

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Всероссийская астрофизическая конференция*

**АСТРОФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ  
СЕГОДНЯ И ЗАВТРА (НЕА-2013)**

23-26 декабря 2013 г.

проводится при финансовой поддержке

Российской Академии Наук,  
Благотворительного фонда “Династия”,  
Российского Фонда Фундаментальных Исследований

Москва

2013

*Т*ематика конференции традиционно охватывает практически все разделы астрофизики высоких энергий, рентгеновской и гамма-астрономии, наблюдательной космологии. В программе конференции нашли отражение открытия новых частиц и результаты обсерватории ПЛАНК, а также перспективы оптической, рентгеновской и гамма-астрономии.

Конференция проводится отделом Астрофизики Высоких Энергий ИКИ РАН.

Программный комитет:

С.Ю. Сазонов (председатель), А.А. Вихлинин, М.Р. Гильфанов, С.А. Гребенев, М.Н. Павлинский, М.Г. Ревнивцев, Р.А. Сюняев, Е.М. Чуразов

Организационный комитет:

М.Н. Павлинский (председатель), А.В. Мещеряков (зам. председателя), Н.Л. Александрович, В.А. Арефьев, Р.А. Буренин, П.А. Болдин, Н.П. Васильева, В.С. Воробьев, Д.И. Карасёв, Р.А. Кривонос, А.А. Лутовинов, П.С. Медведев, И.В. Мереминский, А. И. Миронов, С.В. Мольков, А.В. Просветов, А.Ф. Рыбакова, А.Н. Семена, А.Ю. Ткаченко, Е.В. Филиппова, И.И. Хабибуллин, Г.А. Хорунжев, И.В. Человеков, С. С. Цыганков

# Устные доклады

Виктор Леонидович Афанасьев (САО РАН)

*Переменность спектрополяриметрических свойств сейфертовской галактики Мкн 6 // Афанасьев В.Л.*

Представлен анализ спектрополяриметрических наблюдений сейфертовской галактики Мкн 6. Галактика наблюдалась на 6-м телескопе в 2010-2013 гг. Для 12-ти эпох наблюдений измерены параметра Стокса в континууме и широкой эмиссионной линии  $H\alpha$ . По анализу переменности определено запаздывание между потоком в континууме и поляризованным излучением в континууме, которое оценено  $< 2$  дней, что дает размер области, где происходит поляризация континуума,  $\sim 10^{-3}$  пк. Запаздывание излучения в широкой линии  $H\alpha$  при этом составило около 20 дней. Наблюдаемая поляризация в континууме является результатом векторного сложения поляризации аккреционного диска и релятивистского джета, а наблюдаемая переменность поляризации в континууме, вероятно, обусловлена переменностью поляризации джета. Поляризация в профиле широкой линии  $H\alpha$  показывает четыре компонента, одна из которых излучается диском BLR, а три других, вероятно, связаны с истечениями из области BLR со скоростями -6000, -2100 и 3000 км/с. По анализу зависимости угла плоскости поляризации от скорости в линии  $H\alpha$  показано, что в BLR диске наблюдаются кеплеровские движения газовых облаков. В рамках простейших представлений об экваториальном рассеянии излучения BLR на пылевом торе по наблюдаемой зависимости  $V_{rot} \propto R^{-1/2}$  определен нижний предел массы сверхмассивной черной дыры в центре галактики Мкн 6 -  $M_{BH} \sim 1.5 \times 10^8 M_{\odot}$ . Полученная оценка не противоречит оценкам масс, получаемым методом реверберации, как по нашим наблюдениям, так и по литературным данным, которые дают величину  $\sim 1.8 \times 10^8 M_{\odot}$ .

Максим Владимирович Барков (ИКИ РАН, MPI-K  
Germany)

*Вспышки гамма излучения от активных ядер галактик вследствие взаимодействия струйного выброса со звездой или облаком.*

// Барков М.В., Агорянян Ф.А., Боговалов С.В., Бош-  
рамон В., Дородницын А., Кельнер С.Р., Перучо М., Хангулян Д.В.

Предложена новая модель объясняющая сверхбыструю и быструю переменность в ТэВ и ГэВ диапазоне от активных ядер галактик. Излучение производится компактным облаком образованном при воздействии струйного выброса вблизи ЧД на атмосферу красного гиганта или облака из области широких эмиссионных линий. Исследование включает как упрощенный аналитический подход так и численное моделирование в рамках 2D релятивистской гидродинамики. Исследуются различные каналы излучения лептонов и протонов. Показано, что фрагменты оболочки звезды могут быть захвачена струйным выбросом и разогнаны до Лорентц факторов порядка 100. Причем основная часть энергии будет излучаться в жестком гамма диапазоне посредством внешнего обратного Комптоновского, протон синхротронного или протон-протонного механизма излучения. Этот механизм может объяснить вспышки с переменностью на масштабе минут от блазара PKS2155-304 и 3C454.3 или вспышки от M87 с переменностью на масштабах дня.

Андрей Белобородов (Columbia University)

*Магнетары и NuSTAR* // Андрей Белобородов

NuSTAR и Swift открыли новый магнетар вблизи массивной черной дыры в Галактическом центре. Магнетар вспыхнул в апреле этого года, и его дальнейшая эволюция пока развивается в согласии с теорией раскручивающейся магнитосферы. NuSTAR также наблюдал несколько других, ранее известных магнетаров. Анализ новых и старых наблюдений позволяет понять происхождение яркой, жёсткой компоненты в рентгеновском спектре. Форма спектра значительно меняется с фазой вращающейся нейтронной звезды. Наблюдения объясняются электронно-позитронным разрядом и резонансным рассеянием фотонов в магнитосфере звезды.

Вадим Вадимович Бобылев (ГАО РАН)

*Определение числа спиральных рукавов Галактики  
прямым способом* // В. В. Бобылев, А. Т. Байкова

Для оценки параметров спирального узора Галактики использованы данные о галактических мазерах с известными тригонометрическими параллаксами. Эти мазеры связаны с очень молодыми объектами, расположенными в областях активного звездообразования. Применен известный метод анализа диаграммы “позиционный угол-логарифм расстояния”. Оценки угла закрутки  $i$ , полученные по четырем отрезкам различных рукавов, принадлежащих глобальной структуре, неплохо согласуются между собой и близки к значению  $i = -13^\circ$ . Наибольший интерес представляет отрезок Внешнего рукава. В нем расположены только три мазерных источника, но дополнительно привлечены данные о 12 очень молодых звездных скоплениях, расстояния до которых оценены Камарго и др. по инфракрасной фотометрии. С использованием такой комбинации данных найдено значение  $i = -13^\circ \pm 1^\circ$ . Сопоставление этого значения с другими параметрами спиральной волны плотности, полученными из анализа кинематики мазеров, позволяет заключить, что в Галактике, вероятнее всего, реализуется модель четырехрукавного спирального узора.

Родион Анатольевич Буренин (ИКИ РАН)

*Наблюдения скоплений галактик из обзора Планка в  
оптическом диапазоне* // Р.А. Буренин, И.Ф. Бикмаев, И.М. Хамитов, Р.А. Сюняев, Н. Агханям, Сотрудничество Планка

В докладе будут представлены результаты наблюдений скоплений галактик из обзора Планка на Российско-Турецком 1.5-м телескопе (РТТ150). В течение последних двух лет на наблюдения по этой программе на телескопе РТТ150 было выделено более 100 темных и серых ночей, что составляет около 25% всего темного и серого времени за указанный период. Заметный объем наблюдений далеких скоплений был выполнен также на 6-м телескопе САО РАН (БТА). В результате, наблюдения на РТТ150 и БТА позволяют обеспечить существенную часть (около четверти) всех наблюдений по программе оптической поддержки обзора Планка. Подобная программа идет также и на телескопах Северной и Южной европейской обсерватории. Полностью программа наблюдений скоплений из обзора Планка может быть выполнена в течение последующих нескольких лет.

В докладе будут даны примеры оптического отождествления неизвестных ранее скоплений галактик, расположенных на различных красных смещениях, будут обсуждаться фотометрические оценки и спектроскопические измерения красных смещений скоплений. Также будет дан краткий обзор общего состояния дел по оптическому отождествлению скоплений из каталога Планка, основных характеристик этого каталога и космологических ограничений, полученных на его основе.

Андрей Михайлович Быков (ФТИ им А.Ф.Иоффе)

*Источники жесткого излучения в областях активного звездообразования* // А.М.Быков

Рассмотрены модели источников рентгеновского и гамма излучения, связанные с активными областями звездообразования. Обсуждаются наблюдательные проявления остатков сверхновых звезд в компактных ассоциациях молодых массивных звезд.

Евгений Олегович Васильев (НИИФ ЮФУ)

*Ионы OVI в гало галактик с активным звездообразованием* // Васильев Е.О., Рябова М.В., Щекинов Ю.А.

В работе рассмотрена ионизационная и тепловая эволюция окологалактического газа, находящегося в поле изменяющегося во времени ионизирующего излучения от ближайшей галактики со звездообразованием и почти постоянного (на временах около 100 млн. лет) внегалактического фона излучения. Изучена эволюция ионных состояний (в особенности тех, которые обычно наблюдаются в галактической окрестности) в зависимости от массы галактики и скорости звездообразования. Определены условия для появления высокоионизованного кислорода OVI в спектрах поглощения в протяженных галактических гало. Приведена оценка массы кислорода в протяженных галактических гало галактик с активным звездообразованием.

Алина Александровна Вольнова (ИКИ РАН)

*Фотометрические признаки Сверхновой в кривых блеска послесвечения космических гамма-всплесков*

// Вольнова Алина (ИКИ РАН), Позаненко Алексей (ИКИ РАН), Минаев Павел (ИКИ РАН)

Представлены кривые блеска оптических послесвечений гамма-всплесков GRB 130427A, GRB 130702A и GRB 130831A. Долговременные наблюдения и точная фотометрия позволили найти характерные особенности на кривой блеска, которые, совместно со спектроскопическими наблюдениями однозначно указывают на сверхновые 2013sq, 2013dx, 2013fu, ассоциированные с этими гамма-всплесками. В частности, в случае GRB 130831A удалось найти SN исследуя только кривую блеска, где затем спектроскопические наблюдения подтвердили ее наличие. Для GRB 130702A плотный фотометрический ряд позволил детально исследовать SN 2013sq на этапе ее роста. Для всех трех случаев мы приводим сравнение с модельной кривой блеска SN 1998bw (GRB 980425) и обсуждаем параметры Сверхновых.

## Аркадий Моисеевич Гальпер (НИЯУ МИФИ)

### *Центр Галактики - основной объект наблюдения гамма-телескопом ГАММА-400*

// А.М. Гальпер, О. Адриани, Р.Л. Аптекарь, И.В. Архангельская, А.И. Архангельский, М. Боецио, В. Бонвичини, К.А. Боярчук, А. Вакки, Е. Вануччини, Б.И. Гнатык, Ю.В. Гусаков, В.А. Догель, Н. Зампа, В.Г. Зверев, В.Н. Зиракашвили, В.В. Кадилин, В.А. Каплин, В.Е. Корепанов, А.А. Леонов, Ф. Лонго, П. Маестро, П. Маррокези, В.В. Михайлов, А.А. Моисеев, Е. Моккьюти, Н. Мори, И. Москаленко, П.Ю. Наумов, П. Папини, П. Пикоцца, М.Ф. Рунцо, Р. Спарволи, П. Спиллантини, С.И. Сучков, М. Тавани, Н.П. Топчиев, М.И. Фрадкин, М. Д. Хеймиц, Ю.Т. Юркин.

В списке особо важных проблем современной космологии на начало XXI века нобелевский лауреат академик В.Л. Гинзбург отметил "проблему темной материи и ее детектирования". Косвенные методы изучения природы темной материи основаны на регистрации в космическом излучении продуктов аннигиляции или распада вимпов, которыми могут быть обычные частицы и их античастицы (в том числе нейтрино, электроны, позитроны), а также  $\gamma$ -кванты. Обработка результатов измерений  $\gamma$ -телескопа Fermi-LAT из района центра Галактики указывает на особенность в спектре  $\gamma$ -излучения в области энергий 130 ГэВ. Теоретические исследования этой особенности предполагают существование узких  $\gamma$ -линий от аннигиляции или распада вимпов, которые можно надежно выделить только с помощью будущих экспериментов с существенно лучшим угловым и энергетическим разрешениями. В настоящее время в России реализуется программа создания гамма-телескопа ГАММА-400, отвечающего этим требованиям.

## Марат Равильевич Гильфанов (ИКИ РАН)

### *Проблема предшественников Сверхновых Ia: ограничения на популяции аккрецирующих белых карликов по излучению галактик в рекомбинационных линиях He II*

Оптические наблюдения показали, что галактики раннего типа содержат заметные количества нейтрального и слабоионизованного газа. Наблюдается его излучение в рекомбинационных линиях водорода и запрещенных линиях металлов, связанное с ионизацией протяженных областей газа диффузным фоном галактики. Наиболее вероятным источником ионизирующего излучения являются звезды на стадии после асимптотической ветви гигантов (post-AGB звезды). С другой стороны, форма линейчатого спектра излучения газа может быть использована для ограничения вклада других типов источников высокотемпературного излучения в ионизирующий УФ фон галактики. В частности, присутствие большой популяции аккрецирующих белых карликов с термоядерным горением на поверхности может значительно увеличить его интенсивность выше порога ионизации

HeII, что приведет к появлению ярких рекомбинационных линий HeII в оптическом и ультрафиолетовом диапазонах спектра. Общее увеличение цветовой температуры ионизирующего излучения приведет также к увеличению светимости запрещенных линий ряда элементов. Это открывает возможность принципиально нового подхода к проблеме предшественников Сверхновых Ia. Его эффективность продемонстрирована на примере анализа спектров большого числа галактик, полученных в обзоре SDSS.

Семен Игоревич Глазырин (ИТЭФ)

*Модель распространения турбулентного искривлённого пламени в SNIa* // Глазырин С.И.

В работе представлена двухпараметрическая  $k$ - $\epsilon$  модель турбулентности для описания турбулентного горения в режиме искривлённого пламени. С помощью неё рассчитано распространение пламени по предсверхновой в сферически-симметричном случае. Полученная в расчётах интенсивность турбулентности согласуется с другими работами по SNIa. Полученная турбулентная скорость пламени значительно превышает нормальную скорость горения: через некоторое время пламя выходит на постоянную скорость в 200-300 км/с, или  $\sim 5\%$  от скорости звука. Это ускорение недостаточно для описания дефлаграционно-детонационного перехода: что означает, что если он происходит за счёт турбулентности, то в другом режиме турбулентного горения.

Юрий Николаевич Гнедин (ГАО РАН)

*Механизмы генерации магнитных полей в аккреционных дисках вокруг черных дыр* // Ю.Н.Гнедин, ГАО РАН

Представлены значения магнитных полей на последней устойчивой орбите в аккреционном диске и на горизонте событий черной дыры для ряда объектов, у которых надежно определены значения спинов черных дыр. К числу таких объектов относятся как активные галактические ядра, так и тесные двойные системы, содержащие черные дыры звездных масс. Полученные значения магнитных полей определены с помощью данных о кинетической мощности релятивистских джетов, генерируемых на основе действия тандема механизмов Бленфорда-Знаека и Бленфорда-Пейна. В ряде случаев используются также данные поляриметрических наблюдений, включая данные, полученные на БТА-6м САО РАН. Определенные значения магнитных полей и сравнение их друг с другом позволяют произвести тестирование моделей аккреционных дисков и возможных механизмов генерации магнитных полей в них.



---

Сергей Андреевич Гребенев (ИКИ РАН)

*Оптическое излучение рентгеновских новых во время их жесткого состояния*

// С.А.Гребенев, А.В.Просветов, Р.А.Буренин (ИКИ РАН)

Оптическое и инфракрасное излучение рентгеновских новых (маломассивных систем, излучающих за счет нестационарной аккреции на черную дыру или нейтронную звезду со слабым магнитным полем) считают связанным с излучением внешних холодных непрозрачных областей аккреционного диска, усиленным из-за прогрева поверхности диска рентгеновским излучением горячей внутренней зоны. Выполненные нами наблюдения нескольких рентгеновских новых, одновременно в рентгеновском и оптическом диапазонах, показывают, что во время их жесткого состояния, по крайней мере в ряде случаев, их спектр может быть описан единым степенным законом без каких-либо признаков присутствия мягкой (чернотельной) компоненты излучения. Кажется, что либо в потоке от источника полностью доминирует синхротронное излучение его релятивистских струй (джетов), либо - что аккреционный диск всюду является горячим, оптически тонким, излучающим нетепловым образом. Мы обсуждаем и другие возможности и условия, при которых у рентгеновских новых может формироваться подобный единый спектр.

Евгений Владимирович Деришев (ИПФ РАН)

*О невязкостной диссипации энергии релятивистских джетов при взаимодействии с плотной окружающей средой* // Е.В. Деришев

Рассмотрено взаимодействие релятивистского джета с окружающей средой с учетом того обстоятельства, что как джет, так и внешняя плазма могут быть двухкомпонентными – содержать свободные нейтроны. Релятивистская разница скоростей протон-электронной и нейтронной компонент приводит к неупругим столкновениям нейтронов с последующим образованием высокоэнергичных нейтрино и электрон-позитронных пар. Последние являются источниками жесткого рентгеновского или гамма-излучения, появляющегося в рассматриваемой модели вне зависимости от работоспособности тех или иных механизмов ускорения частиц. Обсуждаются возможные спектры прямого (безускорительного) излучения и возможность объяснить таким образом излучение гамма-всплесков.

Ирина Журавлева (КIPAC/Стэнфордский университет, США)

*Микрофизика в межгалактической среде: детальный анализ флуктуаций рентгеновской поверхностной яркости скоплений* // И. Журавлева и др.

Огромное количество данных, накопленных рентгеновскими обсерваториями, позволяет анализировать флуктуации поверхностной яркости скоплений галактик на различных пространственных масштабах. Для отдельных скоплений накопленной статистики достаточно для надежного измерения 0.5% флуктуаций поверхностной яркости на масштабах нескольких кпк, где диффузионные процессы в плазме становятся доминирующими. Эта информация может быть использована для ограничения микрофизики газа: турбулентности, вязкости, теплопроводности.

Назар Робертович Ихсанов (Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН)

*Ротационная эволюция долгопериодических рентгеновских пульсаров*  
// Н.Р. Ихсанов, Ю.С. Лих, В.Ю. Ким и Н.Г. Бескровная

Нейтронные звезды, проявляющие себя как долгопериодические пульсары в составе массивных рентгеновских двойных систем, демонстрируют сложную картину эволюции периода их вращения. Наблюдаемые темпы ускорения и торможения вращения этих звезд существенно превосходят величину, предсказанную в рамках сценариев аккреции из Кеплерова диска и квази-сферического потока. Одной из возможных причин такого несоответствия является чрезмерная упрощенность этих сценариев, в которых магнитное поле звездного ветра массивного компаньона нейтронной звезды игнорируется. Мы показываем, что ожидаемая величина темпа изменения периода нейтронной звезды, аккрецирующей из замagnetического звездного ветра, находится в соответствии с наблюдаемой. Магнитосфера нейтронной звезды в этом случае окружена магнитной пластиной с малым угловым моментом, аккреция из которой происходит в режиме аномальной диффузии. В докладе приводятся критерии реализации такого сценария и исправленные значения равновесного периода пульсара, ожидаемые в различных аккреционных моделях.

Дмитрий Иванович Карасев (ИКИ РАН)

*Особенности структуры и межзвездной среды балджа Галактики* // Карасев Д.И., Лутовинов А.А.

Настоящая работа посвящена исследованию свойств и распределения межзвездной пыли балджа Галактики, а также уточнению его пространственной структуры.

Для решения поставленных задач мы, используя общедоступные данные инфракрасного обзора VVV/ESO, изучали вариации величины поглощения и закона поглощения в области неба с галактическими координатами  $|l| \leq 10^\circ$ ,  $|b| \leq 5^\circ$ . В результате, было показано, что закон поглощения в направлении балджа Галактики всюду заметно отличается от стандартного, а пространственная структура балджа имеет некоторые локальные особенности. Кроме того была получена карта кумулятивного поглощения до балджа Галактики, с пространственным разрешением до  $2'$ .

Игорь Дмитриевич Караченцев (САО РАН)

*Темпы звездообразования у галактик местного объема*  
// И.Д.Караченцев, Е.И.Кайсина

Для характеристики звездообразования в Местном объеме использована выборка 869 галактик из каталога UNGC. Представлены оценки темпа звездообразования (SFR) для 802 галактик в пределах 11 Мпк, полученные по  $H_\alpha$  - изображениям на БТА и по УФ- потокам на GALEX. Кратко обсуждаются основные соотношения между интегральными параметрами галактик.

Александра Козырева (Argelander-Institut für Astronomie der Universität Bonn)

*Кривые блеска сверхновых с рождением пар*  
// Александра Козырева, Сергей Блинные, Сунг-Шул Юн, Норберт Лангер

Недавнее открытие сверхъярких сверхновых привело к необходимости расчетов эволюции очень массивных звезд, 140-260 масс Солнца. Механизмом взрыва таких массивных звезд является развитие динамической неустойчивости при рождении электронно-позитронных пар и последующее взрывное горение кислородного и кремниевого ядра звезды. Такие сверхновые мы для краткости будем называть "сверхновыми с рождением пар". Такие сверхновые могут при взрыве произвести десятки масс Солнца радиоактивного никеля, что, в свою очередь, может объяснить высокие светимости сверхъярких сверхновых в максимуме блеска. Сверхъяркие сверхновые открываются, в основном, на красных смещениях

$z < 0.1$ , т.е. в локальной Вселенной, поэтому существующие до последнего времени модели парных сверхновых нулевой и почти нулевой металличности не могут адекватно объяснить наблюдения. Нами были посчитаны эволюционные модели звезд с начальной массой 150 и 250 масс Солнца для локальной Вселенной, с металличностью 0.001. Отличительной особенностью этих моделей является их самосогласованность и независимость от модельных предположений. На основе эволюционных моделей мы построили кривые блеска сверхновых с рождением пар с использованием радиационного гидродинамического кода STELLA. Мы обнаружили, что менее массивные сверхновые будут выглядеть как обычные коллапсирующие сверхновые "плато". А очень массивные сверхновые будут напоминать сверхъяркие сверхновые типа Ic. Анализ выявил критерии, согласно которым можно отличить сверхновую с рождением пар от обычной коллапсирующей сверхновой.

