Universe using CALIFA: I. Sample selection and main properties", *MNRAS*, 482, p. 4032, (2019), IF = 5.194, Q1 <https://doi.org/10.1093/mnras/sty2960> (соавторы)
4. E.S. Egorova, A.V. Moiseev, O.V. Egorov, "Search for gas accretion imprints in voids: I. Sample selection and results for NGC 428" *MNRAS*, 482, p. 3403, (2019), IF = 5.194, Q1 <https://doi.org/10.1093/mnras/sty2941>
5. O.V. Egorov, T.A. Lozinskaya, A.V. Moiseev, G.V. Smirnov-Pinchukov, "Star-formation complexes in the 'galaxy-sized' supergiant shell of the galaxy Holmberg I" *MNRAS*, 478, p. 3386, (2018), IF = 5.194, Q1 <https://doi.org/10.1093/mnras/sty2960>
6. Popel S.I., Golub' A.P., Zelenyi L.M., Dubinskii A.Yu. "Lunar Dust and Dusty Plasmas: Recent Developments, Advances, and Unsolved Problems" // *Planetary and Space Science*. V. 156. P. 71-84, (2018), IF=1.820, Q2.
7. Gu L., Zhuravleva I., Churazov E., Paerels F., Kaastra J., Yamaguchi H. "X-Ray Spectroscopy of Galaxy Clusters: Beyond the CIE Modeling", *SSRv*, 214, 108 (2018), IF=9.327, Q1 (2018) <http://dx.doi.org/10.1007/s11214-018-0544-z> (соавторы)
8. de Angelis A., ..., E.Churazov, ... "Science with e-ASTROGAM. A space mission for MeV-GeV gamma-ray astrophysics", *JHEAp*, 19, 1, (2018) IF=1.288, Q2 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jheap.2018.07.001> (соавторы)
9. Tzeferacos P.,... E.Churazov, ... "Laboratory evidence of dynamo amplification of magnetic fields in a turbulent plasma", *NatCo*, 9, 591, (2018) IF=12.353, Q1 <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-018-02953-2> (соавторы)

10. Sheardown A.,... E.Churazov, "The Recent Growth History of the Fornax Cluster Derived from Simultaneous Sloshing and Gas Stripping: Simulating the Infall of NGC 1404", *ApJ*, 865, 118 (2018), IF=5.551, Q1 <http://dx.doi.org/10.3847/1538-4357/aadc0f> **(соавторы)**
11. Gatuzz E., Churazov E. "Probing the structure of the gas in the Milky Way through X-ray high-resolution spectroscopy", *MNRAS*, 474, 696 (2018), IF=5.194, Q1, <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/stx2776> **(соавторы)**
12. Planck collaboration and R.A. Sunyaev, "Planck intermediate results. LIII. Detection of velocity dispersion from the kinetic Sunyaev-Zeldovich effect" *Astronomy & Astrophysics, Volume 617, id.A48, 17 pp. (2018) (Q1) (соавторы)*
13. Planck Collaboration and R.A. Sunyaev 2018, "Planck 2018 results. XII. Galactic astrophysics using polarized dust emission" accepted to *Astronomy & Astrophysics (Q1)*, arXiv e-prints arXiv:1807.06212. **(соавторы)**
14. Planck Collaboration and R.A. Sunyaev 2018, "Planck 2018 results. X. Constraints on inflation" accepted to *Astronomy & Astrophysics (Q1)*, arXiv e-prints arXiv:1807.06211. **(соавторы)**
15. Planck Collaboration and R.A. Sunyaev 2018, "Planck 2018 results. VIII. Gravitational lensing", accepted to *Astronomy & Astrophysics (Q1)*, arXiv e-prints arXiv:1807.06210. **(соавторы)**
16. Planck Collaboration and R.A. Sunyaev 2018, "Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters", accepted to *Astronomy & Astrophysics (Q1)*, arXiv e-prints arXiv:1807.06209. **(соавторы)**
17. Planck Collaboration and R.A. Sunyaev 2018, "Planck 2018 results. III. High Frequency Instrument data processing and frequency maps", accepted to *Astronomy & Astrophysics (Q1)*, arXiv e-prints arXiv:1807.06207. **(соавторы)**
18. Planck Collaboration and R.A. Sunyaev 2018 "Planck 2018 results. I. Overview and the cosmological legacy of Planck", accepted to *Astronomy & Astrophysics (Q1)*, arXiv e-prints arXiv:1807.06205 **(соавторы)**
19. Delabrouille, J.; de Bernardis, P.;... Sunyaev, R.; ... et al, "Exploring cosmic origins with CORE: Survey requirements and mission design" *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, Issue 04, article id. 014 (2018), IF=5.126, Q1 (соавторы)*
20. Gvaramadze V. V., Kniazev A. Y., Maryeva O. V., Berdnikov L. N., *Optical spectroscopy of the blue supergiant Sk-69 279 and its circumstellar shell with SALT, MNRAS, 474, 1412-1425, DOI: 10.1093/mnras/stx2868 (2018) IF=5.194 (Q1)*

