

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
академик РАН



Л.М.Зелёный

2017г.

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

Тема ВСЕЛЕННАЯ

Научный руководитель
академик

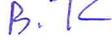
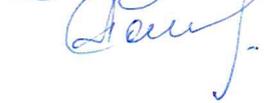
Р.А. Сюняев

«___» _____ 2017 г.

Москва

2017

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

| | | |
|--|---|------------------|
| Руководитель темы зав. лаб., академик |  | Сюняев Р.А. |
| Зам. руководителя темы зав. лаб., д.ф.-м.н. |  | Сазонов С.Ю. |
| Исполнители темы: | | |
| с.н.с., к.ф.-м.н. |  | Акимов В.В. |
| с.н.с., к.ф.-м.н. |  | Арефьев В.А. |
| с.н.с., к.ф.-м.н. |  | Буренин Р.А. |
| в.н.с., д.ф.-м.н. |  | Вихлинин А.А. |
| с.н.с., |  | Гварамадзе В. |
| Чл.-корр. РАН |  | Гильфанов М.Р. |
| зав. лаб., д.ф.-м.н. |  | Гребенев С.А. |
| зав. лаб., к.ф.-м.н. |  | Демичев В.А. |
| зав. лаб. |  | Измоленов В.В. |
| к.ф.-м.н. |  | Карасёв Д.И. |
| г.н.с., д.ф.-м.н. |  | Краснобаев К.В. |
| с.н.с., к.ф.-м.н. |  | Кривонос Р.А. |
| с.н.с., к.ф.-м.н. |  | Лапшов И. |
| начальник сектора |  | Левин В. |
| к.ф.-м.н. |  | Лыскова Н.С. |
| зав. лаб., д.ф.-м.н. |  | Лутовинов А.А. |
| зав. лаб., д.ф.-м.н. |  | Матвеев Л.И. |
| м.н.с. |  | Мереминский И.А. |
| 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. |

С.Н.С., к.ф.-м.н.

С.Н.Н., к.ф.-м.н.

Н.С., к.ф.-м.н.

к.ф.-м.н.

М.Н.С.

С.Н.С., к.ф.-м.н.

Н.С., к.ф.-м.н.

Чл.-корр. РАН

зав. лаб. к.н.

Н.С., к.ф.-м.н.

Ткаченко А.Ю.

Угольников О.С.

Филиппова Е.В.

Хабибуллин И. И.

Хорунжев Г. А.

Цыганков С.С.

Человеков И.В.

Чуразов Е.М.

Семена Н.П.

Семена А.Н.

РЕФЕРАТ

Отчет 71 с., 32 рисунка, 78(статьи)+15(телеграммы)+16(труды конф.) источника.

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

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»..... | 11 |
| 3 Раздел «Астропыль» Исследование пыли в космосе и атмосфере Земли астрономическими методами..... | 47 |
| 4 Раздел «Радиоинтерферометр» Исследования динамики звездообразования в газопылевом комплексе Ориона..... | 49 |
| 5 Раздел «Межпланетная среда»..... | 52 |
| 6 Раздел «Плазменно-пылевые процессы в космических объектах» | 57 |
| | |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 60 |

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, | 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 2017. 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 2017 год

Рентгеновская диагностика черных дыр и нейтронных звезд

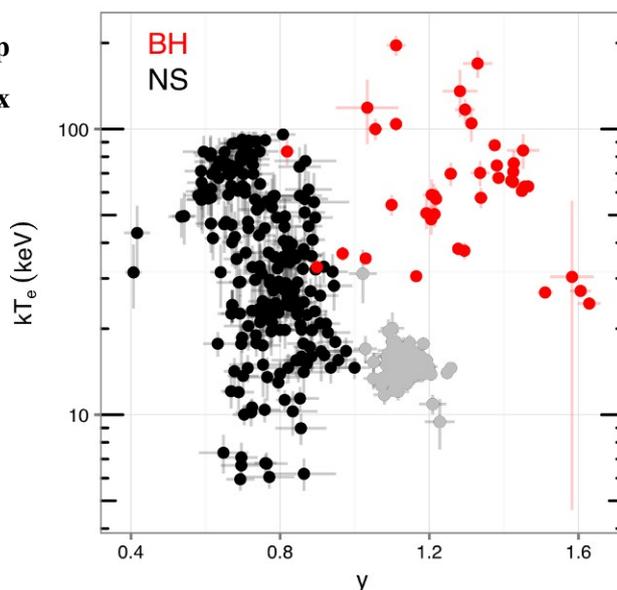
М.Р. Гильфанов, Р.А. Сюняев (отдел 52)

В процессе аккреции на релятивистскую звезду вещество излучает лишь около половины своей энергии. В случае черной дыры оставшаяся энергия адвектируется внутрь горизонта событий, а при аккреции на нейтронную звезду – 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 меньшие значения параметра комптонизации и температуры электронов в короне. Наблюдаемое поведение является прямым следствием предсказания общей теорией относительности об отсутствии поверхности у черных дыр.

1) *Burke, M. J., M. Gilfanov and R. Sunyaev "A dichotomy between the hard state spectral properties of black hole and neutron star X-ray binaries", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 466, 194 (2017)*

2) *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, <https://doi.org/10.1093/mnras/stx2821> (2017)*

Температура электронов в короне и параметр комптонизации в аккрецирующих черных дырах и нейтронных звездах.



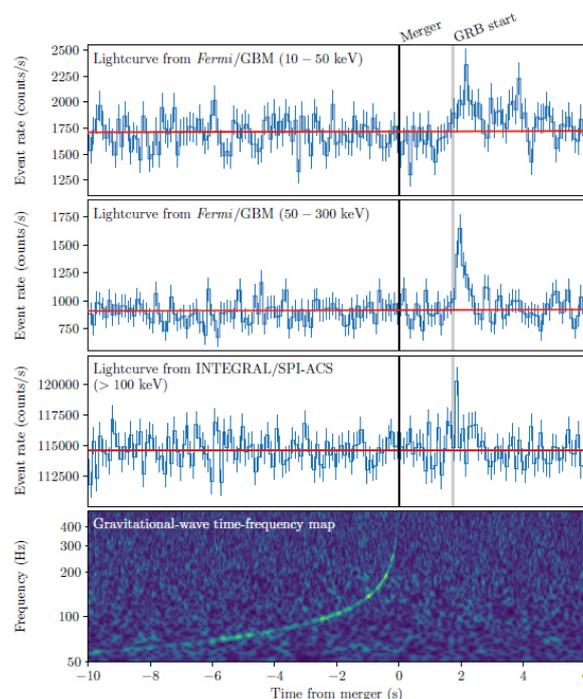
Обнаружение электромагнитного сигнала от гравитационно-волнового события GW170817 – регистрация первого слияния нейтронных звезд

Р.А. Сюняев, А.А. Лутовинов (отдел 52)

17 августа 2017 года впервые наблюдался гравитационно-волновой и электромагнитный сигналы, рождённые во время слияния двух нейтронных звёзд в двойной системе (в удаленной на 40 Мпк галактике). События были практически одновременно зарегистрированы гравитационно-волновым детектором LIGO и космическими обсерваториями ИНТЕГРАЛ и Fermi. Это позволило установить, что скорость распространения гравитационных волн с высокой точностью совпадает со скоростью света. Измеренная энергия электромагнитного сигнала свидетельствует о том, что слияние нейтронных звезд вызвало вспышку так называемой килоновой.

1) Abbot B., ... , Lutovinov A., ... Sunyaev R. ... "Gravitational Waves and Gamma-Rays from a Binary Neutron Star Merger: GW170817 and GRB 170817A ropeller ", *The Astrophysical Journal*, V. 848, L13, (2017).

2) Savchenko V., ... , Lutovinov A., ... Sunyaev R. ... "INTEGRAL Detection of the First Prompt Gamma-Ray Signal Coincident with the Gravitational-wave Event GW170817", *The Astrophysical Journal*, V. 848, L15, (2017).



Регистрация гравитационно-волнового события GW170817 обсерваторией LIGO и гамма-всплеска — обсерваториями Fermi и ИНТЕГРАЛ.

Природа плазменно-пылевого облака в экзосфере Луны

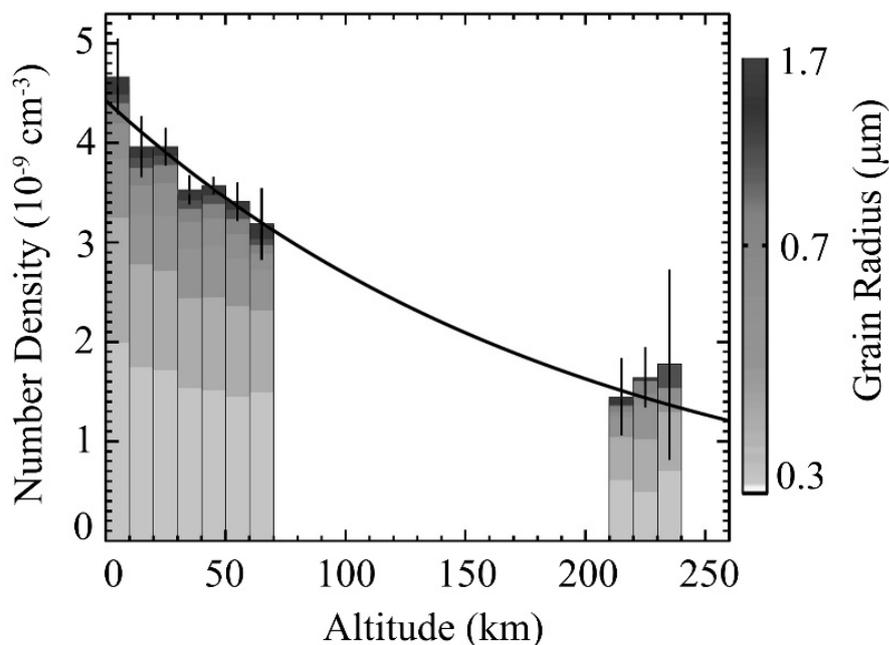
Лаборатория 513 (С.И. Попель)

Впервые объяснена природа плазменно-пылевого облака в экзосфере Луны на больших высотах, и на основании расчетов получены концентрации пылевых частиц в нем в соответствии с данными измерений, проведенных в рамках миссии NASA LADEE. Важную роль при образовании облака играет расплавленное вещество, выбрасываемое с поверхности Луны в результате ударов метеороидов. Капли расплавленного вещества приобретают скорости, лежащие в диапазоне между первой и второй космическими скоростями для Луны, и совершают финитное движение вокруг нее. При подъеме над лунной поверхностью жидкие капли затвердевают и приобретают электрические заряды за счет взаимодействия с солнечным ветром и излучением.

1) Попель С.И., Голубь А.П., Зеленый Л.М., Хораныи М. Удары высокоскоростных метеороидов и плазменно-пылевое облако над поверхностью Луны // Письма в ЖЭТФ. 2017. Т. 105, № 10. С. 594-599. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0021364017100113>

2) Popel S. I., Golub' A. P., Zelenyi L. M., and Horányi M. Dusty plasmas in the lunar exosphere: Effects of meteoroids // Journal of Physics: Conference Series. 2017, in press.

Концентрации пылевых частиц различных размеров на разных высотах от поверхности Луны.



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

Расширение каталога скоплений галактик обзора обсерватории им. Планка

Р.А. Буренин

Представлен каталог скоплений галактик, обнаруженных на картах параметра комптонизации у обзора всего неба обсерватории им. Планка, и отождествленных при помощи данных ИК-обзора обсерватории ВАЙЗ, а также данных Слоановского обзора. Каталог включает в себя около 3000 скоплений галактик, обнаруженных по этим данным на полях Слоановского обзора. Мы ожидаем, что полнота этой выборки является высокой для скоплений галактик с массами выше $M_{500} \approx 3 \times 10^{14} M$, расположенных на красных смещениях $z < 0.7$. На красных смещениях выше $z \approx 0.4$ наш каталог содержит примерно на порядок больше скоплений галактик по сравнению выборкой второго каталога источников Сюняева-Зельдовича обзора обсерватории им. Планка. Этот каталог может быть использован для отождествления массивных скоплений галактик в будущих больших обзорах, таких как рентгеновский обзор всего неба обсерватории СРГ.

Оригинальная статья/статьи:

Р.А. Буренин, *Письма в Астрономический журнал*, 43, с. 559, 2017, IF = 0.873, <http://dx.doi.org/10.1134/S1063773717080035>,

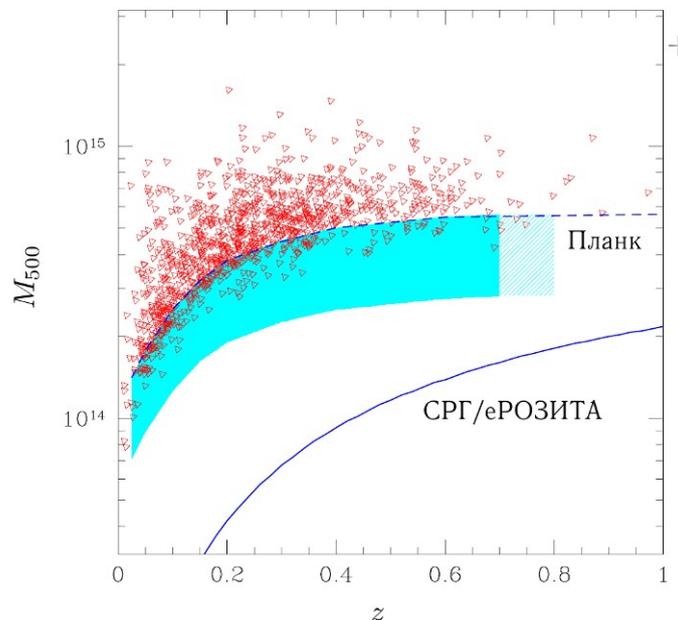


Рис 1. На рисунке затененной областью показан примерный диапазон масс и красных смещений скоплений галактик из нашего каталога. Красными точками показаны массы и красные смещения скоплений из 2-го каталога обзора обсерватории им. Планка. Также штриховой и сплошной линиями показаны примерные нижние пределы масс скоплений галактик, которые были (будут) достигнуты в обзорах всего неба обсерватории им. Планка и обсерватории СРГ.

Астроархеология Сверхновых: предшественник Сверхновой Тихо не был горячим аккрецирующим белым карликом

М.Р.Гильфанов

Сверхновые типа Ia являются стандартными свечами современной наблюдательной космологии, позволяя измерять расстояния во Вселенной на космологических масштабах, однако, загадка их происхождения остается неразрешенной. В каноническом аккреционном сценарии излучение аккрецирующего белого карлика способно ионизовать межзвездную среду до расстояний ~10-100 парсек, создавая т.н. сферу Стремгрена. После взрыва белого карлика источник ионизирующего излучения, естественно, исчезает, однако межзвездному газу требуется значительное время для того, чтобы рекомбинировать и снова стать нейтральным – ионизованная туманность будет существовать вокруг Сверхновой на протяжении ~100,000 лет после взрыва. Это открывает возможности для астроархеологии – обнаружение даже небольших количеств нейтрального водорода вблизи Сверхновой Ia позволяет получить ограничения на температуру и светимость звезды за десятки тысяч лет до взрыва. Благодаря своей истории и близости к Солнцу, остаток Сверхновой Тихо является одним из наиболее хорошо исследованных. В частности, мы знаем из оптических наблюдений, что он расширяется в практически нейтральном газе, что позволяет исключить существование горячего и яркого предшественника – такого, который смог бы создать сферу Стремгрена размером, превышающим размер остатка вспышки в настоящее время, ~3 парсек. Полученные верхние пределы позволяют ограничить не только светимость самого белого карлика, но и аккреционного диска вокруг него, тем самым исключая из списка возможных предшественников Сверхновой Тихо как белый карлик со стационарным термоядерным горением водорода на поверхности, так и повторную Новую – два основных типа объектов в классическом аккреционном сценарии. С другой стороны, отсутствие сферы Стремгрена вокруг остатка вспышки Сверхновой Тихо совместимо со сценарием сливающихся белых карликов в компактной двойной системе, однако не исключает и другие, более экзотические модели.

Оригинальная статья/статьи:

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

No hot and luminous progenitor for Tycho's supernova

Nature Astronomy, 2017 Volume 1, id. 263, DOI: 10.1038/s41550-017-0263-5

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

М.Р.Гильфанов и Р.А.Сюняев

Флуктуации неразрешенного космического рентгеновского фона содержат уникальную информацию о популяциях источников низкой светимости, которые недоступны для традиционных методов исследования крупномасштабной структуры. По данным рентгеновского спутника Chandra впервые получен спектр мощности угловых флуктуаций неразрешенного космического рентгеновского фона в поле XBOOTES в интервале угловых масштабов от ~3 секунд до ~15 минут дуги. Наблюдаемый сигнал по амплитуде почти на 2 порядка превышает ожидаемый сигнал от корреляции в угловом распределении квазаров. Показано, что обнаруженный сигнал связан с внутренней структурой межгалактической среды неразрешенных скоплений и групп галактик. Энергетический спектр угловых флуктуаций описывается спектром теплового излучения оптически тонкой плазмы с температурой ~1.4 кэВ, расположенной на красном смещении $z \sim 0.5$, что хорошо согласуется с параметрами неразрешенных скоплений и групп галактик, ожидаемыми для поля XBOOTES. Продемонстрировано, что спектр мощности угловых флуктуаций неразрешенного космического рентгеновского фона содержит информацию о структуре межгалактической среды во внешних областях скоплений галактик, на расстояниях вплоть до ~вириального радиуса скопления. Форма спектра мощности определяется пространственной структурой межгалактической среды и распределением этих объектов по красным смещениям, а нормировка пропорциональна квадрату их пространственной плотности. Это открывает широкие перспективы для использования угловых флуктуаций рентгеновского фона для исследования межгалактической среды в широком интервале красных смещений.

Оригинальная статья/статьи:

Kolodzig A, Gilfanov M., Hütsi G., Sunyaev R. *"Can AGN and galaxy clusters explain the surface brightness fluctuations of the cosmic X-ray background?"*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 466, 3035 (2017)

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, <https://doi.org/10.1093/mnras/stx2581> (2017)

Рентгеновская диагностика черных дыр и нейтронных звезд

М.Р.Гильфанов и Р.А.Сюняев

Излучение рентгеновских двойных производится в непосредственной близости от компактного объекта – нейтронной звезды или черной дыры, в пределах \sim ста гравитационных радиусов, в разреженной плазме температурой около 10^9 К. Согласно ОТО, черные дыры, в отличие от нейтронных звезд, не имеют поверхности, на которой аккрецирующее вещество могло бы тормозиться, излучая свою энергию, что оказывает решающее влияние на параметры плазмы вблизи этих объектов и процесс формирования рентгеновского излучения. С целью исследования следствий этого предсказания ОТО была проанализирована большая выборка спектров рентгеновских двойных, полученных спутником Rossi X-ray Timing Explorer. Было показано, что существует дихотомия между нейтронными звездами и черными дырами в распределении параметра Комptonизации у их спектров. Нейтронные звезды имеют меньшие значения параметра Комptonизации, а граница, отделяющая их от черных дыр, проходит при значении $u \sim 1$. Нейтронные звезды также характеризуются систематически меньшими значениями температуры электронов в Комptonизирующей короне. Аккрецирующее вещество теряет примерно $\sim 1/2$ своей энергии через процесс Комptonизации вблизи компактного объекта. В случае черных дыр, оставшаяся энергия адвектируется внутрь горизонта событий черной дыры, а при аккреции на нейтронную звезду энергия выделяется на ее поверхности, превращая ее в мощный источник мягкого рентгеновского излучения, которое оказывает решающее влияние на свойства горячей плазмы вокруг. Величина энерговыделения на поверхности нейтронной звезды и спектр излучения зависит от периода ее вращения, что делает быстровращающиеся нейтронные звезды отчасти похожими на черные дыры, в согласии с наблюдениями. Обнаруженная дихотомия между параметрами рентгеновского излучения от нейтронных звезд и черных дыр является прямым следствием отсутствия поверхности у черных дыр, в соответствии с предсказаниями ОТО.

Оригинальная статья/статьи:

Burke, M. J., M. Gilfanov, and R. Sunyaev "A dichotomy between the hard state spectral properties of black hole and neutron star X-ray binaries", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 466, 194 (2017)

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, <https://doi.org/10.1093/mnras/stx2821> (2017)

Новый метод обработки данных «time-domain astronomy» и его применение к данным Паломарской Фабрики Транзиентов.

М.Р.Гильфанов

В эпоху больших астрономических обзоров высокого временного разрешения (т.н. «time domain astronomy»), целью которых является поиск транзиентов (вспышки на звездах, Классические Новые, Сверхновые и т.д.), обработка данных с неизбежностью в высокой степени автоматизирована. Системы обработки способны справляться с большими массивами данных, производя списки кандидатов в транзиентные явления, содержащие миллионы источников. Главной проблемой в астрофизическом анализе продуктов работы этих систем является отделение реальных событий от артефактов, особенно в областях с высокой поверхностной яркостью неразрешенного оптического излучения, таких, как, например, центральные области галактик.

Разработан новый метод поиска переменных и транзиентных источников в продуктах автоматической обработки данных таких обзоров. Продемонстрировано, что подавляющее большинство ложных источников, производимых системой автоматизированной обработки данных Паломарской Фабрики Транзиентов (Intermediate Palomar Transient Factory, или iPTF), подчиняется Пуассоновской статистике, в то время как реальные транзиентные и переменные источники, а также артефакты, связанные с отдельными яркими звездами группируются вблизи соответствующих положений на небе, так что их пространственное распределение определяется угловым разрешением телескопа и точностью локализации. Это делает задачу во многом аналогичной задаче о поиске точечных источников на изображениях, производимых рентгеновскими телескопами с оптикой косоугольного падения, и позволяет использовать широкий арсенал средств рентгеновской астрономии.

Разработанный метод опробован на примере данных iPTF по наблюдениям балджа галактики Туманность Андромеды во второй половине 2013 г. Автоматизированная система обработки данных произвела список из 250,000 источников. Из этого списка при помощи нашего алгоритма было выделено 400 объектов, соответствующих реальным транзиентным явлениям разных типов. Из них на основе анализа кривых блеска были отобраны кандидаты в Классические Новые. Всего было обнаружено 15 Классических Новых, из которых 3 представляют собой новые ранее неизвестные Новые.

Оригинальная статья/статьи:

Soraisam M., Gilfanov M. Kupfer T. et al.

A novel method for transient detection in high-cadence optical surveys. Its application for a systematic search for novae in M 31.

Astronomy & Astrophysics, 2017, 599, A48

Кратные рентгеновские всплески и модель "слоя растекания" аккрецирующего вещества по поверхности нейтронной звезды

С.А. Гребенев, И.В. Человеков (ИКИ РАН)

Телескопом JEM-X обсерватории INTEGRAL зарегистрированы серии рентгеновских всплесков I-го рода, состоящие из 2-3 событий с временем рекуррентности, много меньшим характерного времени накопления на поверхности нейтронной звезды критической массы вещества, необходимой для инициирования термоядерного взрыва. Такие кратные всплески объяснены в модели "слоя растекания" аккрецирующего вещества по поверхности звезды при высоком темпе аккреции, согласно которой вещество оседает на поверхность в двух высокоширотных кольцевых зонах. Как только в одной из зон происходит взрыв, термоядерное горение со скоростью волны дефлаграции распространяется по менее плотному веществу до другой зоны и инициирует взрыв там. Существование тройных всплесков указывает на возможность выпадения на поверхность звезды вещества и в экваториальной зоне. Модель объясняет также наблюдаемое превышение темпа генерации всплесков барстерами со светимостью $> 1 \times 10^{37}$ эрг/с над темпом, ожидаемом при полном сгорании выпавшего вещества во всплеске. Определенный вклад в это превышение дают кратные всплески, но еще больший - локализованные взрывы вещества, накопившегося в упомянутых выше зонах (при которых горение в зоне затухает, не затрагивая других зон).

Оригинальные статьи:

- 1). С.А. Гребенев, И.В. Человеков «Кратные рентгеновские всплески и модель "слоя растекания" аккрецирующего вещества по поверхности нейтронной звезды», *Письма в Астрономический журнал*, 2017, т.43, с.643–654 (IF=0.873), <http://dx.doi.org/10.7868/S0320010817090029> ; <http://arxiv.org/pdf/1708.07016>
- 2). С.А. Гребенев, И.В. Человеков «Одиночные рентгеновские всплески и модель "слоя растекания" аккрецирующего вещества по поверхности нейтронной звезды», *Письма в Астрономический журнал*, 2018, т. 44, в печати (IF=0.873)

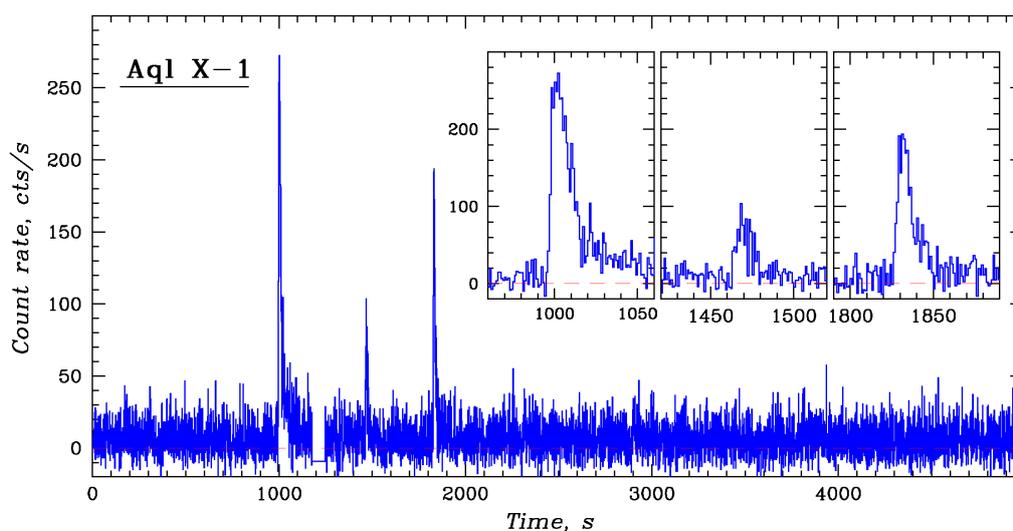


Рис. 1. Скорость счета фотонов (3–20 кэВ) телескопом JEM-X обсерватории INTEGRAL в наблюдениях 24 марта 2004 г., во время которых от барстера Aql X-1 был зарегистрирован тройной термоядерный всплеск. На врезках профили отдельных всплесков показаны с лучшим разрешением. Крайние всплески связаны с горением вещества в высокоширотных поясах нейтронной звезды, средний – вещества, осевшего вблизи ее экватора.