Сергей Вячеславович Комаров (МРА/ИКИ)

*Восстановление трехмерного спектра мощности магнитного поля в скоплениях галактик по картам фарадеевского вращения // Комаров С.В., Чуразов Е.М.*

Хотя магнитные поля играют ключевую роль в теплопроводности и динамике горячей плазмы скоплений галактик, их свойства остаются плохо изученными. Основным источником информации служит эффект фарадеевского вращения. Карты фарадеевского вращения плоскости поляризации линейно поляризованного синхротронного излучения радио-источников позволяют, в сочетании с рентгеновскими данными, измерить свойства флуктуирующих магнитных полей в плазме, находящейся перед синхротронным источником. Ограниченный размер и нерегулярная форма радио-источников не позволяют использовать простые методы фурье-анализа, а также существенно затрудняют применение аппарата автокорреляционной функции. Предлагаемый в данной работе метод основывается на применении фильтра "Мексиканская шляпа" позволяющего избежать утечки мощности с больших масштабов, не охватываемых данными, и сложностей, связанных с нерегулярной формой оконной функции. Восстановление трехмерного спектра мощности выполняется путем деления карты фарадеевского вращения на гладкую модель, описывающую распределение плотности электронов и зависимость амплитуды поля от профиля плотности электронов, и подсчета спектра мощности полученного однородного изображения с использованием фильтра "Мексиканская шляпа". В предположении изотропных гауссовых флуктуаций магнитного поля и достаточно гладкой крупномасштабной модели трехмерный спектр мощности магнитного поля оказывается пропорционален спектру мощности полученного двумерного изображения. Предлагаемый метод применяется к обработке высококачественных карт фарадеевского вращения радио-источника 3C449.

---

Роман Александрович Кривонос (ИКИ РАН)

*Обзор области Галактического Центра обсерваторией NuSTAR* // Роман Кривонос и коллаборация NuSTAR

Первый в своем роде, орбитальный рентгеновский телескоп косого падения NuSTAR, получил уникальные изображения высокого разрешения области Галактического Центра (ГЦ) на энергиях выше 10 кэВ. В докладе будут представлены некоторые результаты работы телескопа в ГЦ, такие как: (1) вспышка от сверхмассивной черной дыры Sgr A\*, (2) наблюдения микроквара 1E1740.7-2942, (3) открытие магнетара в 3 угловых секундах от Sgr A\*, (4) мощная вспышка первого рода от маломассивной двойной системы GRS 1742-2853, но главное внимание будет уделено исследованию нетеплового излучения нейтрального газа около звездного скопления Лучник (Arches cluster).

Наталья Сергеевна Лыскова (Институт Космических Исследований (ИКИ), Max Planck Institute for Astrophysics (MPA))

*Карманный калькулятор против метода Шварцшильда: локальные оценки масс эллиптических галактик и скоплений галактик* // Лыскова Н.С., Чуразов Е.М.

Последние десятилетия методы оценки масс эллиптических галактик и скоплений галактик непрерывно совершенствовались и усложнялись. Современные методы динамического моделирования позволяют не только определить профиль массы, но и рассчитать вклад звездной и темной компонент, охарактеризовать распределение орбит звезд, оценить массу сверхмассивной черной дыры. Однако на практике даже самых детальных наблюдательных данных может оказаться недостаточно, чтобы однозначно определить все параметры модели, часть из которых вырождена. Более того, детальный анализ может быть неоправдан и с точки зрения вычислительного времени, особенно если речь идет о современных обзорах, содержащих информацию о миллионах объектов на разных красных смещениях. Для оценки масс большого числа галактик более целесообразными кажутся простые и быстрые методы, базирующиеся на минимальном наборе данных и обеспечивающие несмещенную оценку, которые и обсуждаются в данной работе. Оказывается, что при разумных предположениях профилей поверхностной яркости и лучевой дисперсии скоростей достаточно для надежной локальной оценки массы галактики, например, на радиусе, где поверхностная яркость спадает как  $R^{-2}$ . Обсуждаются также возможные ограничения на анизотропию звезд и нетепловое давление газа, вытекающие из сравнения рентгеновской и оптической оценок массы.

Михаил Викторович Медведев (Канзасский Университет)

*Асимметричная Диффузия Космических Лучей*

// М. В. Медведев

Мы исследуем распространение космических лучей в турбулентной межзвездной и межгалактической среде с ненулевым градиентом среднего магнитного поля. Было показано, что их распространение описывается асимметричной диффузией: обобщением стандартного диффузионного процесса на случай случайного блуждания с неравными вероятностями. Используя простейшую модель одномерной марковской цепи, мы показали, что плотность космических лучей является экспоненциальной функцией координат, а не линейной, как это было бы для обычной диффузии. Таким образом, данный эффект не мал и должен учитываться при моделировании распределения космических лучей в нашей и других галактиках, в скоплениях галактик и т.п.

Павел Сергеевич Медведев (ИКИ РАН)

*Влияние диффузии элементов в межгалактическом газе на интерпретацию рентгеновских и микроволновых наблюдений скоплений галактик.*

// П. Медведев, М. Гильфанов, С. Сазонов, П. Штыковский.

Для определения обилия элементов в межгалактическом газе наиболее широко используется метод измерения эмиссионных линий в рентгеновских спектрах скоплений галактик. Гелий и водород в межгалактическом газе полностью ионизированы и не излучают спектральных линий, формируя непрерывный спектр за счет тормозного излучения. Соотношение водорода к гелию остается неизвестным наблюдателю, поэтому, чаще всего, оно предполагается солнечным.

Под действием сил диффузии соотношения водорода к гелию может значительно изменяться, достигая разницы с начальным обилием порядка 2–5. Неправильное предположение об обилии гелия приводит к систематической ошибке в определении расстояния до скопления порядка 20–30 %, при использовании метода основанного на одновременных наблюдениях рентгеновской поверхностной яркости газа и эффекта Сюняева-Зельдовича.

Спектральный анализ рентгеновских данных с неправильным предположением об обилии гелия также приводит к смещенной оценке обилия тяжелых элементов. В тоже время, этот эффект не влияет на определение температуры газа.

Для определения максимального эффекта диффузии на интерпретацию наблюдательных данных, мы используем численную схему решения системы стационарных уравнений Бюргерса (Burgers 1969), которая включает в себя диффузию за счет градиента концентрации, гравитационную седиментацию и термодиффузию. Важная роль термодиффузии в межгалактическом газе впервые была рассмотрена в работе Shtykovskiy & Gilfanov 2010. До этого момента полная задача диффузии в астрофизике исследовалась только при моде-

лировании процессов протекающих в звездах (Thoul, Bahcall & Loeb 1994).

Павел Юрьевич Минаев (ИКИ РАН)

*Декомпозиция сложных кривых блеска и спектральная эволюция гамма-всплесков.* // П.Ю. Минаев (ИКИ РАН), А.С. Позаненко (ИКИ РАН), С.А. Гребенев (ИКИ РАН), С.В. Мольков (ИКИ РАН)

Исследована спектральная эволюция ярких гамма-всплесков из каталога (Минаев и др., 2013) эксперимента SPI INTEGRAL. Предложен новый метод исследования спектральной эволюции. Показано, что для всплесков с простой структурой кривой блеска (состоящих из одного импульса) и для отдельных импульсов сложной кривой блеска, состоящих из многих импульсов зависимость спектрально-временной задержки от энергии описывается простой логарифмической функцией  $\text{lag} = A \log(E)$ . Установлено, что параметр  $A$  зависит от длительности импульса, причем зависимость универсальна для всех рассмотренных гамма-всплесков. Отрицательные значения спектрально-временной задержки для отдельных импульсов не обнаружены.

Алексей Валерьевич Моисеев (САО РАН)

*Объекты типа Хани Форвэрп: история изучения и наблюдения на 6-м телескопе* // А. Моисеев, W. Keel

В рамках проекта “Зоопарк Галактик” на снимках Слоановского обзора было выделено около двух десятков близких сейфертовских галактик, рядом с которыми (на расстояниях 10-40 кпк от ядра) заметны протяженные облака ионизованного газа. В докладе кратко рассматривается история изучения таких галактик, начиная с прототипа - Hanny’s Voorwerp (IC 2497). Обсуждаются возможные причины формирования таких структур. Представлены первые результаты исследования внутренней кинематики и состояния ионизации газа в них, основанные на результатах наблюдений на 6-м телескопе САО РАН.

Игорь Владимирович Москаленко (Стэнфордский университет)

*Ферми - 5 лет: Основные результаты* // Игорь Москаленко

Я представляю обзор основных результатов, полученных с помощью орбитальной обсерватории Ферми работающей в гамма-диапазоне от 50 МэВ до 1 ТэВ.

Александр Андреевич Муштуков (Университет Оулу)

*Критическая светимость нейтронных звезд с сильным магнитным полем*

// А.А. Муштуков, В.Ф.Сулейманов, С.С.Цыганков, Ю.Й.Поутанен

Сильное магнитное поле существенным образом сказывается на ходе аккреции на поверхность нейтронных звезд: двигаясь вдоль силовых линий поля, вещество выпадает на области близ магнитных полюсов, высвечивая энергию в основном в рентгеновском диапазоне. При высоких темпах аккреции давление излучения из приполярных областей может стать достаточно сильным, чтобы остановить падающую плазму до того, как она достигнет поверхности. По достижении соответствующего темпа аккреции и светимости, которую будем называть критической, над поверхностью нейтронной звезды встает аккреционная колонка. Давление излучения определяется главным образом комптоновским рассеянием фотонов на электронах. В случае сильных магнитных полей сечение рассеяния критическим образом зависит от энергии фотонов, их поляризации и направления распространения. Эти обстоятельства должны быть учтены при расчетах давления излучения и светимости, приводящей к появлению колонки. Кроме того, важным может стать учет резонансов в сечении рассеяния, которые могут заметно повлиять на картину событий.

В работе рассчитывается критическая светимость для нейтронных звезд с сильным магнитным полем. Впервые в расчетах учитываются резонансы.

Наблюдения рентгеновских пульсаров при помощи современных обсерваторий могут уже в ближайшее время привести к экспериментальному измерению критической светимости, что, при использовании предлагаемой теории, позволит оценить важнейшие параметры нейтронных звезд.

Павел Давидович Насельский (Niels Bohr Institute ,  
Copenhagen, Denmark)

*Эксперимент ПЛАНК. Космологические параметры и аномалии СМВ.*

Я обрисую основные результаты первого этапа представления данных эксперимента ПЛАНК, уделив основное внимание наиболее вероятным значениям космологических параметров и аномалиям статистической изотропии сигнала. Я представлю некоторые физические модели объяснения аномалий.



---

Валерий Борисович Петков (ИЯИ РАН)

*Поиск нейтрино от гамма-всплесков на Баксанском подземном сцинтилляционном телескопе*

// В.Б. Петков, М.М. Болиев, А.В. Буткевич

В работе представлены результаты поиска на Баксанском подземном сцинтилляционном телескопе (БПСТ) мюонных нейтрино, совпадающих по времени и направлению с космическими гамма-всплесками (КГВ). БПСТ регистрирует мюонные нейтрино (антинейтрино) с пороговой энергией  $\sim 1$  ГэВ, приходящие на телескоп из нижней полусферы. Эффективная площадь установки для регистрации мюонов из нижней полусферы составляет  $\sim 250$  м<sup>2</sup>. Всего за период с 14.12.1978 по 22.10.2013 на БПСТ было зарегистрировано 1472 таких события (мюонов от нейтрино из нижней полусферы). Для поиска нейтринных событий от КГВ были отобраны гамма-всплески, находящиеся под зенитными углами, большими 100 градусов. За период с 1991 по 2009 годы было зарегистрировано (в различных экспериментах) более чем 1440 таких гамма-всплесков, для которых получены пределы на поток нейтрино.

Алексей Позаненко (ИКИ РАН)

*Наблюдения уникального гамма-всплеска GRB 130427A: от первых минут до родительской галактики*

// А. Позаненко, А. Вольнова, Л. Еленин, А. Вольвач, П. Минаев и др.

Представлены наблюдения одного из самых ярких в гамма- и в оптическом диапазоне GRB 130427A. Наблюдения в оптическом диапазоне начались спустя 2 минуты после детектирования GRB 130427A в гамма-диапазоне. Первое обнаружение этого всплеска в радиодиапазоне (36 ГГц) было выполнено на телескопе RT-22 (КрАО) через 8 часов. Наблюдения детектором SPI-ACS позволило дополнить картину в гамма-диапазоне. Обсуждаются возможные модели GRB 130427A.

Сергей Борисович Попов (ГАИШ МГУ)

*Затухание магнитного поля и эволюция магнитаров*

// Сергей Попов (ГАИШ МГУ), Андрей Игошев (Университет Радбауд, Наймеген)

Мы представляем новые результаты по затуханию магнитного поля нейтронных звезд и обсуждаем происхождение и эволюцию магнитаров. Вначале мы приводим новые данные в пользу затухания магнитного поля нормальных радиопульсаров (MNRAS 434, 2229, arXiv:1309.4917). Описываются результаты, полученные с помощью нового метода выявления затухания поля. Вывод состоит в том,

что уже на интервале  $\sim 10^5 - 10^6$  лет происходит затухание поля почти вдвое, что примерно соответствует холловскому масштабу времени для таких объектов. Затем мы обсуждаем вопросы, связанные с происхождением и эволюцией магнитаров. Нейтронная звезда в остатке сверхновой Kes 79 может быть магнитаром. Мы обсуждаем его свойства (PASA 30, 45) и показываем, что поле этого объекта не могло быть усилено стандартным динамо-механизмом. Для доказательства работы стандартного динамо важно обнаружить аналоги Kes 79, но с миллисекундными периодами. Эволюция магнитаров на больших масштабах (миллионы лет), а также вопрос об их происхождении могут быть прояснены с помощью изучения массивных рентгеновских двойных. С одной стороны, изучение большой выборки Be/X-ray двойных в Малом Магеллановом облаке в рамках гипотезы об аккреции из звездного ветра показало (New Astron. 17, 594), что распределение нейтронных звезд по магнитным полям согласуется с моделью затухания поля Понса и др. С другой стороны, Клус и др. в своей недавней работе приводят аргументы в пользу больших полей у этих объектов. Мы обсуждаем эти противоречия.

Константин Александрович Постнов (ГАИШ МГУ)

*Эволюция маломассивных рентгеновских источников в галактиках – моделирование и эволюция*  
// К.А.Постнов, А.Г.Куранов, М.Г. Ревнивцев

Методом популяционного синтеза с использованием модифицированного кода эволюции двойных звезд BSE (Hurley et al. 2000) с учетом вращательной эволюции замагниченных нейтронных звезд проведено моделирование маломассивных рентгеновских двойных (ММРД – нейтронные звезды в маломассивных двойных системах на стадии аккреции от переполняющей полости Роша маломассивной оптической звезды или от проэволюционировавшей с главной последовательности звезды) в Галактике. Рассчитана модельная функция светимости стационарных ММРД и ее эволюция во времени после вспышки звездообразования. Из сравнения с наблюдаемыми стационарными галактическими ММРД на диаграмме орбитальный период – рентгеновская светимость получены ограничения на параметры эволюции ММРД, в частности, указания на необходимость широкого распределения начальных масс нейтронных звезд в диапазоне 1.2-1.8 масс Солнца. Также проводится сравнение с наблюдениями ярких ( $>10^{37}$  эрг/с) рентгеновских источников в других галактиках и обсуждается связь с темпом звездообразования в этих галактиках.

---

Александр Юрьевич Потехин (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

*Унифицированное аналитическое описание вещества нейтронных звёзд*

// А.Ю. Потехин, А.Ф. Фантина, Н. Шамель, Дж.М. Пирсон, С. Горелый

Модели вещества нейтронных звёзд, основанные на одной и той же микроскопической теории как для внешней и внутренней коры, так и для ядра нейтронной звезды, называются унифицированными. Такие модели внутренне непротиворечиво определяют фазовые границы между различными областями нейтронной звезды и самосогласованно описывают свойства вещества, которые требуются для астрофизики. Унифицированные модели вещества нейтронных звёзд совершенствуются по мере прогресса физики элементарных частиц, атомного ядра и вещества сверхъядерной плотности, накопления и улучшения расчётных, экспериментальных и наблюдательных данных. В 1990-е годы широко применялась унифицированная модель Фридмана-Пандарипанде Скайрм-типа (FPS). В 2000-х её заменила модель SLy (“Сакле-Лион”, или “Скайрм-Лион”). Теперь им на смену пришло третье поколение - семейство унифицированных моделей BSk (“Брюссель-Скайрм”). В докладе представлено аналитическое описание свойств вещества, которые вытекают из унифицированных моделей третьего поколения и требуются для моделирования основных процессов в коре и ядре нейтронной звезды. К таким свойствам вещества относятся: уравнение состояния; состав, размеры и форма профиля атомных ядер в коре звезды; эффективные массы нуклонов; удельные концентрации протонов, электронов и мюонов в ядре звезды. Приведены примеры применения предлагаемого описания вещества для вычисления макроскопических характеристик нейтронных звёзд. Работа поддержана РФФИ (грант 11-02-00253-а), Минобрнауки РФ (соглашение №8409, 2012) и Программой поддержки ведущих научных школ РФ (грант НШ-4035.2012.2).

Дмитрий Анатольевич Прохоров (МРА)

*Поиск гамма лучей в направлениях скоплений галактик*

// Прохоров Д. А., Чуразов Е. М.

Излучение активных галактических ядер а также излучение вследствие распада нейтральных пионов - два наиболее вероятных механизма, которые могут сделать скопления галактик источниками гамма лучей. Мы исследуем проблему поиска гамма излучений от скоплений используя 52.5 месяца данных, полученных телескопом Ферми, в направлениях 55 скоплений галактик из каталога N1FLUGS. Выбор данных скоплений обусловлен более высокой вероятностью обнаружения потока излучения от распада нейтральных пионов, образующихся при взаимодействии релятивистских протонов с межгалактической средой, который пропорционален рентгеновскому потоку. Обработывая данные для данной выборке скоплений, мы обнаружили сигнал от центральной области радиуса 0.25 градуса на уровне 4.3 сигма при энергиях выше

10 ГэВ. Детектирование гамма лучей от подвыборки скоплений с холодными ядрами более статистически значимое по сравнению с остальными скоплениями. Несколько независимых аргументов указывают на значительный вклад от активных галактических ядер в наблюдаемый сигнал. Вычисленный верхний предел на плотность энергии релятивистских протонов равен 1.5% от плотности энергии тепловой плазмы для жесткого индекса спектра релятивистских протонов,  $s=4.1$  в  $dN/dp=p^{-s}$ . Для более мягких спектров пределы слабее.

Владимир Соломонович Птускин (ИЗМИРАН)

*Прогресс в исследованиях космических лучей* // В.С. Птускин

Обзор по проблемам ускорения и переноса космических лучей галактического и внегалактического происхождения. Обсуждение результатов прямых измерений Voyager 1 спектров частиц с энергиями от 1 МэВ в межзвездной среде, структуры энергетического спектра и состава космических лучей в районе "колена" при  $10^{15}$  eV, верхнего предела ускорения частиц в галактических источниках и природы внегалактических источников частиц самых высоких энергий.

Максим Пширков (ГАИШ МГУ)

*Гало горячей межзвёздной среды вокруг галактики М31 по наблюдениям Fermi LAT*

// В.В. Васильев, М.С. Пширков, К.А. Постнов

Космическая обсерватория Fermi LAT ведет наблюдения на орбите уже более 5 лет и является в данный момент самым чувствительным инструментом в диапазоне энергий 100 МэВ-100 ГэВ. Её высокая чувствительность позволяет детектировать слабые источники, в том числе и протяженные. Симуляции показывают, что Млечный Путь окружен разреженным гало радиусом  $\sim 50$  кпк и плотностью в  $10^{-4}$  см $^{-3}$ . Столкновения протонов космических лучей заполняющих это гало с частицами межзвездной среды могут давать значительный вклад в изотропный диффузный фон, а полная гамма-светимость гало может быть сравнима с гамма-светимостью всей Галактики. К сожалению, так как мы находимся внутри Галактики достаточно близко к её центру, прямые наблюдения этого гало затруднительны. Галактика М31, в свою очередь, очень близка по свойствам Млечному Пути и тоже должна обладать сходным протяженным гало. Мы использовали данные наблюдений Fermi LAT за 5 лет и нашли в них свидетельство в пользу наличия у галактики М31 протяженного гало с угловым размером  $\sim 4$ -5 градусов. Также был проведен ряд дополнительных симуляций, позволивших лучше ограничить свойства гало. Дальнейшее накопление статистики предоставит возможность исследовать более тонкую структуру этого объекта.

---

Михаил Геннадьевич Ревнивцев (ИКИ РАН)

*Спектр излучения слоя растекания на поверхностях  
нейтронных звезд как метод определения их размеров*

// М.Ревнивцев, В.Сулейманов, Ю.Поутанен

Спектр излучения поверхности нейтронной звезды потенциально содержит информацию о ее размерах и поэтому представляет особый интерес для астрофизики. Несмотря на огромный массив наблюдательных данных по излучению аккрецирующих нейтронных звезд излучение их поверхностей до сих пор плохо изучено. Это обусловлено, в основном, сложностями отделения компоненты излучения поверхности нейтронной звезды от компоненты излучения аккреционного диска. В докладе будут представлены результаты выделения спектра нейтронной звезды максимально модельно независимым методом, а также анализ наблюдений уникального транзиента ХТЕ J1701-462, покрывшего в ходе своей эволюции все ранее наблюдавшиеся образцы спектральной и временной переменности аккрецирующих нейтронных звезд, включая всплески термоядерного горения с фотосферным расширением. Будет показано, что анализ получаемых спектров поверхности нейтронной звезды (или, более точно, слоя растекания аккрецирующего вещества на поверхности нейтронной звезды) может быть успешно использован как один из методов определения масс и радиусов нейтронных звезд.

Сергей Юрьевич Сазонов (ИКИ РАН)

*Истинная доля сильно поглощенных активных ядер  
галактик и ее зависимость от светимости*

// С. Сазонов, Е. Чуразов

Используя выборку активных ядер галактик (АЯГ) из жесткого рентгеновского обзора неба обсерватории ИНТЕГРАЛ и расчеты методом Монте-Карло, показано, что наблюдаемая зависимость доли поглощенных АЯГ от светимости подвержена сильному влиянию эффектов селекции из-за поглощения и отражения рентгеновских лучей в газопылевом торе. После учета этих эффектов зависимость от светимости перестает быть статистически значимой. Таким образом, эффективный угол раскрытия тора возможно не так сильно зависит от светимости АЯГ, как считалось ранее.