21. Burke, M. J., M. Gilfanov and R. Sunyaev "The impact of neutron star spin on X-ray spectra", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 474, 760 (2018) IF=5.194 (Q1) **(соавторы)**
22. Gvaramadze V.V., MN44: a luminous blue variable running away from Westerlund 1, 2018, *Research Notes of the American Astronomical Society*, 2, 214, DOI: 10.3847/2515-5172/aaf23d, *новый журнал, нет IF*

С поддержкой РНФ и Мегагранта

1. Д. О. Чернышов, С.М. Ко, Р.А. Кривонос, В.А. Догель, К.С. Ченг, «Time Variability of Equivalent Width of 6.4 keV Line from the Arches Complex: Reflected X-Rays or Charged Particles?», *The Astrophysical Journal* том 863, 1, id. 85, стр. 9, (2018) IF=5.533, Q1, <https://doi.org/10.3847/1538-4357/aad091>; <https://arxiv.org/abs/1807.00526>, **(РНФ 14-22-00271) (соавторы)**
2. Кривонос Р., Сазонов С., Цыганков С., Поутанен Ю., "NuSTAR observations of the ultraluminous X-ray source M33 X-8: a black hole in a very high state?", *MNRAS*, том 480, 2, стр. 2357, (2018) IF=5.194, Q1 <https://doi.org/10.1093/mnras/sty1995>; <https://arxiv.org/abs/1807.10427>, **(РНФ 14-12-01315)**.
3. Mereminskiy, I. A., Semena, A. N., Bykov, S. D., Filippova, E. V., Lutovinov, A. A.; Poutanen, J. "Studying temporal variability of GRS 1739-278 during the 2014 outburst", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 482, Issue 1, p.1392-1405, IF = 5.194, Q1, doi.org/10.1093/mnras/sty2752, **(РНФ 14-12-01287) (соавторы)**
4. A.A. Smirnova, A.V. Moiseev, S.N. Dodonov, "A close look at the well-known Seyfert galaxy: extended emission filaments in Mrk 6" *MNRAS*, 2018, 481, p. 4542, IF = 5.194, Q1, <https://doi.org/10.1093/mnras/sty2569>, **(РНФ 17-12-01335)**
5. A. E. Shtykovsky, A. A. Lutovinov, S. S. Tsygankov and S. V. Molkov "Discovery of a cyclotron absorption line in the transient X-ray pulsar XTE J1829-098", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, Volume 482, Issue 1, 1 January 2019, Pages L14-L18, IF = 4.961, Q1 <https://doi.org/10.1093/mnrasl/sly182> **(поддержана Мегагрантом 14.W03.31.0021)**
6. Zhang C., Churazov E., Schekochihin A. A. "Generation of internal waves by buoyant bubbles in galaxy clusters and heating of intracluster medium", *MNRAS*, 478, 4785 (2018), IF=5.194, Q1, <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/sty1269> **(РНФ 14-22-00271) (соавторы)**
7. Zhang C., Churazov E., Forman W. R., Jones C. "Standoff distance of bow shocks in galaxy clusters as proxy for Mach number", *MNRAS*, 482, 20 (2019) , IF 5.194, Q1, <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/sty2501> **(РНФ 14-22-00271) (соавторы)**
8. Tang X., Churazov E. "Sound wave generation by a spherically symmetric outburst and AGN feedback in galaxy clusters II: impact of thermal conduction", *MNRAS*, 477, 3672 (2018), IF 5.194, Q1, <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/sty725> **(РНФ 14-22-00271) (соавторы)**