Природа бимодального распределения светимости ультраярких рентгеновских пульсаров

С.А. Гребенев (ИКИ РАН)

Указан механизм, который может быть ответственен за бимодальное распределение светимости сверхэддингтоновских рентгеновских пульсаров в двойных системах. Переход из “высокого” в “низкое” состояние этих объектов объяснен сферизацией аккреционного потока из-за давления излучения при определенных (высоких) значениях темпа аккреции. Переход между состояниями может быть вызван плавным изменением темпа аккреции. С помощью предложенного механизма объяснено сложное поведение недавно открытых ультраярких рентгеновских пульсаров M 82 X-2, NGC 5907 ULX-1 и NGC 7793 P13. Открытие ULX-пульсаров стало одной из самых больших сенсаций в астрономии последних лет. Предложенная модель естественным образом объясняет и измеренное ускорение вращения нейтронной звезды в этих пульсарах, в несколько раз более медленное по сравнению с ожидаемым.

Оригинальные статьи:

1). С.А. Гребенев “Природа бимодального распределения светимости ультраярких рентгеновских пульсаров”, *Письма в Астрономический журнал*, 2017, т. 43, с. 513–520 (IF=0.873, <http://dx.doi.org/10.7868/S0320010817100059> ; <http://arxiv.org/pdf/1706.09823>

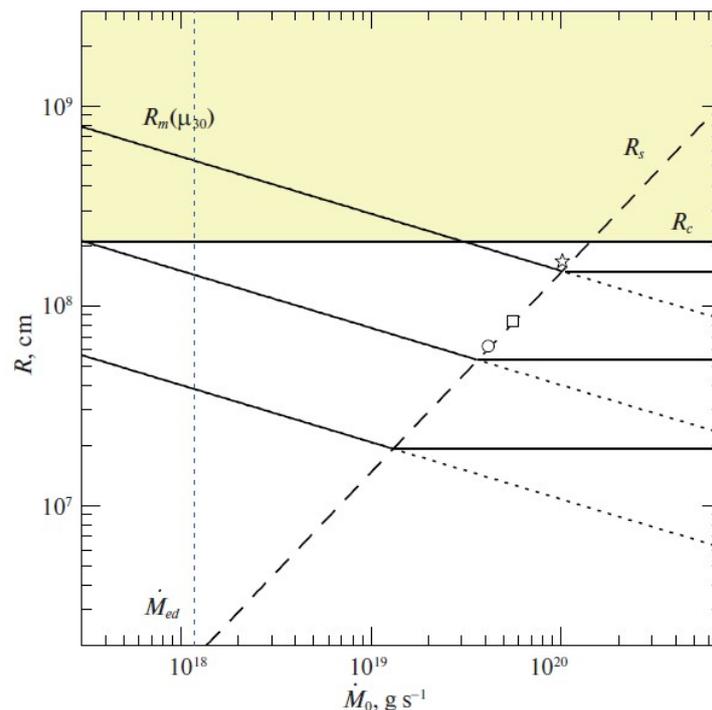


Рис. 1. Зависимость радиуса сферизации аккреционного течения R_s (штриховая линия), радиуса коротации R_c (нижняя граница заштрихованной области) и радиуса магнитосферы нейтронной звезды R_m (сплошные линии) от темпа аккреции для ULX-пульсара с таким же периодом, как у M82 X-2. Рассмотрены значения магнитного момента звезды $\mu_3 = 0.1, 1$ и 10 (сплошные линии снизу вверх). Заштрихованная область соответствует значениям R_m , при котором реализуется режим “про-пеллера”. Вертикальная линия отмечает эддингтоновский темп аккреции. Звездочка, квадрат и кружок - принятые в статье значения R_m и \dot{M}_0 для “высокого” состояния NGC5907 ULX-1, M82 X-2, NGC7793 P13.

Определение абсолютных величин гигантов красного сгущения балджа Галактики в фильтрах Z и Y обзоров неба телескопа VISTA и фильтрах IRAC обзоров неба обсерватории Spitzer

Карасев Д.И., Лутовинов А.А.

В работе исследуются свойства гигантов красного сгущения центральных областей балджа Галактики в фотометрических полосах Z и Y инфракрасного обзора VVV (VISTA/ESO), а также в полосах [3.6], [4.5], [5.8] и [8.0] мкм обзора галактической плоскости GLIMPSE (Spitzer/IRAC). Впервые определены абсолютные величины объектов этого класса в указанных полосах: $M_{\{Z\}} = -0.20 \pm 0.04$ и $M_{\{Y\}} = -0.470 \pm 0.045$, $M_{\{[3.6]\}} = -1.70 \pm 0.03$, $M_{\{[4.5]\}} = -1.60 \pm 0.03$, $M_{\{[5.8]\}} = -1.67 \pm 0.03$ и $M_{\{[8.0]\}} = -1.70 \pm 0.03$. Сравнение измеренных величин с предсказаниями теоретических моделей для спектров исследуемых объектов продемонстрировало хорошее взаимное согласие, а также позволило получить некоторые важные ограничения для свойств гигантов красного сгущения балджа. В частности, сравнение с эволюционными треками показало, что мы имеем дело преимущественно с высокометалличной подгруппой гигантов красного сгущения балджа. При этом их металличность должна быть несколько выше, чем считалось раньше $[M/H] \sim 0.40$ ($Z \sim 0.038$) с ошибкой $[M/H] \sim 0.1$ dex, а эффективная температура составляет 4250 ± 150 К. Показано, что среди гигантов сгущения доминируют звезды с возрасом 9-10 млрд. лет, хотя также может присутствовать некоторое количество более молодых объектов с возрастом ~ 8 млрд. лет. Кроме того, измерено расстояние до нескольких участков галактического балджа $D=8200 - 8500$ пк и показано, что в этих направлениях закон поглощения заметно отличается от стандартного.

Оригинальная статья/статьи:

Карасев Д.И., Лутовинов А.А., *Письма в Астрономический журнал*, 44, 4., $IF = 0.873$
(принята в печать)

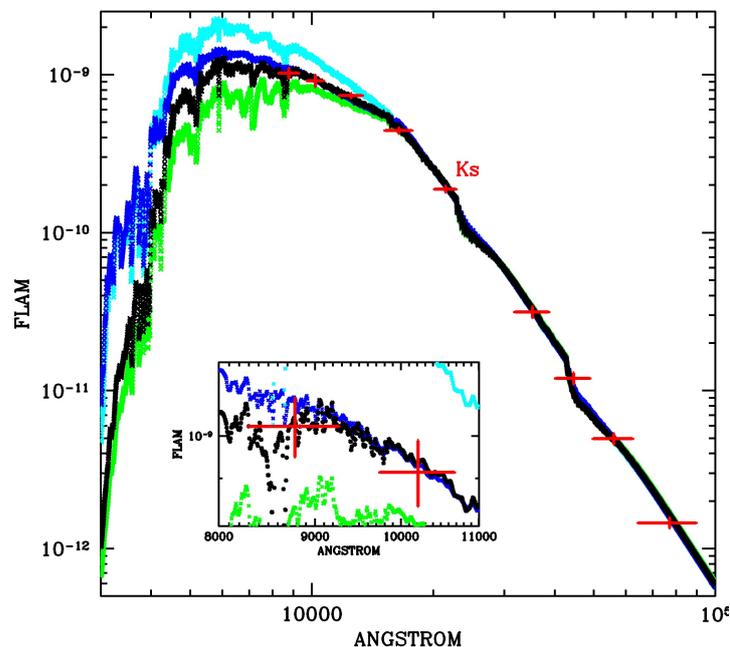


Рис 1. Синтетические спектры, построенные для красных гигантов с температурами 4000 К (зеленая кривая), 4250 К (черная кривая), 4750 К (голубая кривая) для металличности $Z = 0.038$ и температурой 4400 К для солнечного обилия элементов $Z = 0.0152$ (синяя кривая), с помощью пакета SYNPHOT и библиотеки спектров Kurucz. Спектры нормированы на абсолютную величину ГКС в фильтре Ks. Крестиками показаны значения потоков, соответствующие абсолютным величинам ГКС в девяти ИК фильтрах: Z, Y, J, H, Ks, [3.6], [4.5], [5.8] и [8.0] (слева-направо), в том числе, измеренным в настоящей работе. В отдельной вставке представлена увеличенная часть основной картинке в окрестностях фильтров Z и Y.

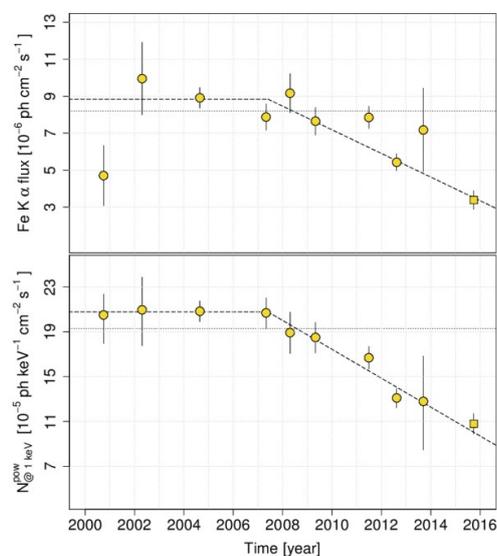
Нетепловое излучение от молекулярного облака около скопления Лучника по данным телескопов NuSTAR и XMM-Ньютон

Роман Кривонос, Сергей Цыганков (ИКИ РАН)

Как известно из наблюдений, в центре нашей Галактики находится сверхмассивная черная дыра (СМЧД) с массой около 4 миллионов солнечных масс. Подобные сверхмассивные объекты в центральных частях галактик зачастую являются источниками мощного излучения практически во всех диапазонах электромагнитного излучения. Однако, поток рентгеновского излучения от СМЧД в нашей Галактике, даже во время вспышек, на несколько порядков меньше ее эддингтоновской светимости. Существуют указания на то, что СМЧД в центре Галактики проявляла активность в прошлом, а именно характеристики рентгеновского излучения от массивных молекулярных облаков вблизи Галактического центра сходны с «эхом» вспышки рентгеновского излучения от черной дыры. Одним из таких облаков является молекулярное облако, находящееся рядом со звездным скоплением Лучник. «Отраженное» излучение от облака характеризуется линией флуоресценции железа 6.4 кэВ и нетепловым континуумом на энергиях выше 10 кэВ. Данная работа продолжает многолетний цикл наблюдений с 2012 года, когда нетепловой континуум был впервые обнаружен (Кривонос и др., 2014). Выяснилось, что распределение поверхностной яркости нетеплового излучения изменилась драматическим образом после 2012 года. Вместо протяженной регулярной структуры, которая наблюдалась на протяжении 10 лет, обнаружены только небольшие сгустки излучения. Также было зарегистрировано резкое уменьшение эквивалентной ширины линии излучения железа 6.4 кэВ. Общее падение потока нетеплового излучения происходит с периодом полураспада 8 лет, что наблюдается и от молекулярного облака Стрелец Б2 в центре Галактики. Общее сходство также и с другими облаками в центральной молекулярной зоне (Central Molecular Zone, CMZ) указывает на общий механизм ионизации от возможной вспышки на сверхмассивной черной дыре Стрелец А*.

Оригинальная статья:

Krivosos, R.; Clavel, M.; Hong, J.; Mori, K.; Ponti, G.; Poutanen, J.; Rahoui, F.; Tomsick, J.; Tsygankov, S., “NuSTAR and XMM-Newton observations of the Arches cluster in 2015: fading hard X-ray emission from the molecular cloud”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 23 мая 2017 года (MNRAS, Vol. 468, 1, 2822-2835) **Импакт-фактор 4.961.**



На рисунке показана эволюция потока от молекулярного облака в звездном скоплении Лучник, в линии железа 6.4 кэВ (сверху) и нормировка степенного закона (снизу).

Метод извлечения рентгеновского спектра с помощью двумерного анализа изображений

Роман Кривонос

В данной работе представлен метод извлечения спектральной информации от неразрешенных источников рентгеновского излучения на примере нетеплового излучения от молекулярного облака и теплового излучения звездного кластера Лучник в центре Галактики.

Оригинальная статья:

Krivosos, R., "NuSTAR observation of the Arches cluster: X-ray spectrum extraction from a 2D image", accepted contribution to the 11th INTEGRAL Conference, "Gamma-Ray Astrophysics in Multi-Wavelength Perspective", 10-14 October 2016, Amsterdam, The Netherlands. (2017)

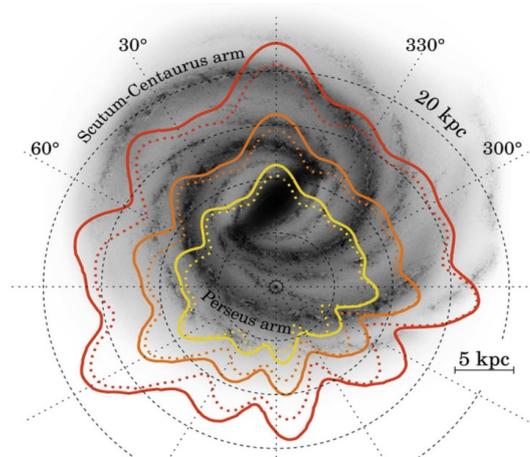
Новые источники жесткого рентгеновского излучения, открытые обсерваторией ИНТЕГРАЛ в плоскости Галактики на основе сверхчувствительных карт, накопленных за 14 лет наблюдений.

Роман Кривонос, Сергей Цыганков, Илья Мереминский, Александр Лутовинов, Сергей Сазонов, Рашид Сюняев (ИКИ РАН)

Проведение рентгеновских обзоров Галактики позволяет систематически исследовать известные типы звездного населения Галактики, их популяционный синтез, функции светимости, распределение по диску Галактики, и т.д., а также находить новые типы объектов, ранее не известных совсем, или только теоретически предсказанных.

Российская национальная гамма-обсерватория ИНТЕГРАЛ продолжает успешную работу на орбите с 2003 года. На основе полученных данных уже сделано множество работ по исследованию свойств рентгеновских источников в нашей Галактике и за ее пределами. Новые рентгеновские источники, открытые ИНТЕГРАЛом, являются основой наблюдательных кампаний на других обсерваториях, таких как Чандра, ХММ-Ньютон, и НуСТАР.

В данной работе удалось построить наиболее чувствительные из существующих на данный момент, карты галактической плоскости по данным, накопленные ИНТЕГРАЛом за 14 лет наблюдений. Новый обзор позволяет обнаружить источники низкой светимости или объекты в более удаленных частях Галактики, недоступных для систематического поиска в предыдущих обзорах. Главным результатом работы является регистрация 72 рентгеновских источников, ранее не обнаруженных обсерваторией ИНТЕГРАЛ.



На рисунке показан схематический вид Галактики со спиральной структурой и контурами обнаружения рентгеновских источников разной светимости (желтый: $5e34$ эрг/с, оранжевый: $1e35$ эрг/с, красный: $2e35$ эрг/с). Сплошные линии соответствуют данной работе, а пунктирные линии взяты из работы Кривонос и др., 2012, на основе 9 лет наблюдений.

Оригинальная статья: *Krivosos, R.; Tsygankov, S.; Mereminskiy, I.; Lutovinov, A.; Sazonov, S.; Sunyaev, R., “New hard X-ray sources discovered in the ongoing INTEGRAL Galactic plane survey after 14 yr of observations”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 470, Issue 1, p.512-516. (2017) Импакт-фактор 4.961.*

Калибровка рентгеновских зеркал телескопа ART-XC в Космическом Центре им. Маршалла

Роман Кривонос, Алексей Ткаченко, Родион Буренин, Екатерина Филиппова, Игорь Лапшов, Илья Мереминский, Сергей Мольков, Михаил Павлинский, Сергей Сазонов (ИКИ РАН)

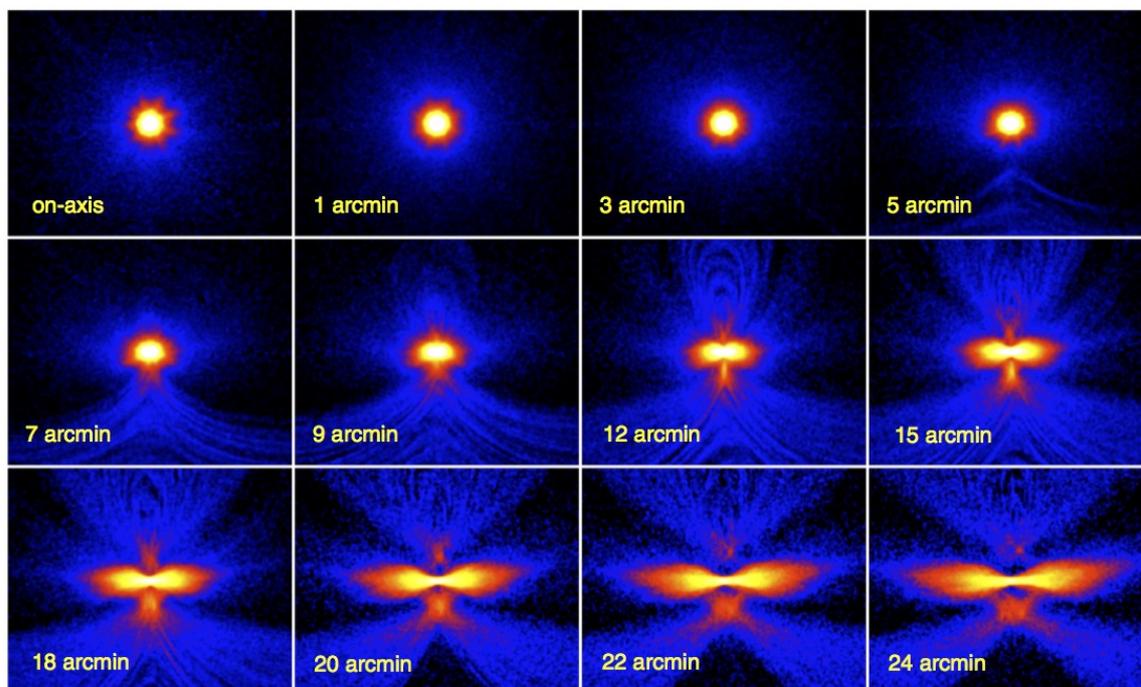
Телескоп ART-XC входит в состав научной аппаратуры астрофизической обсерватории “Спектр-Рентген-Гамма”. ART-XC состоит из семи идентичных рентгеновских телескопов косоугольного падения с фокусным расстоянием 2700 мм. Благодаря иридиевому покрытию оболочек зеркал телескопа, его рабочий энергетический диапазон достигает 35 кэВ, что является важным дополнением телескопа eРозита, работающего в мягком рентгеновском диапазоне 0.3-10 кэВ.

Телескоп ART-XC является уникальным прибором и первым рентгеновским телескопом с зеркалами косоугольного падения собранным в России. На данный момент, единственным орбитальным телескопом косоугольного падения, работающим на энергиях выше стандартного диапазона 2–10 кэВ, является телескоп NuSTAR (НАСА). Половина зарегистрированных NuSTARом фотонов собираются в кружке диаметром 60”. В ходе проведенных измерений и построения аналитической формы ФРТИ телескопа ART-XC, было установлено, что аналогичная характеристика составляет 30” для всех его оптических модулей, что в два раза лучше, чем у телескопа NuSTAR.

В работе была поставлена задача получить аналитическое представление функции размытия точечного источника (ФРТИ) телескопа ART-XC по данным наземных калибровок, для чего была использована линейная комбинация двух функций Кинга для аппроксимации радиального профиля ФРТИ. В общей сложности, была проведена калибровка восьми зеркальных модулей (семь летных образцов и одного запасного) телескопа ART-XC. Было показано, что характеристики всех летных зеркальных систем (кроме запасной) хорошо согласуются между собой. Измеренное угловое разрешение зеркальных систем телескопа ART-XC варьируется между 27 и 33 угл. секундами.

Оригинальная статья:

Krivosos, R.; Tkachenko, A.; Burenin, R.; Filippova, E.; Lapshov, I.; Mereminskiy, I.; Molkov, S.; Pavlinsky, M.; Sazonov, S.; Gubarev, M.; Kolodziejczak, J.; O'Dell, S. L.; Swartz, D.; Zavlin, Vyacheslav E.; Ramsey, B. D., “Calibration of the ART-XC mirror modules at MSFC”, Experimental Astronomy, Volume 44, Issue 1, pp.147-164. (2017) Импакт-фактор 2.313.



На рисунке показаны функции размытия точечного источника (ФРТИ) для одной зеркальной системы телескопа ART-XC на разных угловых смещениях.

Поиск следов распада стерильного нейтрино по данным телескопа NuSTAR

Роман Кривонос

Задача происхождения Темной Материи является фундаментальной в современной астрофизике. Кандидатами на роль Темной Материи могут быть массивные, нейтральные и стабильные в космологических масштабах времени частицы, которые участвуют только в гравитационных (и, возможно, слабых) взаимодействиях. Одним из кандидатов на эту роль являются стерильные нейтрино. Поиск следов распада стерильных нейтрино был проведен на многих существующих рентгеновских миссиях. В данной работе был использован оригинальный метод измерения поверхностной яркости, используя боковую (несфокусированную) засветку детекторов телескопа NuSTAR. Было поставлено ограничение на существование распада стерильного нейтрино в диапазоне 10-50 кэВ в центре Галактики, что на порядок величины превышает предыдущие эксперименты.

Оригинальная статья:

Perez, Kerstin; Ng, Kenny C. Y.; Beacom, John F.; Hersh, Cora; Horiuchi, Shunsaku; **Krivos, Roman**, “Almost closing the ν MSM sterile neutrino dark matter window with NuSTAR”, Physical Review D, Volume 95, Issue 12, id.123002, **06.2017. Импакт-фактор 4.506.**

Новые рентгеновские источники в плоскости Галактики по данным телескопа НуСТАР

Роман Кривонос

Используя данные, полученные с телескопа НуСТАР, было обнаружено 16 новых источников слабого рентгеновского излучения, из них 8 были идентифицированы с близкими звездами (3 с определенными расстояниями по данным спутника Gaia), остальные были определены как кандидаты в катаклизмические переменные, маломассивные и массивные системы. Авторы провели оценку поверхностной плотности массивных систем в Галактике на малых потоках, и сделали вывод о возможности большой популяции массивных систем малой светимости.

Оригинальная статья:

Tomsick, John A.; Lansbury, George B.; Rahoui, Farid; Clavel, Maïca; Fornasini, Francesca M.; Hong, JaeSub; Aird, James; Alexander, David M.; Bodaghee, Arash; Chiu, Jeng-Lun; Grindlay, Jonathan E.; Hailey, Charles J.; Harrison, Fiona A.; **Krivos, Roman A.**; Mori, Kaya; Stern, Daniel, “Galactic Sources Detected in the NuSTAR Serendipitous Survey”, The Astrophysical Journal Supplement Series, Volume 230, Issue 2, article id. 25, 16 pp., **06.2017. Импакт фактор 8.955.**

Рентгеновский обзор спирального рукава Нормы по данным телескопа НуСТАР

Роман Кривонос

В данной работе был проведен обзор спирального рукава Нормы по данным телескопа НуСТАР. Площадь обзора составила около квадратного градуса с общей экспозицией 1.8 Мс. Было обнаружено 38 источников рентгеновского излучения. Авторы работы провели детальное исследование спектральных и временных характеристик зарегистрированных источников, с целью их классификации. Большинство источников являются, предположительно, катаклизмическими переменными, со средней массой Белого Карлика 0.6 масс Солнца, что хорошо согласуется с измерениями рентгеновского фона Галактики.