Андрей Николаевич Семена (ИКИ)

*Геометрия аккреционного течения у поверхности замагниченных белых карликов.* // Семена А.Н. Ревнивцев М.Г

Согласно современным представлениям аккрецируемое вещество в двойной системе с замагниченным белым карликом (БК) должно останавливаться его магнитным полем на расстоянии порядка Альфвеновского радиуса и протекать на поверхность БК по поверхности магнитосферы, формируя на поверхности БК аккреционные колонки/аккреционные шторы. Геометрия колонки напрямую зависит от топологии магнитного поля и глубины вмороженности вещества в магнитное поле. Измерение площади аккреционной колонки на поверхности белого карлика дает максимальное значение глубины вмороженности плазмы диска на Альфвеновском радиусе. Нами было показано, что площадь аккреционной колонки можно измерить по частоте замыкания аperiodической переменности светимости аккреционной колонки. С использованием данного метода и набора данных наблюдений промежуточного поляра EX Нуа на оптических телескопах Южноафриканской астрономической обсерватории были получены ограничения на максимальную площадь аккреционных колонок на поверхности БК в этой системе. Согласно нашим оценкам, вещество протекает на поверхность EX Нуа в геометрически тонких аккреционных шторках, с глубиной вмороженности вещества  $dR/R$  менее  $1e-3$  на границе магнитосферы.

Виктор Борисович Семикоз (ИЗМИРАН им. Пушкина)

*Лептогенезис в симметричной фазе ранней Вселенной и первичные магнитные поля*

// В.Б. Семикоз, А.Ю. Смирнов и Д.Д. Соколов

В рамках стандартной модели физики элементарных частиц исследуется эволюция гиперзарядового абелева  $U_Y(1)$ -поля в горячей плазме ранней Вселенной до электрослабого фазового перехода (ЭФП) с учетом распадов (обратных распадов) хиггсовских бозонов, меняющих киральность левых и правых лептонов, а также с учетом сфалеронных переходов, нарушающих лептонную и разрушающих барионную асимметрию. Лептогенезис (нарушение лептонного числа) обязан абелевой аномалии в самосогласованном гипермагнитном поле - источнике максвелловского магнитного поля в хиггсовской (нарушенной) фазе. Барионная асимметрия Вселенной генерируется до ЭФП в процессе лептогенезиса в соответствии с законом сохранения Хуфта  $B/3 - L_e = const$  для легчайшего (электронного) поколения частиц. Изучена эволюция гипермагнитной спиральности как с монохроматическим спектром, так и с непрерывным спектром плотности спиральности с включением обратного каскада, ведущего к росту масштаба поля. Ранее авторами прослежены конверсия спиральности гипермагнитного поля в магнитную (первичную) спиральность в момент ЭФП и последующая эволюция магнитного поля с образованием галактических магнитных полей в моделях динамо.

Сергей Иванович Синеговский (ИрГУ)

*Отношение спектров мюонных и электронных нейтрино и данные IceCube*

// Синеговская Татьяна Сергеевна, Синеговский Сергей Иванович

Регистрация событий от нейтрино с энергиями порядка 1 ПэВ на установке IceCube существенно меняет ситуацию с оценкой вклада распадов очарованных частиц в потоки атмосферных нейтрино – основной фон для астрофизических нейтрино высоких энергий. Если результат IceCube получит подтверждение при дальнейших измерениях потока атмосферных электронных нейтрино (при энергиях выше 10 ТэВ), то неопределенности плохо изученного пока механизма рождения очарованных частиц станут несущественными. Флейворное отношение потоков нейтрино  $R_\nu = \phi_{\nu_\mu + \bar{\nu}_\mu} / \phi_{\nu_e + \bar{\nu}_e}$ , извлеченное из данных IceCube, уменьшается с ростом энергии вблизи 1 ТэВ, что может быть указанием на относительно растущий вклад диффузной составляющей потока астрофизических нейтрино. Если предположить, что спектр астрофизических нейтрино ведет себя как  $E^{-2}$  и в области ниже 10 ТэВ, то извлеченное из измерений  $R_\nu$  будет заметно меньше значения, предсказанного для атмосферных нейтрино для любой модели рождения и распада очарованных частиц.

Валерий Фиалович Сулейманов (Институт Астрономии и Астрофизики, Университет Тюбингена)

*Углеродные атмосферы нейтронных звезд. Модели и результаты.* // В.Ф. Сулейманов, Д. Клочков, Б. Посельт, Г.Г. Павлов, Г. Пюльгофер, С. Симон, О. Каргальцев, А. Сантанжело, К. Вернер

Углеродная атмосфера нейтронной звезды (НЗ) в Cas A была предложена в 2009 г. Ho & Heinke для согласования ее видимого размера с расстоянием до остатка сверхновой. Обнаруженная недавно нейтронная звезда в центре остатка сверхновой HESS J1731-347 похожа по своим свойствам на НЗ в Cas A. Для интерпретации ее рентгеновского спектра нами была рассчитана обширная сетка углеродных моделей атмосфер НЗ в интервале эффективных температур от 1 до 4 МК и для 9 значений  $\log g$  от 13.7 до 14.9. Данная сетка теоретических спектров доступна теперь в XSPEC (модель carbatm). Наблюдаемый рентгеновский спектр данной НЗ хорошо описывается теоретическими моделями, что позволило получить оценку базовых параметров НЗ ( $M=1.5 \pm 0.5 M_\odot$ ,  $R=12.5_{-5.3}^{+2.1}$  км) при расстоянии 3.2 кпс. Эта же сетка моделей была использована для описания двух рентгеновских спектров НЗ в Cas A, полученных в 2006 и 2012 гг. обсерваторией Chandra с целью проверки достоверности высокого темпа охлаждения данной НЗ, декларированного ранее. Высокий темп охлаждения не был подтвержден, и в пределах ошибок наблюдений оба спектра могут быть описаны моделями с одинаковой температурой.

Лев Григорьевич Титарчук (University of Ferrara, Italy)

*Анализ спектральных и временных свойств рентгеновского излучения Scorpius X-1. Фаза повышенной жесткости спектра во время Flaring Branch* // Лев Титарчук, Елена Сейфина, Крис Шрайдер

Проведен анализ спектральных и временных свойств рентгеновского излучения Z-источника Sco X-1 во наблюдаемых с борта рентгеновской обсерватории RXTE (1996-2002). Показано, что спектр Sco X-1 во время всех этих состояний может быть аппроксимирован аддитивной моделью, состоящей из двух Комptonизационных компонентов и эмиссионной линии железа. Оба компонента обусловлены наличием переходного слоя, который обеспечивает рассеяние как “затравочных” фотонов с температурой  $T_{s1} < 0.7$  кэВ, идущих от аккреционного диска [первая Комptonизационная составляющая Comptb1], так и “затравочных” фотонов с температурой  $T_{s2} < 1.8$  кэВ, идущих от поверхности нейтронной звезды (НЗ) [вторая составляющая, Comptb2] на горячих электронах переходного слоя. Анализ спектров на основе этой модели показал, что фотонный индекс  $\Gamma_{com2}$  компонента Comptb2, ассоциируемого с поверхностью НЗ, оказывается (квази) постоянным на уровне  $\Gamma_{com2} \sim 2$  для всех спектральных состояний вдоль Z-трека. При этом индекс  $\Gamma_{com1}$  демонстрирует двух-фазное поведение в зависимости от спектрального состояния:  $\Gamma_{com1}$  оказывается квази-постоянным на уровне  $\Gamma_{com1} \sim 2$  на НВ-НВ и снижется, варьируясь в диапазоне  $1.3 > \Gamma_{com1} > 2$  на ФВ. При этом обнаружено, что при нахождении источника на ФВ температура  $T_{s2}$  монотонно снижается от 1.8 до 0.7 кэВ. Мы интерпретировали обнаруженное квазипостоянство индексов  $\Gamma_{com1}$  и  $\Gamma_{com2}$  на НВ-НВ (около величины  $\Gamma=2$ ) с помощью модели, в которой спектр определяется комptonизационными компонентами. Кроме того, установленный эффект стабильности спектрального индекса для Z-источника Sco X-1 подобен ранее обнаруженному эффекту стабильности фотонного индекса для ряда atoll источников 4U1728-34, GX3+1 и 4U1820-30, а также для Z-источника GX340+0 для всех спектральных состояний. Мы интерпретировали фазу снижения индекса, обнаруженную на ФВ в Sco X-1.

Сергей Анатольевич Трушкин (САО РАН)

*Новые результаты исследований микрокварзаров*

// Трушкин С.А Пансли Б. Жеканис Г.В. Нижельской Н.А. Цыбулев П.Г.

Продолжаются исследования микрокварзаров SS433, GRS1915+105, Cyg X-1, Cyg X-3, LS5039, V4641 Sgr и LSI+61d303 на радиотелескопе РАТАН-600. Выборка этих рентгеновских двойных систем с релятивистскими струями заслуживает особого внимания после открытия ТэВ-го гамма-излучения от четырех их них (LS5039, Cyg X-1, LSI+61d303 и Cir X-1). Обнаружено, что это излучение связано со струйной активностью микрокварзаров, и таким образом обнаружение ТэВ-ного излучения от других источников только вопрос времени в целе-



направленных программах наблюдений в состоянии мощной активности. Следует отметить, что во многих микроквазарах мощные релятивистские истечения возникают нерегулярно, а их лучшим индикатором является вспышечное радиоизлучение. В 2013 году проведены совместные наблюдения микроквара GRS1915+105 с помощью японской обсерватории MAXI (МКС). Удалось зарегистрировать несколько вспышек (100 мЯн). В направленной в ArJ статье обосновывается новый результат: в ходе мощных струйных выбросов, видимых в росте рентгеновского потока на временах около трех часов, спустя 5-8 часов генерируется оптически тонкое синхротронное радиоизлучение. Но незадолго до рентгеновской вспышки внутри двойной системы в несколько раз вырастает столбцовая концентрация нейтрального водорода, ответственного за поглощение рентгеновского излучения. В 2012-13 годах были зарегистрированы яркие (выше 1.5 Ян на 5 ГГц) вспышки от SS433. Эти вспышки хорошо описываются одной кратковременной (меньше суток) генерацией релятивистских электронов, с последующей адиабатической релаксацией радиоизлучения в течение порядка 10 дней. Впервые в течение около 200 дней измерена кривая блеска LS5039, известного гамма-источника, двойной системы с черной дырой. Поток на 4.8 ГГц обычно лежит в интервале 30-80 мЯн, но иногда на 1-2 дня поднимается до 100-150 мЯн.

Юрий Александрович Уваров (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

*Особенности синхротронных рентгеновских изображений остатков сверхновых.*

// Быков А.М., Уваров Ю.А.

При расширении в окружающую межзвездную среду оболочки остатка сверхновой (ОСН) формируется сильная бесстолкновительная ударная волна (УВ), в окрестности которой происходит эффективное ускорение частиц и генерация стохастического магнитного поля. В результате процессов усиления поля образуются достаточно крупные полевые турбулентные структуры, которые явно проявляются в излучении ОСН. Эти проявления выражаются в наличии на картах интенсивности и поляризации излучения характерных структур, обладающих существенной временной переменностью, а также в формировании более жесткого спектра излучения. Таким образом, фактическое синхротронное излучение остатка существенно отличается от модельного усредненного излучения, ожидаемого в случае, когда в области его формирования имеет место усреднение по всем возможным реализациям ансамбля турбулентных полей. Мы обсуждаем результаты моделирования синхротронного излучения от оболочки ОСН с учетом эффектов ускорения частиц и генерации турбулентного магнитного поля в окрестности образовавшейся УВ. Мы применяем нашу модель для описания переменных рентгеновских структур, наблюдавшихся в некоторых ОСН телескопом Chandra, в том числе в остатке RX 1713. Также мы обсуждаем перспективы регистрации степени поляризации рентгеновского излучения от оболочек сверхновых звезд новым поколением рентгеновских поляриметров.

Александр Андреевич Филиппов (Princeton University)

*Магнитосфера пульсара из первых принципов:  
particle-in-cell симуляции магнитосферы  
осесимметричных пульсаров*

// Александр Филиппов, Анатолий Спитковский

В докладе будет представлена симуляция магнитосферы пульсара из первых принципов с помощью метода particle-in-cell. Допуская свободный выход частиц с поверхности нейтронной звезды и наполняя магнитосферу электрон-позитронной плазмой, мы наблюдаем переход от charge-separated магнитосферы к решению, близкому к бессилловому. Мы вычисляем структуру магнитосферы, распределение токов и темп потерь нейтронной звезды. Будет также обсуждаться ускорение частиц в экваториальном токовом слое.

Алексей Витальевич Финогенов (Хельсинкий  
Университет)

*Калибровка групп и скоплений галактик: M-T.*  
// А.Финогенов, К.Кеттула.

На сегодняшний день космологические исследования с использованием скоплений галактик стали ограничены не статистикой скоплений, а качеством знания их полной массы (коллорабация Планк. XX. 2013). В докладе представлены новые работы по калибровке масс, с использованием уникальных данных обзора COSMOS и CFHTLS. Полученные калибровки сильно отличаются от прежних результатов, полученных другими методами, однако именно такое различие уже было предсказано численными расчётами.

Ильдар Инзилович Хабибуллин (ИКИ РАН)

*Взаимодействие струй с коконом в системе SS 433 - W 50*  
// И. И. Хабибуллин, С. Ю. Сазонов, Р. А. Сюняев

Считается, что типичное окружение микроквazarов (т.е. межзвездная среда) оказывает значительно меньшее сопротивление распространению струй нежели в случае радиогалактик, что должно приводить к отсутствию коконов с “отработанным” веществом струй вокруг этих объектов. Возможно, исключением является SS 433, расположенный в центре остатка вспышки сверхновой W50, заметно деформированной воздействием релятивистских струй центрального объекта. Таким образом, струи SS 433 должны действительно быть окружены коконом разреженного релятивистского газа, воздействие которого на струи и является предметом нашего исследования. Посредством

простых оценок нами было найдено, что взаимодействие струй с коконом должно приводить к реколламинации баллистического течения струй с образованием ударной волны внутри струй на расстоянии  $\sim 10^{17}$  см ( $\sim 1$  секунды дуги) от центрального источника. Примечательно, что наблюдения SS 433 обсерваторией Chandra указывают на наличие протяженного источника мягкого рентгеновского излучения из этой области.

Мария Александровна Чернякова (DCU)

*Многокомпонентная структура гамма излучения двойной системы LS5039.* // М.Чернякова, А. Неронов, Д. Малышев

LS 5039 является одной из немногих массивных двойных систем, в которых максимум излучения приходится на гамма диапазон. Мы исследовали орбитальную переменность гамма излучения, приходящего от системы в диапазоне 0.1 - 100 ГэВ, с целью исследования природы гамма излучения. Исследование спектральной орбитальной переменности излучения выявило наличие двух компонент дающих вклад в наблюдаемое гамма излучение. Интенсивность одной из компонент зависит от орбитальной фазы и может быть объяснена синхротронным излучением, возникающего в области вблизи компактного источника, в то время как интенсивность второй компоненты на энергиях выше нескольких ГэВ постоянна. Мы показываем, что вторая компонента может быть объяснена обратным Комптоновским рассеянием, приходящим из области в тысячу раз большей размера системы.

Андрей Игоревич Чугунов (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

*Эволюция нейтронных звезд в маломассивных рентгеновских двойных системах*  
// М.Е. Гусаков, А.И. Чугунов, Е.М. Кантор

Существование быстровращающихся горячих нейтронных звезд в маломассивных рентгеновских двойных системах оказалось загадкой для физики нейтронных звезд [1,2]. Мы объясняем этот факт в рамках сценария, основанного на резонансном взаимодействии (неустойчивых) нормальных  $g$ -мод колебаний со сверхтекучими инерционными модами (см. доклад “Окна неустойчивости вращающихся сверхтекучих нейтронных звезд” Гусакова, Чугунова и Кантор). Моделирование эволюции аккрецирующих нейтронных звезд в маломассивных рентгеновских двойных системах показало, что их частоты вращения ограничены неустойчивостью октупольной ( $m = 3$ )  $r$ -моды, а не квадрупольной ( $m = 2$ )  $r$ -моды, как считалось ранее. Этот результат согласуется с “предельным” значением частоты вращения аккрецирующих пульсаров 730 Гц, полученным из статистического анализа наблюдений [3]. Также предсказано существование нового класса горячих неаккрецирующих быстровращающихся нейтронных звезд (см.

доклад “Неустойчивость  $r$ -мод ...” Чугунова, Гусакова, Кантор), которые, возможно, уже наблюдаются и классифицируются как кандидаты в маломассивные рентгеновские двойные системы в спокойном состоянии (qLMXB). Сравнение нашего сценария с данными наблюдений открывает новую возможность для наложения жестких ограничений на свойства сверхплотного вещества и параметры сверхтекучести.

Работа поддержана Советом по грантам Президента Российской Федерации (гранты НШ-4035.2012.2 и МК-857.2012.2), РФФИ (гранты 12-02-31270-мол\_а и 11-02-00253-а), фондом “Династия”, Министерством образования и науки Российской Федерации (соглашение №8409, 2012г.). [1] Ho W. C. G., Andersson N. & Haskell B., PRL 107, 101101 (2011). [2] Haskell B., Degenaar N. & Ho W. C. G., MNRAS 424, 93 (2012). [3] Chakrabarty D., Morgan E.H., Muno M.P. et al., Nature, 424, 42 (2003).

Евгений Чуразов (ИКИ РАН)

*Филаменты холодного газа в центрах скоплений*

// Е.Чуразов, М.Ружковский, А.Щекочихин

Предложена модель образования филаментов холодного и плотного газа в ядрах скоплений галактик. Показано, что пересоединение магнитных силовых линий может “концентрировать” энергию пузырей релятивистской плазмы в узкие “хвосты” (наподобие хвоста магнитосферы Земли).

Николай Иванович Шакура (ГАИШ МГУ)

*О природе высокого и низкого состояния в аккрецирующих рентгеновских пульсарах умеренной светимости* // Н.И. Шакура, К.А. Постнов, Л. Ялмарсдоттер

Показано, что наблюдаемые у медленных рентгеновских пульсаров резкие временные уменьшения средней рентгеновской светимости (“низкие” состояния, например, у Vela X-1, GX 301-2, 4U 1907+09 и др.) объясняются в модели дозвуковой квази-сферической аккреции в режиме оседания. Низкие состояния связаны со сменой режима охлаждения плазмы вблизи магнитосферы с Комптоновского на менее эффективный режим радиационного охлаждения. На примере пульсара Vela X-1 показано, что в низком состоянии происходит смена диаграммы направленности излучения на карандашную, основной поток генерируемых фотонов направлен в область магнитосферного каспа, где плазме труднее всего войти в магнитосферу из-за неустойчивости Рэлея-Тейлора, и проникновение плазмы в магнитосферу в экваториальных областях происходит за счет радиационного охлаждения. При увеличении темпа аккреции диаграмма становится более широкой (веерной) и начинается более эффективное Комптоновское охлаждение плазмы в экваториальной области магнитосферы.

---

Александр Щекочихин (Оксфордский Университет)

*Теоретические модели эволюции магнитных полей в межгалактической плазме*

// А. А. Щекочихин (Оксфорд), Ф. Могаверо (ENS, Париж), М. Кунц (Принстон)

В межгалактической среде и похожих слабостолкновительных плазмах, локальный инкремент роста (или затухания) магнитного поля, вязкость и анизотропия давления пропорциональны друг другу. (Приблизительное) сохранение адиабатических инвариантов приводит к тому, что любые движения плазмы меняющие силу поля увеличивают анизотропию давления, которая приводит к мелкомасштабным неустойчивостям, которые в свою очередь насыщаются и фиксируют эту анизотропию на критическом уровне, зависящем от поля через бета-параметр. От механизма этого насыщения (неизвестного на данный момент) зависит, как модифицируется эффективная вязкость среды и как эволюционирует поле. В это докладе будут обсуждаться последствия двух основных сценариев: изотропизация давления за счет рассеяния частиц на мелкомасштабных флуктуациях и за счет эффективного подавления инкремента роста или затухания поля. Окажется, что эволюция поля совершенно другая, чем в МГД (например, может быть взрывной магнетогенез), что даже динамически слабое поле тем не менее меняет динамику и термодинамику плазмы (через модификацию вязкости) и что эффективная вязкость межгалактической среды существенно подавлена. Также будет показано, как один из этих сценариев (второй) приводит к теории турбулентного нагрева межгалактической среды в скоплениях, не подверженной проблеме "cooling catastrophe".

Дмитрий Георгиевич Яковлев (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе)

*Плазменные эффекты в нейтронных звездах* // Д.Г. Яковлев

Нейтронные звезды содержат очень плотное вещество. Плотность вещества в их центральных слоях в несколько раз превышает плотность материи в атомных ядрах. Природа такого вещества в основном определяется сильным (ядерным) взаимодействием частиц и до сих пор не ясна. Изучение свойств сверхплотного вещества (уравнение состояния, ядерный состав, сверхтекучесть частиц разных сортов) представляет собой фундаментальную задачу современной физики и астрофизики, включая астрофизику высоких энергий, физику элементарных частиц и сильных взаимодействий, физику конденсированного вещества и пр. Несмотря на исключительную важность сильного взаимодействия частиц в нейтронных звездах, важную роль в них играют и электромагнитные взаимодействия, связанные с наличием заряженных частиц и сильных магнитных полей. Описаны основные коллективные (плазменные) эффекты, обусловленные электромагнитными взаимодействиями в нейтронных звездах. Эти эффекты проявляются в

кинетике вещества нейтронных звезд, в нейтринном излучении и ядерных реакциях в оболочках нейтронных звезд, в термодинамике плазмы атомных ядер в этих оболочках и в формировании излучения в атмосферах нейтронных звезд. Многие плазменные эффекты в нейтронных звездах хорошо изучены. Их необходимо правильно учитывать для интерпретации наблюдений нейтронных звезд и решения основной задачи – выяснения природы сверхплотного вещества в их ядрах.

Работа поддержана РФФИ (гранты 11-02-00253-а и 13-02-12017-офи-м), а также Министерством образования и науки Российской Федерации (соглашение №8409, 2012г.).

# Стендовые доклады

Айк Левонович Акопян (МФТИ)

*К определению размера изображения импульса радиопульсара в картинной плоскости*

// Бескин Василий Семенович, Акопян Айк Левонович

Определение размера изображения импульсов радиопульсаров в картинной плоскости является важнейшей задачей не только в связи с возможностью прямого углового разрешения радиоимпульсов, но и для проверки и ограничения существующих теорий радиоизлучения. В работе в простейшем случае дипольного магнитного поля и для распространяющейся по прямой необыкновенной волны (Х-моды) определены как форма изображения, так и ее изменение в зависимости от фазы импульса. Показано, что размер изображения в центре импульса значительно меньше, чем на его краях.