9. Churazov E., Khabibullin I. "Polarization of MeV gamma-rays and 511 keV line shape as probes of SNIa asymmetry and magnetic field", *MNRAS*, 480, 1393 (2018), **IF 5.194, Q1**, <http://dx.doi.org/10.1093/mnras/sty1921> (**PHФ 14-22-00271**)

10. Lyskova N., Churazov E., Naab T., 2018, "Mass density slope of elliptical galaxies from strong lensing and resolved stellar kinematics" *MNRAS*, 475, 2403, **IF = 5.194**, квантиль Q1, <https://doi.org/10.1093/mnras/sty018>, (**PHФ 14-22-00271**) (**соавторы**)

11. F. Mernier, V. Biffi, H. Yamaguchi, P. Medvedev, A. Simionescu, S. Ettori, N. Werner, J. S. Kaastra, J. de Plaa, L. Gu, "Enrichment of the hot intracluster medium: observations" *Space Sci Rev*, 214:123, (2018) **IF= 9.327, Q1** <https://link.springer.com/article/10.1007/s11214-018-0565-7> (**PHФ 14-22-00271**) (**соавторы**)

12. V. Biffi, F. Mernier, P. Medvedev, "Enrichment of the hot intracluster medium: numerical simulations" *Space Sci Rev*, 214:123, (2018), **IF= 9.327, Q1** <https://link.springer.com/article/10.1007/s11214-018-0557-7> (**PHФ 14-22-00271**) (**соавторы**)

13. С.В. Комаров, А.А. Щекоцихин, Е.М. Чуразов, А.А. Спунковский, "Self-inhibiting thermal conduction in high-beta, whistler-unstable plasma" 2018, *Journal of Plasma Physics*, 84, 3, **IF = 1.567**, <https://doi.org/10.1017/S0022377818000399> (**PHФ 14-22-00271**) (**соавторы**)

14. А.А. Lutovinov, S.S. Tsygankov, D.I. Karasev, S.V. Molkov, V. Doroshenko "GRO J1750-27: a neutron star far behind the Galactic Center switching into the propeller regime" принята в *MNRAS* (2019), (**IF=5.194**), Q1 (**PHФ 14-22-00271**)

15. Sazonov S., Khabibullin I. «Impact of ultraluminous X-ray sources on photoabsorption in the first galaxies», *MNRAS*, vol. 476, p. 2530-2541, (2018) **IF=5.194, Q1** (**PHФ 14-12-01315**)

16. И.И. Хабибуллин, Е. М. Чуразов "Polarization of MeV gamma-rays and 511 keV line shape as probes of SNIa asymmetry and magnetic field", *MNRAS* (**IF = 5.194, Q1**), принята к публикации, <http://adsabs.harvard.edu/doi/10.1093/mnras/sty2992>, поддержана грантом (**PHФ 14-22-00271**)

17. Gvaramadze V. V., Maryeva O. V., Kniazev A. Y., Alexashov D. B., Castro N., Langer N., Katkov I. Y., CPD-64 2731: a massive spun-up and rejuvenated high-velocity runaway star, 2019, *MNRAS*, 482, 4408-4421, DOI: 10.1093/mnras/sty2987, **IF=5.194, Q1** (**PHФ 14-12-01096**) (**соавторы**)