Fornasini, F.; Tomsick, J.; Hong, J.; Gotthelf, E.; Bauer, F.; Rahoui, F.; Stern, D.; Bodaghee, A.; Chiu, J.; Clavel, M.; Corral-Santana, Jesús; Hailey, Charles J.; **Krivos, Roman A.**; Mori, Kaya; Alexander, David M.; Barret, Didier; Boggs, Steven E.; Christensen, Finn E.; Craig, William W.; Forster, Karl; Giommi, Paolo; Grefenstette, Brian W.; Harrison, Fiona A.; Hornstrup, Allan; Kitaguchi, Takao; Koglin, J. E.; Madsen, Kristin K.; Mao, Peter H.; Miyasaka, Hiromasa; Perri, Matteo; Pivovarov, Michael J.; Puccetti, Simonetta; Rana, Vikram; Westergaard, Niels J.; Zhang, William W., “The NuSTAR Hard X-Ray Survey of the Norma Arm Region”, The Astrophysical Journal Supplement Series, Volume 229, Issue 2, article id. 33, 39 pp., **04.2017. Импакт фактор 8.955.**

IGR J18214-1318: неп пульсирующая массивная рентгеновская двойная с нейтронной звездой

Роман Кривонос

Рентгеновское излучение от объекта IGR J18214-1318 было открыто с помощью данных обсерватории ИНТЕГРАЛ. Неизвестный ранее источник, был классифицирован как массивная рентгеновская двойная, благодаря отождествлению звездного компаньона, которым оказался сверхгигант O-класса. В данной работе было проведено исследование спектральных характеристик IGR J18214-1318, с целью классификации типа компактного объекта. Был обнаружен завал в спектре, характерный для излучения нейтронных звезд, однако, характерной периодической переменности рентгеновского излучения обнаружено не было.

Оригинальная статья:

Fornasini, Francesca M.; Tomsick, John A.; Bachetti, Matteo; Krivonos, Roman A.; Fürst, Felix; Natalucci, Lorenzo; Pottschmidt, Katja; Wilms, Jörn, “An XMM-Newton and NuSTAR Study of IGR J18214-1318: A Non-pulsating High-mass X-Ray Binary with a Neutron Star”, The Astrophysical Journal, Volume 841, Issue 1, article id. 35, 15 pp. 05.2017. **Импакт фактор 5.533.**

Классификация четырех рентгеновских источников, открытых обсерваторией ИНТЕГРАЛ

Роман Кривонос

Обсерватория ИНТЕГРАЛ продолжает успешную работу по систематическому исследованию рентгеновских источников в нашей Галактике и за ее пределами. В данной работе было проведено отождествление четырех ранее неизвестных объекта, открытых ИНТЕГРАЛом: IGR J18088–2741, IGR J18381–0924, IGR J17164–3803, and IGR J19173+0747. Благодаря наличию широких эмиссионных линий ионизованного водорода и гелия, объект IGR J18088–2741 был отождествлен с катаклизмической переменной, находящееся на расстоянии дальше 8 кпк. IGR J18381–0924 был классифицирован как активное ядро галактики (АЯГ), благодаря смещенной спектральной линии серии Бальмера атома водорода. Оптическим компаньоном IGR J17164–3803, предположительно, является звезда класса M2 III на расстоянии 3–4 кпк, что, вместе с рентгеновским спектром указывает, что IGR J17164–3803 является белым карликом (БК) в симбиотической системе малой светимости. На основе оптической идентификации, IGR J19173+0747, предположительно является катаклизмической переменной, а не массивной двойной системой, как было предложено ранее.

Оригинальная статья:

Rahoui, Farid; Tomsick, John. A.; **Krivonos, Roman**, “Identifying four INTEGRAL sources in the Galactic plane via VLT/optical and XMM-Newton/X-ray spectroscopy”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 465, Issue 2, p.1563-1572, **02.2017. IF = 4.961.**

Влияние гравитационного поля Галактики на точность определения координат внегалактических источников

А.А. Лутовинов, Н.С. Лыскова

Современные технологии уже в ближайшем будущем позволят проводить радиоинтерферометрические наблюдения с угловым разрешением до 1 микросекунды дуги и оптические наблюдения с точностью 10 микросекунд в год. При использовании подобной регистрирующей аппаратуры будет наблюдаться так называемое «блуждание» координат внегалактических источников в силу того, что сигнал от источника распространяется в галактическом гравитационном поле, случайно флуктуирующем во времени. При этом координаты, измеренные в разные моменты времени, окажутся внутри некоторой области (кружка) «блуждания», радиус которой зависит как от продолжительности интервала между измерениями, так и от положения источника на небесной сфере. Впервые были построены карты распределения по небесной сфере характерной величины углового «блуждания» координат внегалактических источников для современных моделей Галактики, а также соответствующие карты радиуса «кружка блуждания» для разных интервалов между наблюдениями, которые могут быть непосредственно использованы при планировании астрометрических наблюдений. Показано, что наиболее сильно исследуемый эффект проявляется для источников, расположенных в направлении центральных областей Галактики и галактической плоскости, где отклонение может достигать нескольких десятков микросекунд дуги. Вычислена спектральная плотность мощности исследуемого шума, спектральный индекс которой оказался равен -2 . Знание величины спектрального индекса позволит отличить в наблюдениях данный вид шума от шумов, обусловленных другими физическими процессами. Полученные результаты могут быть использованы для оценки физического предела на зависящую от времени точность астрометрических измерений, что является важным фактором при проектировании и создании новых инструментов.

Оригинальная статья:

T.I. Larchenkova, A.A. Lutovinov, N.S. Lyskova, *ApJ*, 835, 51, p.1, (2017), IF = 5.533

<https://doi.org/10.3847/1538-4357/835/1/51>,

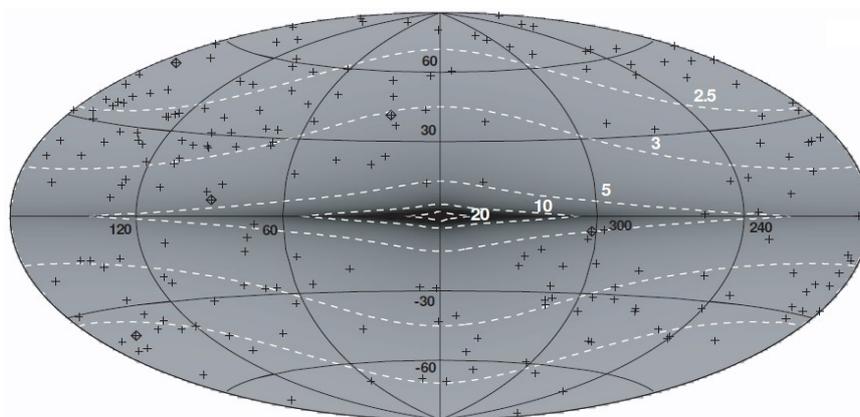
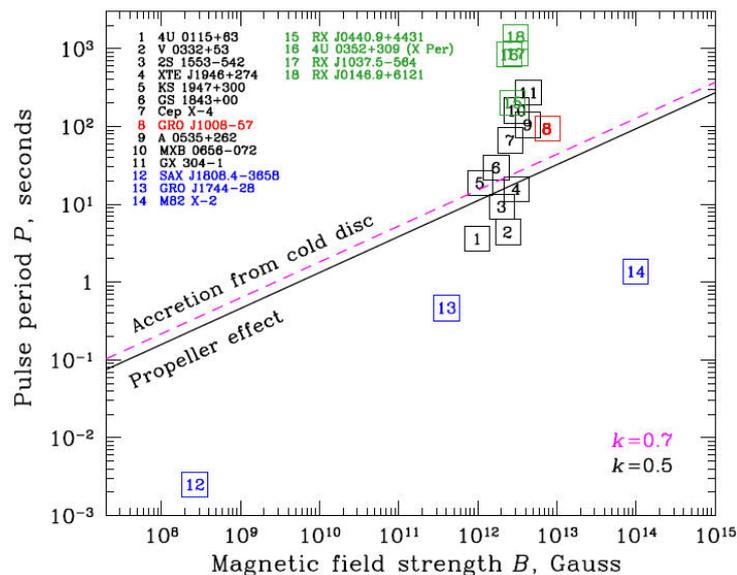


Рис 1. Карта характерных величин «блуждания» координат источников, вызываемого случайными флуктуациями гравитационного поля Галактики, в микросекундах дуги (показаны контурами) для десятилетнего интервала наблюдений. Крестиками показаны положения опорных источников Международной небесной системы отсчёта.

Рентгеновские пульсары при низких темпах аккреции: модели взаимодействия плазмы с сильными магнитными полями

Лутовинов А.А., Цыганков С.С., Кривонос Р.А., Мольков С.В.

Цикл посвящен исследованию взаимодействия сильно- и слабо-ионизованного вещества со сверхсильными магнитными полями (10^{12} - 10^{14} Гс) вблизи рентгеновских пульсаров и магнетаров. Одним из примеров такого взаимодействия является “эффект пропеллера”, связанный с внезапным прекращением аккреции из-за центробежного барьера, создаваемого быстровращающейся магнитосферой нейтронной звезды. Впервые проведено систематическое исследование этого эффекта для ряда рентгеновских пульсаров. Предложен метод определения структуры магнитного поля нейтронных звезд, основанный на раздельном определении напряженностей дипольной компоненты и поля в непосредственной близости от поверхности нейтронной звезды. Найлены объекты как с чисто дипольной конфигурацией поля, так и с более сложной, где квадрупольная компонента превышает дипольную в ~ 10 раз. Показано, что при определенной комбинации параметров нейтронной звезды эффект пропеллера наблюдаться не будет. Вместо этого пульсар перейдет в состояние стабильной аккреции из “холодного” (слабоионизованного) диска. Предложена модель такого вида аккреции, предсказания которой проверены на основе выборки из 16 объектов.



Lutovinov A., Tsygankov S., Krivonos R., Molkov S., Poutanen J. "Propeller Effect in the Transient X-Ray Pulsar SMC X-2", *The Astrophysical Journal*, V.834, P.209, (2017).

Tsygankov S., Doroshenko V., Lutovinov A., Mushtukov A., Poutanen J. "SMC X-3: the closest ultraluminous X-ray source powered by a neutron star with non-dipole magnetic field", *Astronomy & Astrophysics*, V.605, A39, (2017).

Tsygankov S., Wijnands R., Lutovinov A., Degenaar N., Poutanen J. "The X-ray properties of Be/X-ray pulsars in quiescence", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, V.470, P.126 (2017).

Tsygankov S., Mushtukov A., Suleimanov V., Doroshenko V., Lutovinov A., Abolmasov P., Poutanen J. "Stable accretion from a cold disc in highly magnetized neutron stars", *Astronomy & Astrophysics*, accepted, arXiv:1703.04528

Обнаружение электромагнитного сигнала от гравитационно-волнового события GW170817 – регистрация первого слияния нейтронных звезд

Лутовинов А.А., Сюняев Р.А.

17 августа 2017 года впервые наблюдался гравитационно-волновой и электромагнитный сигналы, рождённые во время слияния двух нейтронных звёзд в двойной системе. События были практически одновременно зарегистрированы гравитационно-волновым детектором LIGO и космическими обсерваториями ИНТЕГРАЛ и Fermi (см. Рис.). Последовавшие за этим наблюдения практически во всех диапазонах волн позволили установить, что слияние нейтронных звезд произошло на расстоянии около 40 Мпк, в эллиптической галактике NGC 4993. Сравнение времен прихода гравитационного и электромагнитного сигналов (запаздывание ~ 1.7 сек) позволило определить, что скорость распространения гравитационных волн с высокой точностью совпадает со скоростью света. Были почти на два порядка улучшены ограничения на принцип эквивалентности. Измеренная энергетика электромагнитного сигнала свидетельствует о том, что слияние нейтронных звезд вызвало вспышку так называемой килоновой, которая наблюдалась по углу около 30 градусов к оси релятивистского выброса.

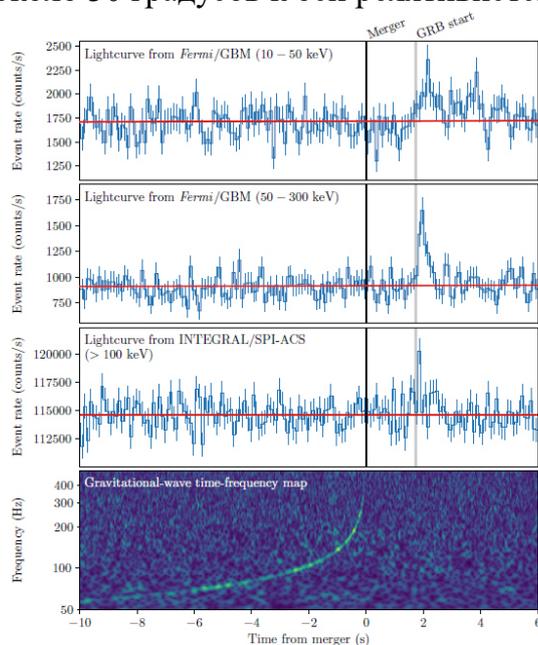


Рис. Регистрация гравитационно-волнового события GW170817 обсерваторией LIGO (нижняя панель). Регистрация гамма-всплеска обсерваториями Fermi (две верхних панели) и ИНТЕГРАЛ (третья панель). Черная линия — момент слияния нейтронных звезд, серая — момент регистрации гамма-излучения. По горизонтали отложено время от момента слияния в секундах.

Abbot B., ... , Lutovinov A., ... Sunyaev R. ... "Gravitational Waves and Gamma-Rays from a Binary Neutron Star Merger: GW170817 and GRB 170817A ropeller ", The Astrophysical Journal, V.848, L13, (2017).

Savchenko V., ... , Lutovinov A., ... Sunyaev R. ... "INTEGRAL Detection of the First Prompt Gamma-Ray Signal Coincident with the Gravitational-wave Event GW170817", The Astrophysical Journal, V.848, L15, (2017).

Наблюдения гравитационно-волновых событий от слияния черных дыр обсерваторией ИНТЕГРАЛ

Лутовинов А.А., Сюняев Р.А.

В цикле работ представлены результаты наблюдений обсерваторией ИНТЕГРАЛ двух гравитационно-волновых событий от слияния черных дыр, зарегистрированных в эксперименте LIGO. Получены наиболее строгие ограничения на интенсивность гамма-излучения в диапазоне энергий 75 кэВ-2 МэВ, которое могло бы сопровождать такие события, а также на отношение ожидаемого электромагнитного потока и интенсивности регистрируемого гравитационного излучения.

V.Savchenko,, A.Lutovinov,.... R.Sunyaev.... INTEGRAL IBIS, SPI, and JEM-X observations of LVT151012, Astronomy & Astrophysics, Volume 603, A46 (2017).

V.Savchenko,, A.Lutovinov,.... R.Sunyaev.... INTEGRAL Observations of GW170104, Astrophysical Journal, Volume 846, L23 (2017).

Первая регистрация изменения режима аккреции в рентгеновских пульсарах – переход от сверхкритической к субкритической аккреции

Лутовинов А.А., Цыганков С.С

В работе представлены результаты анализа наблюдений транзитного рентгеновского пульсара V0332+53 обсерваторией NuSTAR во время гигантской вспышки в 2015 году и еще одной более слабой вспышки в 2016 году. По результатам наблюдений подтверждена антикорреляция энергии циклотронной линии поглощения и светимости пульсара во время гигантской вспышки 2015 года. При этом обнаружен гистерезис в указанной зависимости, выражающийся в том, что энергия линии оказывается значительно ниже (на ~ 1.5 кэВ) в конце вспышки, по сравнению с ее началом, при тех же значениях светимости. Наблюдения 2016 года показали, что через год энергия линии снова увеличилась, практически достигнув значений, измеренных в начале предыдущей вспышки. В работе показано, что такое поведение, скорее всего, связано с изменением геометрии области излучения, а не с так называемым аккреционным распадом магнитного поля нейтронных звезд.

При низких светимостях мы впервые зарегистрировали переход от антикорреляции энергии циклотронной линии с потоком к корреляции, что может быть интерпретировано как переход от сверхкритической к субкритической аккреции в системе, связанной с исчезновением аккреционной колонки.

Таким образом, впервые была измерена критическая светимость, разделяющая режимы аккреции в рентгеновских пульсарах.

V.Doroshenko, S. Tsygankov, A. Mushtukov, A.Lutovinov, A.Santangelo, V.Suleimanov, J.Poutanen, Luminosity dependence of the cyclotron line and evidence for the accretion regime transition in V0332+53, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 466, p.2143-2150 (2017).

Обзоры неба в жестких рентгеновских лучах обсерваторией ИНТЕГРАЛ

Лутовинов А., Кривонос Р., Мереминский И., Сазонов С., Цыганков С., Чуразов Е., Сюняев Р.

Обсерватория ИНТЕГРАЛ играет важнейшую роль в исследованиях звездного неба на энергиях выше 20 кэВ, как в плоскости Галактики, так и внегалактических областях. За время работы обсерватория получила значительное количество крупных научных результатов, которые открыли новые области исследований и способствовали развитию и проведению наблюдений в широком диапазоне длин волн. В настоящей статье представлены последние результаты обзоров всего неба, проведенных обсерваторией ИНТЕГРАЛ, включая самые глубокие исследования Галактической плоскости в жестких рентгеновских лучах (от 17 до 150 кэВ) с целью обнаружения новых источников и изучения их популяций, поиска эмиссии остатков сверхновых в линиях радиоактивного титана-44, глубокие исследования трех внегалактических полей (в направлении галактик M81, LMC и 3C273 / Coma) и т. д.

Оригинальная статья:

*A.A. Lutovinov, R.A. Krivonos, I.A. Mereminsky, S.Yu. Sazonov, S.S. Tsygankov, E.M. Churazov, R.A. Sunyaev, **Hard X-ray surveys with the INTEGRAL observatory**, Very High Energy Phenomena in the Universe, Proceedings of the 52nd Rencontres de Moriond, Published by ARISF, Edited by Étienne Augé, Jacques Dumarchez and Jean Trân Thanh Vân, ISBN # 979-10-96879-04-5, P.101-110 (2017)*

Диффузия элементов в межзвездной среде в галактиках раннего типа

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

Рассмотрена роль диффузии в перераспределении элементов в горячей межзвездной среде галактик раннего типа. Известно, что процесс гравитационной седиментации может значительно влиять на содержание гелия и тяжелых элементов в горячем межгалактическом газе массивных скоплений галактик. Универсальный вид профиля температуры в скоплениях с холодными ядрами и теоретическое корреляционное соотношение масса-температура позволяют предположить, что максимальный эффект седиментации должен иметь место в самых массивных вириализованных объектах во Вселенной. Однако наблюдательные данные обсерваторий Chandra и XMM-Newton демонстрируют более сложные масштабные соотношения между массами галактик раннего типа и другими их параметрами, такими как массовая доля и температура межзвездного газа. Немаловажно, что радиальный профиль температуры может иметь как спадающий, так и нарастающий характер. Мы рассчитали диффузию, основываясь на наблюдаемых распределениях плотности и температуры газа для 13 галактик раннего типа, имеющих разные типы окружения и охватывающих широкий диапазон рентгеновских светимостей. Чтобы оценить максимальный эффект седиментации и термодиффузии, решалась полная система уравнений Бюргерса для немагнитной межзвездной плазмы. Полученные результаты демонстрируют значительное увеличение отношения He/H внутри одного эффективного радиуса для всех галактик выборки (см. рис. 1). Для галактик со спадающим или постоянным профилем температуры среднее увеличение обилия гелия составляет 60% за один миллиард лет действия диффузии. Полученный эффект может вносить существенное смещение в оценку обилия металлов по данным рентгеновской спектроскопии и влиять на эволюцию звезд, которые могут формироваться из газа с высоким содержанием гелия.

Оригинальная статья:

П. С. Медведев, С. Ю. Сазонов, М. Р. Гильфанов *Astronomy Letters*, Volume 43, Issue 5, pp.285-303, (2017) IF = 0.873

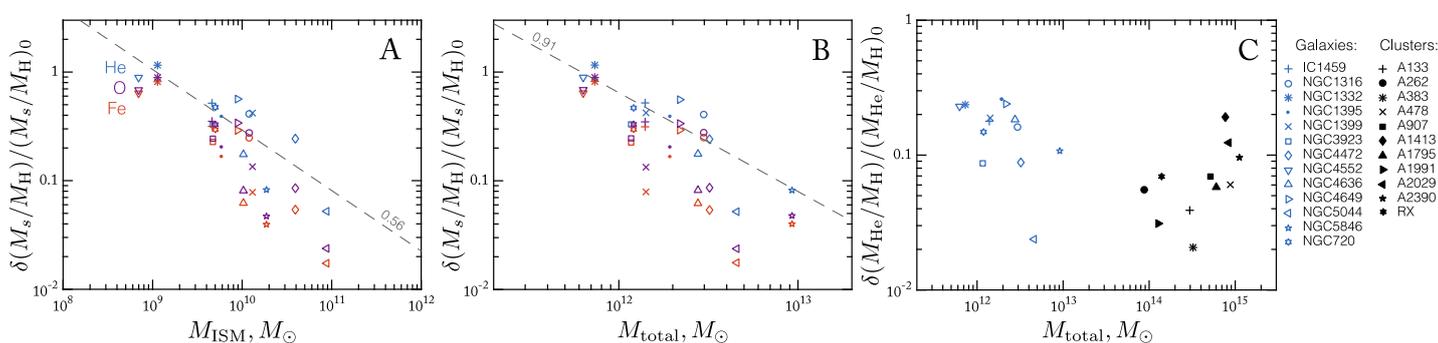


Рис 1. Относительное изменение массы гелия (синие символы), кислорода (пурпурные) и железа (красные), отнесенной к массе водорода, внутри одного эффективного радиуса (r_{eff}) после 1 миллиарда лет действия диффузии в зависимости от: массы межзвездного газа внутри $10 r_{\text{eff}}$ (панель A) и полной массы внутри $10 r_{\text{eff}}$ (B). На панели C изображено сравнение относительного увеличения массы гелия внутри $4 r_{\text{eff}}$ в рассмотренных галактиках с амплитудой седиментации гелия в скоплениях из выборки Вихлинин и др. 2006.

IGR J17445-2747 – еще один рентгеновский барстер в балдже Галактики

И.А. Мереминский, С.А. Гребенев, Р.А. Сюняев (ИКИ РАН)

Сообщается об открытии рентгеновского всплеска I рода от слабого неотожествленного транзиентного источника галактического балджа IGR J17445-2747 телескопом JEM-X обсерватории INTEGRAL. Всплески I рода считаются связанными с термоядерными взрывами вещества, выпавшего на поверхность нейтронной звезды со слабым магнитным полем при аккреции в маломассивной двойной системе. Таким образом, данное наблюдение позволяет установить природу этого источника.

Оригинальные статьи:

1). И.А. Мереминский, С.А. Гребенев, Р.А. Сюняев «IGR J17445-2747 – еще один рентгеновский барстер в балдже Галактики», *Письма в Астрономический журнал*, 2017, т. 43, № 10, с. 727-735 (IF=0.873) <http://dx.doi.org/10.7868/S0320010817100059> ; <http://arxiv.org/pdf/1709.02775>

2). I.A. Mereminskiy, S.A. Grebenev, R.A. Krivonos, I.V. Chelovekov, R.A. Sunyaev «First detection of a thermonuclear X-ray burst from IGR J17445-2747 (with INTEGRAL/JEM-X)», *Astronomer's Telegram*, 2017, n. 10256, <http://www.astronomerstelegam.org/?read=10256>

3). I.A. Mereminskiy, S.A. Grebenev, R.A. Krivonos, I.V. Chelovekov, R.A. Sunyaev «Discovery of SWIFT J174429.9-274557 - a soft X-ray counterpart of the X-ray burster IGR J17445-2747», *Astronomer's Telegram*, 2017, n. 10272, <http://www.astronomerstelegam.org/?read=10272>

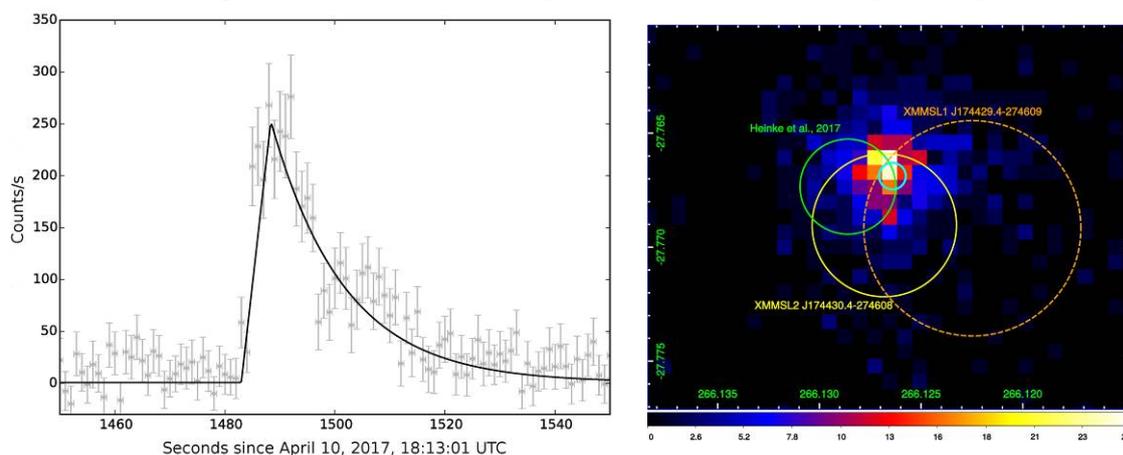


Рис. 1. Временной профиль зарегистрированного всплеска по данным телескопа JEM-X/INTEGRAL и последующее уточнение локализации источника всплеска (IGR J17445-2747) телескопом XRT/SWIFT.