Лев Арзамасский (МФТИ)

*О влиянии углового момента аккрецирующего вещества на структуру течения в режиме медленного оседания и при аккреции Бонди-Хойла* // Арзамасский Л.И., Бескин В.С.

В рамках идеальной гидродинамики рассмотрены ранее не исследованные режимы аккреции, связанные с вращением аккрецирующего вещества, а именно возмущения квазисферического течения в режиме медленного оседания, а также аккреция Бонди-Хойла при наличии осевого вращения. Для аккреции в режиме медленного оседания показано, что возмущения достаточно быстро растут при приближении к гравитирующему центру, так что во внутренних областях течения уже нельзя считать квазисферическим. Для аккреции же Бонди-Хойла показано, что на больших расстояниях от гравитирующего центра вблизи оси течения образуется вакуумная цилиндрическая полость. При этом скорость течения вне этой полости практически не зависит от расстояния до оси вращения.

Лев Арзамасский (МФТИ)

*Towards radiopulsar evolution theory*

// Арзамасский Л., Токмакова А., Филиппов А., Бескин В., Чеховской А.

Исследование эволюции пульсаров началось достаточно давно. Однако до сих пор нет единой точки зрения на характер эволюции нейтронных звезд. В частности, до сих пор во многих работах рассматриваются магнито-дипольные потери пульсаров, а также не учитывается эволюция угла между магнитной осью и осью вращения пульсара. В данной работе был проведен популяционный синтез для эволюции нейтронных звезд в МГД модели. Было проведено сравнение с другими моделями потерь. Была показана важность учета эволюции угла при проведении расчетов. Из сравнения полученных результатов с наблюдениями была произведена оценка начальных параметров нейтронных звезд. Также был рассмотрен ранее не исследованный вопрос о влиянии эволюции на популяцию интеримпульсных пульсаров, которая оказалась чрезвычайно чувствительной к используемой модели. Были рассмотрены эффекты, связанные с возможной несферичностью нейтронных звезд. Данные наблюдений показывают, что прецессия хорошо описывает многие нерегулярности в периоде, из анализа которых были оценены геометрические параметры некоторых пульсаров. Для того, чтобы эволюционные кривые хорошо описывали наблюдения, необходимо, чтобы изменение периода вращения в течение одного периода прецессии было незначительным (порядка наносекунд). Тем не менее, угол между магнитной осью и осью вращения (которая с большой точностью неподвижна в пространстве) может существенно меняться, приводя к существенным изменениям в профиле радиоимпульса.

Лев Арзамасский (МФТИ)

*Аналитическая модель асимптотически радиальной структуры пульсарного ветра*

// Арзамасский Л.И., Бескин В.С., Прокофьев В.В.

Работы по численному моделированию магнитосферы радиопульсаров, выполненные в последнее время, показали, что структура пульсарного ветра сильно отличается от простейших моделей, рассматриваемых ранее. Это касается как самого замагниченного ветра (при больших углах наклона оси магнитного диполя к оси вращения полоидальное магнитное поле сильно отличается от сферически симметричного), так и свойств токового слоя, разделяющего магнитные потоки, выходящие из различных магнитных полюсов. В нашей работе показано, что основные свойства пульсарного ветра, такие, например, как зависимость потока энергии от полярного угла или форма токового слоя, могут быть объяснены с помощью простой аналитической модели. Кроме того, предложен подход, в котором внутренняя структура радиально распространяющегося токового слоя может быть исследована в рамках двухжидкостной магнитной гидродинамики.



Наталья Анатольевна Архипова (АКЦ ФИАН)

*Фоновая динамика и фактор роста в динамической модели скрытой энергии*

// Н. Архипова, О. Авсаджанишвили, Т. Кахниашвилли, Л. Самушиа

Динамическая модель космологической темной энергии с медленно скатывающимся потенциалом космологического скалярного поля - квинтэссенция - является популярной альтернативой модели с независимой от времени космологической постоянной. В данной работе исследуется фоновая динамика и линейный фактор роста возмущений плотности в модели квинтэссенции с потенциалом Ратра-Пиблса. Численно решаются связанные уравнения поля и уравнения Фридмана. Результаты вычислений сравниваются с современными наблюдательными данными по линейной скорости роста возмущений плотности материи для получения ограничения на показатель степени потенциала скалярного поля.

Наталья Анатольевна Архипова (АКЦ ФИАН)

*Каталоги галактик с  $z > 2$  для изучения темной энергии.*

// Архипова Н.А., Пилипенко С.В.

Сейчас активно ведется построение больших каталогов галактик для измерения барионных акустических осцилляций. Существующие и планируемые в ближайшем будущем обзоры направлены на диапазон красных смещений  $z < 2$ . Однако, некоторые популярные модели темной энергии дают максимальное отличие от  $\Lambda$ CDM при  $z > 2$ , поэтому мы исследовали чувствительность гипотетических обзоров на больших красных смещениях к модели темной энергии.

Кирилл Евгеньевич Атапин (ГАИШ МГУ)

*Переменность рентгеновских струй SS433*

// К.Е.Атапин С.Н.Фабрика А.С.Медведев

Исследуются спектры мощности и корреляционные функции рентгеновского излучения SS433. Профили кросс-корреляционных функций имеют асимметрию на нескольких характерных временах, а также показывают запаздывание излучения в диапазоне 2-5 кэВ по отношению к более жесткому ( $> 8$  кэВ). Спектр мощности имеет слом в районе 0.002 Гц. Все эти особенности могут быть объяснены моделью охлаждающихся струй. Характерное время охлаждения облаков, из которых состоит струя, определяется их плотностью. Наблюдаемая рентгеновская переменность SS433 может быть объяснена струями, состоящими из трех фракций облаков с плотностями  $5 \times 10^{11}$ ,  $4 \times 10^{13}$  и  $8 \times 10^{13}$  см<sup>-3</sup>.

Аниса Талгатовна Байкова (ГАО РАН)

*Кривая вращения Галактики и параметры спиральной волны плотности по 73 мазерным источникам*

// А.Т. Байкова, В.В. Бобылев

По кинематическим данным о мазерах с известными тригонометрическими параллаксами, а также измерениям скоростей водородных облаков HI в тангенциальных точках во внутренней области Галактики, уточнены параметры модели (Аллен-Сантьяна) потенциала Галактики и построена кривая вращения Галактики в широком диапазоне галактоцентрических расстояний от 0 до 20 кпк. Круговая скорость вращения Солнца для принятого значения галактоцентрического расстояния  $R_0=8$  кпк составила  $V_0=239\pm 16$  км/с. Получены ряды остаточных тангенциальных  $\Delta V_\Theta$ , а также радиальных скоростей  $V_R$  более семидесяти мазерных источников, на основе которых, с применением предложенного нами ранее метода периодограммного анализа, найдены параметры галактической спиральной волны плотности, удовлетворяющей линейной модели Линя и Шу. Амплитуды тангенциальных и радиальных возмущений составили  $f_\Theta=7.0\pm 1.2$  км/с и  $f_R=7.8\pm 0.7$  км/с соответственно, длина волны возмущений  $\lambda = 2.3 \pm 0.4$  кпк, или, угол закрутки спирального узора в двухрукавной модели  $i=-5.2^\circ \pm 0.7^\circ$ , а в четырехрукавной модели  $i=-10.4^\circ \pm 1.8^\circ$ . Фаза Солнца  $\chi_0$  в спиральной волне составила  $-210^\circ \pm 15^\circ$  градусов по остаточным тангенциальным и  $-160^\circ \pm 15^\circ$  по радиальным скоростям.

Аниса Талгатовна Байкова (ГАО РАН)

*Минимально-фазовое восстановление РСДБ-изображений Активных Ядер Галактик*

// А.Т. Байкова

Показано, что РСДБ-изображения активных ядер галактик (АЯГ) с типичной структурой “доминирующее компактное ядро + односторонний джет” с высокой точностью могут быть приближены минимально-фазовыми двумерными распределениями. (Контроль условия “минимальности” фазы может быть осуществлен путем соответствующего анализа амплитуды функции видности на каждой базе интерферометра.) Фазовая проблема при картографировании АЯГ является ключевой. В практике РСДБ-картографирования встречаются случаи, когда невозможно или проблематично использование стандартных методов самокалибровки (двухэлементный интерферометр, интерферометр с вырожденными уравнениями замыкания фаз). В этих случаях возникает задача восстановления изображений только по амплитуде функции видности (“бесфазовый” метод картографирования). В случае РСДБ задача восстановления изображений по спектральной амплитуде осложняется неполным заполнением UV-плоскости и

проблемой подавления ошибок измерения амплитуды функции видности, значительной составляющей которых являются ошибки калибровки. Последнее является самым серьезным ограничением на пути применения “бесфазовых” методов. В настоящей работе предложены некоторые методы решения этих проблем. Собственно алгоритм минимально-фазового восстановления, разработанный в данной работе, основан на двумерной гомеоморфной цифровой обработке и вычислении двумерного комплексного кепстра, и отличается простотой и высочайшим быстродействием. Приводятся результаты минимально-фазового восстановления изображений ряда избранных АЯГ по данным VLBA наблюдений. Отметим, что разработанные алгоритмы наряду с предложенным нами ранее методом многочастотного синтеза могут быть полезны при картографировании по данным наземно-космического интерферометра “Радиоастрон” с целью достижения предельно высокого углового разрешения изображений АЯГ.

Сергей Александрович Балашев (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

*Абсорбционные системы молекулярного водорода в каталоге спектров квазаров SDSS*

// Балашев С.А., Клименко В.В., Иванчик А.В., Варшалович Д.А.

Абсорбционные системы молекулярного водорода представляют уникальную возможность исследовать холодную и плотную фазу межзвездного вещества в Галактиках на ранних этапах эволюции Вселенной. В работе представлены результаты поиска абсорбционных систем молекулярного водорода в 10 выпуске каталога спектров квазаров Sloan Digital Sky Survey Data (SDSS) Release 10 (DR10). Изучаются свойства полученных кандидатов в абсорбционные системы молекулярного водорода, в том числе, степень молекуляризации, ширины ассоциируемых линий тяжелых элементов, экстинкция и величины потока в фильтрах SDSS, соответствующих им спектров. Представлена оценка вероятности попадания системы молекулярного водорода в спектр квазара. Обсуждается абсорбционная система с рекордно высокой лучевой концентрацией молекулярного водорода  $\log N = 21.1$  ( $N$  в  $\text{см}^{-2}$ ), которая была идентифицирована в результате выполненного поиска. Показано, что насыщенная система молекулярного водорода приводит к тому, что спектр квазара отбрасывается в процессе отбора спектроскопических целей каталога SDSS, что приводит к эффекту селекции таких систем. Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-4861.2013.2, РФФИ (11-02-01018а) и Минобрнауки РФ (соглашение 8409, НИИ-4035.2012.2).

Дмитрий Петрович Барсуков (ФТИ им. А.Ф. Иоффе, СПбГПУ)

*Влияние мелкомасштабного магнитного поля на нагрев полярных шапок старых радиопульсаров*  
// Цыган А.И., Гогличидзе О.А., Барсуков Д.П.

Рассматривается влияние величины и направления мелкомасштабного магнитного поля на обратный ток позитронов во внутренних зазорах старых радиопульсаров (с характеристическим возрастом  $\tau > 10^6$  лет) и связанный с ним нагрев полярных шапок. Пульсар рассматривается в модели “внутреннего зазора” со свободным истечением частиц с поверхности нейтронной звезды. При рассмотрении генерации электрон-позитронных пар учитывается только рождение пар квантами изгибного излучения в магнитном поле. Обратный ток позитронов рассчитан как по модели Аронса-Шарлеманна, так и по модели Муслимова-Хардинг. Показано, что расчет тока по модели Аронса-Шарлеманна несколько лучше согласуется с наблюдаемыми значениями рентгеновских светимостей полярных шапок, тогда как расчет в соответствии с моделью Муслимова-Хардинг в ряде случаев приводит к излишне сильному нагреву полярных шапок. Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 13-02-00112), Гранта Президента РФ по поддержке ВНИИР (НИИ 4035.2012.2), а также ФЦП Минобрнауки РФ (соглашение No.8409, 2012-2013 г.г.).

Ильфан Фяритович Бикмаев (КФУ)

*Исследование сверхновой SNIa 2011fe по оптическим наблюдениям на 1.5-м телескопе РТТ-150*

// Бикмаев И.Ф.(1), Мигманова А.Э.(1), Сахибуллин Н.А.(1), Хамитов И.М.(1), Буренин Р.А.(2), Сюняев Р.А.(2) 1 - Казанский (Приволжский) федеральный университет 2 - Институт космических исследований РАН

Представлены результаты наблюдений на РТТ-150 Сверхновой SNIa\_2011fe, вспыхнувшей в галактике M101 25-го августа 2011 года. Спектральные и фотометрические наблюдения выполнены в течение одного года, начиная от даты вспышки. Прослежена эволюция потока и спектра Сверхновой. В спектре идентифицированы линии кремния, кальция, кислорода, серы, подтверждающие классификацию этой Сверхновой как SNIa. Измерена скорость расширения оболочки на разных фазах кривой блеска. Проанализированы изменения профилей спектральных линий и широких абсорбционных деталей с течением времени.

Антон Владимирович Бирюков (ГАИШ МГУ)

*Проявление сложности вращения нейтронных звезд в эволюции наблюдаемых периодов радиопульсаров*

// А. Бирюков (ГАИШ МГУ), Г. Бескин (САО РАН), С. Карпов (САО РАН)

Наблюдаемые периоды  $P_{obs}$  радиопульсаров определяются промежутками времени между последовательными прохождением наблюдателя через диаграмму направленности. Но, поскольку излучающая область (по сути – магнитосфера) пульсара вращается с периодом  $P$  вокруг мгновенной оси НЗ, а ориентация последней относительно главных осей инерции, вообще говоря, систематически изменяется, то значения  $P_{obs}$  и  $P$  в общем случае не совпадают. Изменение ориентации оси вращения вызывается либо свободной прецессией в случае несферичности НЗ, либо вынужденной прецессией, запускаемой действием тормозящего момента сил, либо совокупностью этих двух факторов. Учет отличия  $P_{obs}$  от  $P$  необходим для корректной интерпретации эволюции  $P_{obs}$  в терминах физических характеристик НЗ и действующего на нее тормозящего момента. Особенно при исследовании тонких деталей  $P_{obs}(t)$  – шума тайминга, аномальных значений вторых производных  $\dot{P}_{obs}(t)$  и т. п. Так, в данной работе была получена в общем виде связь между разностью  $P_{obs} - P$  и мгновенными значениями физических характеристик НЗ и тормозящего момента. Исследован ряд частных случаев – сферической, двух и трехосной нейтронной звезды, замедляющейся под действием магнитодипольного тормозящего момента. Показано, что геометрическая составляющая  $P_{obs}$ , определяемая сложностью пространственного вращения НЗ, становится существенной в рамках современной точности наблюдений только при наличии свободной прецессии НЗ на временах не более нескольких десятков лет. В остальных случаях сложность вращения приводит лишь к малому, монотонно меняющемуся различию в  $P_{obs}$  и  $P$ . Это не позволяет, в частности, объяснить аномальность значений  $\dot{P}_{obs}$  совокупностью сложного вращения и вынужденной прецессии без привлечения дополнительного механизма-посредника.

Вадим Вадимович Бобылев (ГАО РАН)

*Кинематика Галактики по выборке молодых массивных звезд* // В. В. Бобылев, А. Т. Байкова

По литературным источникам создана кинематическая база данных о массивных ( $>10M_{\odot}$ ) молодых галактических звездных системах, расположенных в радиусе  $\leq 3$  кпк от Солнца, включающая 220 объектов. Из них около 100 объектов представляют собой спектрально-двойные и кратные звездные системы, компонентами которых являются массивные OB-звезды, остальные объекты – массивные B-звезды каталога HIPPARCOS с ошибками параллакса не более 10%. По всей выборке построена кривая вращения Галактики, определено значение круговой

скорости вращения околосолнечной окрестности вокруг центра Галактики при  $R_0 = 8$  кпк,  $V_0 = 259 \pm 16$  км/с, а также получены параметры спиральной волны плотности в соответствии с линейной теорией Линя и Шу (1964), а именно: амплитуды возмущений радиальной и азимутальной скоростей  $f_R = -10.8 \pm 1.2$  км/с и  $f_\Theta = 7.9 \pm 1.3$  км/с соответственно; угол закрутки двухрукавного спирального узора  $i = -6.0 \pm 0.4$  градусов, при этом длина спиральной волны плотности на околосолнечном расстоянии составила  $\lambda = 2.6 \pm 0.2$  кпк; значение радиальной фазы Солнца в спиральной волне  $\chi_0 = -120 \pm 4$  градусов. Показано, что в рамках теории волн плотности могут быть объяснены такие особенности пояса Гулда, как локальный эффект расширения системы, отклонение вертекса эллипсоида скоростей и значительное дополнительное вращение. Все эти эффекты заметно уменьшаются после учета в скоростях близких звезд влияния спиральной волны плотности. Выявлено также влияние звезд пояса Гулда на оценки параметров Галактики. Исключение их из кинематических уравнений привело к следующим новым значениям параметров спиральной волны плотности:  $f_\Theta = 2.9 \pm 2.1$  км/с и  $\chi_0 = -104 \pm 6$  градусов.

Роман Викторович Бондарев (Физический факультет ЮФУ)

*Динамика сталкивающихся оболочек сверхновых*

// Р. В. Бондарев, Е. О. Васильев, Ю. А. Шекинов, Б. Б. Нат

Происхождение многих крупномасштабных галактических течений, такие как галактические фонтаны, галактические ветры, связывается с действием вспышек сверхновых. При этом всегда молчаливо предполагается, что энергии отдельных вспышек сверхновых складываются так, что они действуют как единый источник энергии с мощностью равной частоте вспышек, умноженной на энергию отдельной вспышки. На основе двумерного численного моделирования множественных пересекающихся остатков вспышек сверхновых мы показываем, что такой режим возможен только при выполнении критерия когерентности вспышек, который соответствует тому, что объёмный фактор заполнения остатками отдельных сверхновых начинает превышать некоторые критическое значение. При меньших значениях фактора заполнения остатки отдельных вспышек эволюционируют независимо и коллективного эффекта не возникает.

Николай Геннадиевич Бочкарев (ГАИШ МГУ)

*Существуют ли горячие пятна на оптическом компоненте в рентгеновской системе Лебедь X-1?*

// Карицкая Е.А., Бочкарев Н.Г.

Рассмотрено влияние недавно открытого магнитного поля на атмосферу сверхгиганта O9.7 Iab, являющегося оптическим компонентом рентгеновской двойной Cyg X-1 = V1357 Cyg. Нами принята наиболее простая модель униполярного цилиндрически симметричного магнитного пятна, расположенного на магнитном полюсе в статическом приближении, в которой магнитные силовые линии почти параллельны, поэтому можно пренебречь компонентой лоренцевской силы, связанной с кривизной этих линий. В рамках этой модели и рассчитанной нами модели атмосферы (см. Шиманский, Карицкая, Бочкарев и др., 2012) в фотосфере сверхгиганта магнитное давление оказывается сравнимо с газовым и радиационным, превышая их в районе магнитных полюсов. Это может привести к формированию ярких пятен на поверхности звезды. Получена верхняя оценка относительной яркости пятна  $\Delta I/I \simeq +0.25$  в спектральном диапазоне около  $5000 \text{ \AA}$ . Дипольное или квадрупольное магнитное поле могут создать яркие пятна большого размера, которые могут изучаться с помощью наземной фотометрии. Если магнитная ось наклонена к оси вращения звезды, то предполагаемая переменность может достигать около 1%. Если поле будет более высокой мультипольности (возникло из-за динамо механизма), то оно может формировать пятна меньшего размера, которые могут быть обнаружены лишь с помощью космических телескопов. Пятна могут быть выявлены также по переменности профилей спектральных линий. Наблюдение магнитных пятен может быть рассмотрено как независимый инструмент исследования магнитных полей в O-сверхгигантах таких, как в системе Cyg X-1.

Станислава Дмитриевна Булига (ГАО РАН)

*Зависимость поляризации излучения аккреционного диска от длины волны: тестирование моделей аккреционного диска*

В работе показано, что на основе данных о спектральном распределении степени поляризации в зависимости от длины волны возможен принципиальный выбор между различными моделями аккреционного диска, окружающего чёрную дыру. Такой вывод основан на возможности сравнить результаты наблюдений спектрального распределения степени поляризации с теоретическими значениями, полученными в различных моделях аккреционного диска. В работе представлены ожидаемые степенные зависимости степени поляризации от длины волны (частоты) для разнообразных, известных в литературе моделей аккреционного диска.

Евгений Олегович Васильев (НИИФ ЮФУ)

*Проявления нестабильной темной материи при поглощении в линии 21 см от первых протогалактик*  
// Васильев Е.О., Щекинов Ю.А.

В рамках одномерного самосогласованного газодинамического описания рассмотрено влияние частиц нестабильной темной материи на свойства леса в линии 21 см - систем поглощения в линии 21 см нейтрального водорода в спектрах радиосточников на больших красных смещениях, начиная от момента отделения от космологического расширения (turnaround) до вириализации. Найдено, что наиболее существенное влияние оказывается на протогалактики (минигалло) с массой  $M = 10^5 - 10^6 M_\odot$ , для которых при существующем пределе на скорость ионизации от нестабильных частиц,  $\xi_L = 0.59 \times 10^{-25} \text{ сек}^{-1}$ , уменьшение оптической толщины в линии 21 см составляет более порядка по сравнению со сценарием стандартной рекомбинации (отсутствие нестабильных частиц). Даже при средних значениях ионизации  $\xi \sim 0.3\xi_L$  линии поглощения практически исчезают из спектра, число сильных линий (наблюдаемая эквивалентная ширина  $> 0.3$  кГц) уменьшается более чем в 2,5 раза на красных смещениях около 10. В этих условиях наиболее подходящими и многообещающими для изучения свойств газа выглядят широкополосные наблюдения. Рентгеновское излучение от звездных источников также влияют на свойства поглощения в линии 21 см, но могут соперничать с нестабильными частицами только при  $z < 10$ . Следовательно, при наблюдениях сигнала в линии 21 см на красных смещениях 10-15 будет изучаться влияние нестабильных частиц. В случае отсутствия сигнала на частотах меньше 140 МГц можно получить верхнюю границу для скорости ионизации от нестабильных частиц темной материи.