18. Gvaramadze V.V., Alexashov D.B., Katushkina O.A., Kniazev A.Y., Modelling interstellar structures around Vela X-1, *MNRAS*, Volume 474, Issue 4, p.4421-4431, 2018, doi: [10.1093/mnras/stx3089](https://doi.org/10.1093/mnras/stx3089) **IF=5.194, Q1** (**PHФ 14-12-01096**)

19. Woods T., Ghavamian P., Badenes C. and Gilfanov M. Balmer-dominated Shocks Exclude Hot Progenitors for Many Type Ia Supernovae *Astrophysical Journal*, 863, 120 (2018) **IF=5.551, Q1**, DOI: [10.3847/1538-4357/aad1ee](https://doi.org/10.3847/1538-4357/aad1ee) (**PHФ 14-22-00271**) (**соавторы**)

20. Kolodzig A, Gilfanov M., Hütsi G., Sunyaev R. "Studying the ICM in clusters of galaxies via surface brightness fluctuations of the cosmic X-ray background", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 473, 4653 (2018) IF=5.194, Q1 <https://doi.org/10.1093/mnras/stx2581> (PHФ 14-22-00271) (соавторы)
21. Soraisam, M.D.; Gilfanov, M.; Kupfer, T.; Prince, T.A.; Masci, F.; Laher, R.R.; Kong, A.K. H. "Multiwavelength approach to classifying transient events in the direction of M31." *Astronomy and Astrophysics*, 615, 152 (2018) IF=5.567, Q1 (PHФ 14-22-00271) (соавторы)
22. Anderson, M.E. and Sunyaev, R. «FUV line emission, gas kinematics, and discovery of [Fe XXI] λ 1354.1 in the sightline toward a filament in M87», *Astronomy & Astrophysics*, 617, A123 (2018) IF=5.567, Q1 (PHФ 14-22-00271) (соавторы)

Приглашенные доклады

Р.А. Сюняев

1. Приглашенный пленарный доклад (http://www.icra.it/mg/mg15/invited_speakers.htm) на Конференции имени Марселя Гроссмана (Рим, <http://www.icra.it/mg/mg15/>) в связи с получением награды имени Марселя Гроссмана (<http://www.icra.it/mg/awards/welcome.htm#15th>)
2. Публичная приглашенная лекция 3 августа на съезде молодежи Татарстана в Казани. Тема лекции — «Мир вокруг нас: от экзопланет вблизи звезд до сверхмассивных черных дыр и российского спутника для изучения всей Вселенной».
3. Приглашенная лекция о природе искажений спектра реликтового излучения на конференции "Probing fundamental physics with CMB spectral distortions" (ЦЕРН, Женева 12-16 марта).

Р.А. Буренин

«ART-XC data analysis and simulations», доклад на конференции German eROSITA Consortium meeting, Garching, апрель 2018

«Cosmological constraints on matter density perturbations amplitude neutrino mass and number of relativistic species», приглашенный доклад на международной конференции КВАРКИ-2018, Валдай, Россия, орг. ИЯИ РАН, июнь 2018, <https://doi.org/10.1051/epjconf/201819101009>

М.Р. Гильфанов

Научные задачи и наземная поддержка телескопа eРозита обсерватории СРГ.
Приглашенный семинар. Казанский Федеральный Университет, Казань. 28.05.2018.

“Populations of HMXBs in galaxies and links with star-formation”
Генеральная Ассамблея МАС

“HMXBs and ultra-luminous X-ray sources” Stellar winds in wind-fed systems, Santander, Spain,
8-12.10.2018 <https://indico.ifca.es/event/516/overview>

С. Комаров

Electron Transport in Galaxy Clusters “ICM Physics and Modelling”, Гархинг, Германия, 8-10
октября 2018 г. <https://wwwmpa.mpa-garching.mpg.de/conf/icm2018/>

Е.М. Чуразов

Workshop, “Preparing the science of galaxy clusters & WHIM with Athena” Sesto, Italy, Jan 8-
12, <http://www.sexten-cfa.eu/en/conferences/2018/details/92-preparing-the-science-of-galaxy-clusters-a-whim-with-athena.html>