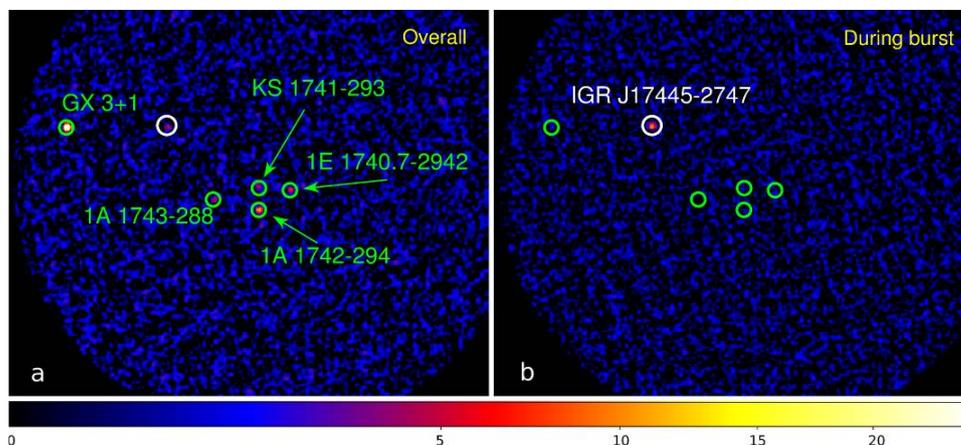


Рис. 2. Идентификация источника рентгеновского всплеска по данным телескопа JEM-X (a – изображение за весь сеанс наблюдений 10 апреля 2017 г., b – за время всплеска).

Глубокий внегалактический обзор с помощью телескопа ART-XC обсерватории

СПЕКТР-РГ: моделирование и ожидаемые результаты

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

Ткаченко, И.Ю. Лапшов, А.Е. Штыковский, Р.А. Кривонос

Для выбора наилучшей стратегии проведения глубокого внегалактического обзора рентгеновским телескопом ART-XC, установленным на борту обсерватории Спектр-РГ (СРГ) и оценки ожидаемых результатов нами было выполнено моделирование наблюдений площадки размером 1.1 на 1.1 градус в диапазонах энергий 5–11 кэВ и 8–24 кэВ. С этой целью была построена модель населения активных ядер галактик (АЯГ), отражающая свойства рентгеновского излучения таких объектов. Фотоны, “пришедшие” от этих источников, были пропущены через численную модель телескопа, а полученные в результате данные были обработаны при помощи стандартного конвейера обработки данных телескопа ART-XC.

Нами было показано, что при ожидаемых значениях фона заряженных частиц за 1.2 Мс наблюдений в таком обзоре должно быть обнаружено несколько сотен АЯГ на красных смещениях вплоть до $z \approx 3$, в.т. ч. сильнопоглощенные АЯГ, что позволит точнее ограничить долю подобных объектов в общей популяции.

Поскольку на потоках ниже 2×10^{-14} эрг $\text{с}^{-1} \text{см}^{-2}$ (5–11 кэВ) ожидается существенное влияние смешивания источников. Поскольку это значение может превышать порог обнаружения источников в глубоком обзоре при низких значениях фона частиц, может оказаться более интересно провести обзор большей площади (несколько квадратных градусов), но меньшей глубины, получив в итоге выборку из примерно четырехсот ярких АЯГ.

Оригинальные статьи:

И.А. Мереминский и др., ПАЖ, 44, 2, с.1-16, IF = 0.873 (принята в печать)

Эволюция широкополосного спектра рентгеновской новой Орел X-1 на растущей фазе аккреционной вспышки», тема Вселенная

А.В. Мещеряков (ИКИ РАН), М.Н. Павлинский (ИКИ РАН), и др.

В работе исследовалась эволюция со временем широкополосного спектра Рентгеновской новой с нейтронной звездой Орел X-1, наблюдавшаяся на фазе роста яркой вспышки FRED-типа в 2013 году. Эволюция широкополосного спектра Орел X-1 хорошо объясняется в рамках модели теплового излучения от нестационарного аккреционного диска с меняющимся радиальным распределением температуры: кольцо постоянной температуры на ранних этапах вспышки эволюционирует в многоцветный облученный аккреционный диск вблизи максимума вспышки. Эволюция широкополосного спектра объекта во время короткого интервала перехода из жесткого в мягкое рентгеновское состояние представляет особый интерес и выглядит необычно - она не может быть объяснена стандартной моделью аккреционного диска с одинаковым параметром облучения в ближнем УФ, оптическом и ближнем ИК спектральных диапазонах. Изменение блеска Орел X-1 в ближнем ИК (УФ) диапазоне коррелирует с изменениями мягкого (жесткого) рентгеновского потока во время интервала смены состояния, соответственно. По-видимому, в момент перехода системы из жесткого в мягкое рентгеновское состояние, области диска излучающие в УФ-диапазоне оказываются экранированы от прямого облучения центральным рентгеновским источником и нагреваются прежде всего жесткими рентгеновскими фотонами (с энергией >10 кэВ), рассеянными в горячей короне или ветре, сформировавшимся над внешней областью аккреционного потока. В то же время, внешний край многоцветного диска (который

излучает в оптическом и ближнем ИК диапазоне) может нагреваться непосредственно прямыми рентгеновскими фотонами.

Важно отметить, что одновременные широкополосные наблюдения Рентгеновских Новых, во время перехода между жестким и мягким рентгеновским спектральным состоянием, имеют большое значение, поскольку они могут служить своего рода «рентгеновским томографом» для изучения физических условий во внешних областях аккреционного диска. Наблюдательная методика, предложенная в настоящей работе, может стать эффективным инструментом, позволяющим непосредственно тестировать как эффективность нагрева внешних частей диска рентгеновским излучением с разной энергией, так и вертикальную структуру и геометрию аккреционного потока в транзиентных маломассивных рентгеновских двойных системах.

Оригинальная статья/статьи:

A.V. Mesheryakov, M.H. Pavlinский, и др., MNRAS, Volume 473, Issue 3, 21 January 2018, Pages 3987–4002, IF = 4.961, <https://doi.org/10.1093/mnras/stx2565>

Крупномасштабная обработка астрономических изображений и прогнозирование красных смещений на основе данных обзора неба SDSS», тема Вселенная

A.V. Mesheryakov

Исследовались подходы к построению информационной системы для крупномасштабной обработки больших массивов астрономических данных (изображений и каталогов) собранных в архивах современных цифровых обзоров неба, на примере данных обзора SDSS. Рассмотрены задачи массового объединения изображений SDSS и измерения красных смещений галактик на основе всех доступных фотометрических признаков в каталоге SDSS при помощи алгоритма машинного обучения в рамках единой системы обработки и анализа данных на вычислительном кластере, построенной на базе технологии MapReduce.

Методы машинного обучения позволяют прогнозировать красное смещение галактик и, таким образом, строить объемные карты распределения астрономических объектов во Вселенной, которые в настоящее время широко используются в фундаментальных задачах внегалактической астрономии и наблюдательной космологии. Однако применение построенных прогностических моделей к доступным астрономическим каталогам, содержащим данные широкополосной фотометрии для объектов на всем небе, требует значительных вычислительных ресурсов. В работе был обобщен успешный опыт по применению технологии Apache Spark в облачной инфраструктуре Microsoft Azure для решения задачи точного прогнозирования фотометрических красных смещений 70 млн галактик на большом массиве данных астрономических каталогов из небесного обзора SDSS.

Оригинальная статьи:

S.V. Gerasimov, A.V. Mesheryakov, International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 5, no. 1, p.81-87 (2017), IF (РИНЦ 2016)=0.640, <http://injoit.org/index.php/j1/article/view/372/342>

I. Yu. Kolosov, S.V. Gerasimov, A.V. Meshcheryakov «Architecture of processing and analysis system for big astronomical data», в печати Proceedings of Astronomical Data Analysis Software and Systems XXVI conference (2017), arXiv:1703.10979 - <https://arxiv.org/abs/1703.10979>

Зависимость звездная масса - масса темного гало и эффективность звездообразования в скоплениях галактик», тема Вселенная

А.А.Вихлинин, А.В.Мещеряков

Изучается зависимость между массой звезд и массой массивного темного гало для выборки скоплений галактик, имеющих аккуратные измерения звездных масс по оптическим и ИК-данным и измерения полных масс на основе рентгеновских наблюдений. Показано, что звездная масса ярчайших центральных галактик скоплений (BCG) зависит от полной массы скоплений как $M_{i,BCG} \propto M_{500}^{\alpha_{BCG}}$, с наилучшим значением параметра наклона $\alpha_{BCG} \approx 0.4 \pm 0.1$. Мы оценили разброс $M_{i,BCG}$ при фиксированном M_{500} , как $\Delta \lg(M_{i,BCG}) \approx 0.2$. Мы показали, что большинство современных оценок зависимости масса звезд---масса темного гало, опирающихся на технику согласования численности гало или моделирования гало, недооценивают звездные массы центральных галактик в 2-4 раза. Мы полагаем что основной причиной расхождения является использование многими авторами функции звездной массы галактик (SMF), основанной на фотометрических измерениях серьезно недооценивающих профиль поверхностной яркости внешних частей для массивных галактик. В статье показано, что соотношение $M_{i,BCG} - M_{500}$, полученное нами для выборки скоплений с использованием техники согласования численности гало и с применением калибровки SMF Бернарди и др. (полученной на основе улучшенной фотометрии галактик), находится в хорошем согласии с соотношением, выведенным нами напрямую из калибровки наблюдений скоплений галактик. Полная звездная масса галактик коррелирует с полной массой скоплений M_{500} , с параметром наклона $\approx 0.6 \pm 0.1$ и разбросом $\Delta \lg(M_{i,BCG}) \approx 0.1$. Таким образом, эффективность преобразования барионов скопления в звезды уменьшается с увеличением массы скопления. Низкий разброс данной зависимости связан с большим вкладом галактик-спутников: звездная масса в галактиках-спутниках хорошо коррелирует с полной массой скопления M_{500} , с наклоном $\alpha_{sat} \approx 0.8 \pm 0.1$ и разбросом $\Delta \lg(M_{i,sat}) \approx 0.1$. При стандартном выборе начальной функции масс звезд общая доля звезд в скоплениях в 3-5 раз меньше, чем максимальная доля звезд, которая достигается в гало с массой $\approx 10^{12} M_{\odot}$. Разница сокращается до $\sim 1.5-3$ раз, если предположить увеличение доли маломассивных звезд в начальной функции масс с увеличением массы галактики раннего типа (о чем свидетельствуют современные данные наблюдений). Мы делаем следующий вывод: эффективность звездообразования в массивных гало подавляется значительно меньше, чем предполагалось ранее, а эффект обратной связи (за счет которого обеспечивается подавление звездообразования в массивных гало) должен быть значительно слабее, чем он заложен в большинстве современных полу-аналитических и численных моделях образования галактик.

Оригинальная статья/статьи:

А.В.Кравцов, А.А. Вихлинин, А.В.Мещеряков, Письма в Астрономический журнал, 12, 1, р.3, (2017), IF= 0.873

Определение основных параметров нейтронной звезды в системе 4U1820-30

Мольков С.В., Лутовинов А.А.

Ультракомпактная маломассивная двойная система 4U 1820-30, расположенная в шаровом скоплении NGC 6624, имеет орбитальный период всего ~ 11.4 мин. От источника наблюдаются рентгеновские всплески с фотосферным расширением, т. е. Достигается светимость на уровне Эддингтоновского предела, что позволяет нам оценить массу и радиус нейтронной звезды. В данной работе мы повторно проанализировали все наблюдения источника рентгеновской обсерваторией Rossi X-ray Timing Explorer и подтверждаем, что почти все всплески имели место во время жесткого постоянного состояния системы. Это позволяет использовать недавно разработанный метод «прямого охлаждения на хвосте вспышки» для оценки массы и радиуса NS. Предполагая гелиевую атмосферу НЗ, мы определили, что радиус NS находится в диапазоне 10-12 км, если масса НЗ не превышает величины 1.7 солнечных масс и в более широком диапазоне 8-12 км для более высоких значений масс 1.7-2.0 солнечных масс. Метод также ограничивает расстояние до системы 6.5 ± 0.5 кпк, что согласуется с расстоянием до кластера. Для атмосферы солнечного состава параметры НЗ находятся в сильном противоречии с общепринятым диапазоном возможных масс и радиусов.

Оригинальная статья:

Valery F. Suleimanov Jari J. E. Kajava Sergey V. Molkov Joonas Nättilä Alexander A. Lutovinov Klaus Werner Juri Poutanen *Basic parameters of the helium-accreting X-ray bursting neutron star in 4U1820–30* *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, published 01 September 2017 <https://doi.org/10.1093/mnras/stx2234>

SDSS J170745+302056: ГАЛАКТИКА С НИЗКОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЯРКОСТЬЮ В ГРУППЕ

А.В.Моисеев, В.П. Решетников, С.С. Савченко, О.В. Егоров

На основе данных обзора SDSS и спектральных наблюдений на 6-м телескопе CAO РАН выполнено исследование галактики SDSS J170745+302056. По совокупности своих характеристик -- экспоненциальное распределение яркости, центральная поверхностная яркость звездного диска, голубые показатели цвета, низкая металличность и невысокий темп звездообразования - галактика относится к типичным спиральным галактикам с низкой поверхностной яркостью (LSB). Экспоненциальный масштаб диска галактики равен 3.4 кпк, а ее оптический диаметр превышает 20 кпк. SDSS J170745+302056 входит в состав группы из 5 галактик и, возможно, взаимодействует с галактикой UGC 10716. Существование крупной галактики низкой яркости в столь плотном окружении весьма необычно, поскольку, в столь плотном окружении галактика должна была неоднократно сближаться с другими членами группы и испытывать приливные возмущения, способные инициировать в ней процесс активного звездообразования.

Оригинальная статья/статьи:

В.П. Решетников, С.С. Савченко, А.В.Моисеев, О.В. Егоров, Письма в АЖ, 2017, 43, с. 891, IF = 0.873

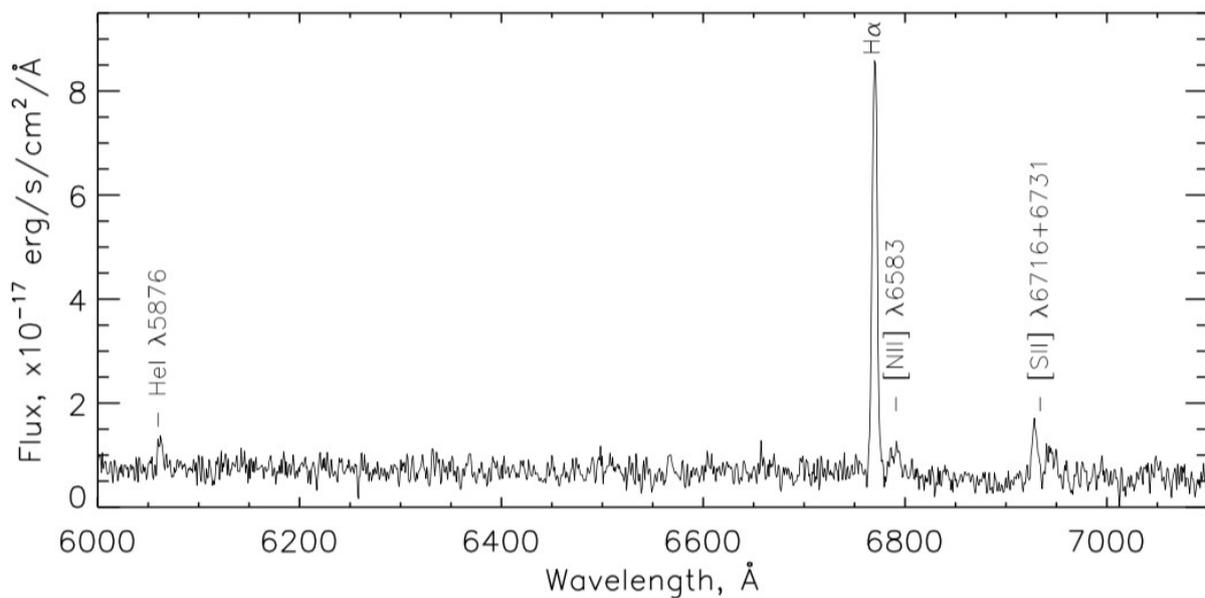


Рис 1. На Оптический спектр галактики LSB, полученный на 6-м телескопе CAO РАН.

Функция светимости и спектр излучения ярких массивных рентгеновских двойных систем, нагрет ранней Вселенной

С.Ю. Сазонов, И.И. Хабибуллин

В начале эпохи реионизации Вселенной межгалактический газ мог быть нагрет излучением первых массивных рентгеновских двойных систем (МРД). Для проверки этой гипотезы важно исследовать популяционные свойства МРД в современную эпоху. Измерены функция рентгеновской светимости и суммарный рентгеновский спектр ярких МРД в близких галактиках. Основной вклад в совокупное излучение МРД вносят ультраяркие и сверхмягкие ультраяркие рентгеновские источники. Показано, что излучение таких объектов могло существенно нагреть межгалактическую среду уже к $z=10$. Соответствующий сигнал может быть обнаружен в будущих наблюдениях в линии нейтрального водорода 21 см.

Оригинальные статьи:

- 1) Sazonov S., Khabibullin I. «Bright end of the luminosity function of high-mass X-ray binaries: contribution of hard, soft and supersoft sources», MNRAS, 2017, vol. 466, p. 1019-1051, IF=4.961
- 2) Sazonov S., Khabibullin I. «The intrinsic collective spectrum of luminous high-mass X-ray binaries», MNRAS, 2017, vol. 468, p. 2249-2255, IF=4.961
- 3) Сазонов С.Ю., Хабибуллин И.И. «Подогрев ранней Вселенной излучением массивных рентгеновских двойных систем», Письма в Астрономический журнал, 2017, том 43, стр. 243-253, (IF=0.873)

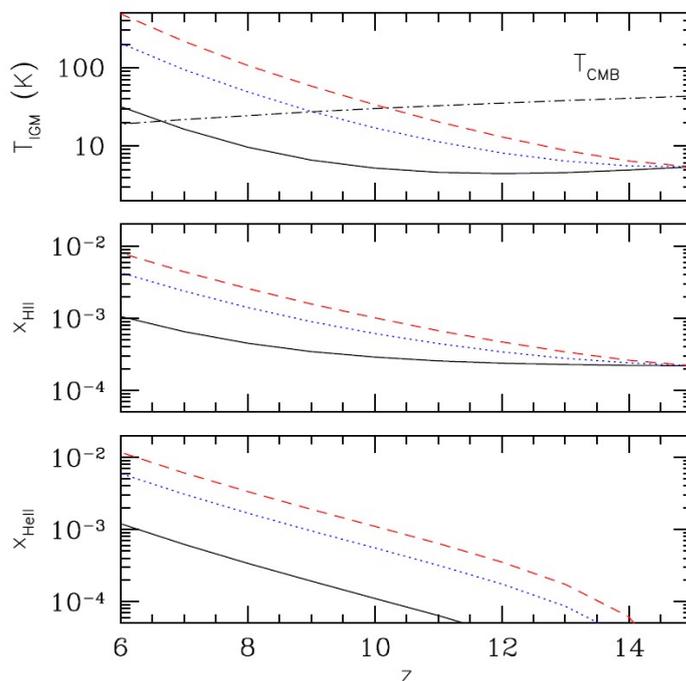


Рис. Эволюция температуры и степени ионизации межгалактической среды в ранней Вселенной.

Адаптация рентгеновских телескопов для возможности использования на международной космической станции.

Семена Н.П., Сербинов Д.В., Павлинский М.Н., Арефьев В.А.

Проведен анализ условий, в которых должны функционировать рентгеновские телескопы на внешней поверхности МКС. Выявлены наиболее критичные факторы для их функционирования, которые делают невозможным использования телескопов без применения технических решений, позволяющих нейтрализовать или ослабить эти факторы. Предложены некоторые технические решения для адаптации рентгеновских телескопов к условиям на МКС.

В частности, выявлено существенное противоречие между необходимостью строгой термостабилизации рентгеновских приемников излучения и чрезвычайно переменными внешними тепловыми потоками, воздействующими на рентгеновский телескоп, установленный на внешней поверхности МКС.

Для компенсации переменности воздействующих на прибор тепловых факторов разработан метод теплового пассивного саморегулирования за счет использовании разноориентированных радиаторов-излучателей. Создана методика оптимизации подобной системы.

Данный метод использован для формирования системы обеспечения теплового режима детекторов рентгеновского монитора СПИН-Х1-МВН, предназначенного для высокоточного измерения поверхностной яркости космического рентгеновского фона. Это позволило нейтрализовать переменность внешних тепловых условий и стабилизировать температуру рентгеновских детекторов прибора в диапазоне $-30 \pm 2,5$ °С. Данный космический эксперимент должен быть проведен на МКС в 2019 – 2023 гг.

Оригинальные статьи:

1. *D. V. Serbinov, N. P. Semena, and M. N. Pavlinsky* Opposite Radiators Used for Thermostabilizing of X-Ray Detectors of the All-Sky Monitor to be Installed on the ISS. *Journal of Engineering Thermophysics*, 2017, Vol. 26, №3, pp. 366-376
2. *Сербинов Д.В., Семена Н.П., Павлинский М.Н., Арефьев В.А* Возможности и ограничения орбитальных космических станций для проведения астрофизических экспериментов. Статья принята к печати в журнале «Инженерная физика»

Высокочастотная переменность двойных систем с аккрецирующими черными дырами.

А.Н.Семена, М.Г.Ревнивцев, Т.И.Ларченкова, А.А.Лутовинов

Нами был получен спектр мощности переменности светимости двумерного аккреционного диска вращающейся черной дыры, с учетом всех релятивистских эффектов. При расчете переменности светимости для определения характерных времен распространения возмущений, рассматривался классический альфа-диск в метрике Керра, при этом принималось, что энергетический спектр излучения диска описывается степенным законом $P(\nu) \sim \nu^{-1.5}$. В результате численного расчета продемонстрирован вклад азимутальной неоднородности поверхностной яркости диска в собственной системе координат в его спектр мощности переменности светимости с точки зрения удаленного наблюдателя. Показано, что в системе покоя удаленного наблюдателя, в результате когерентности возмущений во внутренних частях диска, переменность светимости может быть частично подавлена на высоких частотах.

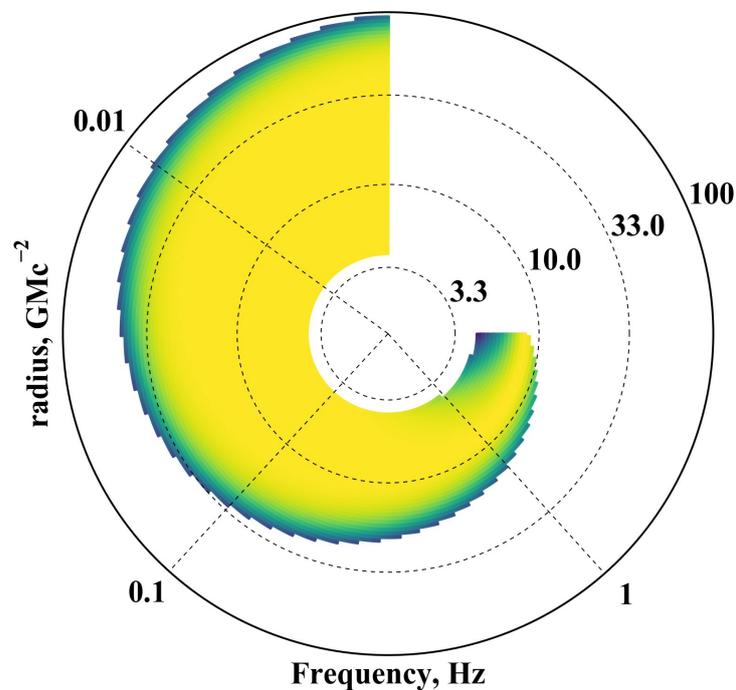


Рис 1. Цветом обозначена фаза возмущений, распространяющихся по диску за счет вязкой диффузии. Расчет получен для черной дыры с массой 10 солнечных и удельным угловым моментом $a = 0.6$, коэффициент вязкости диска $\alpha = 0.5$.

Оригинальная статья:

*Very High Energy Phenomena in the Universe Proceedings of the 52nd Rencontres de Moriond
Published by ARISF in 2017 Edited by Étienne Augé, Jacques Dumarchez and Jean Trân
Thanh Vân ISBN # 979-10-96879-04-5 pages 277-280 (2017)*

Особенности аккреционного течения в системе EX Нуа: результаты численного моделирования.

П.Б.Исакова, А.Г.Жилкин, Д.В.Бисикало, А.Н.Семена, М.Г.Ревнивцев

В работе исследуются течения вещества в окрестности замагниченного белого карлика с целью определения геометрических и физических свойств аккреционных колонок у его поверхности. Для этого была произведена двухмерная МГД симуляция течения. В результате симуляции было получено устойчивое перетекание вещества на поверхность БК в аккреционной струе. Продемонстрировано, что течение имеет форму тонкой шторки, занимающей только часть азимутального угла для каждого полюса белого карлика. Получена оценка на толщину шторки.