Виталий Дмитриевич Вертоградов (РГПУ им.А.И.Герцена)

*Геодезические для частиц с отрицательной энергией в эргосфере вращающихся черных дыр*  
// В.Д.Вертоградов А.А.Гриб Ю.В.Павлов

Исследованы свойства геодезических для частиц с отрицательной энергией в эргосфере вращающейся черной дыры. Было показано отсутствие круговых и эллиптических орбит для таких частиц и конечность собственного времени их пребывания в эргосфере. Сделаны выводы, что такие геодезические приходят и уходят из области внутри гравитационного радиуса. Получено условие начала и конца этих геодезических в сингулярности керровской черной дыры.



---

Александр Сергеевич Винокуров (САО РАН)

*Спектральные распределения энергии ультраярких рентгеновских источников от рентгеновского до оптического диапазона // Винокуров А. С. Фабрика С. Н.*

Мы представляем спектральные распределения энергии (SEDs) оптических двойников ультраярких рентгеновских источников (ULXs), полученные с помощью Хаббловского космического телескопа и оптической спектроскопии туманностей (БТА, Subaru и VLT). Мы моделируем спектры сверхкритических аккреционных дисков вокруг черных дыр звездных масс в рамках парадигмы сверхкритической аккреции Шакуры-Сюняева (1973) в широком диапазоне длин волн. Модельные SEDs находятся в хорошем согласии с наблюдаемыми распределениями энергии в спектрах ULXs.

Владимир Сергеевич Воробьев (ИКИ РАН)

*Исследование неоднородности Вселенной на больших масштабах расстояний при помощи измерений рентгеновской функции светимости скоплений галактик // Воробьев В.С., Буренин Р.А., Вихлинин А.А.*

По данным рентгеновского обзора скоплений галактик, площадью 400 кв. градусов, проведены измерения рентгеновской функции светимости скоплений галактик в больших областях небесной сферы, которые делят небо на 8 равных частей. Методом максимального правдоподобия определены наилучшие значения и доверительные интервалы для нормировки рентгеновской функции светимости в этих областях. Показано, что разброс нормировок функции светимости в различных областях неба согласуется с ошибкой ее измерения. Используя корреляционное соотношение между массой и рентгеновской светимостью скоплений галактик, из этих данных получены ограничения на разброс нормировки функции масс скоплений и, далее, на разброс средней плотности вещества в соответствующих областях пространства. Это ограничение используется для того, чтобы получить верхний предел на амплитуду флуктуаций плотности на больших масштабах расстояний, 300 – 1000 Мпк. Показано, что в будущем, по данным обзора всего неба обсерватории SRG таким способом можно будет получить измерение амплитуды флуктуаций плотности на таких больших масштабах.

Михаил Гарасёв (ИПФ РАН)

*Влияние перераспределения излучения по частоте на формирование циклотронных линий в спектрах компактных звёзд*

// Гарасёв М. А., Деришев Е. В., Кочаровский Вл. В.

В данной работе исследуется влияние перераспределения излучения по частоте на форму циклотронной линии в спектрах нейтронных звезд и магнитных белых карликов. Рассматриваются атмосферы состоящие из полностью ионизированной сильнозамагниченной плазмы. Основываясь на результатах численных решений уравнений переноса излучения изучается поведение циклотронных линий в спектрах компактных звезд в зависимости от значений эффективной температуры и магнитного поля.

Олег Анзорович Гогличидзе (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

*Вращательная эволюция нейтронных звёзд с дифференциально вращающимся ядром*

// Д. П. Барсуков, О. А. Гоголичидзе, А. И. Цыган

В работе исследуется вращательная эволюция нейтронных звёзд (торможение, эволюция угла наклона и радиативная прецессия) с учётом дифференциального вращения ядра. Рассматривается ньютоновская звезда, ядро которой описывается линеаризованной системой квазистационарных гидродинамических уравнений в одно- и двухжидкостном (в случае нейтронной сверхтекучести) приближении. Рассматриваются два предельных случая: сильной и слабой связи между корой и ядром. В приближении сильной связи “заряженный” компонент ядра (состоящий из протонов, электронов и нормальных нейтронов) жёстко связан с корой и эффект создаётся только дифференциальным вращением сверхтекучих нейтронов. В рамках приближения слабой связи считается, что магнитное поле не проникает в ядро и взаимодействие с корой осуществляется только посредством вязкости. Показано, что дифференциальность вращения приводит к ускорению эволюции угла наклона и заставляет все пульсары эволюционировать к ортогональному состоянию. Величина эффекта зависит от количества дифференциально вращающегося вещества и механизма его взаимодействия с остальным ядром. Поскольку быстрая эволюция угла наклона, по-видимому, противоречит наблюдениям, данные исследования могут быть использованы как дополнительный тест для теорий вещества составляющего ядро нейтронной звёзды. Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 13-02-00112), Гранта Президента РФ по поддержке ВНИИР (ИШ 4035.2012.2), а также ФЦП Минобрнауки РФ (соглашение No.8409, 2012-2013 г.г.).

Нина Валерьевна Гусинская (СПбГУ)

*Релятивистские эффекты вращения кандидатов в чёрные дыры ожидаемые в орбитах пробных тел*  
// Гусинская Н.В.

В работе 1305.3230 А.Л. Кинга и др.(arXiv:1305.3230) приведена выборка из 37 Сейфертовских галактик, 11 черных дыр звёздных масс и 13 нейтронных звёзд. Метод анализа профиля линии К-альфа железа приводит к выводу, что все объекты, связанные с чёрной дырой, имеют вращение, близкое к предельному ( $a \sim 1$ ). Такой же вывод следует из VLBI mm наблюдений SgrA\* и M87. В работе приведены оценки ожидаемого эффекта Лензе-Тирринга для разных типов объектов. Обсуждается необходимая точность наблюдений для измерения этого эффекта.

Андрей Андреевич Даниленко (ФТИ им. А. Ф. Иоффе )

*Гамма-пульсары в рентгеновском диапазоне: свойства теплового излучения* // Андрей Даниленко, Аида Кириченко, Анна Карпова, Пётр Штернин, Юрий Шибанов, Дмитрий Зюзин

Представлены результаты анализа данных наблюдений гамма-пульсаров J1741-20546 J0633+0632 и J0357+3205 в рентгеновском диапазоне. Все три пульсара демонстрируют тепловое излучение. Рентгеновские данные говорят о том, что каждый из трех пульсаров является самым холодным для своего возраста. Обозначены перспективы дальнейших исследований этих объектов, в том числе в ультрафиолетовом диапазоне.

Василий Александрович Доммес (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

*Сверхтекучие g-моды в нейтронных звездах*  
// В.А.Доммес, Е.М.Кантор, М.Е.Гусаков

Нейтронные звезды являются компактными объектами: их радиус - порядка 10 км, масса - порядка солнечной, а центральная плотность может в несколько раз превышать ядерную. Таким образом, изучение нейтронных звезд позволяет исследовать свойства вещества при сверхвысокой плотности, недоступной в лабораторных условиях. Одним из методов исследования внутренней структуры нейтронных звезд является астросейсмология - изучение собственных колебаний звезды.

Данная работа посвящена теоретическому изучению тепловых g-мод (тепловых гравитационных колебательных мод), которые обязаны своим существованием сверхтекучести нейтронов в недрах нейтронных звезд. Возможность существования этого класса колебаний в нейтронных звездах была показана лишь

недавно (Gusakov & Kantor, arXiv:1211.4418, 2012). В данной работе проведено их детальное исследование. В рамках релятивистской гидродинамики сверхтекучих смесей, в приближении Каулинга (невозмущенной метрики) впервые выведены уравнения, описывающие нерадиальные колебания теплых сверхтекучих релятивистских нейтронных звезд, а также приведены граничные условия для этих уравнений.

При помощи численного моделирования определены собственные частоты и собственные функции сверхтекучих g-мод для звезды с реалистичным уравнением состояния. Исследована зависимость спектра g-мод от температуры и размеров сверхтекучей области.

Работа частично поддержана Министерством образования и науки Российской Федерации (соглашение №8409, 2012г.), РФФИ (гранты 11-02-00253-а и 12-02-31270-мол-а) и Советом по грантам Президента Российской Федерации (гранты МК-857.2012.2 и НШ-4035.2012.2).

Андрей Александрович Желтоухов (ФИАН)

*К определению аномального момента сил, действующих на вращающийся намагниченный шар в вакууме*

// Желтоухов Андрей Александрович Бескин Василий Семенович

Простейшей моделью, описывающей магнитосферу нейтронных звезд, является вакуумная модель, согласно которой нейтронная звезда представляет собой хорошо проводящий намагниченный шар, вращающийся в вакууме. Несмотря на то, что вакуумная модель известна довольно давно, по некоторым вопросам все еще не достигнута полная ясность. В частности, на данный момент нет единого мнения о т.н. аномальном моменте сил, т.е. о моменте, действующим в направлении, перпендикулярном плоскости угловой скорости и намагниченности, и приводящем к прецессии оси вращения. В нашей работе уточнена величина аномального момента, и показано, что его величина зависит от структуры магнитного поля внутри тела, а также проведено сравнение с результатами предыдущих работ.

Владимир Николаевич Зиракашвили (ИЗМИРАН)

*Ускорение частиц и генерация нетеплового излучения в остатке сверхновой Кассиопея А* // В.Н.Зиракашвили

Исследуется ускорение частиц внешней и обратной ударными волнами в остатке сверхновой Кассиопея А. Рассматриваются различные модели среды в которой распространяется внешняя ударная волна. Определены спектры ускоренных частиц и спектры электромагнитного излучения, произведенного этими частицами. Полученные результаты сравниваются с наблюдениями. Сделан вывод о том, что непосредственно перед взрывом предсверхновая бы-

---

ла голубым гигантом или звездой типа Вольф-Райе, звездный ветер которой произвел полость из разреженного газа и внешнюю оболочку из плотного газа, ранее испущенного предсверхновой на стадии красного гиганта.

Дмитрий Александрович Зюзин (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе)

*Изучение пульсарной туманности Вела*

// Зюзин, Д., Шибанов, Ю., Даниленко, А., Жариков, С., Менникент, Р.

В докладе представлены результаты исследования пульсарной туманности Вела по данным многоволновых наблюдений на телескопах Gemini-S, VLT, Spitzer и Chandra. Исследуется структура, обнаруженная в непосредственной окрестности пульсара и вытянутая вдоль направления джета, видимого в рентгеновском диапазоне. Обсуждается природа данной структуры и её возможная связь с джетом. Работа поддержана РФФИ (гранты 11-02-00253 и 13-02-12017-офи\_м) и президентской программой поддержки ведущих научных школ (НШ 4035.2012.2).

Андрей Петрович Игошев (Department of Astrophysics/IMAPP, Radboud University Nijmegen, The Netherlands)

*Начальные периоды радиопульсаров и убывание магнитного поля* // А.П. Игошев С.Б. Попов

В недавней работе Noutsos et al. (2013) показал, основываясь на кинетических возрастах радиопульсаров, что начальное распределение периодов должно быть шире чем показано в работе Popov & Turolla (2012). А именно, должны присутствовать радиопульсары, которые рождаются с начальными периодами более 0.5 сек. Однако, в работе Noutsos et al. (2013) не учитывалось возможность убывания эффективного магнитного поля. Однако, даже самые консервативные оценки убывания поля на временах около 5 миллионов лет позволяют объяснить разницу между работами Noutsos et al. (2013) и Popov & Turolla (2012). Так же мы показали, что убывание эффективного магнитного поля у пульсаров на временах 400000 лет не противоречит полученному в работе Noutsos et al. (2013) начальному распределению по периодам.

Андрей Петрович Игошев (Department of Astrophysics/IMAPP, Radboud University Nijmegen, The Netherlands)

*Функция светимости миллисекундных пульсаров*  
// Игошев А.П.

На основе данных Second Fermi LAT catalog мы нашли функцию светимости миллисекундных радиопульсаров. Для этого была выделена местная популяция гамма-источников. Расстояния до 9 из 23 объектов известны с высокой точностью благодаря параллаксу, остальные расстояния найдены на основе меры дисперсии в рамках моделей NE2001 и TC93 электронной плотности в Галактике. Показано, что ожидаемые ошибки в определении расстояния незначительно меняют функцию светимости. Она имеет форму логарифм-нормального распределения с параметрами  $\mu = 32.947$  and  $\sigma = 0.545$ . Такая функция светимости позволяет оценить число миллисекундных пульсаров в скоплениях Ter 5 как  $69 \pm 20$ , NGC6440  $47 \pm 19$ , избыток гамма-квантов из центра Галактики может быть объяснен популяцией в  $1450 \pm 120$  миллисекундных пульсаров.

Эльдар Наилевич Иртуганов (Казанский (Приволжский) федеральный университет)

*Физические параметры двух массивных двойных рентгеновских систем IGR J21343+4738 и IGR J17544-2619.* // Е.А.Николаева, И.Ф. Бикмаев, Н.А. Сахибуллин, Э.Н. Иртуганов, Р.Я. Жучков, С.С. Мельников, А.И. Галеев Казанский (Приволжский) федеральный университет, Академия наук Республики Татарстан

На основании наземных наблюдений оптических компонент двойных систем IGR J21343+4738 и IGR J17544-2619 на РТТ-150, выполненных в 2007-2013 г.г., проведены исследования их физических параметров. Орбитальный период системы IGR J21343+4738 составил  $P = 39.2$  суток, полуамплитуда кривой лучевых скоростей  $K = 20$  км/с, функция масс системы  $f(m) = 0.061$   $M_{\odot}$ . Для системы IGR J17544-2619 найден период  $P = 4.995$  суток, эксцентриситет орбиты  $e = 0.25$ , полуамплитуда кривой лучевых скоростей  $K = 28.7$  км/с, функция масс  $f(m) = 0.011$   $M_{\odot}$ . В работе обсуждается возможная природа компактных источников в указанных системах в зависимости от угла наклона орбит и характера рентгеновской активности.

---

Анастасия Владиленовна Каспарова (ГАИШ МГУ)

*Портрет Malin 2*

// А. Каспарова, А. Сабурова, И. Катков, И. Чилингарян и Д. Бизяев

Гигантская галактика низкой поверхностной яркости (LSB) Malin 2 плохо вписывается в рамки стандартных представлений об эволюции галактик и их межзвездной среды. Оцененные нами огромная масса этой дисковой галактики ( $2 \times 10^{12} M_{\text{sun}}$ ) и необычные свойства ее темного гало (крайне низкая центральная плотность  $0.003 M_{\text{sun}}/\text{pc}^3$  и огромный радиус ядра  $27.3 \text{ kpc}$  псевдо-изотермической сферы) должны были сформироваться без каких-либо больших слияний (major mergers). Видимое нарушение баланса газовых компонент диска (избыток молекулярного газа по отношению к атомарному для данных величин газового турбулентного давления) может быть следствием значительной доли “темного” газа, ненаблюдаемого в линиях CO и 21 см. Результаты проведенного нами анализа новых и архивных данных говорят о том, что особенности галактики Malin 2 можно объяснить его массивным и разреженным темным гало, и нет необходимости привлекать дополнительные “катастрофические” сценарии, часто рассматриваемые для объяснения природы гигантских LSB галактик.

Сергей Ортабаевич Кийков (Южно-Уральский  
государственный университет (национальный  
исследовательский университет))

*Магнитокавитационная модель образования струйного выброса из аккрецирующего магнетара* // Кийков С. О.

Изучаются причины возникновения вспышечного струйного выброса из аккрецирующего магнетара. Предлагается магнитокавитационная модель струйного выброса. Согласно этой модели, образование струи происходит вследствие коллапса магнитосферы, возникающего в результате звездотрясения магнетара, резонансного взаимодействия магнитосферы с аккрецируемой плазмой и действия ударных волн из аккреционного диска магнетара. Рассматриваемая модель накладывает некоторые ограничения на параметры струи, тем не менее, в пределах этих ограничений оценки параметров струйного выброса согласуются с наблюдениями. Выполненное в данной работе сравнение параметров струи и классического звездного ветра выявляет некоторые закономерности в течениях астрофизической плазмы.

Сергей Ортабаевич Кийков (Южно-Уральский  
государственный университет (национальный  
исследовательский университет))

*Двухпоточковая модель взаимодействия галактических  
струй с межгалактической средой // Кийков С. О.*

Проводится исследование взаимодействия галактических струй с окружающей межгалактической средой. Исходя из радиокарт струй, наблюдаемых у некоторых активных ядер галактик, предлагается двухпоточковая модель. В этой модели струя состоит из внутреннего потока - быстрой струи и внешнего потока - медленной струи. Предполагается, что внутренняя струя представляет собой электронно-позитронную плазму, а внешняя струя состоит из электронов и протонов. Двухпоточковая структура струи в рассматриваемой модели обусловлена процессами Блэндфорда-Знайека и Блэндфорда-Пейна. Рассчитаны параметры течения плазмы в области взаимодействия двухпоточковой струи с внешней межгалактической плазмой.

Вячеслав Витальевич Клименко (СПбГПУ)

*Неполное покрытие квазара Q0528-250 абсорбционной  
системой молекулярного водорода*

// Клименко В.В., Балашев С.А., Иванчик А.В., Варшалович Д.А., Нотердам П., Петижан П., Шриананд Р.

Выполнен спектроскопический анализ абсорбционной системы молекулярного водорода на  $z=2.811$  в спектре квазара Q0528-250. Нами был обнаружен остаточный поток в линиях  $H_2$  на уровне  $2.08 \pm 0.12\%$  полного потока излучения квазара, который был не замечен и не был учтен в предыдущих анализах абсорбционной системы  $H_2$ . Для компактных абсорбционных систем возможно проявление эффекта неполного покрытия эмиссионных областей квазара абсорбционной системой. В этом случае часть излучения проходит мимо абсорбционной системы, что проявляется в виде остаточной интенсивности в некоторых абсорбционных линиях. В работе показано, что с учетом эффекта неполного покрытия абсорбционная система  $H_2$  описывается 2-х компонентной моделью с полными лучевыми концентрациями  $\log N(H_2)_A = 18.11 \pm 0.02$  и  $\log N(H_2)_B = 17.85 \pm 0.02$ . Полученные значения полной лучевой концентрации почти на два порядка превышают предыдущую оценку. Определено, что излучающая область квазара Q0528-250 состоит из 3х источников светимостью около 90%, 2%, 8% соответственно. Геометрия расположения  $H_2$  облаков и источников излучения допускает две модели, которые рассматривались независимо. Рассмотрено три физические интерпретации эффекта неполного покрытия: тройной квазар, рассеяние излучения на пыли



в галактике, содержащей  $H_2$  систему, и наличие дополнительных источников излучения в результате взаимодействия джета квазара с облаком межзвездного газа родительской галактики квазара. Получена оценка на концентрацию и размер области содержащей пыль в DLA-системе  $n_{DLA} = 0.5-0.9 \text{ см}^{-3}$ ,  $R_{DLA} = 0.8-1.4$  кпк для оптической толщи  $\tau_{DLA} = 0.01-0.1$ . Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-4861.2013.2, РФФИ (11-02-01018а) и Минобрнауки РФ (соглашение 8409, НШ-4035.2012.2).

Вячеслав Витальевич Клименко (СПбГПУ)

*Современный статус наблюдений вариации фундаментальных физических констант: новое ограничение на вариацию  $\mu = m_p/m_e$  из анализа  $H_2$  систем в спектрах квазаров.*

// Клименко В.В., Балашев С.А., Иванчик А.В., Варшалович Д.А., Петижан П.

Современные теории фундаментальных взаимодействий (Суперструны/М-теория и др.) предсказывают возможное изменение фундаментальных констант (ФФК) по мере развития Вселенной. Большинство предсказаний относятся к области высоких энергий ( $E \sim 10^{19}$  ГэВ). Однако на низких энергиях вариация ФФК может быть наблюдаема в экспериментах. Постановка ограничений на вариацию ФФК является важным шагом к правильному пониманию физической картины мира. Относительные смещения длин волн  $H_2$  могут быть использованы для оценки возможного космологического изменения отношения масс протона и электрона  $\mu = m_p/m_e$ . Для постановки ограничений на вариацию  $\mu$  необходимы прецизионные измерения длин волн  $H_2$ , имеющих большое красное смещение. Такие исследования имеют временной масштаб (около 10 млрд. лет) превосходящий на 10 порядков доступный временной масштаб в лабораторных условиях (около года). На данный момент ограничение на изменение постоянной  $\mu$  по линиям молекулярного водорода находится в пределах  $\Delta\mu/\mu < 10^{-5}$  для красных смещений  $z$  около 2. В работе выполнен анализ абсорбционных систем в спектрах квазаров. Для оценки величины вариации  $\mu$  и ее погрешности был использован метод Монте-Карло по схеме Марковских цепей. Данным методом был выполнен единообразный анализ восьми спектров квазаров: Q 0027–1836, J 2123–0050, Q 0642–5038, Q 0812+032, Q 0347–3819, Q 0405–4418, Q 1232+0815 и Q 0528–2508. Получено более жесткое ограничение на вариацию  $\mu = m_p/m_e$  по линиям молекулярного водорода  $H_2$  на больших красных смещениях,  $\Delta\mu/\mu = (1.56 \pm 0.51) \times 10^{-6}$ . Обсуждаются систематические эффекты, которые могут имитировать вариацию  $\mu$ . Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-4861.2013.2, РФФИ (11-02-01018а) и Минобрнауки РФ (соглашение 8409, НШ-4035.2012.2).

Евгений Владимирович Клунко (ИСЗФ СО РАН)

*Наблюдения оптических проявлений космических  
гамма-всплесков в Саянской обсерватории ИСЗФ СО  
РАН*

// Клунко Е.В., Еселевич М.В., Коробцев И.В., Вольнова А.А., Позаненко А.С.

С 2006 года в Саянской обсерватории Института солнечно-земной физики СО РАН выполняются наблюдения оптических послесвечений космических гамма-всплесков. Наблюдения проводятся на 1.6-метровом телескопе АЗТ-33ИК с помощью ПЗС-фотометра видимого диапазона. Обработка данных наблюдений проводится совместно с ИКИ РАН. В докладе представлена статистика наблюдений за 2006-2013 гг., приведены наиболее интересные кривые блеска. Обсуждаются перспективы наблюдений гамма-всплесков в ИК диапазоне.

Дмитрий Колотков (The University of Warwick)

*Сверхнелинейные альфвеновские волны в  
четырёхкомпонентной плазме* // Дмитрий Колотков

Представлен новый класс нелинейных волн - сверхнелинейных волн (SNWs), характеризующихся нетривиальной топологией своих фазовых портретов. Показано, что SNWs могут существовать в форме плазменных МГД-волн. Показано, что профили, близкие к профилям SNWs, наблюдались ранее в волновых процессах в солнечных вспышках.