IAU Symposium #342 “Perseus in Sicily: from black hole to cluster outskirts”, May 14-18,
(Noto, Sicily, Italy), <https://www.ira.inaf.it/iaus342>

COSPAR General Assembly (Pasadena, CA, USA), July 14 – 22, <http://cospar2018.org>

«Передовые рубежи физики 21 века и ФТИ им. А.Ф. Иоффе», Санкт-Петербург, 29
октября – 1 ноября, <http://www.ioffe.ru/ioffe100/program.html>

Публикации конференций

1. Lyskova N., Churazov E., Zhang K., Forman W., Jones C. "Close-up view of an ongoing merger between the NGC 4839 group and the Coma cluster", accepted contribution to the International Astronomical Union Proceedings Series, IAU Symposium No. 342, 2018
2. Гварамадзе В.В. Circumstellar structures around high-mass X-ray binaries. IAU Symposium 346 “High Mass X-ray Binaries: illuminating the passage from massive binaries to merging compact objects” (Вена, Австрия, 27-31 августа 2018) <http://lacerta.astro.physik.uni-potsdam.de/IAUS346/>
3. Katushkina O.A., Astrospheres models, International conference "Stellar and Interstellar Environments: Shocking Structures in and around Astro-spheres and their relevance for cosmic ray transport", 24-28 September, 2018 at the Ruhr-University Bochum, Germany, http://helio_cr.tp4.rub.de/Shocking_Structures/preliminary_schedule_II.pdf
4. Краснобаев К.В., Тагирова Р.Р. Исследование акустической моды тепловой неустойчивости в областях фотодиссоциации с учетом магнитного поля. Материалы Всероссийской конференции «Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра (HEA-2018)». С 18 по 21 декабря 2018 г. Москва. <http://heaconf.cosmos.ru/2018/>

5. A. Tkachenko; M. Pavlinsky; I. Lapshov; V. Levin; V. Akimov; A. Krivchenko; A. Rotin; M. Kuznetsova; N. Semena; A. Semena; D. Serbinov; R. Krivonos; A. Shtykovsky; A. Yascovich; V. Oleinikov; A. Glushenko; I. Mereminskiy; S. Molkov; S. Sazonov; V. Arefiev "On-ground calibration of the ART-XC/SRG instrument" // Proc. SPIE 10699, Space Telescopes and Instrumentation 2018: Ultraviolet to Gamma Ray, 106995E (6 July 2018); doi: 10.1117/12.2312094
6. Gvaramadze V. V., Circumstellar structures around high-mass X-ray binaries, 2019, in High Mass X-ray Binaries: illuminating the passage from massive binaries to merging compact objects, eds. Oskinova L., Bozzo E., Gies D., & Holz D., IAU Symp. 346, in press (arXiv:1811.01953), нет IF (PHФ 14-12-01096)

