

II. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

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

Гос. регистрация № 0120.0 602990

Научный руководитель академик Р.А. Сюняев

Раздел 1.1 Астрофизика высоких энергий

1.1.1 Физические процессы в ядрах активных и центральных областях нормальных галактик

(научный руководитель академик Р.А.Сюняев, тел. 333-33-73, e-mail: sunyaev@hea.iki.rssi.ru).

В рамках работ по выявлению новых активных ядер галактик среди жестких источников, открытых обсерваториями ИНТЕГРАЛ и SWIFT, проведены оптические наблюдения на 6-метровом телескопе БТА (САО, Нижний Архыз, Россия) и 1.5-метровом телескопе РТТ-150 (ТНО, Анталья, Турция) источников IGR J03249+4041, IGR J04221+4856, SWIFT J1449.5+8602, SWIFT J1542/0-1410, IGR J17009+3559, IGR J18151-1052, IGR J18538-0102 и IGR J19491-1035. Для всех источников получены оптические спектры, что позволило установить природу этих объектов и определить их красные смещения: семь источников имеют внегалактическое происхождение (шесть сейфертовских галактик и одна рентгеновски-яркая-оптически-нормальная галактика XBONG) и один источник (IGR J18151-1052) находится в Галактике и является рентгеновской двойной (предположительно катаклизмической переменной). (рис.1. Лутовинов и др., 2011).

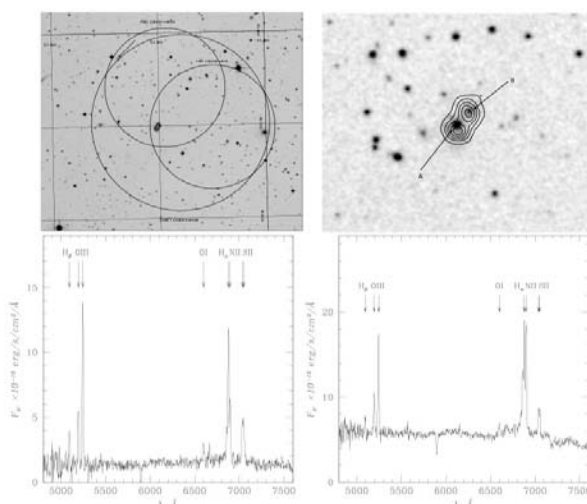


Рис. 1. Оптическое отождествление жестких рентгеновских источников обсерватории ИНТЕГРАЛ.

Впервые отмечено, что в ядрах галактик наряду со звездами должны образовываться также планеты земного типа, кометы и астероиды. В результате взаимных пролетов звезд планеты и астероиды могут быть от них оторваны и образовать облако из твердых тел вокруг центральной сверхмассивной черной дыры (СМЧД), аналогичное гипотетическому облаку Оорта в Солнечной системе. Столкновения движущихся со скоростями порядка 1000 км/с твердых тел должны вызывать мощные фрагментационные каскады, аналогично тому, как это происходит в осколочных дисках около звезд главной последовательности. В результате

будет образовываться микроскопическая пыль, способная поглощать излучение из активных ядер галактик (АЯГ). Показано, что пылевые торы, образованные в результате фрагментации астероидов и комет, должны исчезать при достаточно низких и высоких темпах аккреции вещества на СМЧД, что возможно согласуется с имеющимися данными наблюдений АЯГ. При светимостях порядка эддингтоновской микроскопическая пыль должна выбрасываться из потенциальной ямы СМЧД давлением излучения АЯГ. При малых же светимостях аккреционные диски в АЯГ могут быть недостаточно массивны для того, чтобы фрагментироваться в звезды и твердые тела. (Наякшин, Сазонов, Сюняев, 2011)

Исследована возможность определения амплитуд и направленности движений горячего газа в скоплениях галактик по наблюдениям спектральной формы ярчайших резонансных линий. Проведены расчеты радиационного переноса методом Монте-Карло в резонансной линии FeXXV с энергией 6.7 кэВ для скопления A426 в созвездии Персея. Показано, что 1). радиальные движения газа значительно сильнее снижают эффективность рассеяния по сравнению со случаем чисто тангенциальных движений и 2). крупномасштабные движения газа слабо влияют на эффективность рассеяния.