Виктория Николаевна Комарова (САО РАН)

*Наблюдения послесвечения гамма-всплеска GRB  
130427A, связанного со сверхновой SN 2013cq*

// Москвитин А.С., Комарова В.Н., Соколов В.В., Желенкова О.П., Горанский В.П., Барсукова Е.А., Валеев А.Ф., Борисов Н.В., Соколов И.В., Козлов В.А., Буренин Р.А., Кастро-Тирадо А., Сонбас Э. и др.

27 апреля 2013 года космический аппарат Swift детектировал очень яркий гамма-всплеск GRB 130427A (с общей энергией, выделившейся в гамма-диапазоне, порядка  $10^{54}$  эрг и квантами до 94 ГэВ). Измеренное по ранним спектрам красное смещение оказалось равным 0.34. В рамках международного сотрудничества был проведён фотометрический и спектроскопический мониторинг послесвечения этого гамма-всплеска на телескопах Испании, Индии и России. На многоцветных кривых блеска и в спектрах послесвечения были детектированы характерные признаки массивной сверхновой, что подтверждает наблюдения других команд астрономов.

---

Виктория Николаевна Комарова (САО РАН)

*Fermi LAT* пульсары: поиск оптического излучения

// Комарова В.Н.(САО РАН), Курт В.Г. (АКЦ ФИАН), Шибанов Ю.А. (ФТИ им. Иоффе), Жариков С.В. (IA UNAM)

Обнаруженные на космическом телескопе LAT спутника Fermi гамма-пульсары являются перспективными кандидатами для поиска и исследования оптического излучения. Из известных на настоящий момент 117 объектов второго каталога только семь гамма-пульсаров были ранее надежно отождествлены в оптическом, УФ и/или ИК диапазонах. В работе представлены результаты фотометрических наблюдений полей Fermi LAT пульсаров для поиска новых отождествлений.

Владимир Николаевич Кондратьев (Киевский  
Национальный университет имени Тараса Шевченко)

*Магнитоэмиссия коры магнитаров* // В.Н. Кондратьев

Ультранамагнитные компактные астрофизические объекты (магнитары) позволяют достоверно интерпретировать активность источников мягких повторяющихся гамма-всплесков (МПГ) и аномальных рентгеновских пульсаров (АРП). Продолжительный мониторинг подобных астрономических явлений в значительной степени подтверждает реалистичность концепции магнитаров. В настоящей работе рассмотрены особенности формирования магнитного отклика и магнитодинамики коры нейтронной звезды с применением термодинамического формализма в приближении метода среднего самосогласованного поля. продемонстрировано, что квантование пространственного движения приводит к значительным изменениям магнитной восприимчивости, вызывая скачкообразные разрывы в зависимости магнитных моментов ядер от напряженности поля. Такое ступенеобразное поведение магнитного отклика в совокупности с ферромагнитным меж-ядерным взаимодействием вызывает резкое аномальное изменение намагнитченности в коре нейтронной звезды. Как следствие, внезапные выбросы энергии в магнитосферу приводят к взрывной активности МПГ всплесков. Для описания таких шумов в магнитодинамике коры магнитаров развита модель беспорядочно перескакивающих взаимодействующих моментов (БПВМ), включающая квантовые флуктуации дискретных уровней, межядерное взаимодействие, беспорядок и энергию размагничивания. Предсказанные моделью БПВМ свойства скалирования для интенсивности и распределений времени ожидания всплесков находятся в хорошем согласии с данными наблюдений МПГ, подтверждая, таким образом, достоверность модели БПВМ.

Виктор Моисеевич Конторович (Радиоастрономический институт НАН Украины)

*Квазиклассическое квантование электромагнитного смерча и происхождение полос в частотном спектре гигантских импульсов пульсара в Крабовидной туманности // Конторович В.М.*

При ускорении электронов до релятивистских энергий во внутреннем зазоре пульсара существенно квантование их движения во внешнем магнитном поле и электрическом поле пространственного заряда вращающегося электронного пучка. Квантование позволяет объяснить появление характерных полос, наблюдаемых в спектре гигантских импульсов пульсара в Крабовидной туманности [1]. К настоящему времени высказанные предположения о природе полос связаны с магнитным пересоединением и сводятся к резонансам в слабом магнитном поле на периферии магнитосферы. Объяснение, которое мы обсуждаем в докладе, использует квантование электромагнитных смерчей в сверхсильном магнитном поле пульсара вблизи от поверхности звезды [2]. Смерчи возникают при пробое в полярном зазоре, и коррелируют с гамма излучением. Квантование позволяет предложить естественное объяснение наблюдаемым полосам в частотном спектре интеримпульсного излучения пульсара PSR J0534+22 в Крабовидной туманности. Как следствие, определены некоторые физические параметры смерча. Объяснено различие в спектрах главных импульсов и интеримпульсов PSR J0534+22. 1. T.H.Hankins & J.A.Eilek. Ap.J., 670, 693, 2007; astro-ph/0708.2505. 2. В.М.Конторович, ЖЭТФ, 137,1107, 2010; arXiv:0909.1018

Иван Владимирович Коробцев (Саянская обсерватория ИСЗФ СО РАН)

*1.6 - метровый инфракрасный телескоп АЗТ-3ЗИК: комплекс научного оборудования и некоторые результаты его использования // И. Коробцев, М. Еселевич, Е. Клунко*

Представлены сведения о составе и характеристиках комплекса научного оборудования специализированного инфракрасного телескопа АЗТ-3ЗИК Саянской обсерватории ИСЗФ СО РАН. На данном инструменте выполняют различные исследования в области контроля космического пространства и астероидно-кометной опасности. Также проводятся наблюдения астрофизических объектов (Суг Х-1, Аql Х-1, активных галактических ядер и оптических послесвечений гамма-всплесков). Приведены результаты фотометрических наблюдений некоторых объектов. Обсуждаются возможности дальнейшего участия в программах астрофизических исследований.

Сергей Александрович Корягин (ИПФ РАН)

*Дихроизм плазмы по столкновительному поглощению в условиях фотосферы белого карлика с сильным магнитным полем* // С. А. Корягин

В фотосферах одиночных белых карликов с сильным магнитным полем реализуются уникальные физические условия, когда ларморовский радиус электрона мал по сравнению с характерным расстоянием существенного кулоновского взаимодействия частиц при столкновении. В этом случае кулоновское поле рассеивающего центра ускоряет и тормозит электрон преимущественно вдоль внешнего магнитного поля, а действие поперечной компоненты кулоновской силы вызывает лишь медленный электрический дрейф ведущего центра циклотронного вращения. Вследствие такого анизотропного движения столкновительное поглощение существенно отличается для электромагнитных волн разной поляризации. В работе показано, что в рассматриваемых условиях резко уменьшается столкновительное поглощение волн с необыкновенной поляризацией на частотах ниже электронной циклотронной частоты. В результате необыкновенные волны могут выходить из более глубоких и горячих слоёв фотосферы, чем волны с обыкновенной поляризацией, и, таким образом, способны определять высокую линейную поляризацию излучения одиночного магнитного белого карлика в инфракрасном диапазоне.

Мария Кочеткова (ПРАО АКЦ ФИАН/ПуцГЕНИ)

*Особенности радиопульсаров с излучением вне радиодиапазона* // Кочеткова М.А., Малов И.Ф.

Из более чем 2000 радиопульсаров, представленных в каталоге [1], у 100 источников зарегистрировано излучение вне радиодиапазона. Анализ параметров этих объектов показал, что распределение их по периодам и по производным периода как и у основной массы пульсаров является бимодальным, но со значительно большим относительным количеством объектов, имеющих миллисекундные периоды и малые производные. Средние значения для них равны, соответственно,  $\langle P \rangle = 20$  мсек,  $\langle dP/dt \rangle = 5.3 \times 10^{-17}$ . Оказалось, что распределение пульсаров по магнитным полям на световом цилиндре для источников с высокоэнергичным излучением сдвинуто в сторону высоких значений поля относительно распределения объектов, излучающих только в радиодиапазоне. Средняя индукция поля на световом цилиндре для радиопульсаров с излучением вне радиодиапазона равна  $\langle B_{lc} \rangle = 1,87 \cdot 10^4$  Гс, в то время как у основной массы радиопульсаров  $B_{lc}$  заключено в интервале от нескольких Гс до нескольких десятков Гс. Это свидетельствует о генерации нетеплового излучения на высоких энергиях в радиопульсарах на периферии их магнитосфер. Работа поддержана грантом РФФИ (проект 12-02-00661) Программой Президиума РАН "Нестационарные явления в объектах Вселенной". 1. R.N.Manchester, G.V.Hobbs, A.Teoh, M.Hobbs. Astron.J., 129, 1993 (2005).

Кирилл Вячеславович Лежнин (МФТИ)

*Использование перехода к переменным действия ньютоновой задачи в численном моделировании задачи  $N$  тел* // Лежнин К.В. Чернягин С.А.

Решение задачи многих тел в создаваемом ими гравитационном поле имеет большое значение для астрофизических приложений. Именно задача многих тел является основополагающей при решении различных задач звездной динамики, динамики и эволюции звездных скоплений, галактик и галактических скоплений. Как известно, задача многих тел не имеет точного аналитического решения, если число тел превышает 2. Во всех остальных случаях возможно лишь приближенное численное решение. Рост числа тел ведет к существенному увеличению требований к вычислительным ресурсам. К решению задачи многих тел существуют два основных подхода: прямое решение дифференциальных уравнений движения и статистический метод. В рамках первого метода, наибольшие трудности возникают при близком прохождении тел и возможном образовании тесных гравитационно-связанных пар (двойных систем). Так, при расчете динамики плотных шаровых скоплений учет образования таких пар необходим ввиду непосредственного влияния на физику процесса - такие двойные звезды при рассеивании на них остальных звезд в большом числе случаев становятся плотнее, передавая часть энергии рассеивающейся звезде. Именно за счет тесных пар происходит так называемый гравитермальный коллапс скоплений.

В настоящей работе предложен подход для преодоления проблемы близких прохождений в столкновительных системах - шаровых и рассеянных звездных скоплениях. Показано, что с помощью теории возмущений в предложенном подходе можно изолировать сингулярность и существенно увеличить шаг интегрирования, не теряя физических эффектов, влияющих на эволюцию звездных скоплений.

Владимир Михайлович Лозников (ИКИ РАН)

*О причине Излома в Спектрах Космических Лучей Протонов и Гелия около 230 ГэВ*  
// В.М. Лозников, Н.С. Ерохин, Н.Н. Зольникова, Л.А. Михайловская

Для описания спектра космических лучей (КЛ)  $p$  и  $He$  (в диапазоне  $\sim 10 - 10^6$  ГэВ) предлагается трехкомпонентная феноменологическая модель. Первая компонента соответствует постоянному фону, вторая - гелиосферному источнику (существующему на периферии гелиосферы за TS), третья - близкому галактическому источнику, предположительно находящемуся вблизи границы местного межзвездного облака (ММО) на расстоянии от Солнца  $\sim 0.1$  пс. За существование и переменность обоих источников отвечают соответствующие "серфотронные ускорители". Величина и точное положение излома в энергетических спектрах  $p$  и  $He$  (в области около  $\sim 200$  ГэВ), зависит от соотношения между величинами и

степенными индексами фона, “мягкого” гелиосферного источника и “жесткого” близкого галактического источника. Рассмотрено ультрарелятивистское ускорение протонов в космической плазме электромагнитной волной, распространяющейся поперек внешнего магнитного поля. Проведен анализ условий захвата протонов волной, динамика компонент скорости и импульса частицы, зависимость темпа ее ускорения от исходных параметров задачи. Исследована структура фазовой плоскости ускоряемого протона. Расчеты показали, что в отличие от электронов и позитронов захваченный сразу протон может через сравнительно небольшое время вылететь из эффективной потенциальной ямы и ускорение прекращается. Сформулированы оптимальные условия для реализации ультрарелятивистского серфотронного ускорения протонов электромагнитной волной, обсуждается возможность возникновения за счет серфотронного механизма отличий в спектрах ускоренных протонов (полученных при обработке экспериментальных данных по регистрации космических лучей) от стандартных степенных зависимостей. Показано, что в гелиосфере возможно доускорение протонов, имевших начальную энергию порядка нескольких ГэВ, до энергий порядка ТэВ.

Игорь Федорович Малов (ПРАО АКЦ ФИАН)

### *Особенности радиопульсаров с излучением вне радиодиапазона*

// М.А.Кочеткова, И.Ф.Малов Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН, Пушчинский государственный естественно-научный институт

Из более чем 2000 радиопульсаров, представленных в каталоге [1], у 100 источников зарегистрировано излучение вне радиодиапазона. Анализ параметров этих объектов показал, что распределение их по периодам и по производным периода как и у основной массы пульсаров является бимодальным, но со значительно большим относительным количеством объектов, имеющих миллисекундные периоды и малые производные. Средние значения для них равны, соответственно,  $\langle P \rangle = 20$  мсек,  $\langle dP/dt \rangle = 5.3 \times 10^{-17}$ . Оказалось, что распределение пульсаров по магнитным полям на световом цилиндре для источников с высокоэнергичным излучением сдвинуто в сторону высоких значений поля относительно распределения объектов, излучающих только в радиодиапазоне. Средняя индукция поля на световом цилиндре для радиопульсаров с излучением вне радиодиапазона равна  $\langle B_{lc} \rangle = 1,87 \cdot 10^4$  Гс, в то время как у основной массы радиопульсаров  $B_{lc}$  заключено в интервале от нескольких Гс до нескольких десятков Гс. Это свидетельствует о генерации нетеплового излучения на высоких энергиях в радиопульсарах на периферии их магнитосфер. Работа поддержана грантом РФФИ (проект 12-02-00661) Программой Президиума РАН "Нестационарные явления в объектах Вселенной". 1. R.N.Manchester, G.V.Hobbs, A.Teoh, M.Hobbs. Astron.J., 129, 1993 (2005).

Игорь Федорович Малов (ПРАО АКЦ ФИАН)

*Различие параметров в радиопульсарах с короткими и с длинными периодами*

// А.А.Логинов, И.Ф.Малов Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН, Пушчинский государственный естественно-научный институт

Методом главных компонент проведен анализ распределений радиопульсаров в пространстве собственных векторов корреляционных матриц, составленных для различных выборок пульсаров и разных классифицирующих параметров. Оказалось, что пульсары с периодом  $P < 0,1$  сек образуют отдельный кластер, удаленный во всех исследованных пространствах от кластера “нормальных” пульсаров с  $P \sim 1$ сек. Проведен сравнительный анализ параметров пульсаров в этих двух группах. Показано, что отсутствует корреляция между светимостями пульсаров во всех диапазонах электромагнитного спектра и магнитным полем на поверхности, но существует зависимость светимости в гамма-диапазоне от магнитного поля на световом цилиндре. Этот результат свидетельствует о формировании гамма-излучения на периферии магнитосферы. Наблюдается заметная положительная корреляция между светимостью и скоростью потери энергии вращения нейтронной звезды, что подтверждает вывод об одном и том же основном источнике энергии во всех радиопульсарах. При этом коэффициент трансформации энергии вращения в излучение значительно выше у долгопериодических пульсаров. Обнаружена более крутая зависимость ширины импульса от периода в пульсарах с короткими периодами.

Работа поддержана грантом РФФИ (проект 12-02-00661) и Программой Президиума РАН "Нестационарные явления в объектах Вселенной".

Игорь Федорович Малов (ПРАО АКЦ ФИАН)

*Радиоизлучение аномальных пульсаров*

// И.Ф.Малов Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

Разработанные ранее методы оценки угла БЭТА между осью вращения нейтронной звезды и её магнитным моментом и современные наблюдательные данные для аномальных рентгеновских пульсаров (АХР) приводят к выводу о том, что эти объекты представляют собой ротаторы, близкие к соосным, и к ним можно применять дрейфовую модель. В соосном ротаторе магнитосфера оказывается в несколько раз протяженнее, чем у пульсаров с большими значениями БЭТА. В этом случае выполняются условия для генерации поперечных волн за счёт циклотронной неустойчивости. Спектр формирующегося излучения ожидается очень крутым (спектральный индекс его АЛЬФА  $> 3$ ), что согласуется с наблюдаемыми спектрами излучения у известных АХР (АЛЬФА  $> 2$ ). Большая протяженность магнитосферы способствует появлению у релятивистских электронов



заметных питч-углов и, следовательно, генерации синхротронного излучения. Оценки показывают, что максимум этого излучения приходится на микроволновый диапазон. Такой механизм обеспечивает достаточный поток на частотах порядка десятков Гигагерц и может объяснить наблюдаемое в двух хорошо изученных АХР (1810-157 и J1550-5418) усиление излучения в этом диапазоне.

Работа поддержана грантом РФФИ (проект 12-2-00661) и Программой Президиума РАН "Нестационарные явления в объектах Вселенной".

Евгений Михайлович Маслов (ИЗМИРАН)

*Космология осциллирующих скалярных полей с сингулярными потенциалами* // В.А. Кутвицкий, Е.М. Маслов

Мы исследуем динамику инфлатонных скалярных полей  $\phi(t, \mathbf{r})$  во Вселенной Фридмана-Робертсона-Уокера, удовлетворяющих нелинейному уравнению Клейна-Гордона с потенциалами, имеющими сингулярность в минимуме.

Осцилляции однородного поля в минимуме потенциала  $U(\phi)$  создают эффективное давление  $p$  и плотность  $\rho$ , определяющие рост масштабного фактора  $a(t)$  [1,2]. Чтобы описать эти осцилляции мы делаем преобразование  $(\phi, \phi_t) \rightarrow (\rho, \theta)$ , представляя поле в виде  $\phi(t) = \varphi(\rho, \theta)$ , где  $\varphi(\rho, \theta)$  дается квадратурой,  $\rho$  и  $\theta$  – медленная и быстрая переменные. Получены уравнения, определяющие эволюцию этих переменных в приближении Ван-дер-Поля.

В качестве примеров мы рассматриваем потенциалы с логарифмической и дробно-степенной сингулярностями. Мы вычисляем параметр  $w = p/\rho$  и показываем, что в некоторой области значений  $\rho$  он лежит в интервале  $-1 < w < -1/3$ , обеспечивая ускоренное расширение Вселенной.

Далее мы исследуем резонансный рост флуктуаций поля  $\delta\phi(t, \mathbf{r})$  на осциллирующем однородном фоне  $\phi(t)$ . Показано, что Фурье  $k$ -моды флуктуаций удовлетворяют сингулярному уравнению Хилла с медленно изменяющимися параметрами  $\rho$  и  $k/a$ . Используя обобщенный метод Линдемана-Стилтьеса [3], мы вычисляем показатель Флоке как функцию этих параметров. Мы показываем, что флуктуации скалярного поля значительно усиливаются при пересечении траекториями параметров резонансных зон на поздней стадии инфляции.

[1] M.S. Turner, Phys. Rev. D, 28, 1243 (1983).

[2] T. Damour and V.F. Mukhanov, Phys. Rev. Lett., 80, 3440 (1998).

[3] V.A. Koutvitsky and E.M. Maslov, J. Math. Phys., 47, 022302 (2006).

Павел Сергеевич Медведев (ИКИ РАН)

*Расшифровка рентгеновских спектров SS 433:  
совместный анализ данных Chandra и XMM-Newton*

// П. Медведев, И. Хабибуллин, А. Медведев, С. Цыганков, С. Сазонов, С. Фабрика

На данный момент общепринято, что именно релятивистские струи доминируют в рентгеновском излучении сверхкритического аккректора SS 433. При этом, рентгеновское излучение приходит от наиболее горячих областей струй у самого их основания, то есть в непосредственной близости к центральной “машине”, ответственной за их формирование. Общие спектральные и временные характеристики этого излучения действительно хорошо описываются моделью противоположно направленных оптически тонких многотемпературных газовых потоков с почти солнечной металличностью. Однако, попытки детального описания рентгеновских спектров высокого разрешения, полученных обсерваториями Chandra и XMM-Newton, столкнулись с целым рядом трудностей.

В нашей работе мы проводим совместный анализ имеющихся архивных данных Chandra, а также новых, 120 килосекундных наблюдений XMM-Newton. Для этого мы используем многотемпературную модель с самосогласованным расчетом меры эмиссии с учетом охлаждения за счет потерь на излучение. Благодаря широкому спектральному диапазону XMM-Newton удастся выделить ряд принципиальных особенностей, используемых в дальнейшем анализе данных Chandra, уникальное пространственное и спектральное разрешение которых, в свою очередь, позволяет непосредственно получить ограничения на основные параметры модели. Применение полученной модели для более детального описания данных XMM-Newton, обладающих высоким отношением сигнал-шум, привело к выявлению дополнительных компонент и получению их спектров.

Александра Эмильевна Мигманова (КФУ)

*Исследование сверхновой SNIa 2011fe по оптическим*

// Бикмаев И.Ф.(1), Мигманова А.Э.(1), Сахибуллин Н.А.(1), Хамитов И.М.(1), Буренин Р.А.(2), Сюняев Р.А.(2) 1 - Казанский (Приволжский) федеральный университет 2 - Институт космических исследований РАН

Представлены результаты наблюдений на РТТ-150 Сверхновой SNIa\_2011fe, вспыхнувшей в галактике M101 25-го августа 2011 года. Спектральные и фотометрические наблюдения выполнены в течение одного года, начиная от даты вспышки. Прослежена эволюция потока и спектра Сверхновой. В спектре идентифицированы линии кремния, кальция, кислорода, серы, подтверждающие классификацию этой Сверхновой как SNIa. Измерена скорость расширения оболочки на разных фазах кривой блеска. Проанализированы изменения профилей спектральных линий и широких абсорбционных деталей с течением времени.

## Александр Геннадьевич Михайлов (СПбГПУ)

### *Оценка величин спинов сверхмассивных черных дыр в активных галактических ядрах*

// А.Г. Михайлов (СПбГПУ), Ю.Н. Гнедин (ГАО РАН)

В настоящее время наиболее общепринятая модель, описывающая активные галактические ядра (АГЯ) основана на представлении о том, что наблюдаемые проявления АГЯ, обусловлены взаимодействием сверхмассивной черной дыры (СМЧД), находящейся в центре ядра галактики, с окружающим веществом. Как известно, черные дыры характеризуются двумя параметрами: массой  $M$ , и безразмерной величиной, описывающей ее вращение - спином,  $a$ . В настоящее время развиты достаточно надежные методы определения масс СМЧД. Что же касается определения спина, то определение его величины из анализа профилей рентгеновского континуума и линий  $K\alpha$  железа связано с большими трудностями. К настоящему моменту такими методами определены спины не более нескольких десятков объектов. Поэтому полезно оценить величины спинов СМЧД другими методами. В настоящей работе исходя из теоретических моделей, связывающих кинетическую мощность джета с величиной спина, а также литературных данных о массе СМЧД, мощности джета и болометрической светимости, произведена оценка величин спинов СМЧД в различных типах АГЯ. Получено, что значения спинов для различных типов АГЯ может существенно отличаться. Также обсуждается возможная связь между массой СМЧД и ее спином.