Оригинальная статья:

П.Б.Исакова, А.Г.Жилкин, Д.В.Бисикало, А.Н.Семена, М.Г.Ревнивцев

Письма в Астрономический журнал, 61 <http://adsabs.harvard.edu/abs/2017ARep...61..560I>

Совместные калибровочные испытания рентгеновских зеркальных систем и блоков детектора телескопа ART-XC проекта Спектр-РГ

Ткаченко А., Павлинский М., Левин В., Акимов В., Кривченко А., Ротин А., Кузнецова М., Лапшов И., Яскович А., Олейников В. и др.

Проведены совместные испытания запасных модулей рентгеновской зеркальной системы (РЗС) и блока детектора (УРД) телескопа ART-XC проекта «Спектр-РГ» на рентгеновском стенде в ИКИ РАН с октября 2016 по июль 2017 года. В результате двух серий измерений, в которых в качестве источника излучения использовалась рентгеновская трубка с молибденовым анодом, расположенная на расстоянии 61 метр от РЗС, проведена количественная оценка модели эффективной площади РЗС по оси зрения. Модельная функция эффективной площади рассчитывалась методом трассировки лучей с использованием зеркальной системы близкой к реальной РЗС с точки зрения прохождения лучей. Отражающая поверхность зеркал задавалась как 10 нм слой иридия (Ir) с шероховатостью поверхности 1 нм на полубесконечной никелевой (Ni). Получено, что экспериментальные данные достаточно хорошо согласуются количественно с результатами моделирования. В диапазоне энергий 3.3 – 17.2 кэВ интегральные отличия не превышают 0.7%. Обнаружена заметная систематика в модельных спектрах, которую необходимо учитывать при регистрации более 10^4 событий от источника. Несмотря на полученное хорошее согласие, работа по уточнению модели РЗС будет продолжена.

Оригинальная статья:

A. Tkachenko, M. Pavlinsky, V. Levin, V. Akimov, A. Krivchenko, A. Rotin, M. Kuznetsova, I. Lapshov, A. Yaskovich, V. Oleinikov, M. Gubarev, B. Ramsey, "ART-XC/SRG: joint calibration of mirror modules and x-ray detectors" // Proc. SPIE 10397, UV, X-Ray, and Gamma-Ray Space Instrumentation for Astronomy XX, 103971J (29 August 2017); doi: 10.1117/12.2272710; <http://dx.doi.org/10.1117/12.2272710>

Радиус магнитосферы нейтронной звезды при дисковой аккреции.

Е.В. Филиппова, И.А. Мереминский, А.А. Лутовинов, С.В. Мольков, С.С. Цыганков.

Исследована зависимость темпа изменения частоты вращения аккрецирующих нейтронных звезд \dot{V} с сильным магнитным полем (рентгеновских пульсаров) от темпа аккреции вещества (боллометрической светимости, L_{bol}) для восьми транзиентных пульсаров, входящих в двойные системы с Ве-звездами. С помощью данных телескопов Fermi/GBM и Swift/BAT показано, что для семи из восьми систем зависимость $\dot{V} \propto L_{bol}$ может быть аппроксимирована моделью переноса углового момента через аккреционный диск, предсказывающей соотношение $\dot{V} \propto L_{bol}^{6/7}$. В системе V 0332+53 подтвержден, а в системах KS 1947+300, GRO J1008-57 и 1A 0535+26 впервые обнаружен гистерезис в зависимости $\dot{V} \propto L_{bol}$. Получены оценки на радиус магнитосферы нейтронных звезд во всех исследованных системах. Показано, что эта величина варьируется от пульсара к пульсару, а также сильно зависит от аналитической модели и оценок на параметры нейтронной звезды и двойной системы.

Оригинальная статья/статьи:

Е.В. Филиппова, И.А. Мереминский, А.А. Лутовинов, С.В. Мольков, С.С. Цыганков. ПИСЬМА В АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, 2017, том 43, No 11, с. 782–806. IF=0.873 https://link.springer.com/article/10.1134/S1063773717110020?Wt_mc=Internal.Event.1.SEM.articleauthoronlinefirst

Поляризация эффекта Сюняева-Зельдовича, вызванная анизотропией электронного давления в скоплениях галактик

И.И. Хабибуллин, С. В. Комаров, Е. М. Чуразов, А. А. Щекочихин

Частота кулоновских соударений частиц в горячей разреженной плазме скоплений галактик намного порядков меньше их ларморовской частоты. В результате этого становится возможным возникновение гиротропной анизотропии давления, вызванной сохранением адиабатического инварианта в меняющемся магнитном поле и тепловыми потоками. В данной работе было показано, что наличие подобного рода анизотропии может проявить себя в поляризации космического микроволнового фона, возникающей в результате его комптоновского рассеяния на анизотропных электронах скопления (эффект Сюняева-Зельдовича). Степень поляризации скалируется линейно с оптической толщиной области скоррелированной анизотропии давления, а также непосредственно с величиной этой анизотропии, которая, однако, ограничена пороговыми значениями, задаваемыми развитием зеркальной и шланговой неустойчивостей. Предсказываемый сигнал проиллюстрирован на примере скопления галактик с "холодным фронтом", для которого можно ожидать как растяжение силовых линий, так и значительные тепловые потоки в обтекающем "холодный фронт" горячей газе. Для типичных параметров такой системы ожидаемая степень поляризации оказывается на уровне 10^{-8} (т.е. ~ 20 нК), что сравнимо с амплитудой конкурирующих источников поляризации, которые, однако, характеризуются либо иной спектральной зависимостью, либо отличной ожидаемой морфологией сигнала. Детектирование или ограничение на амплитуду предсказанной поляризации предоставляет уникальную возможность измерить эффективную столкновительность электронов межгалактической среды, которая может значительно превосходить столкновительность за счет кулоновских соударений и которая играет ключевую роль в описании процессов переноса в газе скоплений.

Оригинальная статья/статьи:

И.И. Хабибуллин, С. В. Комаров, Е. М. Чуразов, А. А. Щекочихин

MNRAS (IF = 4.961), принята к публикации, <https://doi.org/10.1093/mnras/stx2924>,

Pressure anisotropy(random initial magnetic field)+ kSZ+ τ^2 polarization

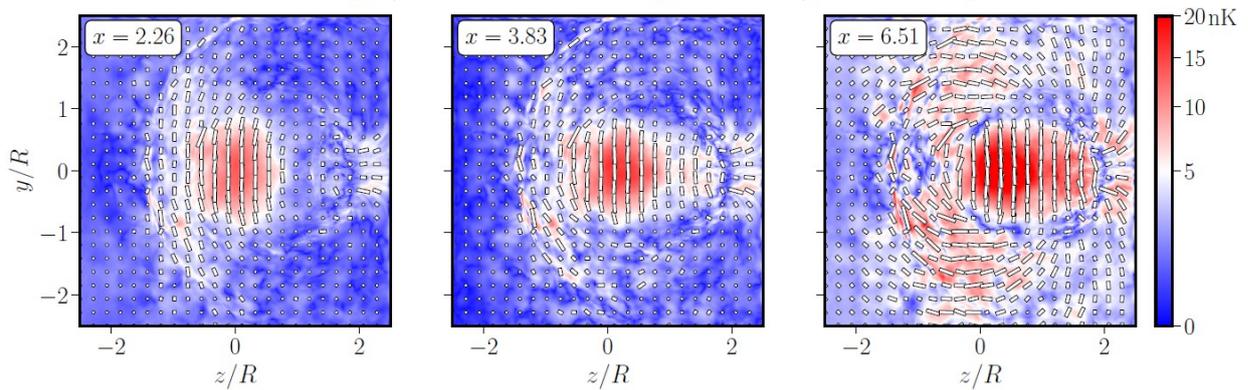


Рис.1. Карта поляризованного микроволнового излучения в направлении на скопление галактик размером 1 Мпк, содержащее более холодную и плотную субструктуру (в центре), движущуюся со скоростью звука в горячем газе. Предсказываемый сигнал включает вклад поляризации, вызванной анизотропией электронного давления, поляризации, вызванной движением субструктуры как целого, а также поляризации, возникающей в результате двухкратных рассеяний фотонов микроволнового фона. Слева показана карта на 128 ГГц, в центре - 218 ГГц, справа - 370 ГГц.

Отождествление линий в спектре протяженного рентгеновского излучения прецессирующих джетов SS 433

И.И. Хабибуллин, С. Ю. Сазонов

В работе детально рассмотрен вопрос идентификации линий излучения, наблюдаемых в рентгеновском спектре протяженных прецессирующих джетов Галактического микроквара SS 433. Показано, что эффект запаздывания излучения, приходящего от удаляющихся частей джета по сравнению с приближающимися, приводит к значительному фазовому сдвигу прецессионной картины и, как следствие, искажению предсказываемых положений линий протяженного ($\sim 10^{17}$ см) излучения по сравнению с рентгеновскими и оптическими линиями центрального источника (излучаемых на расстояниях 10^{11} см и 10^{15} см, соответственно). Были рассмотрены сценарии кратковременной вспышки от джетов на фиксированном пролетном расстоянии от источника и продолжительного (составляющего заметную долю периода прецессии) поярчания. Получены предсказания положения линий в зависимости от фазы прецессии центрального источника, расстояния от него и продолжительности поярчания. Произведенные расчеты позволили идентифицировать наблюдаемые линии с Fe XXVI Ly α ($E_0=6.96$ кэВ) линией, излучаемой в области размером 6×10^{16} см вдоль джета. Это указывает на продолжительный нагрев вещества джета до температур выше 10 кэВ, что может быть связано с частичным торможением вещества джетов в результате взаимодействия с окружающей средой, которое может приводить к столкновению отдельных плотных «комков» внутри джета.

Оригинальная статья/статьи:

И.И. Хабибуллин, С. Ю. Сазонов

Письма в Астрономический Журнал (ПАЖ) (IF=0.873),

том 43, No 6, с. 431–443, <http://adsabs.harvard.edu/abs/2017AstL...43..388K>

Каталог кандидатов в квазары на $3 < z < 5.5$ источников XMM-Newton и их спектроскопическая проверка.

Г.А. Хорунжев, С.Ю. Сазонов, Р.А. Буренин, М.В. Еселевич

Ранее, был составлен каталог 903 кандидатов в далекие квазары (K16) на красных смещениях на $3 < z < 5.5$ (включая известные квазары). Кандидаты были отобраны из каталога рентгеновских источников (3XMM-DR4) отдельных наведений телескопа XMM-Newton. Отбор рентгеновских источников проводился по фотометрическому красному смещению, которое было получено нами с привлечением фотометрических обзоров SDSS, 2MASS, WISE. Около 40% источников каталога — это новые кандидаты в квазары, которые ранее не имели измерений спектроскопического красного смещения.

В данной работе приводятся результаты спектроскопической проверки новых кандидатов. Спектры 48 источников были получены на телескопах АЗТ-33ИК (диаметр зеркала 1.6-м, спектрограф ADAM) и БТА (диаметр зеркала 6-м, спектрограф Scorpio-I). Таким образом, к настоящему моменту удалось проверить 13% новых кандидатов. Большинство источников (65%) действительно оказываются квазарами. Подтверждены 4 новых кандидата на $z > 4$. Полученные результаты позволили уточнить оценки чистоты отбора новых кандидатов, особенно для далеких объектов на $z > 4$. Проведенная спектроскопическая проверка однозначно демонстрирует, что дополнительный отбор рентгеновских кандидатов с привлечением открытых данных фотометрических обзоров значительно увеличивает число (в 1.2-1.5 раза) далеких квазаров на $z > 3$.

Оригинальная статья опубликована в трудах конференции «Quasars at all cosmic epochs» Падуа, 2017 <https://indico.ict.inaf.it/event/338/overview>

Оригинальная статья/статьи:

Catalog of $3 < z < 5.5$ Quasar Candidates Selected among XMM-Newton Sources and Its Spectroscopic Verification

G.Khorunzhev, S.Sazonov, R.Burenin, M.Eselevich, Front. Astron Space Sci., 13, 0, 37, <https://doi.org/10.3389/fspas.2017.00037>,

Рентгеновские всплески I рода, обнаруженные телескопом JEM-X обсерватории INTEGRAL в 2003-2015 гг.

И.В. Человеков, С.А. Гребенев, И.А. Мереминский, А.В. Просветов (ИКИ РАН)

Представлены результаты анализа данных телескопа JEM-X обсерватории INTEGRAL, полученных с января 2003 г. по январь 2015 г., с целью поиска рентгеновских всплесков I рода от известных и новых барстеров. Такие всплески вызваны термоядерными взрывами на поверхности нейтронной звезды. Всплески искались по записям скорости счета детекторов этого телескопа в диапазоне энергий 3-20 кэВ. Отдельно по данным телескопа были реконструированы и проанализированы кривые блеска 104 известных на сегодняшний день рентгеновских барстеров. Ранее подобный поиск всплесков был проведен по данным телескопа IBIS/ISGRI обсерватории в диапазоне 15-25 кэВ, полученным в 2003-2009 гг. В работе анализ данных этого телескопа был продолжен вплоть до наблюдений в январе 2015 г. В совместный по двум приборам каталог всплесков вошло 2201 событие, приведены основные параметры всех событий. Большой объем выборки всплесков делает ее одной из наиболее представительных из существующих и позволяет проводить разнообразные статистические исследования

всплесков. В частности, в работе построена зависимость среднего темпа генерации всплесков I рода барстерами от светимости (темпа аккреции); обнаружено отклонение этой зависимости от предсказаний модели полного сгорания во всплеске, выпавшего на поверхность звезды вещества; выявлен заметный темп генерации всплесков источниками с околоэддингтоновской светимостью. Почти все зарегистрированные всплески связаны с уже известными барстерами, в архивных данных нами был обнаружен лишь один ранее неизвестный источник-барстер IGR J17380-3749 и еще один известный, но плохо изученный источник AX J1754.2-2754 был отождествлен как барстер. Ранее несколько подобных источников были отождествлены как барстеры непосредственно во время наблюдений обсерватории.

Оригинальные статьи:

- 1). И.В. Человеков, С.А. Гребенев, И.А. Мереминский, А.В. Просветов «Рентгеновские всплески I рода, обнаруженные телескопом JEM-X обсерватории INTEGRAL в 2003-2015 гг.», *Письма в Астрономический журнал*, 2017, т. 43, с. 859-874 <http://dx.doi.org/10.7868/S0320010817120075>

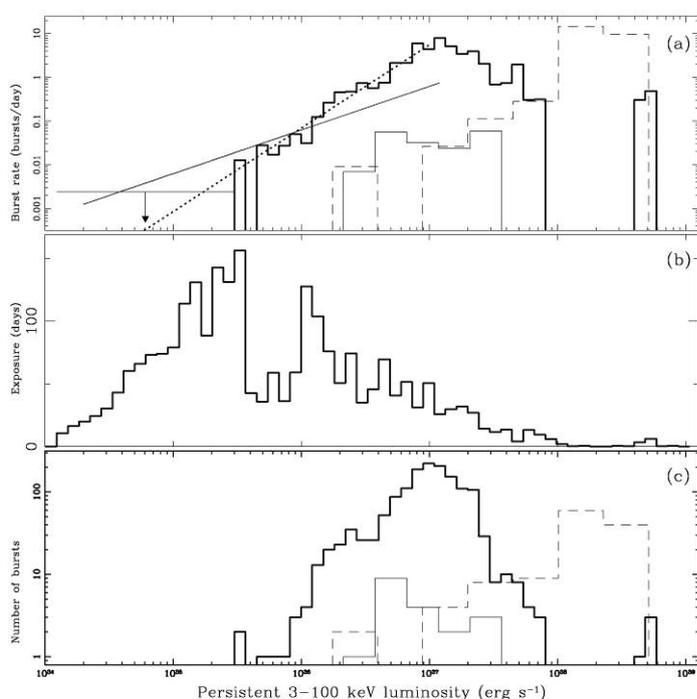


Рис. 1. Темп генерации рентгеновских всплесков I рода барстерами в зависимости от их светимости (a). Экспозиция наблюдений (b) и число зарегистрированных телескопом JEM-X всплесков (c) для барстеров определенной светимости. Штриховая гистограмма покрывает результат по всплескам источника GRO J1744-28, сплошной тонкая гистограмма - вклад кратных всплесков. Сплошная прямая линия - предсказание модели полного сгорания во всплеске вещества, накопленного между всплесками, пунктирная - результат наилучшей аппроксимации данных.

Вспышки рентгеновского излучения сверхмассивной черной дыры в центре Галактики и свойства молекулярных облаков

Е. Чуразов, И. Хабибуллин, Р. Сюняев

В цикле обсуждается возможность диагностики внутренней структуры молекулярных облаков, облучаемых короткими вспышками рентгеновского излучения от сверхмассивной черной дыры в центре Млечного Пути. Предположение, что на мелких масштабах структура молекулярных облаков изотропна (но не однородна) позволяет измерить время, прошедшее с момента вспышки, сравнивая структурные функции флуктуаций рентгеновского излучения во времени и пространстве. Зная время вспышки (примерно 110 лет назад) можно восстановить глобальное трехмерное распределение плотности молекулярного газа. Более того, поскольку при коротких вспышках облучаемый слой газа оказывается очень тонким, можно напрямую измерять статистические свойства мелкомасштабных флуктуаций плотности газа.

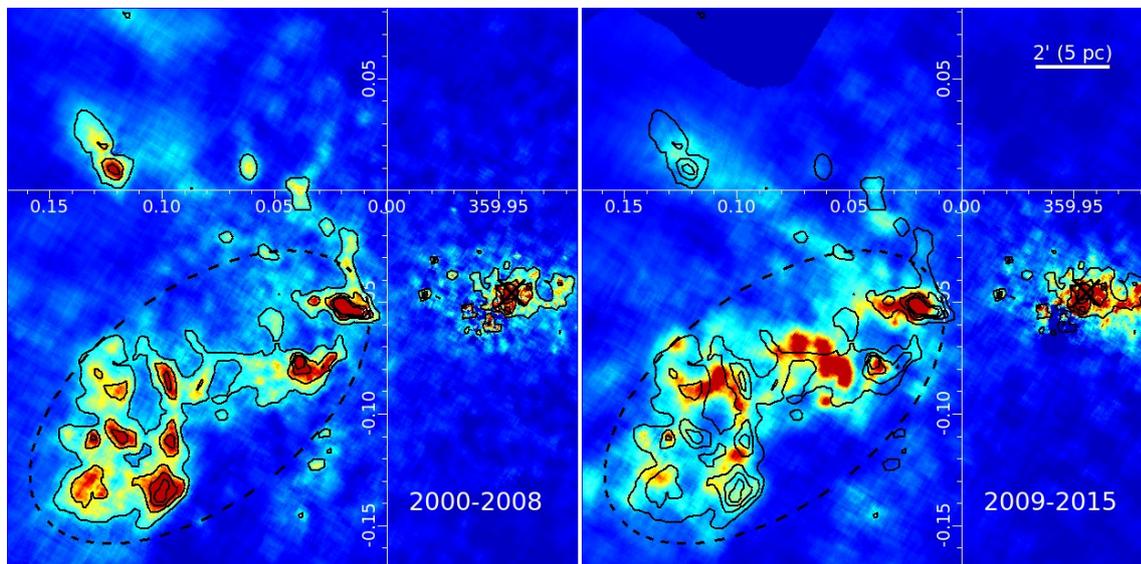


Рис.1 Эволюция рентгеновского излучения сверхмассивной черной дыры, рассеянного веществом молекулярных облаков (данные телескопа Chandra). Переменность на масштабах порядка нескольких лет дает надежное ограничение на продолжительность вспышки и позволяет оценить возраст вспышки. Пространственные вариации поверхностной яркости, в свою очередь, дают информацию о распределении плотности газа на масштабах вплоть до долей парсека (из работы Чуразова и др., 2017).

Оригинальные статьи

1. Churazov E., Khabibullin I., Sunyaev R., Ponti G. "Not that long time ago in the nearest galaxy: 3D slice of molecular gas revealed by a 110 yr old flare of Sgr A*", 2017, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 465, 45

2. Churazov E., Khabibullin I., Ponti G., Sunyaev R. "Polarization and long-term variability of Sgr A* X-ray echo", 2017, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 468, 165

3. Churazov E., Khabibullin I., Sunyaev R., Ponti G. "Can Sgr A* flares reveal the molecular gas density PDF?", 2017, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 471, 3293

Физика горячего газа в скоплениях галактик

Е. Чуразов

Рассмотрены различные теоретические модели нагрева газа сверхмассивными черными дырами в ядрах скоплений и наблюдательные ограничения на свойства газа в сливающихся скоплениях галактик. В частности, проведен систематический анализ долей энергии, идущей на возбуждение звуковых волн и нагрева газа ударными волнами черными дырами, получены ограничения на коэффициент диффузии космических лучей в центрах скоплений.

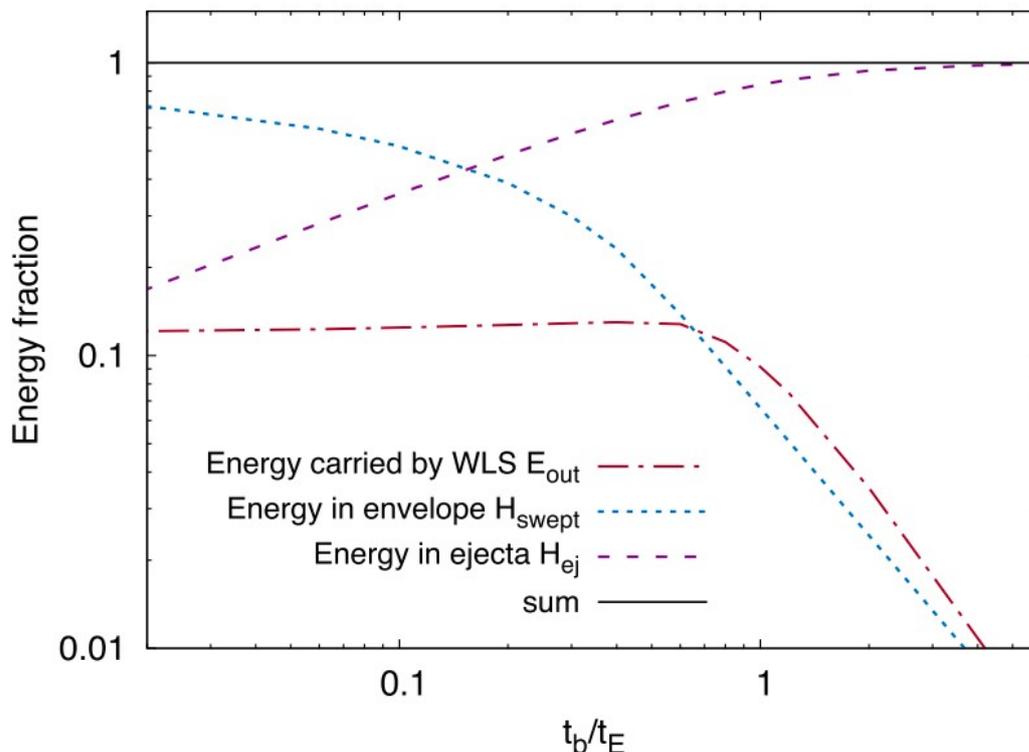


Рис.1 Модель, иллюстрирующая эффективность генерации звуковых волн при сферически симметричном выделении энергии сверхмассивной черной дырой в центре скопления галактик. Показана зависимость долей энергии, связанных с энтальпией пузыря (фиолетовая кривая); энтальпией газа, нагретого ударной волной (голубая кривая) и возникающих звуковых волн (красная кривая) от длительности эпизода энерговыделения (при фиксированной полной энергии).

Оригинальные статьи

Tang X., Churazov E. "Sound wave generation by a spherically symmetric outburst and AGN feedback in galaxy clusters", 2017, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 468, 3516

Prokhorov D. A., Churazov E. M. "Confinement and diffusion time-scales of CR hadrons in AGN-inflated bubbles", 2017, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 470, 3388

Forman W., Churazov E., Jones C., Heinz S., Kraft R., Vikhlinin A. "Partitioning the Outburst Energy of a Low Eddington Accretion Rate AGN at the Center of an Elliptical Galaxy: The Recent 12 Myr History of the Supermassive Black Hole in M87", 2017, *The Astrophysical Journal*, 844, 122

Su Y., Kraft R. P., Roediger E., Nulsen P., Forman W. R., Churazov E., Randall S. W., Jones C., Machacek M. E. "Deep Chandra Observations of NGC 1404: Cluster Plasma Physics Revealed by an Infalling Early-type Galaxy", 2017, *The Astrophysical Journal*, 834, 74

Su Y., Kraft R. P., Nulsen P. E. J., Roediger E., Forman W. R., Churazov E., Randall S. W., Jones C., Machacek M. E. "Capturing the 3D Motion of an Infalling Galaxy via Fluid Dynamics", 2017, *The Astrophysical Journal*, 835, 19

van Weeren R. J., Ogrean G. A., Jones C., Forman W. R., Andrade-Santos F., Pearce C. J. J., Bonafede A., Brüggem M., Bulbul E., Clarke T. E., Churazov E., David L., Dawson W. A., Donahue M., Goulding A., Kraft R. P., Mason B., Merten J., et al. "Chandra and JVLA Observations of HST Frontier Fields Cluster MACS J0717.5+3745", 2017, *The Astrophysical Journal*, 835, 197

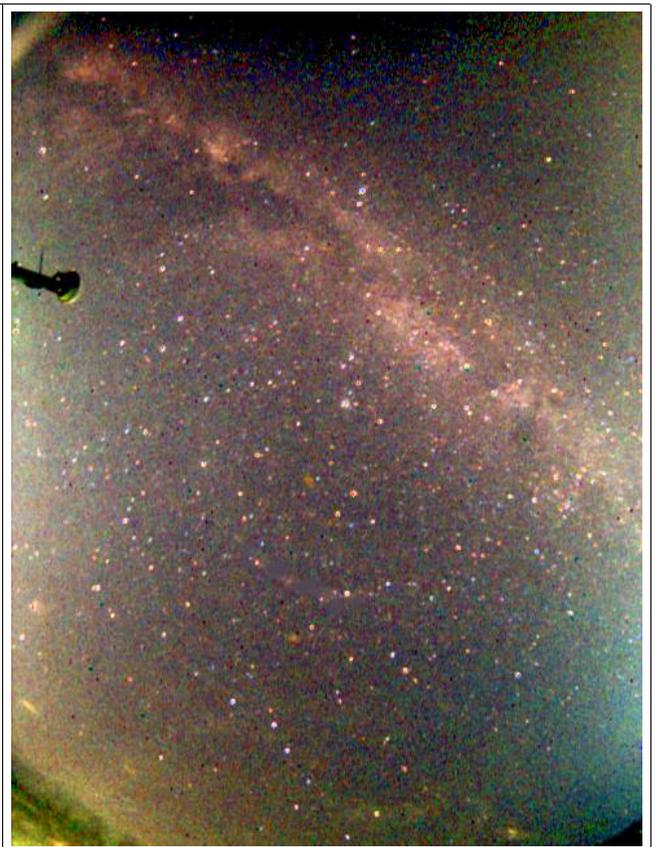
Раздел «АСТРОПЫЛЬ»

Маслов И.А., Угольников О.С.