Проведено моделирование изображений релятивистских струй внегалактических источников, возникающих в результате гравитационного линзирования на галактиках разных типов. Показано, что наблюдаемые крупномасштабные кольцевые структуры могут возникать в результате гравитационного линзирования релятивистских струй на галактиках при определенном взаимном расположении струи и каустических кривых. В частности, в рассмотренных в работе моделях для появления протяженных ярких дуг необходимо, чтобы струя дважды пересекала тангенциальную каустику практически по касательной к ее каспам. По результатам проведенного моделирования изображений крупномасштабной релятивистской струи в источнике B0218+357, возникающих при линзировании на спиральной галактике, распределение поверхностной плотности которой описывается диском и смягченным гало, помещенными в сингулярное изотермическое гало темной материи, выбраны несколько наборов параметров модели распределения вещества и взаимного расположения линзы и источника, адекватно воспроизводящие наблюдаемую крупномасштабную картину линзирования. Для выбранного набора параметров воспроизводятся не только расстояние между изображениями компактного ядра источника, соотношение интенсивностей этих изображений, но и протяженные кольцеобразные структуры, наблюдаемые на угловых масштабах порядка 0.3 угловых секунды. При этом каждому набору параметров соответствует свое значение постоянной Хаббла, отличное от других, а также свои значения позиционного угла изображения струи и скорости движения изображения сгустка по струе. На основании построенной функции видности для выбранного набора параметров модели на примере системы B0218+357 показано, что при наблюдениях на сверхмалых угловых масштабах (десятки микросекунд дуги) с помощью интерферометров со сверхдлинными базами можно различить модели, для которых позиционные углы изображений струи отличаются более чем на 40 градусов. Это дает возможность существенно ограничить выбор моделей и получаемых значений постоянной Хаббла. Для струй со сверхсветовыми движениями в рамках рассмотренных наборов параметров скорость движения изображения сгустка при наблюдении с угловым разрешением порядка 10 мкс дуги может быть измерена при сопоставлении наблюдательных данных, полученных с временным интервалом в один месяц. Таким образом, измеряя смещения отдельных ярких сгустков в изображениях с течением времени, можно измерить скорость распространения струи в рамках заданной модели гравитационно-линзированной системы.

1.1.2 Аккрецирующие черные дыры и нейтронные звезды в рентгеновских двойных в нашей и других галактиках

(научный руководитель д.ф.-м.н. С.А.Гребенев, тел. 333-22-22, e-mail: sergei@hea.iki.rssi.ru)

Исследования маломассивных рентгеновских двойных систем (ММРД), выполненные в последние десять лет, свидетельствуют о том, что наряду с изломом в функции их рентгеновской светимости, связанным с эддингтоновским пределом для аккрецирующих нейтронных звезд, в ней есть еще излом на светимости порядка $\sim 10^{37}$ эрг/с. Причина его появления до недавнего времени была неясна. Проведенный анализ большой выборки постоянных ММРД в Галактике показал, что этот излом связан с разным возрастом оптических компонентов в системах со светимостью больше и меньше 10^{37} эрг/с. Системы со светимостью выше 10^{37} эрг/с аккрецируют со звезд гигантов, чье характерное время эволюции существенно меньше характерного времени эволюции звезд главной последовательности. В области светимостей меньших 10^{37} эрг/с наклон функции светимости определяется распределением двойных систем по значению их орбитальных периодов, а в области более высоких светимостей появляется дополнительное подавление числа систем за счет более быстрого времени их эволюции.

По данным прибора IBIS обсерватории ИНТЕГРАЛ получено сильное ограничение (2σ) на поток диффузного жесткого рентгеновского излучения галактического «хребта» (GRXE) вблизи антицентра Галактики $F < 6.6 \diamond 10^{-12} \text{ эрг/с/см}^2/\text{град}$ или 0.7 мКрАб/град в пересчете на градус галактической долготы в области $135^\oplus < l < 175^\oplus$ (рис. 2). Предел превышает на порядок величины ожидаемый поток, следующий из поверхностной яркости Галактического диска в ближнем инфракрасном диапазоне и стандартного соотношения потоков GRXE в жестком рентгеновском и инфракрасном диапазонах. Отсутствие рентгеновского излучения из антицентра Галактики согласуется со звездным происхождением GRXE. (рис. 2, 3, Кривонос и др., 2011).

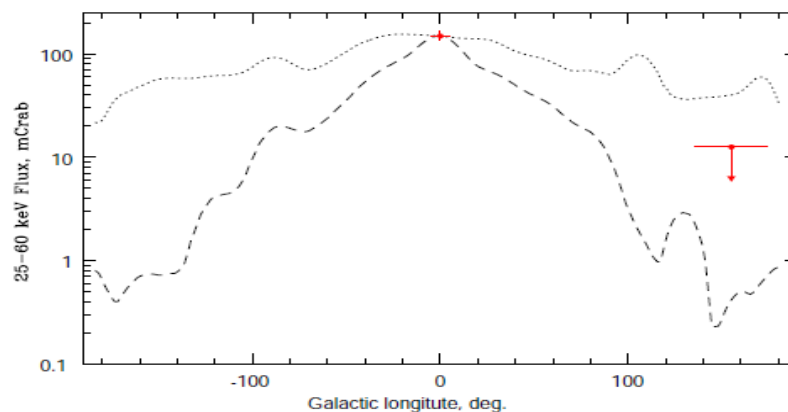


Рис. 2. Профиль поверхностной яркости вдоль галактической плоскости инфракрасного излучения звезд (на $4.9\text{ }\mu\text{m}$ по данным COBE/DIRBE — штриховая кривая) и гамма-излучения космических лучей (выше 100 МэВ по данным EGRET — сплошная кривая). Профили нормированы на поток GRXE, измеренный телескопом IBIS/ISGRI обсерватории ИНТЕГРАЛ в направлении на центр Галактики (красная точка), 2σ верхний предел соответствует измерению в направлении антицентра Галактики.