## Дмитрий Исидорович Нагирнер (СПбГУ)

### *Детали описания многократного комптоновского рассеяния*

// Д.И.Нагирнер

Приводится общее релятивистское кинетическое уравнение, описывающее многократное комптоновское рассеяние поляризованного излучения с учетом вынужденного рассеяния при произвольных энергиях фотонов и произвольной функции распределения (ФР) электронов (невыврожденных) по импульсам. В частном случае изотропной ФР в матрицу рассеяния входят пять функций перераспределения (ФП) излучения по частотам, направлениям и состояниям поляризации. Показано, что при рассеянии в плоском слое в случае независимости поля излучения от азимута достаточно ограничиться рассмотрением линейной поляризации, а также усреднить произведение матрицы функций перераспределения и матриц Чандрасекара по азимуту. Выявлена одинаковая особенность зависимости четырех из пяти функций от направления, имеющая характер дельта-функции от частоты при рассеянии вперед. Указанная трудность преодолевается: интеграл от наиболее сингулярного слагаемого выражается через полный и неполный эллиптические интегралы первого рода. Остальные интегралы по азимуту вычисляются численно. Приведены также формулы, связывающие коэффициенты ослабления и фазовые матрицы, относящиеся к системам отсчета, движущимся относительно друг друга. Составлены компьютерные программы для расчета всех этих величин.

Тинатин Михайловна Нацвлишвили (ГАО РАН)

*Зависимость поляризации излучения аккреционного диска от длины волны: тестирование моделей*

*аккреционного диска // Булига С.Д., Гнедин Ю.Н., Нацвлишвили Т.М., Пиотрович М.Ю., Силантьев Н.А.*

Показано, что на основе данных о спектральном распределении степени поляризации в зависимости от длины волны возможен принципиальный выбор между различными моделями аккреционного диска, окружающего чёрную дыру. Такой вывод основан на возможности сравнить результаты наблюдений спектрального распределения степени поляризации с теоретическими значениями, полученными в различных моделях аккреционного диска. В работе представлены ожидаемые степенные зависимости степени поляризации от длины волны (частоты) для разнообразных, известных в литературе моделей аккреционного диска

Александр Владимирович Нестеренок (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

*Мазерное излучение H<sub>2</sub>O в оболочках звезд*

*асимптотической ветви гигантов // Нестеренок А.В.*

В работе исследуются физические условия возникновения мазерного излучения H<sub>2</sub>O в линии 22.2 ГГц в газопылевых облаках в оболочках звезд асимптотической ветви гигантов. Рассматривается газопылевое облако, которое состоит из смеси молекул H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, атомов He и пылевых частиц и находится в поле излучения родительской звезды. Рассматривается одномерная плоскопараллельная структура газопылевого облака. Физические параметры, принятые в расчетах, соответствуют параметрам околозвездной оболочки IK Tau. Самосогласованно решаются уравнения статистического равновесия населенностей уровней молекулы H<sub>2</sub>O и уравнения теплового баланса газопылевого облака. В расчетах учитываются 410 вращательных уровней пяти нижних колебательных уровней молекулы H<sub>2</sub>O. Учитываются основные процессы нагрева и отвода тепла из газопылевого облака. Показано, что поле излучения звезды играет существенную роль в тепловом балансе газопылевого облака вследствие поглощения излучения в колебательно-вращательных линиях H<sub>2</sub>O. Исследуется зависимость коэффициента усиления излучения в линии 22.2 ГГц от плотности газа и концентрации H<sub>2</sub>O в газопылевом облаке. Получено, что наиболее вероятными физическими условиями в источниках мазерного излучения являются плотности газа, близкие к средней плотности звездного ветра –  $10^7$ - $10^8$  см<sup>-3</sup>, и высокое относительное содержание H<sub>2</sub>O  $>10^{-4}$ .

Евгения Александровна Николаева (КФУ)

*Физические параметры двух массивных двойных рентгеновских систем IGR J21343+4738 и IGR*

*J17544-2619.* // Е.А.Николаева, И.Ф. Бикмаев, Н.А. Сахибуллин, Э.Н. Иртуганов, Р.Я. Жучков, С.С. Мельников, А.И. Галеев Казанский (Приволжский) федеральный университет, Академия наук Республики Татарстан

На основании наземных наблюдений оптических компонент двойных систем IGR J21343+4738 и IGR J17544-2619 на РТТ-150, выполненных в 2007-2013 г.г., проведены исследования их физических параметров. Орбитальный период системы IGR J21343+4738 составил  $P = 39.2$  суток, полуамплитуда кривой лучевых скоростей  $K = 20$  км/с, функция масс системы  $f(m) = 0.061$   $M_{\odot}$ . Для системы IGR J17544-2619 найден период  $P = 4.995$  суток, эксцентриситет орбиты  $e = 0.25$ , полуамплитуда кривой лучевых скоростей  $K = 28.7$  км/с, функция масс  $f(m) = 0.011$   $M_{\odot}$ . В работе обсуждается возможная природа компактных источников в указанных системах в зависимости от угла наклона орбит и характера рентгеновской активности.

Александр Николаевич Сазонов (ГАИШ МГУ)

*Однократное перетекание вещества на аккреционный диск компактного объекта в ТДС за орбитальный период* // А.Н. Сазонов

Подтверждено, что аккреционный диск релятивистского объекта в тесной двойной системе прецессирует в сторону орбитального движения системы. Установлено, что явление прецессии и вариации прецессии связаны с наклоном аккреционного диска пульсара Her X-1 к орбитальной плоскости и с изменением этого наклона. Определена орбитальная фаза поступления вещества на внешний край диска. Было показано, что вещество с поверхности оптического компонента HZ Her перетекает на внешний край диска один раз за орбитальный период. В оптическом диапазоне (U(W)BVRI) обнаружен и обоснован эффект от перетекания этого вещества. Найдено, что угловая скорость вращения HZ Her вдвое меньше угловой скорости орбитального движения. Показано, что HZ Her не заполняет свою критическую полость Роша. Сделаны математические оценки степени заполнения оптической звездой ТДС критической полости Роша.

Елена Евгеньевна Нохрина (МФТИ)

*Определение параметра множественности плазмы по эффекту видимого сдвига ядра*

// Бескин В.С., Желтоухов А.А., Ковалёв Ю.Ю., Нохрина Е.Е.

Одним из важнейших параметров в магнитогидродинамических (МГД) моделях релятивистских струйных выбросов является безразмерный параметр множественности частиц  $\lambda$ , который определяется как отношение концентрации частиц  $n$  к гольдрайховской концентрации  $n_{GJ} = \Omega B / 2\pi c e$  (то есть минимальной концентрации, необходимой для экранирования продольного электрического поля в магнитосфере). Существует две модели для определения величины  $\lambda$ . В первой из них  $\lambda_1 \sim 10^{10} - 10^{12}$ . Вторая модель даёт  $\lambda_2 \sim 10 - 100$ . Для определения параметра множественности частиц  $\lambda$  может быть использован эффект зависимости видимого положения ядра струйного выброса от частоты наблюдения. Нами были выполнены вычисления параметра  $\lambda$  для статистически значимого числа объектов – 86, что позволяет с уверенностью оценивать величину параметра множественности и параметра замагниченности, играющих решающую роль в построении МГД моделей релятивистских струйных выбросов. Получены следующие медианное значение параметра множественности:  $\lambda_{med} = 2 \cdot 10^{13}$ , что хорошо согласуется с первой моделью заполнения магнитосферы плазмой.

Гор Оганесян (Южный Федеральный Университет)

*Статистические свойства оптических послесвечений гамма-всплесков с максимумами.*

// Бескин Г., Оганесян Г., Греко Дж., Карпов С.

Представлены результаты исследования более 50 кривых блеска оптических компаньонов гамма-всплесков с известным красным смещением, имеющих максимумы. В их число входят 10 prompt источников. Были определены параметры этих событий в сопутствующей системе отсчета, а затем проведен поиск парных корреляций между ними. В результате статистического анализа была найдена сильная корреляция между максимальной светимостью и красным смещением для послесвечений, которая не является эффектом наблюдательной селекции. С использованием обнаруженной связи в моделях прямой и обратной ударных волн было получено соотношение между плотностью межзвездной среды в области локализации гамма-всплеска и его красным смещением. Было показано, что в этих областях скорость звездообразования растет с красным смещением.

Александр Анатольевич Панфёров (Тольяттинский  
государственный университет)

*Закручивание и торможение струй SS 433 окружающей  
средой*

Дихотомия оценок кинематического расстояния до объекта SS 433 - 4.8 кпк / 5.5 кпк, - определяемого по внутренним и внешним частям его радиоструй, а также 10% отклонение радиоструй от кинематики компактных оптических струй предполагают, что релятивистские струи SS 433 начинают замедляться уже на масштабах внутренних радиоструй.

Синхротронное радиоизлучение и морфология струй SS 433 указывают на динамическое взаимодействие струй с окружающей средой и ударные волны внутри струй. В таком случае динамическое давление окружающей среды на поверхность прецессирующих струй связано с яркостью радиоструй. Мы используем этот факт при моделировании кинематики струй.

Оказалось, что кинематика динамических струй, при расстоянии до объекта 4.8 кпк, согласуется с наблюдениями не хуже, чем кинематика баллистических струй, моделируемая при расстоянии до объекта 5.5 кпк. Согласно модели динамические струи замедляются и поворачиваются вокруг оси прецессии в основном в течение  $1/5$  прецессионного периода  $P$ . Далее струи распространяются, имитируя баллистические струи. За период  $P$  струи смещаются вследствие поворота и замедления на  $0.316''$  и  $0.085''$ . Облака в струях расширяются и нагреваются с расстоянием вдоль струй по закону  $T(z) = 2E_4 (z/1E15 \text{ см})^{1.5} \text{ К}$ . Полученные физические параметры динамической модели струй - кинетическая светимость струи  $1E39 \text{ эрг/с}$ , температура облаков, отношение размеров облаков и их оболочек, где происходит усиление магнитного поля, 2, отношение давлений газа и магнитного поля в оболочке 1, отношение плотностей энергий магнитного поля и релятивистских частиц в оболочке  $3/4$ , отношение плотностей энергий всех релятивистских частиц и релятивистских электронов 2.7 - связывают между собой столь разные проявления радиоструй SS 433 как динамика и яркость и согласуются с наблюдениями.

Михаил Юрьевич Пиотрович (ГАО РАН)

*Зависимость поляризации излучения аккреционного  
диска от длины волны: тестирование моделей*

*аккреционного диска // Булига С.Д., Гнедин Ю.Н., Нацвлишвили Т.М., Пиотрович М.Ю., Силантьев Н.А.*

В работе показано, что на основе данных о спектральном распределении степени поляризации в зависимости от длины волны возможен принципиальный выбор между различными моделями аккреционного диска, окружающего черную дыру. Такой вывод основан на возможности сравнить результаты наблюдений спектрального распределения степени поляризации с теоретическими значениями,

полученными в различных моделях аккреционного диска. В работе представлены ожидаемые степенные зависимости степени поляризации от длины волны (частоты) для разнообразных, известных в литературе моделей аккреционного диска.

Максим Сергеевич Пискунов (Институт ядерных исследований РАН)

*Временное растяжение высокоэнергичного излучения гамма-всплесков: наблюдения Fermi-LAT в сравнении с геометрической моделью*

// Максим М. Пискунов и Григорий И. Рубцов

Наблюдения показывают, что излучение гамма-всплесков с энергией выше 100 МэВ систематически наблюдается позже, чем низкоэнергичное излучение. Различия же кривых блеска в различных диапазонах высокоэнергичного излучения ( $> 100$  МэВ) изучены хуже.

В данной работе мы изучаем различия кривых блеска в диапазонах (100 МэВ, 1 ГэВ) и (1 ГэВ, 300 ГэВ). Для исследования выбраны все 3 гамма-всплеска из каталога Fermi, наблюдения которых содержат не менее 10 фотонов с энергией  $> 1$  ГэВ: GRB080916C, GRB090902B, GRB090926A. Кривые блеска GRB080916C и GRB090902B в двух рассматриваемых диапазонах не различаются статистически значимо, однако для GRB090926A установлено со статистической значимостью 3.4 sigma, что излучение в диапазоне (1 ГэВ, 300 ГэВ) растянуто относительно менее энергичного.

Мы предлагаем простую геометрическую модель, объясняющую этот результат. Основное предположение – чем выше энергия излучения, тем ближе к оси джета оно излучается. В рамках модели соблюдается ограничение на максимально допустимую энергию всплеска. Также получена доля всплесков среди наблюдаемых в диапазоне (100 МэВ, 1 ГэВ), которые также можно увидеть в диапазоне (1 ГэВ, 300 ГэВ). Полученная доля согласуется с наблюдениями. Наконец, предсказано распределение коэффициентов растяжения, которое может быть проверено по мере накопления наблюдений.

Алексей Позаненко (ИКИ РАН)

*Астроклимат Монголии* // А. Позаненко, А. Вольнова, Н. Тунгалаг, С. Гузий, Е. Клунко, П. Минаев, И. Молотов

Представлены астроклиматические данные в нескольких географических точках Монголии. В частности, представлены данные по количеству ясных ночных часов, приземной скорости ветра, температуре и влажности. Данные получены как с существующих метеостанций, так и с собственных пунктов наблюдения и охватывают центральную и юго-западную



часть Монголии, включая пустыню Гоби. Результаты работы будут использованы при выборе мест размещения обсерваторий сетевых проектов, где этом регионе Центральной Азии существует недостаток наблюдательных пунктов, необходимых для проведения непрерывного мониторинга.

Александр Потапов (Институт солнечно-земной физики СО РАН)

*Солнечно-циклические вариации потока релятивистских электронов во внешнем радиационном поясе*

// Потапов А.С., Цэгмэд Б. Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия Рыжакова Л.В. Иркутский государственный технический университет, Иркутск, Россия

Мы проанализировали 11-летнюю вариацию потока релятивистских электронов с энергией более 2 МэВ на геосинхронной орбите, используя измерения, выполненные спутниками GOES за 23-й цикл солнечной активности. Поскольку считается, что возрастания потока энергичных электронов связаны с высокоскоростными потоками солнечного ветра и УНЧ- и/или ОНЧ-активностью в магнитосфере, мы проанализировали также солнечно-циклические изменения ранговой кросс-корреляции между потоком электронов во внешнем радиационном поясе и скоростью солнечного ветра и интенсивностью волн как в межпланетном пространстве, так и на земной поверхности. Использовались данные магнитометров на борту КА ACE и WIND, а также магнитные измерения на двух среднеширотных диаметрально расположенных обсерваториях сети INTERMAGNET. Полученные результаты показывают, что среднее значение потока релятивистских электронов на фазах спада и минимума солнечной активности на порядок выше потока во время максимума солнечной активности. Из всех параметров солнечного ветра только вариации направленной скорости имеют значительную корреляцию с изменениями потока электронов, опережая их на 2 дня. Вариации амплитуды УНЧ опережают изменения потока электронов на 3 дня. Полученные результаты могут представлять интерес для разработки прогностических алгоритмов. Работа была частично поддержана РФФИ, проект 13-05-00529.

Артем Просветов (ИКИ РАН)

*Исследование рентгеновской новой SWIFT J174510.8-262411 во время вспышки 2012-2013 гг.*

// С.А. Гребенев А.В. Просветов

Представлены результаты наблюдений рентгеновской новой SWIFT J174510.8-262411 астрофизическими обсерваториями INTEGRAL и SWIFT и оптически-ми телескопами SWIFT/UVOT и RIT-150 на начальном этапе ее вспышки (в

сентябре-октябре 2012 г.) и на затухающей стадии кривой блеска (в мае-июне 2013 г.), когда рентгеновский поток от новой упал более чем в 50 раз относительно максимума. В обоих случаях в спектре новой доминировало жесткое излучение. Прослежена эволюция со временем формы спектра излучения, а также эволюция спектра мощности рентгеновских флуктуаций. В частности, исследована связь частоты пика квазипериодических осцилляций с частотой излома в спектре мощности и зависимость этих частот от рентгеновского потока. Показано, что на затухающей стадии блеска спектр излучения новой в широчайшем диапазоне энергий (от далекого инфракрасного диапазона до жесткого рентгена) мог быть описан единым степенным законом, искаженным из-за фотопоглощения. Наблюдение такого спектра предполагает, что основной вклад в поток от источника дает синхротронное излучение релятивистских струй (джетов), либо — что аккреционный диск всюду является горячим, оптически тонким, излучающим нетепловым образом.

Пётр Сергеевич Сатунин (ИЯИ РАН)

*Высокоэнергетическое обрезание спектра нейтрино в сверхсильном магнитном поле: квазиклассическое описание.* // Пётр Сергеевич Сатунин

Квазиклассический метод “инстантонов на мировых линиях” применён к расчёту ширины процесса распада высокоэнергичного нейтрино на лептон и реальный  $W$ -бозон в сильном магнитном поле (меньшим, порядка и больше швингеровского поля) в режиме экспоненциального подавления процесса. Произведено сравнение с результатами, полученными ранее другими методами. В случае сверхсильных (больших, чем швингеровское) магнитных полей произведено сравнение ширины данного процесса с ширинами других процессов, ведущих к потере энергии нейтрино. Показано, что для компактных астрофизических объектов со сверхсильным магнитным полем процессом, ответственным за обрезание высокоэнергетичного спектра нейтрино является рождение электрон-позитронных пар посредством виртуального  $W$ -бозона, в отличие от субшвингеровских полей, где основным процессом является вышеописанное рождение электрона и реального  $W$ -бозона.

Елена Сейфина (ГАИШ МГУ)

*Анализ эволюции спектральных состояний  $atoll$  источника  $4U\ 1820-30$ : стабильность спектрального индекса Комptonизационного "хвоста" рентгеновского спектра* // Елена Сейфина, Лев Титарчук, Филиппо Фронтера

Выполнен анализ спектральных и временных свойств рентгеновского излучения компактной рентгеновской двойной системы  $4U\ 1820-39$  на основе ВерроSAX и

RXTE наблюдений. Было установлено, что в период RXTE наблюдений (1996-2009) источник находился в мягком состоянии большую часть времени ( $\sim 75\%$ ), демонстрируя быстрые ( $\sim$  нескольких дней) переходы между т.н. Lower Band и Upper Band состояниями в комбинации с долгопериодической переменностью между фазами высокой и низкой светимости ( $\sim$  нескольких месяцев). Мы обнаружили, что рентгеновский спектр 4U 1820-30 адекватно аппроксимируется моделью, состоящей из низкотемпературного чернотельного компонента (Blackbody), Комптонизационного компонента (CompTB) и эмиссионной линии (6-7 кэВ) с Гауссовым профилем для всех спектральных состояний. При этом обнаружено уникальное квазипостоянство фотонного индекса Комптонизационной составляющей около значения  $\Gamma \sim 2$  при изменении электронной температуры переходного слоя от 2.9 до 21 кэВ, несмотря на изменения параметра нормировки Комптонизированного компонента (пропорционального скорости аккреции вещества) примерно на порядок величины. Кроме того, установленный эффект стабильности спектрального индекса для источника 4U 1820-30 подобен ранее обнаруженному эффекту стабильности фотонного индекса для ряда маломассивных двойных систем с нейтронными звездами и, в том числе, для атолл источников 4U 1728-34, GX 3+1 и Z-источника GX 340+0. Поэтому было сделано предположение об универсальности найденной стабильности спектрального индекса степенного компонента рентгеновского спектра в ходе эволюции спектральных состояний, как надежного признака в доэддингтоновском режиме аккреции, указывающего на наличие нейтронной звезды в двойной системе.

Елена Сейфина (ГАИШ МГУ)

*Определение массы черной дыры в рентгеновской двойной системе 4U 1630-47 методом скалирования спектральных и временных характеристик рентгеновского излучения*

// Елена Сейфина, Лев Титарчук, Николай Шапошников

Представлены результаты экстенсивного исследования эволюции спектральных и временных свойств рентгеновского излучения галактической черной дыры 4U 1630-47 во время ее спектральных переходов. При этом был использован метод скалирования корреляций фотонного индекса Комптонизационного компонента с частотой квазипериодических осцилляций  $\nu_L$ , а также с величиной скорости аккреции вещества  $M$ . Были проанализированы все имеющиеся на сегодняшний день наблюдения 4U 1630-47 со спутников RXTE и VerroSAX. Показано, что широкополосный рентгеновский спектр 4U 1630-47 во время этих переходов может быть аппроксимирован аддитивной моделью, состоящей из низкотемпературного чернотельного компонента, комптонизационного компонента и эмиссионной линии железа. Мы также установили, что спектральный индекс монотонно возрастает во время перехода из жесткого состояния с низкой светимостью к мягкому состоянию высокой светимости и, затем, стабилизируется (насыщается) при высоких скоростях аккреции. Оказалось, что уровни насыщения различны для

разных переходных циклов. Для одного из таких циклов (1998) корреляция фотонного индекса с частотой квазипериодических осцилляций  $\nu_L$  также показывает насыщение на уровне  $\Gamma_{sat} \sim 3$ . Корреляции  $\Gamma - \dot{M}$  и  $\Gamma - \nu_L$  с фотонным индексом в 4U 1630-47 подобны найденным в ряде других двойных рентгеновских систем с черными дырами и могут рассматриваться как наблюдательное доказательство наличия черной дыры в 4U 1630-47. Техника скалирования, примененная в отношении XTE J1550-564, GRO J 1655-40 and H 1743-322 в качестве опорного источника, позволяет сделать оценку массы черной дыры в 4U 1630-47  $M_{BH} \sim 10 M_{\odot}$  и указать ограничение на величину угла наклона орбиты  $i < 70^\circ$ .

Леонид Судов (СПбГУАП)

*Отображение Кеплера в небесномеханической задаче трех тел* // Судов Л.Н.

Как известно, в механике существует лишь немного задач, в которых удастся описать динамику системы на всем фазовом пространстве. Поэтому одной из основных задач является построение специальных решений, динамику которых можно проанализировать на достаточно большом интервале времени, и выявление с помощью них интересных динамических свойств систем. Одним из таких явлений является диффузия Арнольда в системах близких к интегрируемым. Это явление было открыто В.И.Арнольдом, построившим пример гамильтоновой системы близкой к интегрируемой, имеющей траектории, у которых переменные действия изменяются на величину порядка единицы при сколь угодно малом возмущении исходной интегрируемой системы. Таким образом, если на небольших интервалах времени эволюцию возмущенной системы можно описывать уравнениями интегрируемой задачи, то на больших интервалах времени возможно качественное изменение движения. Однако до сих пор остается открытым вопрос о типичности этого явления в системах близких к интегрируемым.