Для проведения мониторинга ярких звезд и исследования рассеяния света пылью в земной атмосфере были разработаны, изготовлены и установлены две широкоугольные камеры, одна в Подмосковье, вторая в п. Симеиз. В камерах используются цветные матричные фотоприемники ST-i фирмы SBIG (приобретены на средства гранта РФФИ). Камеры направлены в зенит и имеют поле зрения, примерно, 90 градусов. Камеры включены круглосуточно, ведут съемку в сумерки и ночью, автоматически переключая выдержку в зависимости от глубины погружения Солнца под горизонт. Информация записывается на сменные жесткие диски, но доступна и по сети Интернет. В п. Симеиз камера используется, так же, для контроля текущей погоды при наблюдении на 1-м телескопе.

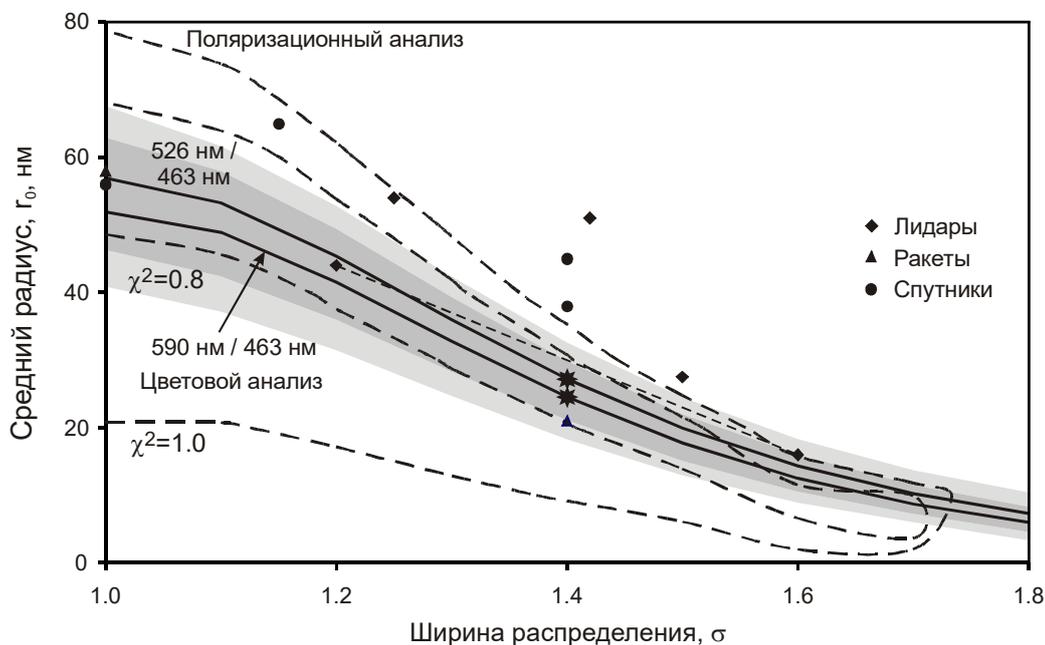


Камера в п. Симеиз (слева, вверху).



Один из ночных снимков.

Разработаны методы определения распределения частиц по размерам при рассеянии на них света различных длин волн. Эти методы применены для изучения аэрозольных частиц в стратосфере и мезосфере Земли, которое производилось с помощью цветных (RGB) камер, установленных в Московской области (Чепелево, 55.2°N, 37.5°E) и Мурманской области (Ловозеро, 68.0°N, 35.1°E). Результаты зондирования ярких серебристых облаков на станции Ловозеро оказались в хорошем согласии с проведенными ранее поляризационными измерениями, а также существующими оценками на основе лидарного, ракетного и спутникового зондирования.



Параметры распределения частиц серебристых облаков по размерам на основе поляризационного и цветового анализа (по двум парам длин волн).

Публикации в иностранных журналах:

Ugolnikov O.S., Galkin A.A., Pilgaev S.V., Roldugin A.V. Noctilucent Cloud Particle Size Determination based on Multi-Wavelength All-Sky Analysis // *Planetary and Space Science*, v. 146, p.10–19, 2017.

Публикации российских журналах:

Угольников О.С., Маслов И.А. Анализ направления поляризации фона сумеречного неба как средство выделения однократного рассеяния // *Космические исследования*, т. 55, №3, стр. 179-188, 2017.

Публикации конференций:

Угольников О.С. Стратосфера и мезосфера Земли: оптические и тепловые свойства (обзорная лекция) // Труды Международной байкальской молодежной научной школы по фундаментальной физике и конференции молодых ученых "Взаимодействие излучения с веществом". Иркутск, ИСЗФ СО РАН, стр. 3-8, 2017.

Ugolnikov O.S., Maslov I.A., Roldugin A.V., Pilgaev S.V., Galkin A.A. Multi-Color Photometry of Twilight Sky Background using RGB All-Sky Cameras: Microphysical Investigations of Aerosol in Middle and Upper Atmosphere // *Proceedings of 40 Apatity Seminar "Physics of Auroral Phenomena"*, Apatity, Polar Geophysical Institute, 2017.

Раздел «Радиоинтерферометр»

Активные процессы, протекающие в ядрах галактик и областей звездообразования, являются ключевыми для познания их природы. В.А.Амбарцумян считал, что формирование звезд не определяется гравитационной неустойчивостью и многие годы вопрос оставался открытым. Открыт вопрос и о связи галактик с черными дырами, и в целом о происхождении и развитии основных объектов вселенной - галактик звезд. Необычайно малые квазизвездные угловые размеры рассматриваемых объектов недоступны прямым измерениям их структуры и тем более кинематики протекающих процессов, определению источников энергии, разогрева и ускорения вещества, эжекции высоко коллимированных потоков с околосветовыми скоростями. Радиоинтерферометрия со сверхдлинными базами (РСДБ), 55-летие которой отмечается в этом году, открыла такую возможность. Совершенствование метода позволило достигнуть предельного углового разрешения и исследовать сверхтонкую структуру астрономических объектов с угловым разрешением до 20 мксек. дуги, а в мазерных линиях до 2 мксек.

Квазар 3C 273. Получена сверхтонкая структура квазара 3C 273 на волнах $\lambda = 2$ и 6 см с оптимальными угловыми разрешениями $\varphi = 20$ мксек. и 50 мксек, эпохи 2005–2014 гг., рис.1. Выделено сопло и биполярный поток: джет и контрджет. Скорость эжекции потоков $v \leq 0.1c$. Яркостная температура сопла достигает $T_b \approx 45 \times 10^{12}$ К, $\lambda = 2$ см. Эжектированные электроны высвечиваются на расстоянии до 4 пк. Однако, послесвечение джета наблюдается до $\rho \approx 16$ пк, что определяется ускорением потока, компенсирующим потери излучения. Сопло контрджета находится ближе к наблюдателю, джета—в удаленной части. Отрыв джета от сопла определяется поглощением тепловой плазмой диска. Релятивистская плазма поступает по рукавам к соплу яркостная температура которых достигает 10% пикового значения. Центральный высокоскоростной поток окружен низкоскоростными составляющими, эжектируемыми по мере накопления избыточного углового момента. Диаметр внешнего сопла $\varnothing = 25$ пк и далее экспоненциально уменьшается; $\varnothing_n \approx 80 \exp(-1.15n)$ пк. Во вращающихся потоках—трубках, возбуждаются кольцевые токи - магнитные поля, ускоряющие и стабилизирующие протекающие процессы. Кинематика, коллимация и ускорение потоков, магнитные поля имеют вихревую природу.

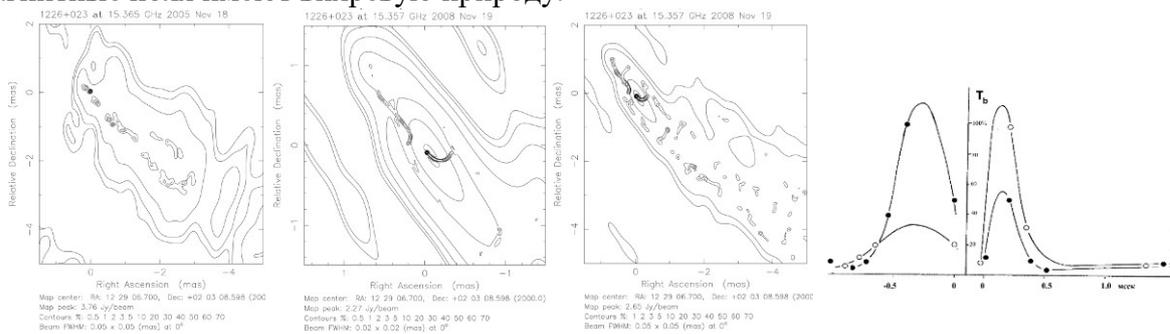


Рис. 1. Тонкая структура квазара 3C 273, эпохи 2005 и 2008 гг. Разрешение 20 и 50 мксек. Распределение яркости в высокоскоростном биполярном потоке 2007г. (●—●—●—●) и 2008 (○--○--○--○). Яркости джета и контрджета спадают на расстоянии 0.5 мсек, но послесвечение джета наблюдается существенно дальше.

Галактика NGC 4258. Структура балджа галактики в H_2O мазерном излучении, $\lambda=1.35$ см, эпохи 04.02.2013 и 29.11.2013 с разрешением до $5 \geq \varphi \geq 2$ мксек состоит из цепочки компактных компонент, протяженностью до 200 мксек. дуги или 7 мпк рис.2. Компоненты соответствуют тангенциальным направлениям спиральных рукавов. Две яркие компактные компоненты разнесены на $\Delta\rho \approx 35$ мксек. дуги, расстояние между двумя центральными 13 мксек. дуги, яркости достигают $T_b \approx 10^{18}$ К, Рис.2 справа. Градиент скорости равен $dV/d\rho = 224$ км/с/мсек. дуги, что предполагает твердотельное вращение с периодом $T \approx 760$ лет. Из центральной части балджа в направлении $X \approx 15^\circ$ эжектируются две параллельные цепочки компонент, соответствующие тангенциальным направлениям

стенки биполярного потока. В эпоху 4.02.2013 на скорости $v = 478$ км/с из центральной части происходит эжекция вещества в северном направлении, яркость 0.2%, $T_b \approx 10^{15}$ К. Двойная структура предполагает параллельные диски–вихри, разнесенные на 0.25 мпк друг относительно друга. Структура и кинематика соответствуют вихревой природе.

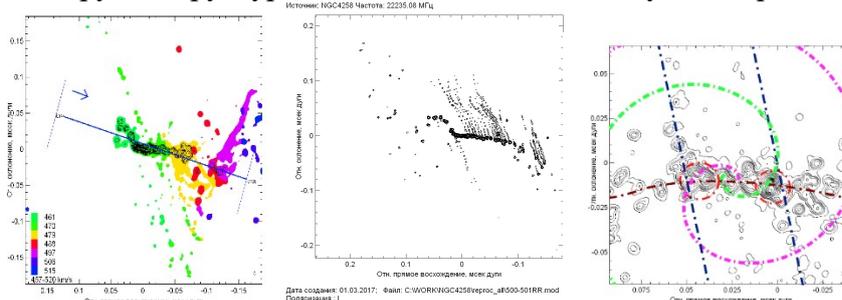


Рис.2. Структура балджа NGC 4258 в мазерном излучении, эпоха 29.11.2013, разрешение $\varphi=5$ мсек. дуги, цвет - скорости фрагментов структуры - слева. Структура балджа $\varphi= 2$ мсек. дуги, истечение вещества вверх - центр. Спиральные рукава, тангенциальные направления которых соответствуют компактным источникам, - справа. Штрихпунктирными линиями обозначены стенки пустотелой трубки – биполярного потока.

Орион КЛ. Исследования активной области в H_2O -мазерном излучении в период низкой активности эпохи 1998–2003 гг. позволили выделить протяженные структуры низкой яркости в области сопла и низкоскоростные составляющие биполярного потока – пустотелых трубок диаметрами $\square_3 \approx 4.5$ а.е., $\square_2 \approx 0.5$ а.е. $\square_1 \approx 0.24$ а.е. и центрального $\square_0 \approx 0.05$ а.е. Наблюдаемое смещение относительно центрального потока определяется истечением вещества из спирального рукава по мере накопления избыточного углового момента. Эпизодически наблюдаются потоки спиральной формы, рис. 3, что подтверждает газодинамические решения. Коллимация и ускорение потоков определяется вращением. Окружающее вещество перетекает по спиральным рукавам к центру и эжектируется, унося избыточный угловой момент по мере его накопления – формируется коаксиальная структура потока и твердотельное вращение диска. Остаточное вещество выпадает на центральное тело - протозвезду, гравитационное поле которой ускоряет и стабилизирует процесс. Мазерное излучение определяется ударным возбуждением молекул водяного пара молекулами водорода, скорость которых превышает скорость молекул водяного пара более чем на 10 км/с. Скорость истечения молекул водяного пара центрального потока достигает 5 км/с и нарастает до 40 км/с на расстоянии 2 а.е.

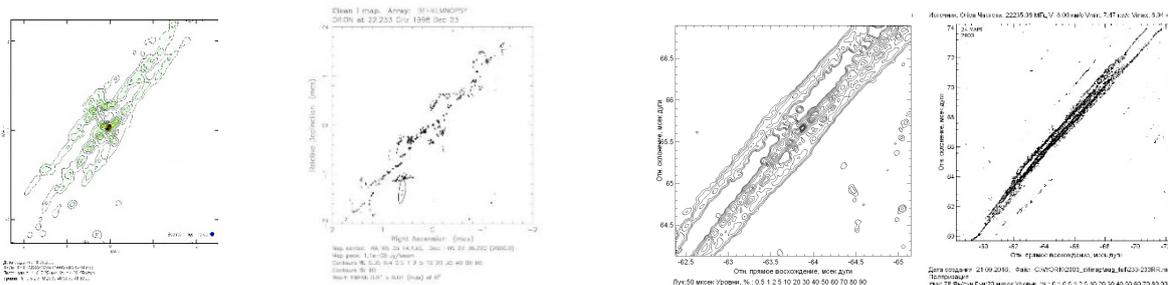


Рис. 3. Биполярный поток в Орионе КЛ в H_2O мазерном излучении – пустотелые трубки: разрешение слева направо $\varphi=100, 10, 50$ и 20 мсек.

Заключение. 3C 273, NGC 4258 и Орион КЛ столь разные объекты Вселенной имеют идентичную структуру и кинематику, определяемую вихревой природой. Окружающее вещество перетекает по спиральным рукавам к центру и эжектируется по мере накопления избыточного углового момента биполярным потоком, формируя твердотельное вращение. Остаток выпадает на формирующееся центральное тело, гравитационное поле которого ускоряет и стабилизирует процесс. В случае плазмы возбуждаются токи – магнитное поле, которое дополнительно ускоряет и стабилизирует систему, ускоряет–тормозит джет–контрджет.

Оригинальные статьи:

Л.И.Матвеевко, С.В.Селезнев «АКТИВНАЯ ЗОНА ЯДРА КВАЗАРА 3C 273» Письма в *Астрономический журнал**, 2017, том 43, №4, с. 254–266.

*Л.И.Матвеевко, В.А.Демичев, С.С. Сиваконь «КИНЕМАТИКА СТРУКТУРЫ АКТИВНОЙ ОБЛАСТИ ОРИОНА КЛ» Письма в Астрономический журнал**, 2017, том 43, №6, с. 444–459.
*Л.И.Матвеевко, В.А.Демичев «СТРУКТУРА БАЛДЖА ГАЛАКТИКИ NGC 4258», 2017, Письма в Астрономический журнал**, 2017 том 43, №9, с. 633–642.

*Импакт фактор журнала 0.873

Межпланетная среда

Остаток сверхновой RCW 86 как результат взрыва богатой кальцием сверхновой типа Ib

Гварамадзе В.В.

Показано, что открытый нами ранее в остатке сверхновой RCW 86 (рис. 1) кандидат в нейтронные звезды [GV2003] N образует тесную двойную систему со звездой солнечного типа (G-звездой). Спектроскопические наблюдения G-звезды с помощью VLT показали, что ее атмосфера сильно загрязнена кальцием и другими тяжелыми элементами. Полученные результаты означают, что: а) остаток сверхновой RCW 86 является результатом взрыва сверхновой на краю "пузыря", образованного ветром движущейся массивной звезды – предшественницы сверхновой; б) [GV2003] N является продуктом взрыва сверхновой типа Ib в двойной системе, прошедшей через стадию общей оболочки; в) сверхновая, породившая RCW 86, возможно, принадлежит к редкому типу сверхновых, богатых кальцием (Ca-rich supernovae) - слабых и быстрых транзиентов, чье происхождение до сих пор широко дискутируется; г) [GV2003] N превратится со временем в маломассивную рентгеновскую двойную (low-mass X-ray binary) - первый известный пример системы такого рода, находящейся в молодом остатке сверхновой.

Оригинальные статьи:

Gvaramadze V.V. et al., A solar-type star polluted by calcium-rich supernova ejecta inside the supernova remnant RCW 86, 2017, Nature Astronomy, 1, id. 0116.

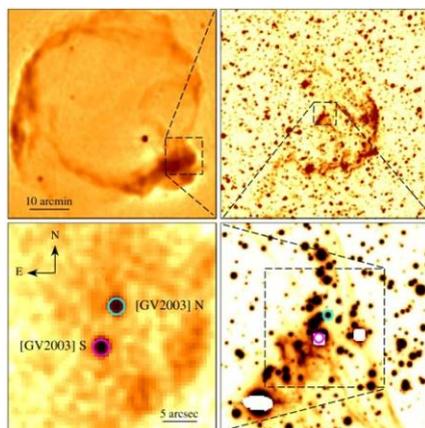


Рисунок 1. Слева направо по часовой стрелке: радиоизображение остатка сверхновой RCW 86 на частоте 843 МГц, оптическое изображение аркообразной оптической туманности на юго-западе RCW 86, оптическое и рентгеновское изображения точечных источников [GV2003] N и [GV2003] S в центре оптической арки, полученные с помощью VLT/FORS2 и "Чандра".

Исследование акустической моды тепловой неустойчивости в области фотодиссоциации

Краснобаев К.В., Тагирова Р.Р.

Рассмотрено развитие акустической моды тепловой неустойчивости в атомарной зоне области фотодиссоциации (PDR), примыкающей к области ионизованного водорода. В этой зоне основные процессы нагрева и охлаждения газа обусловлены соответственно фотоэлектронной эмиссией от малых пылинок и возбуждением уровней тонкой структуры ионов углерода и атомов кислорода при столкновениях с атомами водорода

(высвечивание в линиях CII58, OI63 и OII46 мкм). Возникает многопараметрическая зависимость критерия развития неустойчивости от условий среды. Установлено, что среда термически неустойчива в очень плотных PDR с высокой интенсивностью проникающего в них излучения, т.е. $3 \times 10^3 < G_0 < 10^6$ и $4.5 \times 10^4 < n < 10^6 \text{ см}^{-3}$ при $360 < T < 10^4 \text{ K}$, для типичных обилий углерода $\xi_C = 1.4 \times 10^{-4}$ и кислорода $\xi_O = 3.2 \times 10^{-4}$ и для оптически тонких линий. Найдено, что с учетом непрозрачности линий высвечивания расширяется область значений G_0 , n и T . На критерий неустойчивости также влияют соотношения обилий ξ_C и ξ_O . Приведены примеры наблюдаемых PDR, в которых возможна неустойчивость. Для них найдено характерное время развития возмущений $t_{\text{inst}} \sim 10^3 - 10^4$ лет и расстояние, характеризующее появление вторичных волн, $L \sim 10^{-3} - 5 \times 10^{-2}$ пк. Для объектов, возраст которых превышает t_{inst} и масштабы атомарной зоны в которых больше L , можно ожидать существенного влияния неустойчивости на структуру PDR. Термически неустойчивые PDR характеризуются присутствием множественных ударных волн, турбулентными скоростями порядка нескольких км/с и волокнистыми неоднородностями с повышенными значениями плотности и температуры газа.

Оригинальные статьи:

Krasnobaev K. V. and Tagirova R. R. Isentropic thermal instability in atomic surface layers of photodissociation regions// MNRAS 469, 1403–1413 (2017). Импакт фактор: 4.961.

Исследование распределения межзвездной пыли в областях взаимодействия звездного ветра с межзвездной средой

Катушкина О.А., Алексашов Д.Б., Измоденов В.В., Гварамадзе В.В.

В данной работе проводится численное моделирование распределения межзвездной пыли в астросферах – областях взаимодействия звездного ветра с межзвездной средой. В результате такого взаимодействия образуется газодинамическая (или МГД) структура (называемая в литературе ударным слоем) с контактным (тангенциальным) разрывом посередине и одной или двумя ударными волнами в зависимости от параметров плазмы и скорости движения звезды. В случае присутствия магнитного поля в межзвездной среде заряженные частицы пыли движутся под действием силы Лоренца. В данной работе мы рассмотрели движение пыли в случае параллельного и перпендикулярного магнитных полей. Оказалось, что влияние силы Лоренца приводит к образованию слоистых структур (см. рис.1) в области внешнего ударного слоя (снаружи контактного разрыва – астропазы) в случае, когда гирорадиус пылинки сравним с характерным размером области взаимодействия. Подобные структуры наблюдаются в астросферах нескольких звезд (κ Cas, θ Car and β CMa, Vela X-1 и др.). Таким образом, данный результат имеет принципиальное значение для объяснения наблюдаемых явлений.

Оригинальные статьи:

Katushkina O.A., Alexashov D.B., Gvaramadze V.V., Izmodenov V.V., An astrosphere around the blue supergiant κ Cas: possible explanation of its filamentary structure, MNRAS, V. 473, Is. 2, P. 1576-1588, 2018, doi: [10.1093/mnras/stx2488](https://doi.org/10.1093/mnras/stx2488)

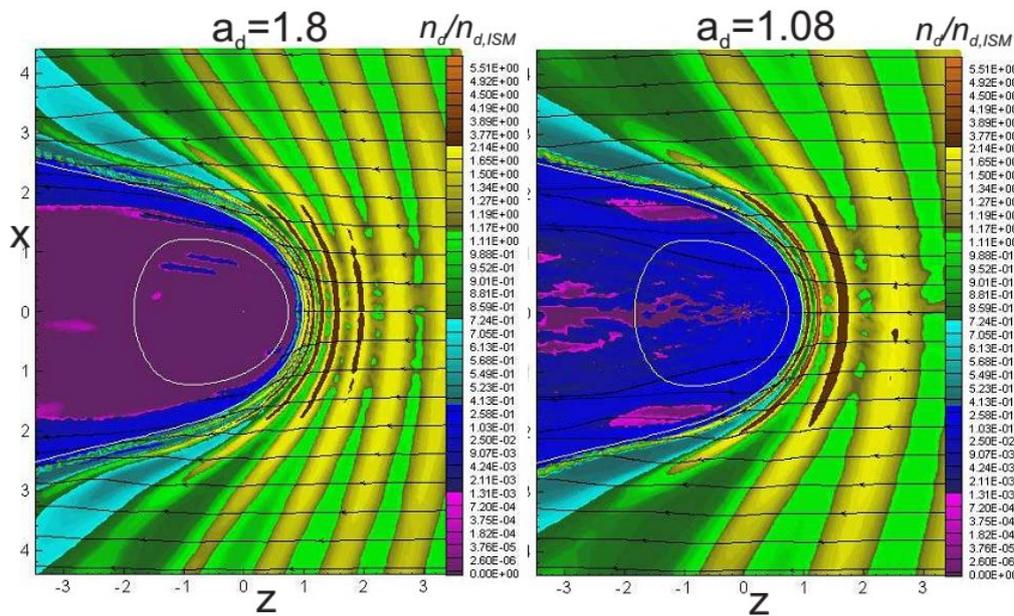


Рис.1. Распределение концентрации межзвездной пыли в области взаимодействия звездного ветра с межзвездной средой в случае перпендикулярного (направленного по оси X) межзвездного магнитного поля. Гировращение заряженных пылинок под действием силы Лоренца приводит к образованию слоистых структур, размер и количество которых зависит от гирорадиуса пылинки и определяется значением безразмерного параметра a_d .