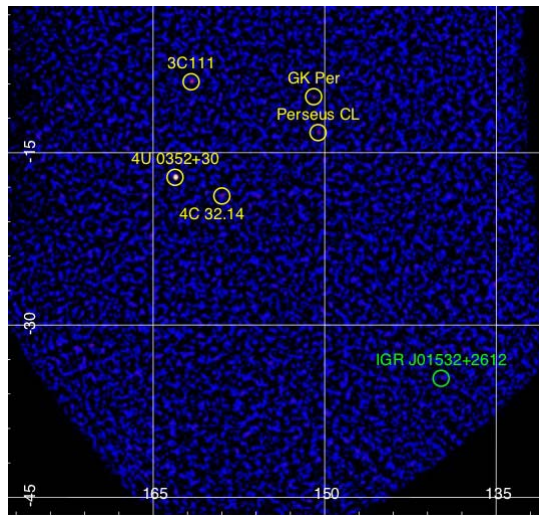


Рис. 3. Изображение области галактического антицентра полученное при помощи телескопа ИБИС обсерватории ИНТЕГРАЛ.

Исследованы статистические свойства слабых (вплоть до светимостей 10^{30} эрг/с в диапазоне 2-10 кэВ) рентгеновских источников, зарегистрированных спутником Chandra в поле Галактического центра. Функция светимости этих источников хорошо согласуется с функцией светимости рентгеновских источников в окрестности Солнца. Поэтому большинство из таких источников должны быть активными двойными звездами с горячими коронами.

Показано, что наблюдаемое из направления на центр нашей Галактики (область с угловым размером менее 1 сек. дуги) тепловое рентгеновское излучение может быть связано с коронарным излучением звезд с ускоренным вращением, содержащихся в центральной, радиусом менее 0.1 пк, области Галактики.

Проведено исследование линии 511 кэВ из области галактического центра по данным прибора SPI обсерватории ИНТЕГРАЛ. Это данные 6 лет интенсивных наблюдений. Рентгеновское и гамма-излучение центральной части Галактики было разбито на две компоненты: излучение компактного "балджа" и более протяженного "диска" с разной формой спектров. Спектр "балджа" содержит мощную линию 511 кэВ аннигиляции

электронов и позитронов и не содержит линии на 1.8 МэВ распада ^{26}Al , тогда как спектр "диска" напротив содержит мощную линию 1.8 МэВ и лишь слабую аннигиляционную линию. Показано, что спектральная форма аннигиляционного излучения (узкая линия 511 кэВ и связанный с ней протяженный спектр распада ортопозитрония) удивительно хорошо согласуется с моделью аннигиляции горячих позитронов в относительно холодной межзвездной среде. Модель предполагает, что позитроны изначально впрыскиваются в горячую (10^6 К) в заполняющую весь объем межзвездную среду, которая в дальнейшем свободно охлаждается до температур порядка или выше 10^5 К. Таким образом, большинство позитронов аннигилируют уже после того, как газ охладится до 10^5 К.

От остатка ближайшей к нам и наиболее мощной, из наблюдавшихся за последние 400 лет, Сверхновой 1987A (SNR 1987A) с помощью приборов обсерватории ИНТЕГРАЛ

открыто жесткое рентгеновское и гамма-излучение в линиях прямого вылета распада ^{44}Ti . Таким образом, доказано, что именно распад этого радиоактивного изотопа обеспечивал энергетику SNR 1987A в последние 20 лет. Непосредственно определенное обилие ^{44}Ti в

несколько раз превышает теоретические предсказания, полученные при моделировании процесса взрывного нуклеосинтеза в этой сверхновой, но хорошо согласуется с наблюдавшимся через 3-4 года после взрыва уплотнением ее болометрической (оптической и инфракрасной) кривой блеска и с зарегистрированным несколькими годами позже неожиданно сильным излучением в ультрафиолетовых линиях кислорода. В ходе сверхдолгих (6 Мс) наблюдений SNR 1987A и Большого Магелланова Облака обсерваторией ИНТЕГРАЛ получен ряд других важных результатов - открыты новые рентгеновские источники и исследованы свойства известных ярких источников.

С целью поиска рентгеновских всплесков от источников, попадавших в поле зрения телескопа IBIS обсерватории ИНТЕГРАЛ, проведен анализ всех доступных архивных данных телескопа (наблюдения с января 2003 по апрель 2009 гг.). Обнаружено 834 рентгеновских всплеска, 239 из которых одновременно зарегистрированы телескопом JEM-X в стандартном рентгеновском диапазоне. Более 70% всех всплесков (587 событий) зарегистрировано от известного рентгеновского барстера GX 354-0. В предположении, что в максимуме блеска самых ярких всплесков достигался эддингтоновский предел светимости, найдены верхние пределы на расстояние до их источников.

Исследовано влияние рентгеновского облучения на вертикальную структуру внешних частей аккреционного диска в маломассивных рентгеновских двойных. Показано, что на радиусах $R > 10^{11}$ см, где полная поверхностная плотность диска достигает значений ~ 20 см²/г, прогрев рентгеновскими фотонами затрагивает все слои диска. Эффект прогрева заметно усиливается при учете рассеяния рентгеновского излучения в горячем протяженном слое (короне) над диском. В спектре мощности оптического излучения галактического микроквара SS433, полученном по данным наблюдений телескопом РТТ-150, обнаружен

излом на частоте около 2.4×10^{-3} Гц, который, по-видимому, связан со сглаживанием переменности оптического потока из-за конечного размера излучающей области. Из этого

предположения выполнена оценка размера фотосферы аккреционного диска $\sim 2 \times 10^{12}$ см. Показано, что амплитуда переменности объекта SS433 резко уменьшается в течение затмения аккреционного диска, однако, не исчезает полностью. Это говорит о том, что размер источника переменного оптического излучения сравним с размером нормальной

звезды, размер которой поэтому составляет $\sim 2 \times 10^{12}$ см $\sim 30 R_{\odot}$.