Телеграммы

1. "Continued spin-up of the NGC300 ULX-1, supernova impostor SN2010da", Grebenev, S. A.; Mereminskiy, I. A., The Astronomer's Telegram, No. 11228
2. "INTEGRAL observations of the new X-ray transient Swift J1658.2-4242", Grebenev, S. A.; Mereminskiy, I. A.; Prosvetov, A. V.; Ducci, L.; Bozzo, E.; Savchenko, V.; Ferrigno, C., The Astronomer's Telegram, No. 11306
3. "Improved position and possible optical counterpart for the new X-ray transient Swift J1658.2-4242" Mereminskiy, I. A.; Grebenev, S. A., The Astronomer's Telegram, No. 11307
4. "Low-frequency QPOs in MAXI J1820+070 as seen by INTEGRAL/SPI" Mereminskiy, I. A.; Grebenev, S. A.; Molkov, S. V.; Zaznubin, I. A.; Khorunzhev, G. A.; Burenin, R. A.; Eselevich, M. V., The Astronomer's Telegram, No. 11488
5. "New X-ray outburst of accreting millisecond pulsar SWIFT J1756.9-2508 detected by INTEGRAL" Mereminskiy, I. A.; Grebenev, S. A.; Krivonos, R. A.; Sunyaev, R. A., The Astronomer's Telegram, No. 11497
6. "NICER Detects Pulsations from Swift J1756.9-2508" Bult, P. M.; Gendreau, K. C.; Ray, P. S.; Altamirano, D.; Arzoumanian, Z.; Chakrabarty, D.; Guillot, S.; Jaisawal, G. K.; Ludlam, R. M.; Markwardt, C. B.; Mereminskiy, I. A.; Ozel, F.; Sanna, A.; Strohmayer, T. E.; Wolff, M. T., The Astronomer's Telegram, No. 11502
7. "Swift follow-up of a bright optical outburst from SS 433", Khabibullin, I.; Semena, A.; Medvedev, P.; Mereminskiy, I., The Astronomer's Telegram, No. 11975
8. "Deep INTEGRAL, NuSTAR and Swift ToO observations of accretion-powered millisecond pulsar IGR J17591-2342: a peculiar outburst profile showing a re-brightening onset on Aug. 18, 2018" Kuiper, Lucien; Tsygankov, Sergey; Falanga, Maurizio; Galloway, Duncan; Poutanen, Juri; Mereminskiy, Ilya, The Astronomer's Telegram, No. 12004

9. *"INTEGRAL detected the beginning of a new X-ray outburst of BHC IGR J17464-3213"*
Grebenev, Sergei A.; Mereminskiy, Ilya A., *The Astronomer's Telegram*, No. 12007
10. Oknyansky, V.L., Lipunov, V.M., Gorbovskoy, E.S., Winkler, H., van Wyk, F., Tsygankov, S., Buckley, D.A.H. 2018. *New changing look case in NGC 1566. The Astronomer's Telegram 11915*
11. Oknyansky, V., ... Tsygankov, S., 22 colleagues 2018. *NGC 2617 brightens again after long very low state. The Astronomer's Telegram 11703*
12. Kuiper, L., Tsygankov, S., Falanga, M., Galloway, D., Poutanen, J. 2018. *NuSTAR observations of Swift J1756.9-2508 during its April 2018 outburst. The Astronomer's Telegram 11603*
13. Berdyugin, A., Veledina, A., Kosenkov, I., Poutanen, J., Tsygankov, S., Kajava, J.J.E., Kagitani, M., Sakanoi, T. 2018. *First measurements of linear polarization of MAXI J1820+070. The Astronomer's Telegram 11445*
14. Bikmaev, I., Irtuganov, E., Sakhibullin, N., Burenin, R., Pavlinsky, M., Sunyaev, R., Khamitov, I., Ozdemir, S., Gogus, E. 2018. *GRB 180705A: RTT150 optical upper limit. GRB Coordinates Network, Circular Service, No.~22929, #1 (2018/July-0) 22929, 1.*
15. Rodi, J., and R. Sunyaev 2018. *GRB150101B: INTEGRAL prompt gamma-ray signal from a possible GRB170817A-analogue. GRB Coordinates Network, Circular Service, No.~22889, #1 (2018/July-0) 22889, 1.*

Патенты

А. В. Мещеряков (ИКИ), В. В. Глазкова, С. В. Герасимов, А.Н.Терехин, И.С.Попов (МГУ) «Способ формирования каталога небесных объектов из больших массивов астрономических изображений», 2018, Патент на изобретение №2659493

Экспертизы

Сазонов С.Ю.

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

<i>Показатели</i>	<i>Заявлено на 2018 год</i>	<i>Достигнутые показатели</i>
<i>Статей в журналы Q1-Q2 (без РФФ)</i>	<i>5</i>	<i>21</i>
<i>Статей в журналы Q3-Q4 (без РФФ)</i>	<i>5</i>	<i>9</i>
<i>Всего для отчета по теме (включая работы, не вошедшие в предыдущие пункты)</i>	<i>32</i>	<i>33</i>