Рената Рифовна Тагирова (ИКИ РАН)

*Модель формирования крупномасштабной структуры области H II RCW 82* // Котова Г.Ю., Краснобаев К.В., Тагирова Р.Р.

Наблюдения молодых объектов на периферии области H II RCW 82 свидетельствуют в пользу триггерного механизма возникновения конденсаций. Однако предположение о том, что область H II сформировалась в однородной среде, приводит к слишком большим по сравнению с возрастом туманности временам фрагментации. В связи с этим авторами работы проводится компьютерное моделирование расширения области H II в окруженном более разреженной средой плотном облаке с массой, равной суммарной массе ионизованного и нейтрального газа туманности. Показано, что неустойчивость образующейся ускоренно

движущейся оболочки может приводить к развитию крупномасштабных неоднородностей с их последующей фрагментацией. Исследуются морфологические особенности уплотнений в зависимости от параметров начальных возмущений.

Дарья Андреевна Теплых (ПРАО АКЦ ФИАН)

*Обнаружение всплесков интенсивности компонента пульсара J0653+8051*

// Малофеев В.М., Теплых Д.А., С.В. Логвиненко.

Представлены результаты наблюдения пульсара J0653+8051 на частоте 111 МГц на радиотелескопе БСА ФИАН (ПРАО) за период с октября 2012 г. по ноябрь 2013 г. Профиль пульсара имеет три компонента в диапазоне 102-4850 МГц. Было обнаружено несколько десятков очень сильных импульсов, превышающих амплитуду среднего профиля в 110 раз. Обычно этот пульсар демонстрирует очень слабый сигнал на уровне 3 сигма в среднем профиле. Детальный анализ показал, что все сильные импульсы с отношением сигнал/шум 4-20 сигма наблюдаются у центрального компонента.

Сергей Александрович Хайбрахманов (Челябинский государственный университет)

*Кинематическая МГД модель аккреционных дисков*

// Хайбрахманов С.А., Дудоров А.Е.

Разработана кинематическая модель аккреционных дисков с остаточным крупномасштабным магнитным полем [1, 2]. Рассматривается геометрически тонкий, оптически толстый стационарный аккреционный диск. Модель включает уравнения Шакуры и Сюняева, индукции и ионизационного баланса. Магнитное поле определяется с учетом омической диффузии, магнитной амбиполярной диффузии, плавучести и эффекта Холла. Степень ионизации рассчитывается с учетом ионизации космическими лучами, рентгеновским излучением, тепловой ионизации, лучистых рекомбинаций и рекомбинаций на пыли. Учитывается испарение пыли.

Получено аналитическое решение уравнений модели в случае, когда степень ионизации является степенной функцией плотности, и рассматривается определенный тип диффузии магнитного поля.

Аналитические оценки и численные расчеты показывают, что магнитное поле заморожено в случае лучистых рекомбинаций. Вертикальная компонента магнитного поля  $B_z$  пропорциональна поверхностной плотности диска в этом случае, и  $B_z(3 \text{ AU}) \simeq 0.1 \text{ Гс}$ . Магнитное поле является квази-азимутальным вблизи внутренней границы аккреционного диска, и квази-радиальным во внешних областях.

В случае рекомбинаций на пыли, магнитная амбиполярная диффузия уменьшает  $B_z$  на порядок по сравнению с замороженным. В областях низкой степени ионизации (“мертвых” зонах) эффективна омическая диффузия, магнитное поле квази-полоидально. Во внешних областях аккреционных дисков эффективна магнитная амбиполярная диффузия, которая определяет внешнюю границу “мертвой” зоны. Магнитное поле может быть квази-азимутальным или квази-радиальным в этих областях, в зависимости от параметров пылинок и скоростей ионизации. Эффект Холла во внешних областях дисков может приводить к преобразованию квази-азимутальной геометрии магнитного поля в квази-радиальную.

Арутюн Григорьевич Хачатрян (Ереванский физический институт)

*Поиск точечных источников в картах реликтового излучения* // А.Г. Хачатрян, Г. Нурбаева, Д. Пфенигер, Г. Мэйлан

Для температурных карт реликтового излучения полученных спутником WMAP рассчитаны карты параметра случайности Колмогорова. После процедуры очистки этих карт методом Тэгмарка, выявляются участки с высоким значением параметра Колмогорова, которые и являются галактическими источниками микроволнового излучения (т.н. точечные источники). Несмотря на то, что мы использовали карты WMAP для анализа, но 7 из этих найденных нами точечных источников можно найти в каталоге точечных источников более нового спутникового эксперимента Planck. Еще найдены два точечных источника которые пока не удалось идентифицировать.

Александр Федорович Холтыгин (СПбГУ)

*О-звезды: магнитные поля и переменность профилей линий* // А.Ф. Холтыгин, В.В. Душин Н.П. Судник

Представлены результаты недавних исследований. Составлен полный каталог измерений магнитного поля О звезд. Построена функция распределения магнитного поля. Показаны, что магнитные поля звезд спектрального класса О распределены по степенному закону с показателем степени около 3. Из сравнения распределений магнитных полей О и В звезд сделан вывод, что среднее магнитное поле О звезд почти на порядок меньше, чем у В звезд. Обсуждаются причины столь больших различий. Описаны результаты недавних исследований переменности профилей линий в спектрах О-звезд методами Фурье и вейвлет-анализа. Сделано предположение о существовании в атмосферах О звезд компактных областей с сильными локальными магнитными полями. Рассчитываются профили линий в спектрах с учетом вклада таких областей.

Георгий Хорунжев (ИКИ РАН)

*Поддержка рентгеновского обзора СРГ с помощью обзоров WISE и SDSS // Хорунжев Г.А, Сазонов С.Ю.*

Проведена оценка числа рентгеновских источников в обзоре СРГ, которые будут иметь фотометрию в обзорах WISE и SDSS. Исследованы способы первичного отбора ярких АЯГ для выборки с рентгеновским потоком в 0.5-2 кэВ  $>2.6 \times 10^{-14}$  эрг/с/см<sup>2</sup>: ярких АЯГ по цвету WISE W1(3.4мкм)-W2(4.6мкм) $>0.8$ ; кандидатов в АЯГ 1-го типа по критериям УФ избытка; кандидатов в поглощённые АЯГ по критериям  $r-W2 > 6$ , отношению рентгеновского и ИК-потоков. Оценены полнота и эффективность отбора для каждого из этих методов.

Анастасия Евгеньевна Цветкова (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

*Исследование временных, спектральных и энергетических характеристик космических гамма-всплесков с известным красным смещением, зарегистрированных в триггерном режиме в эксперименте Конус-Винд*

// А.Е. Цветкова, В.Д. Пальшин, Р.Л. Аптекарь, С.В. Голенецкий, Ф.П. Олейник, Д.С. Свинкин, М.В. Уланов, Д.Д. Фредерикс.

К настоящему времени известно более 300 гамма-всплесков с измеренными красными смещениями, лежащими в диапазоне от 0,008 до 9.4, что делает гамма-всплески самыми удаленными наблюдаемыми объектами во Вселенной. Примерно треть этих всплесков зарегистрирована в триггерном режиме в российско-американском эксперименте Конус-Винд, непрерывно осуществляющемся с 1994 года. Благодаря этому была накоплена самая большая выборка гамма-всплесков с измеренным красным смещением, зарегистрированных в столь широком энергетическом диапазоне одним прибором. В докладе представлены результаты анализа временных, спектральных и энергетических характеристик данного набора гамма-всплесков. Для примерно 40% всплесков набора можно оценить угол коллимации излучения и энергетику с учётом коллимации. Также проанализированы различные корреляции между спектральными и энергетическими параметрами: пиковой энергией  $EF_E$  спектра и энерговыделением и пиковой светимостью с учётом и без учёта коллимации излучения.

## Иван Васильевич Человеков (ИКИ РАН)

*Каталог рентгеновских всплесков I рода, зарегистрированных обсерваторией ИНТЕГРАЛ*

// Человеков И.В., Мереминский И.А., Гребенев С.А., Просветов А.В.

Наша работа посвящена поиску рентгеновских всплесков I рода от рентгеновских барстеров, попадавших в поле зрения обсерватории ИНТЕГРАЛ за все время ее работы. Особое внимание уделялось поиску “всплесков из пустых мест”, т.е. событий, источником которых являются неизвестные рентгеновские барстеры, поток постоянного излучения от которых недостаточен для их обнаружения или надежной идентификации приборами современных обсерваторий. В результате анализа данных рентгеновского телескопа IBIS и рентгеновского монитора JEM-X создан каталог всех рентгеновских всплесков I рода, зарегистрированных обсерваторией ИНТЕГРАЛ с февраля 2003 по март 2011 года. В работе приведены оценки на состав аккрецирующего вещества и расстояние до некоторых маломассивных двойных систем.

## Андрей Игоревич Чугунов (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

*Окна неустойчивости вращающихся сверхтекучих нейтронных звезд* // М.Е. Гусаков, А.И. Чугунов, Е.М. Кантор

Известно, что достаточно быстро вращающиеся нейтронные звезды становятся неустойчивыми по отношению к излучению гравитационных волн и возбуждению  $r$ -мод колебаний [1]. Критическая частота перехода в неустойчивое состояние зависит от температуры, а соответствующая область называется окном неустойчивости. В докладе исследовано влияние сверхтекучих (обусловленных сверхтекучестью нейтронов) мод колебаний на устойчивость вращающихся нейтронных звезд. Частоты сверхтекучих мод меняются при изменении температуры, поэтому при некоторых температурах частота одной из сверхтекучих мод может совпадать с частотой  $r$ -моды. В этом случае возникает резонансное взаимодействие мод, которое рассмотрено в докладе в рамках феноменологической модели. Показано, что это явление приводит к существенной модификации окон неустойчивости – в окрестности резонансной температуры стабильность звезды резко увеличивается. В докладе Гусакова, Чугунова и Кантор “Согласующийся с наблюдениями сценарий эволюции нейтронных звезд в маломассивных рентгеновских двойных системах” эти результаты применены для построения эволюционного сценария, впервые позволившего описать все быстро вращающиеся нейтронные звезды, наблюдаемые в маломассивных двойных системах [2,3], не выходя за рамки стандартных предположений о составе и свойствах сверхплотного вещества.

Работа поддержана Советом по грантам Президента Российской Федерации (гранты НШ-4035.2012.2 и МК-857.2012.2), РФФИ (гранты 12-02-31270-мол\_а и 11-02-00253-а), фондом “Династия”, Министерством образования и науки Российской Федерации (соглашение №8409, 2012г.).



- 
- [1] Lindblom L., Owen B. J. & Morsink S. M., PRL 80, 4843 (1998).
  - [2] Ho W. C. G., Andersson N. & Haskell B., PRL 107, 101101 (2011).
  - [3] Haskell B., Degenaar N. & Ho W. C. G., MNRAS 424, 93 (2012).

Андрей Игоревич Чугунов (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

*Неустойчивость  $r$ -мод и возможность существования горячих быстровращающихся неаккрецирующих нейтронных звёзд Hot widow/HOFNAR* // А.И. Чугунов, М.Е. Гусаков, Е.М. Кантор

Рассмотрена гипотеза существования нового типа нейтронных звёзд — горячих быстровращающихся неаккрецирующих звёзд, которые мы предлагаем называть “HOFNARs” (сокращение от HOf and Fast Non-Accreting Rotators) или “горячие вдовы” (по аналогии с пульсарами “черная вдова”). Такие звёзды могут возникать в маломассивной рентгеновской двойной системе (LMXB) в случае, если аккреция на нейтронную звезду прекращается в то время, когда звезда находится в области неустойчивости  $r$ -мод колебаний. Их высокая температура поддерживается благодаря диссипации  $r$ -моды колебаний. Показано, что кандидатами в “горячие вдовы” могут быть наиболее стабильные из рентгеновских источников, относимых по спектру излучения к кандидатам в LMXB в спокойном состоянии (qLMXB). Существование “горячих вдов” помогает: (а) решить проблему избытка миллисекундных пульсаров в популяционном синтезе для шаровых скоплений; (б) уменьшить оценку продолжительности спокойного периода для транзиентно аккрецирующих qLMXB в шаровых скоплениях до величины, согласующейся с предсказаниями теории. Предложены направления, позволяющие надёжно доказать существование “горячих вдов” и проанализированы открывающиеся возможности для новых наблюдательных ограничений на свойства сверхплотного вещества.

Работа поддержана Советом по грантам Президента Российской Федерации (гранты НШ-4035.2012.2 и МК-857.2012.2), РФФИ (гранты 12-02-31270-мол\_а и 11-02-00253-а), фондом “Династия”, Министерством образования и науки Российской Федерации (соглашение №8409, 2012г.).



# Список участников конференции

Абубекеров М. К., *ГАИШ МГУ*  
Акинъщиков А. Н., *ГАИШ МГУ*  
Акопян А. Л., *Московский Физико-Технический Институт*  
Арзамасова Н. И., *САО РАН*  
Арзамасский Л., *МФТИ*  
Архипова Н. А., *АКЦ ФИАИ*  
Атапин К. Е., *ГАИШ МГУ*  
Афанасьев В. Л., *САО РАН*  
Бадьин Д. А., *ГАИШ МГУ*  
Байкова А. Т., *ГАО РАН*  
Балашев С. А., *ФТИ им. А.Ф. Иоффе*  
Барков М. В., *ИКИ РАН, MPI-K Germany*  
Барсуков Д. П., *ФТИ им. А.Ф. Иоффе, СПбГПУ*  
Белобородов А., *Columbia University*  
Белокуров В., *Institute of Astronomy*  
Бикмаев И. Ф., *КФУ*  
Бирюков А. В., *ГАИШ МГУ*  
Блинников С. И., *ИТЭФ и ГАИШ*  
Бобылев В. В., *ГАО РАН*  
Бондарев Р. В., *Физический факультет ЮФУ*  
Бочкарев Н. Г., *ГАИШ МГУ*  
Булига С. Д., *ГАО РАН*  
Буренин Р. А., *ИКИ РАН*  
Быков А. М., *ФТИ им. А.Ф. Иоффе*  
Валеев А. Ф., *САО РАН*  
Васильев В. В., *МГУ им. М.В. Ломоносова*  
Васильев Е. О., *НИИФ ЮФУ*  
Вертоградов В. Д., *РГПУ им. А.И. Герцена*  
Винокуров А. С., *САО РАН*  
Вольнова А. А., *ИКИ РАН*  
Воробьев В. С., *ИКИ РАН*  
Гальпер А. М., *НИЯУ МИФИ*  
Гарасев М., *ИПФ РАН*  
Гильфанов М. Р., *ИКИ РАН*  
Глазырин С. И., *ИТЭФ*  
Гнедин Ю. Н., *ГАО РАН*  
Гогличидзе О. А., *ФТИ им. А.Ф. Иоффе*

Гребенев С. А., *ИКИ РАН*  
Грузинов А. В., *Нью-Йоркский университет*  
Гурова Е. Б., *ИКИ РАН*  
Гусинская Н. В., *СПбГУ*  
Даниленко А. А., *ФТИ им. А. Ф. Иоффе*  
Деришев Е. В., *ИПФ РАН*  
Доммес В. А., *ФТИ им. А. Ф. Иоффе*  
Дроздов С. А., *ГАИШ МГУ*  
Дудоров А. Е., *Челябинский госуниверситет*  
Еселевич М. В., *Институт солнечно-земной физики СО РАН*  
Желтоухов А. А., *ФИАН*  
Журавлева И., *KIPAC/Стэнфордский университет, США*  
Зиракашвили В. Н., *ИЗМИРАН*  
Зюзин Д. А., *Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе*  
Иванов М. М., *Физический факультет МГУ*  
Игошев А. П., *Department of Astrophysics/IMAPP, Radboud University Nijmegen, The Netherlands*  
Иртуганов Э. Н., *Казанский (Приволжский) федеральный университет*  
Ихсанов Н. Р., *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН*  
Каминкер А. Д., *Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе*  
Карасев Д. И., *ИКИ РАН*  
Караченцев И. Д., *Special Astrophysical Observatory*  
Каршенбойм С. Г., *ГАО РАН & MPQ*  
Каспарова А. В., *ГАИШ МГУ*  
Кешелава Т., *ГАИШ МГУ*  
Кийков С. О., *Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)*  
Клименко В. В., *СПбГПУ*  
Клиничев А. Д., *Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ*  
Клунко Е. В., *ИСЗФ СО РАН*  
Козырева А., *Argelander-Institut für Astronomie der Universität Bonn*  
Колотков Д., *The University of Warwick*  
Комаров С. В., *МРА/ИКИ*  
Комарова В. Н., *САО РАН*  
Кондратьев В. Н., *Киевский Национальный университет имени Тараса Шевченко*  
Конторович В. М., *Радиоастрономический институт НАН Украины*  
Коробцев И. В., *Саянская обсерватория ИСЗФ СО РАН*  
Корягин С. А., *ИПФ РАН*  
Кочеткова М., *ПРАО АКЦ ФИАН/ПуцГЕНИ*  
Кривонос Р. А., *ИКИ РАН*  
Курбатов К. А., *НИИЯФ МГУ*  
Лежнин К. В., *МФТИ*  
Липилин В. А., *ИКИ РАН*  
Логинов А. А., *ПРАО АКЦ ФИАН*  
Лозников В. М., *ИКИ РАН*

Лыскова Н. С., *Институт Космических Исследований (ИКИ), Max Planck Institute for Astrophysics (МРА)*  
Любимов В. Н., *ИНАСАН*  
Малов И. Ф., *ПРАО АКЦ ФИАН*  
Маслов Е. М., *ИЗМИРАН*  
Медведев П. С., *ИКИ РАН*  
Медведев М. В., *Канзасский Университет*  
Мещеряков А. В., *ИКИ РАН*  
Мигманова А. Э., *КФУ*  
Минаев П. Ю., *ИКИ РАН*  
Михайлов А. Г., *СПбГПУ*  
Моисеев А. В., *САО РАН*  
Москаленко И. В., *Стэнфордский университет*  
Муштуков А. А., *Университет Оулу*  
Нагирнер Д. И., *СПбГУ*  
Насельский П. Д., *Niels Bohr Institute , Copenhagen, Denmark*  
Нацвлишвили Т. М., *ГАО РАН*  
Нестеренок А. В., *ФТИ им. А.Ф. Иоффе*  
Никитина Е. Б., *Пушчинская Радиоастрономическая Обсерватория (ПРАО АКЦ ФИАН)*  
Николаева Е. А., *КФУ*  
Николаевич С. А., *ГАИШ МГУ*  
Нохрина Е. Е., *МФТИ*  
Оганесян Г. , *Южный Федеральный Университет*  
Огнев И. С., *ЯрГУ им. П.Г. Демидова*  
Панфёров А. А., *Тольяттинский государственный университет*  
Петков В. Б., *ИЯИ РАН*  
Пиотрович М. Ю., *ГАО РАН*  
Пискунов М. С., *Институт ядерных исследований РАН*  
Позаненко А. , *ИКИ РАН*  
Попков А. В., *Государственный Астрономический Институт им. П. К. Штернберга МГУ*  
Попов С. Б., *ГАИШ МГУ*  
Постнов К. А., *ГАИШ МГУ*  
Потапов А. , *Институт солнечно-земной физики СО РАН*  
Потехин А. Ю., *ФТИ им. А.Ф. Иоффе*  
Присташ А. М., *ИКИ РАН*  
Просветов А. , *ИКИ РАН*  
Прохоров Д. А., *МРА*  
Птускин В. С., *ИЗМИРАН*  
Пушкарь Н. , *НИЯУ МИФИ*  
Пширков М. , *ГАИШ МГУ*  
Рафиков Р. , *Princeton University*  
Ревнивцев М. Г., *ИКИ РАН*  
Рубцов Г. И., *ИЯИ РАН*  
Савиных Е. С., *астроном любитель*  
Сазонов С. Ю., *ИКИ РАН*

Сатунин П. С., *ИЯИ РАН*  
Сахибуллин Н. А., *Казанский федеральный университет*  
Сейфина Е. , *ГАИШ МГУ*  
Семена А. Н., *ИКИ*  
Семикоз В. Б., *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН им. Н.В. Пушкова (ИЗМИРАН)*  
Сильверстова Н. В., *НОУ ВПО ТИУБ им. Н. Д. Демидова*  
Синеговский С. И., *Иркутский государственный университет*  
Соколов П. М., *ИПУ РАН*  
Соколова Е. В., *ИЯИ РАН*  
Соколова-Лапа Е. А., *ГАИШ МГУ*  
Старобинский А. А., *Институт теоретической физики им. Л. Д. Ландау РАН*  
Судов Л. , *СПбГУАП*  
Сулейманов В. Ф., *Институт Астрономии и Астрофизики, Университет Тьубингена*  
Тагирова Р. Р., *ИКИ РАН*  
Тамбов В. , *ИКИ РАН*  
Теплых Д. А., *ПРАО АКЦ ФИАН*  
Титаренко А. Р., *ГАИШ МГУ*  
Титарчук Л. Г., *University of Ferrara, Italy*  
Ткачев Л. Г., *ОИЯИ*  
Топчиев Н. П., *ФИАН*  
Торбанюк Е. А., *Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко*  
Трунковский Е. М., *ГАИШ МГУ*  
Трушкин С. А., *САО РАН*  
Уваров Ю. А., *ФТИ им. А.Ф. Иоффе*  
Филиппов А. А., *Princeton University*  
Филиппова Е. , *ИКИ РАН*  
Финогенов А. В., *Хельсинки Университет*  
Хабибуллин И. И., *ИКИ РАН*  
Хайбрахманов С. А., *Челябинский государственный университет*  
Хачатрян А. Г., *Ереванский физический институт*  
Холтыгин А. Ф., *СПбГУ, Мат-Мех факультет*  
Хорунжев Г. , *ИКИ РАН*  
Цветкова А. Е., *ФТИ им. А.Ф. Иоффе*  
Цыганков С. С., *ИКИ РАН*  
Человеков И. В., *ИКИ РАН*  
Чернякова М. А., *DCU*  
Чугунов А. И., *ФТИ им. А.Ф. Иоффе*  
Чуразов Е. , *ИКИ РАН*  
Шакура Н. И., *ГАИШ МГУ*  
Шишина М. И., *Нижегородский планетарий*  
Шолухова О. Н., *САО РАН*  
Щекочихин А. , *Оксфордский Университет*  
Яковлев Д. Г., *Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе*  
Янкелевич В. А., *ЮФУ*