1.1.3 Наблюдательные исследования активных процессов в Галактике, галактиках и скоплениях галактик

(научный руководитель академик Р.А. Сюняев Р. А., член.-корр. Е.М. Чуразов Е. М., д.ф.-м.н. М.Р. Гильфанов, тел. 333-33-73, e-mail: sunyaev@hea.iki.rssi.ru).

Рентгеновские источники

Обнаружены архивные оптические и инфракрасные наблюдения шести маломассивных рентгеновских двойных систем, положение которых на небе было недавно уточнено при помощи рентгеновских наблюдений, выполненных обсерваториями Чандра и XMM-Ньютон, а также при помощи архивных данных обсерватории им. Эйнштейна. Получены оценки на оптические и инфракрасные потоки от этих систем. Также получены простые оценки физических параметров этих систем (Золотухин и Ревнивцев, 2011).

Рентгеновское излучение Галактики

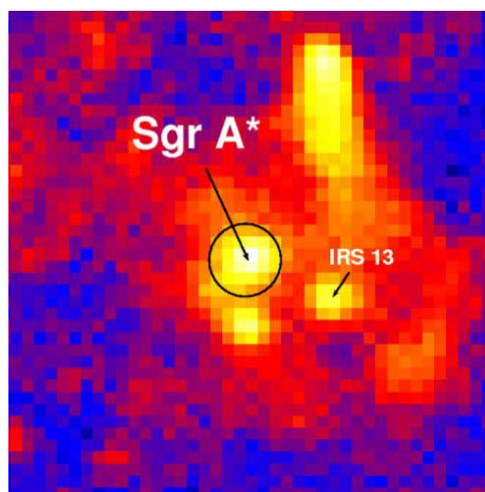


Рис. 4. Протяженное рентгеновское излучение вокруг сверхмассивной черной дыры в Галактике.

Показано, что оптически тонкое протяженное излучения вокруг сверхмассивной черной дыры в Галактике может быть объяснено излучением нескольких тысяч звезд поздних спектральных типов главной последовательности, которые быстро вращаются и имеют горячие короны, излучающие в рентгеновском диапазоне (рис. 4, Сазонов и др., 2011).

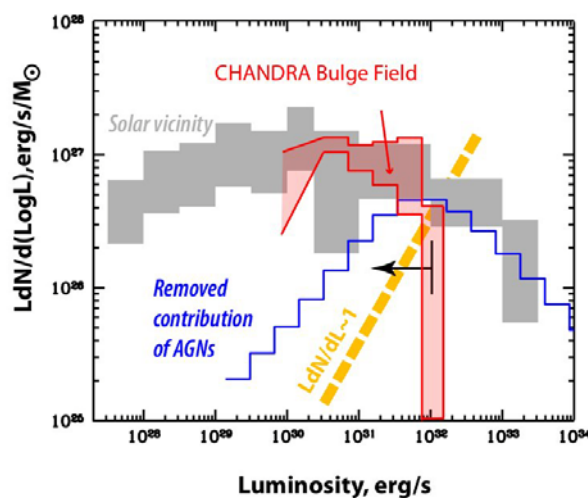


Рис. 5. Функция светимости слабых рентгеновских источников в очень глубоком галактическом поле телескопа Чандра.

Получена функция светимости слабых рентгеновских источников в очень глубоком галактическом поле телескопа Чандра (рис. 5). Показано, что она хорошо согласуется с функцией светимости рентгеновских источников в окрестности Солнца (Ревнивцев и др., 2011).

Рентгеновское излучение галактик

Исследовано излучения галактик поздних типов в мягких рентгеновских лучах в сравнении с их излучением в ближнем ИК диапазоне. Показано, что отношение L_x/L_k для галактик поздних типов в 2-20 раз превышает такое отношение для бедных газом галактик ранних типов. На основании этих результатов получены ограничения на роль сверхмягких рентгеновских источников как предшественников сверхновых типа I-a (Богдан и Гильфанов,

2011a).

По данным архивных наблюдений телескопа Чандра исследована природа неразрешенного, диффузного рентгеновского излучения в широком наборе галактик различных морфологических типов (Богдан и Гильфанов, 2011б).

На основе выборки близких галактик, для которых имеются данные обсерваторий Чандра, Спитцер и ГАЛЕКС, исследован вопрос о соотношении между рентгеновской светимостью компактных объектов и темпом звездообразования в хозяйской галактике. Построены функции светимости рентгеновских источников в галактиках, в которых не обнаружено особенностей на Эддингтоновской светимости нейтронных звезд или черных дыр звездной массы. Обсуждаются следствия этих результатов для теории эволюции двойных систем (Минео, Гильфанов, Сюняев, 2011).

По данным архивных наблюдений близких галактик при помощи телескопа Чандра исследованы различные населенные маломассивные рентгеновские двойные системы. Построены рентгеновские функции светимости двойных систем в различных окружениях, исследованы их различия (Жанг и др., 2011).