Определение параметров межзвездной среды, а также массового распределения пыли в окрестности астросферы вокруг голубого сверхгиганта к Cas (HD 2905)

Катушкина О.А., Алексаиов Д.Б., Измоленов В.В., Гварамдзе В.В.

В данной работе мы провели численное трехмерное МГД моделирование взаимодействия звездного ветра с межзвездной средой для звезды к Cas (HD 2905). Кроме того, в рамках разработанной нами модели были проведены расчеты распределения межзвездной пыли в области ударного слоя, а также построены синтетические карты теплового излучения от пыли (для длины волны 24 мкм). Полученные изображения сравнивались с результатами наблюдений данной астросферы космическим телескопом Spitzer. Было проведено параметрическое исследование по безразмерным параметрам модели, а также по размерам частиц пыли (см. Рис.2). Сравнение результатов моделирования с данными наблюдений позволили получить оценки для концентрации плазмы в межзвездной среде (3-11 см⁻³) и для величины межзвездного магнитного поля (18-35 мкГс). Кроме того оказалось, что наблюдаемую слоистую структуру астросферы можно объяснить только, если межзвездная пыль состоит из крупных (1-2 мкм) частиц.

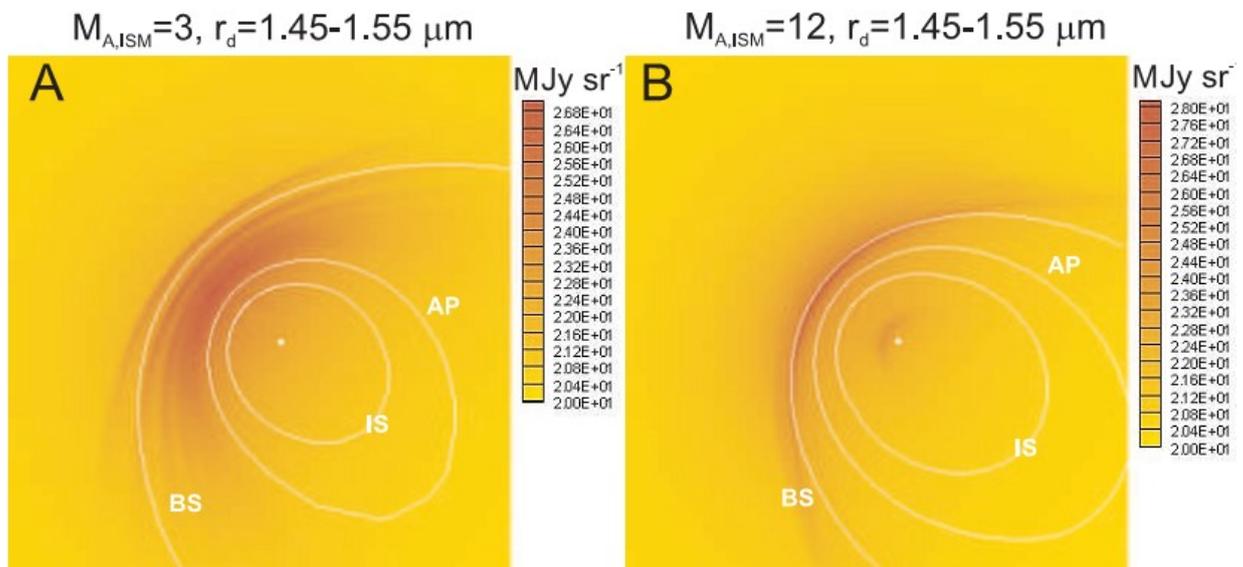


Рис.2. Смоделированные карты интенсивности теплового излучения (24 мкм) от пыли в астросфере вокруг звезды κ Cas. Белыми линиями показаны поверхности разрывов. Левая и правая панель отличаются величиной альвфеновского числа Маха (M_A).

Оригинальные статьи:

Katushkina O.A., Alexashov D.B., Gvaramadze V.V., Izmodenov V.V., An astrosphere around the blue supergiant κ Cas: possible explanation of its filamentary structure, MNRAS, V. 473, Is. 2, P. 1576-1588, 2018, doi: [10.1093/mnras/stx2488](https://doi.org/10.1093/mnras/stx2488)

Взаимодействие сверхзвукового звездного ветра с покоящейся немагнитной межзвездной средой в присутствии азимутального магнитного поля звезды

Измоденов В.В., Алексашов Д.Б.

В данной работе рассмотрено взаимодействие сферически симметричного сверхзвукового замагнитченного источника с немагнитной покоящейся межзвездной средой. Интерес к данной задаче связан с необходимостью интерпретировать результаты наблюдений различных астросфер, которые свидетельствуют о наличии весьма разнообразных форм и конфигураций. Магнитное поле звезды на больших расстояниях является азимутальным (рис. 3а). При взаимодействии звездного ветра с покоящейся межзвездной средой образуется структура типа “трубы” с двумя джеттами, вытянутыми вдоль оси вращения звезды (рис. 3б). Такая форма связана с влиянием магнитной силы, которая действует по направлению к оси.

В данной работе мы рассмотрели первые интегралы системы МГД-уравнений, что позволило получить связь между безразмерным параметром задачи, радиусом джеттов и расстоянием до тангенциального разрыва. Кроме того, впервые удалось аналитически определить показатели степени, которые связывают между собой эти величины. Таким образом, результаты численного моделирования были подтверждены аналитически.

Оригинальные статьи:

E. A. Golikov, V. V. Izmodenov, D. B. Alexashov, Two-jet structure of the flow produced by magnetized hypersonic spherical source into the steady unmagnetized medium, J. Phys.: Conf. Ser, V, 815 (2017) doi:10.1088/1742-6596/815/1/012035.

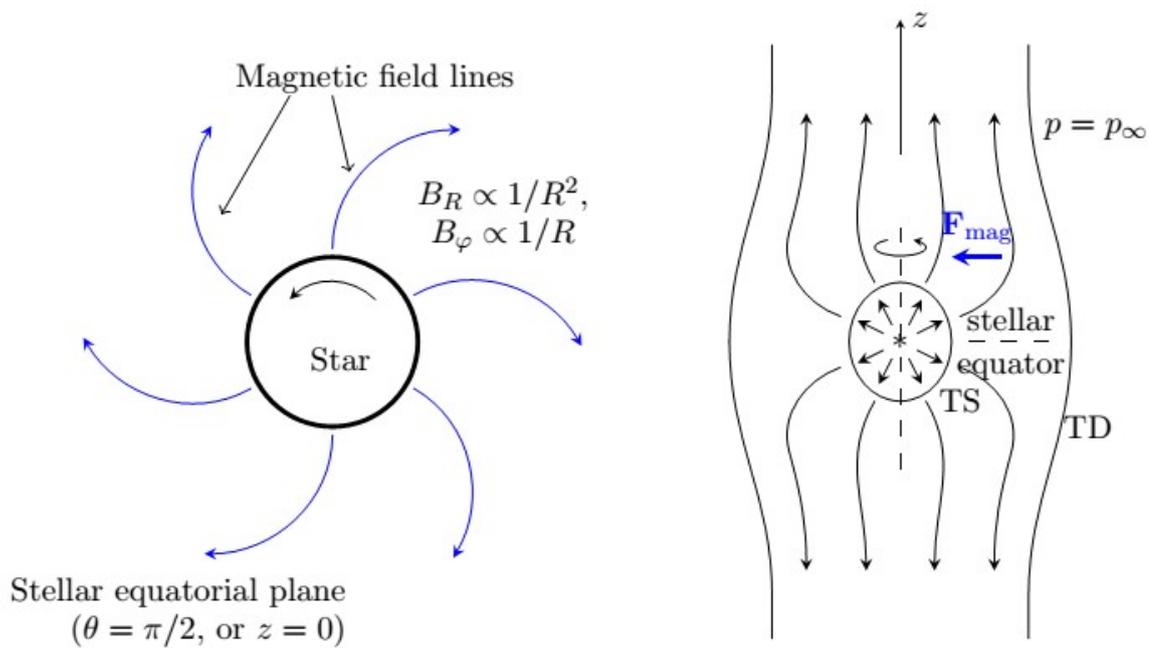


Рис.3. Слева: схематическая картина магнитного поля звезды в экваториальной плоскости. Справа: схематическая картина возникающего течения, TS – внутренняя ударная волна, TD – тангенциальный разрыв, ось Z совпадает с осью вращения звезды.

Плазменно-пылевые процессы в космических объектах

Оптические свойства нано- и микромасштабных пылевых частиц по данным измерений

Попель С.И.

На основе ежедневных средних значений аэрозольной оптической толщины (AOD), параметра Ангстрема (A), среднего косинуса индикатрисы рассеяния (параметра асимметрии g) и альbedo однократного рассеяния (SSA) рассмотрены их статистические распределения в атмосфере Центральноазиатского региона по сезонам и годам. Установлено, что аккумуляционные моды в распределении частиц по размерам в атмосфере региона присутствуют всегда и могут быть связаны с трансграничным переносом нано- и микромасштабных частиц. В пограничном слое в диапазоне 300 нм – 10 мкм спектры размеров частиц наиболее адекватно описываются логарифмически нормальными распределениями и характеризуют распределения почвенно-эрозийного аэрозоля преимущественно грубой моды.

Оригинальные статьи:

Чен Б.Б., Попель С.И., Голоуб Ф., Адушкин В.В., Когай Г.А., Вайдлер П.Г., Фридрих Ф. Основные оптические и микрофизические свойства нано- и микромасштабного аэрозоля в атмосфере Центральноазиатского региона // Вестник Кыргызско-Российского Славянского Университета. 2017. Т. 17, №. 8. С. 28-35 (IF: 0,065).

Распределения нано- и микромасштабных пылевых частиц по данным измерений

Попель С.И.

Проведено экспериментальное исследование мелкомасштабных минеральных 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.

Оригинальные статьи:

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. Т. 53, № 2, в печати (IF: 0,387).

Природа пылевого облака в экзосфере Луны

Попель С.И., Голубь А.П., Зеленый Л.М., Хораньи М.

Показано, что образование пылевого облака в экзосфере Луны на больших высотах (~100 км) связано с ударами метеороидов о лунную поверхность. Важную роль при образовании пылевого облака играет расплавленное вещество, выбрасываемое с поверхности Луны в результате ударов метеороидов. Затвердевшие капли расплавленного вещества имеют скорости, лежащие в диапазоне между первой и второй космическими скоростями для Луны, и могут совершать финитное движение вокруг нее. Показано, что концентрация пылевых частиц в плазменном облаке, присутствующем в экзосфере Луны, меньше или порядка 10^{-8} частиц в кубическом сантиметре, что находится в соответствии с данными измерений, проведенных LADEE.

Оригинальные статьи:

Попель С.И., Голубь А.П., Зеленый Л.М., Хораньи М. Удары высокоскоростных метеороидов и плазменно-пылевое облако над поверхностью Луны // Письма в ЖЭТФ. 2017. Т. 105, № 10. С. 594-599 (IF: 1,235).

Плазменно-пылевые эффекты в атмосфере Марса

Извекова Ю.Н., Попель С.И.

Рассмотрены плазменно-пылевые эффекты в атмосфере Марса. Особенностью марсианской атмосферы является присутствие пылевых частиц в широком диапазоне высот. Учитывая наличие на Марсе ионосферы и высокой проводимости среды на низких высотах, возникновение плазменных систем представляется обычным явлением. Детально изучены пылевые вихри (dust devils), которые часто образуются в марсианской атмосфере и могут эффективно поднимать пылевые частицы. Описаны процессы зарядки пылевых частиц. Показано, что существенными процессами, влияющими на зарядку пылевых частиц в атмосфере Марса, являются трибоэффект и генерация электрических полей в вихре. Проведено численное моделирование динамики пылевых частиц в таких вихрях с учетом зарядов частиц и электрических полей, возникающих в вихрях.

Оригинальные статьи:

Извекова Ю.Н., Попель С.И. Плазменные эффекты в пылевых вихрях у поверхности Марса // Физика плазмы. 2017. Т. 43, № 12. С. 1010-1017 (IF: 0,984).

Благодарности, касающиеся фондов: нет.

Нано- и микромасштабные пылевые частицы в вихрях синоптического масштаба

Извекова Ю.Н., Попель С.И.

Предложен механизм переноса нано- и микромасштабных частиц из тропосферы в нижнюю стратосферу Земли посредством вихрей синоптического масштаба, моделируемых солитонными решениями уравнения Чарни-Обухова (вихрями Россби). Показано, что на определенных высотах в атмосфере Земли существуют области в пространстве волновых чисел, где выполняются условия развития неустойчивости акустико-гравитационных волн. Построены дисперсионные поверхности и получены

инкременты неустойчивости для высот до 130 км. Исследовано взаимодействие нелинейных акустико-гравитационных волн с пылевыми частицами метеорного происхождения на ионосферных высотах, приводящее к перемешиванию и перераспределению пылевых частиц по области существования вихрей. Рассматривается возможность формирования вертикальных и горизонтальных пылевых потоков в запыленной ионосферной плазме в результате модуляционной неустойчивости.

Оригинальные статьи:

Извекова Ю.Н., Попель С.И. Нелинейные волновые структуры и перенос пылевых частиц в атмосферах Земли и Марса // XIV Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», под ред. А.М. Садовского. Серия: «Механика, управление и информатика», М.: ИКИ РАН, 2017, стр. 25-35.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Публикации по теме ВСЕЛЕННАЯ

Всего научных публикаций в 2017г: - 78

В том числе в зарубежных изданиях: - 53 (из них 34 РНФ)

Статьи в отечественных рецензируемых журналах: - 25 (из них 8 РНФ)

статьи в сборниках и материалах конференций: - 16

Телеграммы: - 15

Статьи в научно - популярных изданиях: - 0

Выполнены при поддержке грантов РНФ: 42

Публикации в российских журналах

1. С.А. Гребенев, И.В. Человеков «Кратные рентгеновские всплески и модель “слоя растекания” аккрецирующего вещества по поверхности нейтронной звезды», *Письма в Астрономический журнал*, 2017, т. 43, с. 643–654 (IF=0.873)

2. С.А. Гребенев "Природа бимодального распределения светимости ультраярких рентгеновских пульсаров", *Письма в Астрономический журнал*, 2017, т. 43, с. 513–520 <http://dx.doi.org/10.7868/S0320010817100059> ; <http://arxiv.org/pdf/1706.09823> (IF=0.873)

3. Карасев Д.И., Лутовинов А.А., *Письма в Астрономический журнал*, 44, 4, (принята в печать) IF = 0.873 (2018)

4. И.А. Мереминский, С.А. Гребенев, Р.А. Сюняев «IGR J17445-2747 – еще один рентгеновский барстер в балдже Галактики», *Письма в Астрономический журнал*, 2017, т. 43, № 10, с. 727-735 (IF=0.873), <http://dx.doi.org/10.7868/S0320010817100059> ; <http://arxiv.org/pdf/1709.02775>

5. И.А. Мереминский, Е.В. Филиппова, Р.А. Буренин, С.Ю. Сазонов, М.Н. Павлинский, А.Ю. Ткаченко, И.Ю. Лапишов, А.Е. Штыковский, Р.А. Кривонос *ПАЖ*, 2017, 44, 2, с.1-16, IF = 0.873

6. Сербинов Д.В., Семена Н.П., Павлинский М.Н., Арефьев В.А. *Возможности и ограничения орбитальных космических станций для проведения астрофизических экспериментов. Статья принята к печати в журнале «Инженерная физика», 2017*

7. Угольников О.С., Маслов И.А. *Анализ направления поляризации фона сумеречного неба как средство выделения однократного рассеяния // Космические исследования, т. 55, №3, стр. 179-188, 2017.*

8. Л.И.Матвеевко, С.В.Селезнев «АКТИВНАЯ ЗОНА ЯДРА КВАЗАРА 3С 273» *Письма в*

9. Л.И.Матвеев, В.А.Демичев, С.С. Сиваконь «КИНЕМАТИКА СТРУКТУРЫ АКТИВНОЙ ОБЛАСТИ ОРИОНА КЛ» *Письма в Астрономический журнал**, 2017, том 43, №6, с. 444–459, IF=0.873
10. Л.И.Матвеев, В.А.Демичев «СТРУКТУРА БАЛДЖА ГАЛАКТИКИ NGC 4258», 2017, *Письма в Астрономический журнал**, 2017, том 43, №9, с. 633–642, IF=0.873
11. Баранов В.Б., Алексахов Д.Б, Влияние магнитного поля на распределение протонов солнечного ветра и кометных ионов в ударном слое перед ионосферами комет, *Письма в астрономический журнал*, том 43, 2, 149-156, 2017. (IF=0.873)
12. А.В.Кравцов, А.А. Вихлинин, А.В.Мещеряков, *Письма в Астрономический журнал*, 12, 1, р.3, (2017), (IF=0.873)
13. Чен Б.Б., Попель С.И., Голоуб Ф., Адушкин В.В., Козгай Г.А., Вайдлер П.Г., Фридрих Ф. Основные оптические и микрофизические свойства нано- и микромасштабного аэрозоля в атмосфере Центральноазиатского региона // *Вестник Кыргызско-Российского Славянского Университета*. 2017. Т. 17, №. 8. С. 28-35 (IF: 0,065).
14. 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. Т. 53, № 2, в печати (IF: 0,387).
15. Попель С.И., Голубь А.П., Зеленый Л.М., Хораньи М. Удары высокоскоростных метеороидов и плазменно-пылевое облако над поверхностью Луны // *Письма в ЖЭТФ*. 2017. Т. 105, № 10. С. 594-599 (IF: 1,235).
16. Извекова Ю.Н., Попель С.И. Плазменные эффекты в пылевых вихрях у поверхности Марса // *Физика плазмы*. 2017. Т. 43, № 12. С. 1010-1017 (IF: 0,984).
17. В.П. Решетников, С.С. Савченко, А.В.Моисеев, О.В. Егоров, *Письма в АЖ*, 2017, 43, с. 891, (IF = 0.873)

С поддержкой РНФ

1. Р.А. Буренин, *Письма в Астрономический журнал*, 2017, 43, с. 559, <http://dx.doi.org/10.1134/S1063773717080035>, (IF=0.873), РНФ 14-22-00271
2. С.А. Гребенев, И.В. Человеков «Одиночные рентгеновские всплески и модель “слоя растекания” аккрецирующего вещества по поверхности нейтронной звезды», *Письма в Астрономический журнал*, 2018, т. 44, в печати (IF=0.873), РНФ 14-22-00271
3. П. С. Медведев, С. Ю. Сазонов, М. Р. Гильфанов *Astronomy Letters*, Volume 43, Issue 5, pp.285-303, 2017, (IF=0.873), РНФ 14-12-01315
4. Сазонов С.Ю., Хабибуллин И.И. «Подогрев ранней Вселенной излучением массивных р

рентгеновских двойных систем», *Письма в Астрономический журнал*, 2017, том 43, стр. 243-253, (IF=0.873), РНФ 14-12-01315

5. Е.В. Филиппова, И.А. Мереминский, А.А. Лутовинов, С.В. Мольков, С.С. Цыганков. ПИСЬМА В АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, 2017, том 43, No 11, с. 782–806. (IF=0.873), РНФ 14-12-01287

6. И.И. Хабибуллин, С.Ю. Сазонов *Письма в Астрономический Журнал (ПАЖ)* (IF=0.873), том 43, No 6, с. 431–443, <http://adsabs.harvard.edu/abs/2017AstL...43..388K> , РНФ 14-12-01315 (2017)

7. И.В. Человеков, С.А. Гребенев, И.А. Мереминский, А.В. Просветов «Рентгеновские всплески I рода, обнаруженные телескопом JEMX обсерватории INTEGRAL в 2003-2015 гг.», *Письма в Астрономический журнал*, 2017, т. 43, с. 859-874 (IF=0.873), РНФ 14-22-00271

8. П.Б.Исакова, А.Г.Жилкин, Д.В.Бисикало, А.Н.Семена, М.Г.Ревнивцев *Письма в Астрономический журнал*, 61 <http://adsabs.harvard.edu/abs/2017ARep...61..560I> (IF=0.873), РНФ 14-29-06059 (2017)

Публикации в иностранных журналах

1. Ugolnikov O.S., Galkin A.A., Pilgaev S.V., Roldugin A.V. *Noctilucent Cloud Particle Size Determination based on Multi-Wavelength All-Sky Analysis // Planetary and Space Science*, v. 146, p.10–19, 2017.

2. Burke, M. J., M. Gilfanov, and R. Sunyaev "A dichotomy between the hard state spectral properties of black hole and neutron star X-ray binaries", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 466, 194 (2017)

3. 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*, <https://doi.org/10.1093/mnras/stx2821> (2017)

4. D. V. Serbinov, N. P. Semena, and M. N. Pavlinsky *Opposite Radiators Used for Thermostabilizing of X-Ray Detectors of the All-Sky Monitor to be Installed on the ISS. Journal of Engineering Thermophysics*, 2017, Vol. 26, №3, pp. 366-376

5. G.Khorunzhev, S.Sazonov, R.Burenin, M.Eselevich, *Front. Astron Space Sci.*, 13, 0, 37, <https://doi.org/10.3389/fspas.2017.00037>, (2017)

6. Tang X., Churazov E. "Sound wave generation by a spherically symmetric outburst and AGN feedback in galaxy clusters", 2017, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 468, 3516

7. Forman W., Churazov E., Jones C., Heinz S., Kraft R., Vikhlinin A. "Partitioning the Outburst Energy of a Low Eddington Accretion Rate AGN at the Center of an Elliptical Galaxy: The Recent 12 Myr History of the Supermassive Black Hole in M87", 2017, *The Astrophysical Journal*, 844, 122
8. Su Y., Kraft R. P., Roediger E., Nulsen P., Forman W. R., Churazov E., Randall S. W., Jones C., Machacek M. E. "Deep Chandra Observations of NGC 1404: Cluster Plasma Physics Revealed by an Infalling Early-type Galaxy", 2017, *The Astrophysical Journal*, 834, 74
8. Su Y., Kraft R. P., Nulsen P. E. J., Roediger E., Forman W. R., Churazov E., Randall S. W., Jones C., Machacek M. E. "Capturing the 3D Motion of an Infalling Galaxy via Fluid Dynamics", 2017, *The Astrophysical Journal*, 835, 19
9. van Weeren R. J., Ogrean G. A., Jones C., Forman W. R., Andrade-Santos F., Pearce C. J. J., Bonafede A., Brüggem M., Bulbul E., Clarke T. E., Churazov E., David L., Dawson W. A., Donahue M., Goulding A., Kraft R. P., Mason B., Merten J., et al. "Chandra and JVLA Observations of HST Frontier Fields Cluster MACS J0717.5+3745", 2017, *The Astrophysical Journal*, 835, 197
10. Krasnobaev K. V. and Tagirova R. R. Isentropic thermal instability in atomic surface layers of photodissociation regions// *MNRAS* 469, 1403–1413 (2017). Импакт фактор: 4.961.
11. Gvaramadze V. V., Kniazev A. Y., *Central stars of mid-infrared nebulae discovered with spitzer and wise, The B[e] Phenomenon: Forty Years of Studies., Vol. 508 of ASP Conference Series, P. 207–212, (2017)*
12. Kniazev A.Y., Gvaramadze V.V., Berdnikov L.N., *SALT spectroscopy of evolved massive stars, Stars: from collapse to collapse, Vol. 510 of ASP Conference Series, P. 480–483, 2017.*
13. S.V. Gerasimov, A.V. Mesheryakov, *International Journal of Open Information Technologies* ISSN: 2307-8162 vol. 5, no. 1, p.81-87 (2017), IF (ПИИЦ 2016)=0.640, <http://injoit.org/index.php/j1/article/view/372/342>
14. Krivonos, R.; Clavel, M.; Hong, J.; Mori, K.; Ponti, G.; Poutanen, J.; Rahoui, F.; Tomsick, J.; Tsygankov, S., "NuSTAR and XMM-Newton observations of the Arches cluster in 2015: fading hard X-ray emission from the molecular cloud", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 23 мая 2017 года (*MNRAS*, Vol. 468, 1, 2822-2835) Импакт-фактор 4.961.
15. Krivonos, R.; Tkachenko, A.; Burenin, R.; Filippova, E.; Lapshov, I.; Mereminskiy, I.; Molkov, S.; Pavlinsky, M.; Sazonov, S.; Gubarev, M.; Kolodziejczak, J.; O'Dell, S. L.; Swartz, D.; Zavlin, Vyacheslav E.; Ramsey, B. D., "Calibration of the ART-XC mirror modules at MSFC", *Experimental Astronomy*, Volume 44, Issue 1, pp.147-164 (2017), (IF= 2.313).
16. Tzeferacos P., Rigby A., Bott A., Bell A. R., Bingham R., Casner A., Cattaneo F., Churazov E. M., Emig J., Flocke N., Fiuza F., Forest C. B., Foster J., Graziani C., Katz J., Koenig M., Li C.-K., Meinecke J., Petrasso R., Park H.-S., Remington B. A., Ross J. S., Ryu D., Ryutov D., Weide K., White T. G., Reville B., Miniati F., Schekochihin A. A., Froula D. H., et al. "Numerical

modeling of laser-driven experiments aiming to demonstrate magnetic field amplification via turbulent dynamo", 2017, Physics of Plasmas 24, 041404

17. Su Y., Nulsen P. E. J., Kraft R. P., Forman W. R., Jones C., Irwin J. A., Randall S. W., Churazov E. "Buoyant AGN Bubbles in the Quasi-isothermal Potential of NGC 1399", 2017, *The Astrophysical Journal* 847, 94

18. Kraft R. P., Roediger E., Machacek M., Forman W. R., Nulsen P. E. J., Jones C., Churazov E., Randall S., Su Y., Sheardown A. "Stripped Elliptical Galaxies as Probes of ICM Physics. III. Deep Chandra Observations of NGC 4552: Measuring the Viscosity of the Intracluster Medium", 2017, *The Astrophysical Journal* 848, 27

19. Popel S. I., Golub' A. P., Zelenyi L. M., and Horányi M. Dusty plasmas in the lunar exosphere: Effects of meteoroids // *Journal of Physics: Conference Series*. 2017, in press.