Скопления галактик

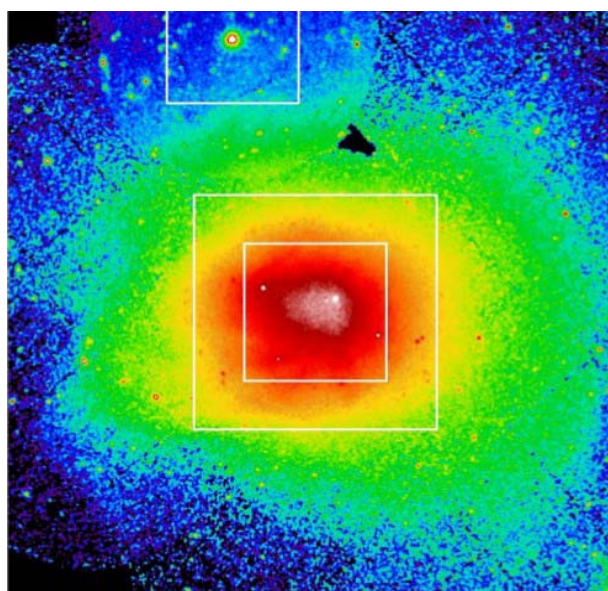


Рис. 6. Рентгеновское изображение скопления галактик в Волосах Вероники, по которому проводилось исследование флуктуаций плотности горячего газа.

При помощи измерений флуктуаций поверхностной яркости рентгеновского изображения скопления галактик в Волосах Вероники, полученного телескопами Чандра и ХММ-Ньютон (рис. 6), исследованы флуктуации плотности горячего газа в этом скоплении галактик. Показано, что характерная амплитуда вариаций плотности меняется от величины 7-10% на масштабе 500 кпк до 5% на масштабе 30 кпк. На меньших масштабах флуктуации плотности смазываются из-за проекции. Обсуждаются различные причины возникновения наблюдаемых вариаций плотности, включая турбулентность, вариации металличности или неразрешенные источники (Чуразов и др., 2011).

Проведены измерения эквивалентных ширин линий излучения водорода и кислорода в 77 ярчайших скоплениях галактик, обнаруженных ранее в обзоре площадью 160 кв. градусов. Показано, что в далеких скоплениях наблюдается отсутствие ярких линий излучения, что

согласуется с тем, что количество скоплений с сильным охлаждением в центре резко уменьшается на высоких z (Самюэль и др., 2011).

Исследовано поведение звездного ветра от звезд на последних стадиях эволюции и выбросов сверхновых типа I-a в релятивистских пузырях, возникающих в горячем газе скоплений из-за наличия активных ядер галактик в их центральных галактиках (Чугай и др., 2011).

Раздел 1.2 Интеграл

1.2.1 Организация и функционирование РЦНД «Интеграл»

(научный руководитель – д.ф.м.н. С.А. Гребенев тел. 333-22-22, e-mail: sergei@hea.iki.rssi.ru)

В 2011 году было продолжено получение научных и калибровочных данных из Европейского центра научных данных обсерватории ИНТЕГРАЛ, их архивирование и распределение наблюдателям, поддержание необходимого интерфейса. Проведено дооборудование учебного класса и технической базы архива данных. Велось оказание помощи в работе с данными, организация широкополновых наблюдений, совместных с наблюдениями обсерватории ИНТЕГРАЛ. Результаты научных наблюдений, приведены в разделе 1.1.

Раздел 1.3 РТТ-150

1.3.1 Подготовка и реализация научных программ наблюдений на оптическом телескопе РТТ150

(научный руководитель – д.ф.м.н. А.А. Вихлини, тел. 333-33-77, alexey@iki.rssi.ru)

В 2011 году проводились технические работы по поддержанию телескопа и его фокальных приборов. Успешно проведена программа запланированных научных наблюдений, в том числе и для оптической поддержки рентгеновских наблюдений проекта «Интеграл». Результаты научных наблюдений, приведены в разделе 1.1.

Раздел 1.4 Рентгеновский микрофон

1.4.1 Исследование области звездообразования в Орионе - КЛ

(научный руководитель – д.ф.м.н. М.Н. Павлинский, тел. 333-23-66, pavlinsky@iki.rssi.ru)

В 2011 г. проведены анализ современных теоретических моделей формирования переменности аккреционного потока вблизи компактных объектов (включая эффекты ОТО) и данных наблюдений рентгеновских двойных. Проведен анализ современных представлений о поведении плотной ядерной материи в возбужденном состоянии и возможности получения ограничений на уравнение состояния ядерного вещества для нейтронных звезд.

Рассмотрены сопутствующие научные задачи, которые могут быть выполнены в рамках программы наблюдений тайминговой рентгеновской обсерватории. Показано, что рентгеновская поляриметрия может дать важную информацию о физических процессах вблизи компактных объектов (включая эффекты ОТО).

Проведен предварительный анализ реализуемости критических элементов

таймингового спектрометра большой площади, включая детектирующий элемент, распределенную систему сбора информации, вопросы обеспечения тепловых и радиационных условий.

На основании результатов анализа комплекса научных и технических требований сформированы предложения по научной программе астрофизической обсерватории «Рентгеновский микрофон» и проработан состав и основные характеристики приборов КНА, предназначенных для изучения быстропеременных физических процессов (включая эффекты ОТО) вблизи аккрецирующих компактных объектов. Проведено сравнение с зарубежными аналогами и дана оценка технического уровня предлагаемых приборов.

Раздел 1.5 Радиоинтерферометр

1.5.1 Исследование области звездообразования в Орионе - КЛ

(научный руководитель – д.ф.м.н. Л.И. Матвеев, тел. 333-23-89, matveen@iki.rssi.ru)

Исследования тонкой структуры активной области в Орионе КЛ в период низкой активности, эпоха 2003

В истекшем году исследована тонкая структура области звездообразования в Орионе КЛ в линии H₂O мазерного излучения с угловым разрешением 0.15 мсек. дуги эпоха февраль 1997 г. в период предшествующий повышенной активности 1998-1999 гг., Рис.7.

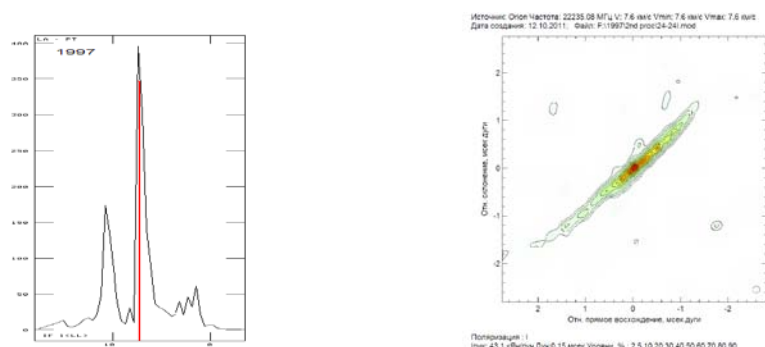


Рис. 7. Область звездообразования в Орионе КЛ в период предшествующий высокой активности, эпоха 1997.2. Спектральный профиль мазерного излучения – слева. Структура биполярного потока, разрешение 150 мсек. дуги, пиковое значение интенсивности соответствует 1.4 кЯн/луч.

Скорость профиля линии мазерного излучения активной области соответствует $v = 7.65$ км/с, плотность потока не превышает ~ 1.4 кЯн. Структура представляет собой биполярный поток, ориентированный в картинной плоскости под углом -47° . Ширина потоков не превышает 0.2 а.е. Потоки по уровню 2 % наблюдаются на расстоянии до 2 мсек. дуги или 1 а.е. Яркостная температура в области эжектора достигает $T_b = 2 \times 10^{13}$ К. В последовавший период активности структура биполярного потока и его ориентация сохранились прежними, эпоха 1998 г., рис.8б. В этом случае удалось определить изменение скорости вдоль потоков – показана цветом. Наблюдается изменение скорости с 7.6 км/с в ЮВ части потока до 7.8 км/с в СЗ или в местной системе покоя ± 0.1 км/с. СЗ часть потока удаляется от наблюдателя, а ЮВ приближается. Градиент скорости равен 0.07 км/с/а.е.

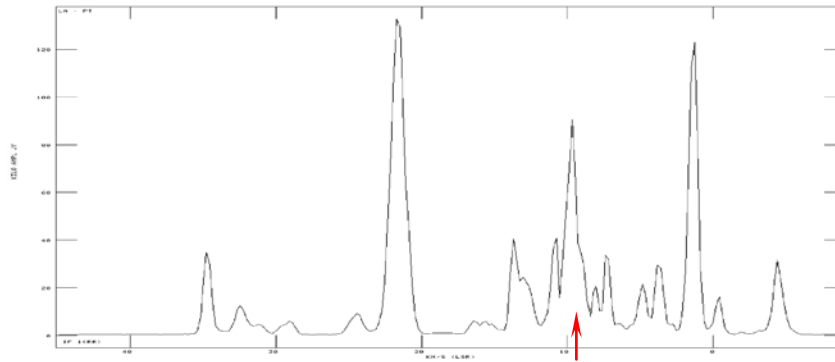


Рис.8 а. Спектр мазерного излучения в линии водяного пара, эпоха 2003.

В последующий период пониженной активности эпоха 2003 г. излучение в линии не превышало 5 кЯн. За прошедшие 5 лет произошло увеличение скорости профиля линии до $v = 8.0$ км/с., рис. 9. Как и раньше наблюдается изменение продольной составляющей скорости биполярного потока, равное 0.16 км/с или ± 0.08 км/с.

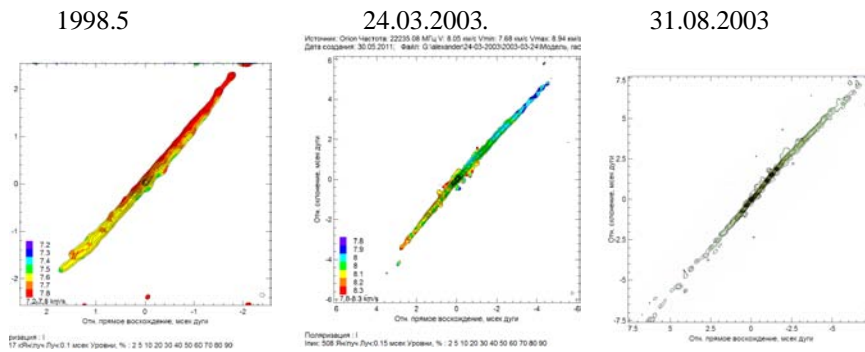


Рис. 8 б. Эпоха 1998.5 высокая активность (слева - направо), эпохи 2003 г. 24.03 и 31.08. Цветом обозначены лучевые скорости. Кругок внизу соответствует угловому разрешению 50 мксек. дуги.