С поддержкой РФФ

1. Perez, Kerstin; Ng, Kenny C. Y.; Beacom, John F.; Hersh, Cora; Horiuchi, Shunsaku; Krivonos, Roman, "Almost closing the ν MSM sterile neutrino dark matter window with NuSTAR", *Physical Review D, Volume 95, Issue 12, id.123002, 06.2017. Импакт-фактор 4.506, РФФ 14-22-00271*

2. Tomsick, John A.; Lansbury, George B.; Rahoui, Farid; Clavel, Maïca; Fornasini, Francesca M.; Hong, JaeSub; Aird, James; Alexander, David M.; Bodaghee, Arash; Chiu, Jeng-Lun; Grindlay, Jonathan E.; Hailey, Charles J.; Harrison, Fiona A.; Krivonos, Roman A.; Mori, Kaya; Stern, Daniel, "Galactic Sources Detected in the NuSTAR Serendipitous Survey", *The Astrophysical Journal Supplement Series, Volume 230, Issue 2, article id. 25, 16 pp., 06.2017. Импакт фактор 8.955, РФФ 14-12-01315*

3. Fornasini, F.; Tomsick, J.; Hong, J.; Gotthelf, E.; Bauer, F.; Rahoui, F.; Stern, D.; Bodaghee, A.; Chiu, J.; Clavel, M.; Corral-Santana, Jesús; Hailey, Charles J.; Krivonos, Roman A.; Mori, Kaya; Alexander, David M.; Barret, Didier; Boggs, Steven E.; Christensen, Finn E.; Craig, William W.; Forster, Karl; Giommi, Paolo; Grefenstette, Brian W.; Harrison, Fiona A.; Hornstrup, Allan; Kitaguchi, Takao; Koglin, J. E.; Madsen, Kristin K.; Mao, Peter H.; Miyasaka, Hiromasa; Perri, Matteo; Pivovarov, Michael J.; Puccetti, Simonetta; Rana, Vikram; Westergaard, Niels J.; Zhang, William W., "The NuSTAR Hard X-Ray Survey of the Norma Arm Region", *The Astrophysical Journal Supplement Series, Volume 229, Issue 2, article id. 33, 39 pp., 04.2017. Импакт фактор 8.955, РФФ 14-12-01315*

4. Fornasini, Francesca M.; Tomsick, John A.; Bachetti, Matteo; Krivonos, Roman A.; Fürst, Felix; Natalucci, Lorenzo; Pottschmidt, Katja; Wilms, Jörn, "An XMM-Newton and NuSTAR Study of IGR J18214-1318: A Non-pulsating High-mass X-Ray Binary with a Neutron Star", *The Astrophysical Journal, Volume 841, Issue 1, article id. 35, 15 pp. 05.2017. Импакт фактор 5.533, РФФ 14-12-01315*

5. *Rahoui, Farid; Tomsick, John. A.; Krivonos, Roman*, "Identifying four INTEGRAL sources in the Galactic plane via VLT/optical and XMM-Newton/X-ray spectroscopy", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 465, Issue 2, p.1563-1572, 02.2017. Импакт-фактор 4.961, РНФ 14-22-00271
6. *T.I. Larchenkova, A.A. Lutovinov, N.S. Lyzkova, ApJ*, 835, 51, p.1, 2017 IF = 5.533, <https://doi.org/10.3847/1538-4357/835/1/51>, РНФ 14-22-00271
7. *Sazonov S., Khabibullin I.* «Bright end of the luminosity function of high-mass X-ray binaries: contribution of hard, soft and supersoft sources», *MNRAS*, 2017, vol. 466, p. 1019-1051, IF=4.961, РНФ 14-12-01315
8. *Sazonov S., Khabibullin I.* «The intrinsic collective spectrum of luminous high-mass X-ray binaries», *MNRAS*, 2017, vol. 468, p. 2249-2255, IF=4.961, РНФ 14-12-01315
9. *И.И. Хабибуллин, С. В. Комаров, Е. М. Чуразов, А. А. Щекочихин MNRAS* (IF = 4.961), принята к публикации, <https://doi.org/10.1093/mnras/stx2924>, РНФ 14-12-00271
10. *Churazov E., Khabibullin I., Sunyaev R., Ponti G.* "Not that long time ago in the nearest galaxy: 3D slice of molecular gas revealed by a 110 yr old flare of Sgr A*", 2017, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 465, 45, РНФ 14-12-00271
11. *Churazov E., Khabibullin I., Ponti G., Sunyaev R.* "Polarization and long-term variability of Sgr A* X-ray echo", 2017, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 468, 165 РНФ 14-12-00271
12. *Churazov E., Khabibullin I., Sunyaev R., Ponti G.* "Can Sgr A* flares reveal the molecular gas density PDF?", 2017, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 471, 3293 РНФ 14-12-00271
13. *Prokhorov D. A., Churazov E. M.* "Confinement and diffusion time-scales of CR hadrons in AGN-inflated bubbles", 2017, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 470, 3388 РНФ 14-12-00271
14. *Katushkina O. A., Alexashov D. B., Izmodenov V. V., Gvaramadze V. V.*, Non-monotonic spatial distribution of the interstellar dust in astrospheres: finite gyroradius effect. 2017, *MNRAS*, 465, 1573–1585. Импакт фактор: 4.961, РНФ 14-12-01096
15. *Gvaramadze V. V., Mackey J., Kniazev A. Y., Langer N., Chene A.-N., Castro N., Haworth T. J., Grebel E. K.*, IRAS 18153-1651: an H II region with a possible wind bubble blown by a young main-sequence B star. 2017, *MNRAS*, 466, 1857--1867. Импакт фактор: 4.961, РНФ 14-12-01096
16. *Gvaramadze V.V., Langer N., Fossati L., Bock D.C.-J., Castro N., Georgiev I.Y., Greiner J., Johnston S., Rau A., Tauris T.M.*, A solar-type star polluted by calcium-rich supernova ejecta inside the supernova remnant RCW 86, 2017, *Nature Astronomy*, 1, id. 0116. Импакт фактор: новый журнал, нет IF, РНФ 14-12-01096.

17. E. A. Golikov, V. V. Izmodenov, D. B. Alexashov, *Two-jet structure of the flow produced by magnetized hypersonic spherical source into the steady unmagnetized medium*, *J. Phys.: Conf. Ser.*, V, 815 (2017) doi:10.1088/1742-6596/815/1/012035. PHΦ 14-12-01096
18. Katushkina O.A., Alexashov D.B., Gvaramadze V.V., Izmodenov V.V., *An astrosphere around the blue supergiant κ Cas: possible explanation of its filamentary structure*, *MNRAS*, V. 473, Is. 2, P. 1576-1588, 2018, doi: [10.1093/mnras/stx2488](https://doi.org/10.1093/mnras/stx2488) PHΦ 14-12-01096
19. Lutovinov A., Tsygankov S., Krivonos R., Molkov S., Poutanen J. "Propeller Effect in the Transient X-Ray Pulsar SMC X-2", *The Astrophysical Journal*, V.834, P.209, (2017), PHΦ 14-12-01287
20. Tsygankov S., Doroshenko V., Lutovinov A., Mushtukov A., Poutanen J. "SMC X-3: the closest ultraluminous X-ray source powered by a neutron star with non-dipole magnetic field", *Astronomy & Astrophysics*, V.605, A39, (2017). PHΦ 14-12-01287
21. Tsygankov S., Wijnands R., Lutovinov A., Degenaar N., Poutanen J. "The X-ray properties of Be/X-ray pulsars in quiescence", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, V.470, P.126 (2017). PHΦ 14-12-01287
22. Tsygankov S., Mushtukov A., Suleimanov V., Doroshenko V., Lutovinov A., Abolmasov P., Poutanen J. "Stable accretion from a cold disc in highly magnetized neutron stars", *Astronomy & Astrophysics*, accepted, arXiv:1703.04528, PHΦ 14-12-01287
23. Savchenko V., ... , Lutovinov A., ... Sunyaev R. ... "INTEGRAL Detection of the First Prompt Gamma-Ray Signal Coincident with the Gravitational-wave Event GW170817", *The Astrophysical Journal*, V.848, L15, (2017). PHΦ 14-12-00271
24. V.Savchenko,, A.Lutovinov,.... R.Sunyaev.... INTEGRAL IBIS, SPI, and JEM-X observations of LVT151012, *Astronomy & Astrophysics*, Volume 603, A46 (2017). PHΦ 14-12-00271
25. V.Savchenko,, A.Lutovinov,.... R.Sunyaev.... INTEGRAL Observations of GW170104, *Astrophysical Journal*, Volume 846, L23 (2017). PHΦ 14-12-00271
26. Valery F. Suleimanov Jari J. E. Kajava Sergey V. Molkov Joonas Nättilä Alexander A. Lutovinov Klaus Werner Juri Poutanen Basic parameters of the helium-accreting X-ray bursting neutron star in 4U1820–30 *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, published 01 September 2017 <https://doi.org/10.1093/mnras/stx2234>, PHΦ 14-12-01287
27. A.B.Меццераков, М.Н.Павлинский, и др., *MNRAS*, Volume 473, Issue 3, 21 January 2018, Pages 3987–4002, IF = 4.961, <https://doi.org/10.1093/mnras/stx2565>, PHΦ 14-12-00146
28. V.Doroshenko, S. Tsygankov, A. Mushtukov, A.Lutovinov, A.Santangelo, V.Suleimanov, J.Poutanen, **Luminosity dependence of the cyclotron line and evidence for the accretion**

regime transition in V0332+53, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 466, p.2143-2150 (2017). PHФ 14-12-01287

29. Krivonos, R.; Tsygankov, S.; Mereminskiy, I.; Lutovinov, A.; Sazonov, S.; Sunyaev, R., "New hard X-ray sources discovered in the ongoing INTEGRAL Galactic plane survey after 14 yr of observations", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 470, Issue 1, p.512-516, (2017). Импакт-фактор 4.961. PHФ 14-22-00271

30. Woods T., Ghavamian P., Badenes C. and Gilfanov M. No hot and luminous progenitor for Tycho's supernova *Nature Astronomy*, 2017 Volume 1, id. 263, DOI: 10.1038/s41550-017-0263-5, PHФ 14-22-00271

31. Kolodzig A, Gilfanov M., Hütsi G., Sunyaev R. "Can AGN and galaxy clusters explain the surface brightness fluctuations of the cosmic X-ray background?", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 466, 3035 (2017), PHФ 14-22-00271

32. 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*, <https://doi.org/10.1093/mnras/stx2581> (2017), PHФ 14-22-00271

33. Soraisam M., Gilfanov M. Kupfer T. et al. A novel method for transient detection in high-cadence optical surveys. Its application for a systematic search for novae in M 31. *Astronomy & Astrophysics*, 2017, 599, A48, PHФ 14-22-00271

34. Abbot B., ... , Lutovinov A., ... Sunyaev R. ... "Gravitational Waves and Gamma-Rays from a Binary Neutron Star Merger: GW170817 and GRB 170817A", *The Astrophysical Journal*, V. 848, L13, (2017), PHФ 14-22-00271

Приглашенные доклады

Роман Кривonos Приглашенный доклад на международной конференции проекта ИНТЕГРАЛ, Венеция, Италия, 15-20 октября 2017 г. <http://www.iaps.inaf.it/sz/integral2017/>
Программа: http://www.iaps.inaf.it/sz/integral2017/15yINTEGRAL_WEB_Program_19oct.pdf

Александр Лутовинов Приглашенный доклад на международной конференции проекта ИНТЕГРАЛ, Венеция, Италия, 15-20 октября 2017 г. <http://www.iaps.inaf.it/sz/integral2017/>
Программа: http://www.iaps.inaf.it/sz/integral2017/15yINTEGRAL_WEB_Program_19oct.pdf

Родион Буренин TÜBİTAK ULUSAL GÖZLEMENİ (TUG) TUBİTAK NATOİNAL OBSERVATORY 20 th Anniversary Program (7-10 сентября 2017)

Михаил Павлинский TÜBİTAK ULUSAL GÖZLEMENİ (TUG) TUBİTAK NATOİNAL OBSERVATORY 20 th Anniversary Program (7-10 сентября 2017)

Измодепов В.В., *Kinetic-MHD modeling of the global structures of astrospheres and heliosphere (Приглашенный)*, *The 12th International Conference on Numerical Modeling of Space Plasma Flows (Astronom 2017)*, Saint Malo, France, 26-30 June, 2017., Сан Мало, Франция, 26-30 июня 2017; <http://irfu.cea.fr/ASTRONUM2017/index.html>

Е.М. Чуразов *MIT Colloquium, (Cambridge, MA, USA), April 11, 2017 "Synergy of molecular clouds and a supermassive black hole in our Galactic Center"*,
<http://web.mit.edu/astrophysics/colloq.html>

Е.М. Чуразов *Harvard ITC Colloquium, (Cambridge, MA, USA), April 13, 2017 "X-ray tomography of molecular clouds"*,
<https://itc.cfa.harvard.edu/event/itc-colloquium-yuexing-li-penn-state>

Е.М. Чуразов *"What Matter(s) Around Galaxies" (Durham, UK), 19-23 June, 2017*
<http://astro.dur.ac.uk/whatmatters/>

Е.М. Чуразов *"Ginzburg Centennial Conference on Physics" (Moscow), May 29 – June 3, 2017*
<http://gc2.lpi.ru/>

Е.М. Чуразов *"The power of X-ray spectroscopy" (Warsaw, Poland), 6-8 September, 2017*
<https://indico.camk.edu.pl/event/5/>

Е.М. Чуразов *"Clusters of Galaxies: Physics and Cosmology", ISSI (Bern, Switzerland), 20 - 24 November, 2017* <http://www.issibern.ch/workshops/Gclusters/>

Медведев П. *"Clusters of Galaxies: Physics and Cosmology"*
приглашенный доклад на тему: *"Probing efficiency of transport processes in the ICM with element sedimentation model "* сайт: <http://www.issibern.ch/workshops/Gclusters/>
программа: <http://www.issibern.ch/workshops/Gclusters/wp-content/uploads/2017/11/Cluster-Galaxies-Workshop-Program.pdf> (2017)

Гильфанов М.Р. *"Problem of progenitors of type Ia supernovae"*
Invited colloquium, Обсерватория Мюнхенского Университета имени Людвиг и Максимилиана, Мюнхен, 1 февраля 2017 г.

Гильфанов М.Р. *"Progenitors of type Ia supernovae"*
Invited colloquium, Амстердамский Университет, 1 марта 2017 г.

Гильфанов М.Р. *"X-ray binaries"*
Приглашенный доклад на летней школе "Compact Objects and Gravitational waves", Heidelberg, Germany, Sept. 11-15, 2017

Гильфанов М.Р. *"X-ray populations: X-ray binaries and ULXs"*
Приглашенный доклад, INTEGRAL Symposium 2017, Venice, Oct. 15-20, 2017

Гильфанов М.Р. *"Problem of progenitors of type Ia supernovae"*
Invited colloquium, Monash University, Melbourn, Australia, April 11, 2017

Гильфанов М.Р. *"Science of eRosita telescope aboard Spectrum-RG observatory"*
Приглашенный доклад на конференции в честь 25-летней годовщины Российско-Турецкого телескопа РТТ-150, Анталия, 8-9 сент. 2017 г.

Публикации конференций

1. Сазонов С.Ю. «*Hard X-ray surveys and the local AGN population*», *Proceedings of the 11th INTEGRAL Conference (10-14 Oct. 2016, Amsterdam)*, *Proceedings of Science: PoS(INTEGRAL2016)039* (2017)
2. A. Tkachenko, M. Pavlinsky, V. Levin, V. Akimov, A. Krivchenko, A. Rotin, M. Kuznetsova, I. Lapshov, A. Yaskovich, V. Oleinikov, M. Gubarev, B. Ramsey, "ART-XC/SRG: joint calibration of mirror modules and x-ray detectors" // *Proc. SPIE 10397, UV, X-Ray, and Gamma-Ray Space Instrumentation for Astronomy XX, 103971J* (29 August 2017); doi: 10.1117/12.2272710; <http://dx.doi.org/10.1117/12.2272710>
3. Угольников О.С. Стратосфера и мезосфера Земли: оптические и тепловые свойства (обзорная лекция) // *Труды Международной байкальской молодежной научной школы по фундаментальной физике и конференции молодых ученых "Взаимодействие излучения с веществом"*. Иркутск, ИСЗФ СО РАН, стр. 3-8, 2017.
4. Ugolnikov O.S., Maslov I.A., Roldugin A.V., Pilgaev S.V., Galkin A.A. *Multi-Color Photometry of Twilight Sky Background using RGB All-Sky Cameras: Microphysical Investigations of Aerosol in Middle and Upper Atmosphere* // *Proceedings of 40 Apatity Seminar "Physics of Auroral Phenomena"*, Apatity, Polar Geophysical Institute, 2017.
5. A.A. Lutovinov, R.A. Krivonos, I.A. Mereminsky, S.Yu. Sazonov, S.S. Tsygankov, E.M. Churazov, R.A. Sunyaev, **Hard X-ray surveys with the INTEGRAL observatory**, *Very High Energy Phenomena in the Universe, Proceedings of the 52nd Rencontres de Moriond, Published by ARISF, Edited by Étienne Augé, Jacques Dumarchez and Jean Trân Thanh Vân, ISBN # 979-10-96879-04-5, P.101-110* (2017)
6. Yu. Kolosov, S.V. Gerasimov, A.V. Meshcheryakov «*Architecture of processing and analysis system for big astronomical data*», в печати *Proceedings of Astronomical Data Analysis Software and Systems XXVI conference* (2017), arXiv:1703.10979 - <https://arxiv.org/abs/1703.10979>
7. *Very High Energy Phenomena in the Universe Proceedings of the 52nd Rencontres de Moriond*
Published by ARISF in 2017 Edited by Étienne Augé, Jacques Dumarchez and Jean Trân Thanh Vân ISBN # 979-10-96879-04-5 pages 277-280 (2017)
8. Извекова Ю.Н., Попель С.И. Нелинейные волновые структуры и перенос пылевых частиц в атмосферах Земли и Марса // XIV Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», под ред. А.М. Садовского. Серия: «Механика, управление и информатика», М.: ИКИ РАН, 2017, стр. 25-35.
9. Гварамадзе В.В., [GV2003] N: предшественник маломассивной рентгеновской двойной системы внутри молодого остатка сверхновой RCW 86. Всероссийская конференция «Современная звездная астрономия», 14–16 июня 2017 г., Екатеринбург. http://www.inasan.ru/scientific_activities/conferences/msa/modern_stellar_astronomy_2017/
10. Gvaramadze V.V., RCW 86 as the remnant of a calcium-rich core-collapse supernova explosion. Международная астрономическая конференция "Physics of Neutron Stars – 2017", 10–14 июля 2017 г., Санкт-Петербург. <http://www.ioffe.ru/astro/NS2017/>

11. Краснобаев К.В., Тагирова Р.Р., Самоподдерживающиеся ударные волны в областях фотодиссоциации. Международная конференция «Современные проблемы механики сплошной среды». 13–15 ноября 2017 г., Москва. <http://www.mathnet.ru/conf987>
12. Краснобаев К.В., Тагирова Р.Р., Наблюдательные проявления автоволн в областях фотодиссоциации. Научная конференция «Ломоносовские чтения». Секция механики. 17-21 апреля 2017 г., Москва. <http://www.msu.ru/science/lom-read/2017/pr27.pdf>
13. Быховский Николай, Измоденов В.В., MHD modeling of the cold cloud-hot plasma interaction, The 12th International Conference on Numerical Modeling of Space Plasma Flows (Astronom 2017), Saint Malo, France, 26-30 June, 2017., Сан Мало, Франция, 26-30 июня 2017; <http://irfu.cea.fr/ASTRONUM2017/index.html>
14. Мищенко Алексей, Быховский, Измоденов, Physical and numerical aspects of the modeling of charge-exchange boundary layers in astrospheres and near non-magnetized planets/exoplanets, The 12th International Conference on Numerical Modeling of Space Plasma Flows (Astronom 2017), Saint Malo, France, 26-30 June, 2017., Сан Мало, Франция, 26-30 июня 2017; <http://irfu.cea.fr/ASTRONUM2017/index.html>
15. Быховский Н.Д., Измоденов В.В., Моделирование взаимодействия холодного облака и горячей плазмы в МГД-приближении, Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов-2017", Москва, Россия, 10-14 апреля 2017. https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2017/data/section_19_10845.htm
16. Krivonos, R., "NuSTAR observation of the Arches cluster: X-ray spectrum extraction from a 2D image", accepted contribution to the 11th INTEGRAL Conference, "Gamma-Ray Astrophysics in Multi-Wavelength Perspective", 10-14 October 2016, Amsterdam, The Netherlands. (опубликовано в 2017)

Телеграммы

1. I.A. Mereminskiy, S.A. Grebenev, R.A. Krivonos, I.V. Chelovekov, R.A. Sunyaev «First detection of a thermonuclear X-ray burst from IGR J17445-2747 (with INTEGRAL/JEM-X)», *Astronomer's Telegram*, 2017, n. 10256, <http://www.astronomerstelegam.org/?read=10256>
2. I.A. Mereminskiy, S.A. Grebenev, R.A. Krivonos, I.V. Chelovekov, R.A. Sunyaev «Discovery of SWIFT J174429.9-274557 - a soft X-ray counterpart of the X-ray burster IGR J17445-2747», *Astronomer's Telegram*, 2017, n. 10272, <http://www.astronomerstelegam.org/?read=10272>
3. Piano, G., ... Lapshov I... and 58 colleagues 2017. \ AGILE detection of transient gamma-ray activity from the FSRQ Ton 599. \ *The Astronomer's Telegram* 10937, .
4. Lucarelli, F., ... Lapshov I... and 60 colleagues 2017. \ AGILE confirmation of gamma-ray activity from the IceCube-170922A error region. \ *The Astronomer's Telegram* 10801, .
5. Piano, G., ... Lapshov I... and 60 colleagues 2017. \ AGILE detection of an unknown gamma-ray source AGL J1412-0522. \ *The Astronomer's Telegram* 10623, .

6. Bulgarelli, A., ... Lapshov I... and 58 colleagues 2017. \ AGILE detection of a gamma-ray flare from the blazar 3C 279. \ The Astronomer's Telegram 10563, .
7. Bulgarelli, A., ... Lapshov I... and 58 colleagues 2017. \ Renewed gamma-ray emission from the FSRQ CTA 102 detected by AGILE. \ The Astronomer's Telegram 10560, .
8. Piano, G., ... Lapshov I... and 60 colleagues 2017. \ AGILE detection of enhanced gamma-ray activity from BL Lacertae. \ The Astronomer's Telegram 10469, .
9. Minervini, G., ... Lapshov I... and 58 colleagues 2017. \ Enhanced gamma-ray emission from the FSRQ CTA 102 detected by AGILE. \ The Astronomer's Telegram 10386, .
10. Lucarelli, F., ... Lapshov I... and 60 colleagues 2017. \ AGILE detection of enhanced gamma-ray activity from a new unidentified source, AGL J0523+0646. \ The Astronomer's Telegram 10282, .
11. Piano, G., ... Lapshov I... and 58 colleagues 2017. \ Enhanced Gamma-Ray Emission from the Microquasar Cygnus X-3 Detected by AGILE. \ The Astronomer's Telegram 10179, .
12. Piano, G., ... Lapshov I... and 59 colleagues 2017. \ AGILE Detection of Enhanced Gamma-Ray Emission from the Microquasar Cygnus X-3. \ The Astronomer's Telegram 10138, .
13. Lucarelli, F., ... Lapshov I... and 60 colleagues 2017. \ AGILE detects enhanced gamma-ray emission above 100 MeV from the 3FGL J1037.2-6052 source region. \ The Astronomer's Telegram 9947, .
14. Lucarelli, F., ... Lapshov I... and 60 colleagues 2017. \ AGILE confirmation of enhanced gamma-ray activity from NGC 1275. \ The Astronomer's Telegram 9934, .
15. Meshcheryakov, A., Bikmaev, I., Irtuganov, E., Sakhibullin, N., Vlasyuk, V.~V., Spiridonova, O.~I., Khamitov, I., Medvedev, P., Pavlinsky, M.~N., Tsygankov, S.~S. \ 2017. \ Optical and X-ray rebrightening in NS X-ray Nova Aql X-1. \ The Astronomer's Telegram 10541, .