Градиент скорости вдоль биполярного потока снизился до -0.03 км/с/а.е. Но главное изменился его знак. При этом структура биполярного потока практически не изменилась, рис. 8 б. Наблюдаемые изменения радиальных составляющих скоростей вдоль потоков определяются их ускорением по мере удаления от эжектора.

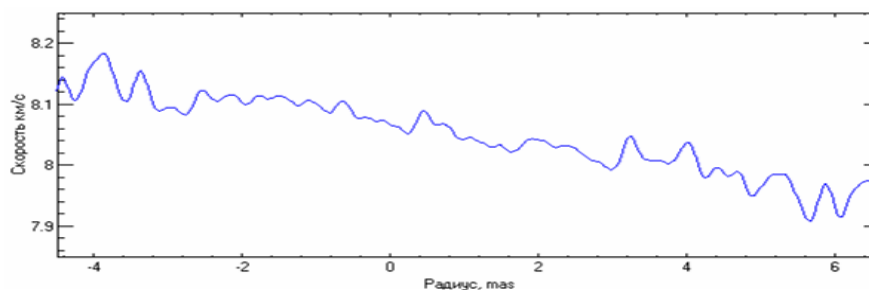


Рис. 9. Эпоха 2003, изменение продольной скорости в биполярном потоке.

Движение потоков в картинной плоскости происходит с ускорением от $V_0 \leq 5$ км/с до $V \geq 50$ км/с на расстоянии ~ 1 а.е. рис.4. Ускорение равно $\sim 1.5 \cdot 10^{-6}$ км/с². Составляющая скорости по лучу зрения лежит в пределах ± 0.1 км/с, что свидетельствует об угле наклона потока к картинной плоскости не превышающем нескольких градусов. Близкое значение имеет и угол прецессии. Период прецессии достигает порядка 10 лет. За 5 лет продольная скорость движения потока изменялась незначительно, но произошло изменение знака, что определяется прецессией.

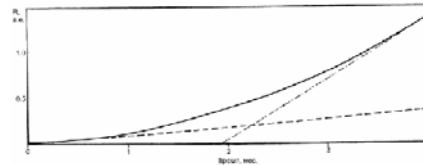


Рис. 10. Движение биполярного потока в картинной плоскости.

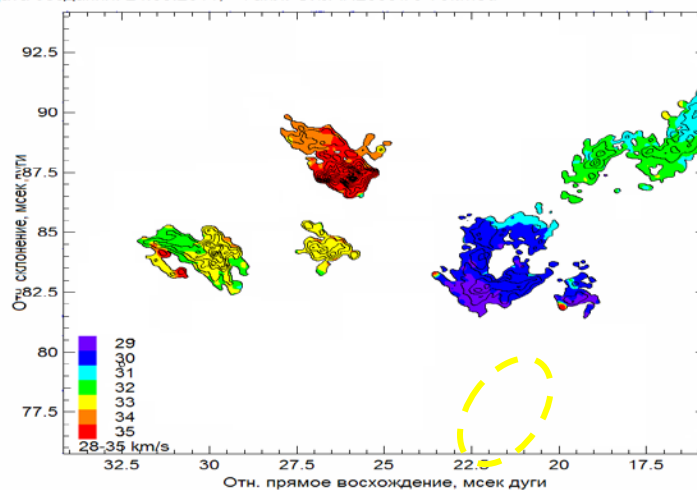
Яркостная температура потока в области эжектора достигает $T_b = 2 \times 10^{14}$ К в эпоху 2003 г. Яркостная температура потоков в пределах видимости не превышает $T_b \sim 10^{13}$ К.

Структуры в окрестности 100 а.е. от активной области, наблюдаемые в линиях H₂O мазерного излучения.

В линиях H₂O мазерного излучения были исследованы также удаленные площадки на расстояниях до 100 а.е. В одной из них обнаружены образования на скоростях 28-35 км/с, рис 3. В структуре эллиптической формы наблюдается перепад продольных скоростей, равный 29 -31 км/с или ± 1 км/с в местной системе покоя (30 км/с). Синяя - удаляется со скоростью порядка +1 км/с, а сиреневая - приближается к нам со скоростью -1 км/с. Эта эллиптическая структура с соотношением осей 0.5 / 0.8 может быть представлена в виде окружности, наклоненной к картинной плоскости под углом $\sim 40^\circ$. Диаметр окружности равен 3 мсек. дуги или ~ 1.5 а.е. Скорость ее вращения соответствует ~ 1.5 км/с,

Продольные скорости остальных структур лежат в пределах 32-35 км/с, что соответствует 2-5 км/с в местной системе покоя. Яркостные температуры структур не превышают $T_b \leq 10^{12}$ К.

Источник: Orion Частота: 22235.08 МГц V: 32.9 км/с Vmin: 28.3 км/с Vmax: 36.7 км/с
Дата создания: 24.05.2011; Файл: G:\JAN2003\79-79l.mod



Поляризация : I
Пик: 308 Ян/луч Луч: 0.15 мсек Уровни, % : 0.1 0.5 2 5 10 20 30 40 50 60 70 80 90

Рис.11. Структуры, расположенные вблизи к активной области, наблюдаемые в мазерном H_2O излучении. Пунктирная линия соответствует кольцевой структуре.

Разработка программ и методики поляризационных наблюдений в мазерных линиях на системе КВАЗАР.

На РТ-32 в Светлом совместно с ИПА РАН введена в действие аппаратура на волну 1.35 см, проведены тестовые спектральные наблюдения, в линиях водяного пара, получены спектральные профили в H_2O излучении Ориона КЛ, рис. 6. Разработано программное обеспечение и методика спектральных наблюдений, в том числе в поляризованном излучении. Разработано программное обеспечение и проведена тестовая проверка поляризационных измерений на одиночной антенне в режиме интерферометра с нулевой базой по объекту Орион КЛ.

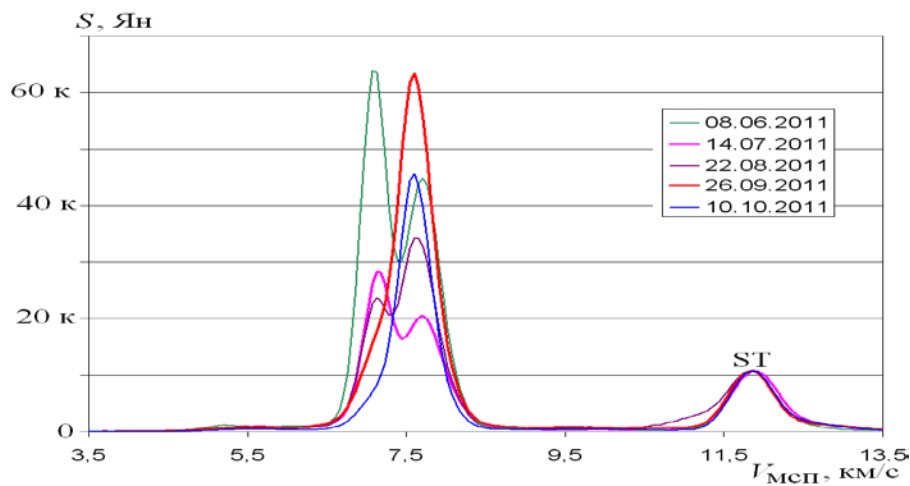


Рис.12. Спектральные профили мазерного излучения в объекте Орион КЛ.

Раздел 1.6 Астропыль

1.6.1 Исследование областей звездообразования и пылевых оболочек вокруг звезд

(научный руководитель – И.А. Маслов, тел. 333-5267, imaslov@iki.rssi.ru).

Одним из косвенных индикаторов процессов образования звезд на ранней стадии эволюции является наличие мазерного излучения молекул, входящих в состав плотных газопылевых облаков, в которых происходит формирование молодых звезд ОВ-класса. Мазерное излучение в линии водяного пара ($\lambda=1.35$ см) идет от конденсаций, возникающих, вероятно, в плотных расширяющихся оболочках ($r \sim 10^{15}$ см) областей НП. На это указывает совпадение их пространственного положения с источниками радиоизлучения. Когда область НП расширяется до $r \sim 10^{17}$ см, то явление мазерного H_2O излучения исчезает.

Совместно с ГАИШ МГУ составлен каталог спектров мазерного излучения в линии водяного пара на 1.35 см, наблюдавшихся с 1994 по 2010 гг. в источнике NGC 2071, который связан с областью активного звездообразования. Наблюдения проводились на 22-метровой антенне Пушинской радиоастрономической обсерватории вначале со спектральным разрешением 0.101 км/с, а с конца 2005 г. со спектральным разрешением 0.0822 км/с. По данным всего мониторинга, проводившегося с 1980 г., обнаружено, что

имеют место два сильно различающихся цикла мазерной активности. В первом из них (1980–1992 гг.) наблюдалась высокая активностью в широком интервале лучевых скоростей, причем в 1980–1986 гг. преобладало излучение на скоростях вблизи 7 км/с, а в 1987–1992 гг. — вблизи 14–16 км/с. Во втором же периоде (1997–2008 гг.) интенсивность излучения мазера была в несколько раз меньше, чем в первом. Кроме того, наблюдались многочисленные сильные вспышки одиночных эмиссионных деталей. Отождествление с данными VLA показало, что эти сильные вспышки происходили в мазерных источниках, связанных с IRS1 и IRS3. Причем, хотя эти источники разделяет расстояние не менее 2000 а.е., низкий уровень их мазерной активности имел место практически в одни и те же эпохи (1977 г., 1995–1997 гг. и с конца 2009 г. по начало 2010 г.).

Совместно с ГАИШ МГУ проведены наблюдения в инфракрасной области спектра переменной (затменной) звезды эпсилон Возничего (период 27.1 года) с целью изучения природы ее компонентов, в том числе и свойств пылевых частиц затмевающего объекта, используя фотометрические, в широком спектральном диапазоне 0.36–5 мкм, и поляриметрические наблюдения вблизи главного минимума (2009–2012) г.г. а так же сравнительного анализа наблюдений с аналогичными данными для родственных объектов. В 2011 г. наблюдался выход этой звезды из минимума блеска. Предварительный анализ показывает наличие слабого изменения цвета звезды с 27-летним периодом, которое можно объяснить вкладом теплового излучения второго (холодного) компонента подогреваемого со стороны обращенной к основной звезде.