

Тема **РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТР**. Исследования динамики звездообразования в газопылевом комплексе Ориона
Гос. регистрация № 0120.0 602991

Научный руководитель д.ф.-м.н. Матвеев Л.И.

Исследования тонкой структуры квазаров, в том числе с учетом требований системы ГЛОНАСС. Отв. исп. д.ф.м.н. Л.И. Матвеев.

1. Получена сверхтонкая структура области звездообразования в газопылевом комплексе Орион КЛ и ряде AGN объектов. Эти столь различные по своей природе объекты имеют идентичную структуру: вращающийся диск и высококоллимированный биполярный поток, характерные для вихря. Современные газодинамические модельные решения объясняют их формирование вязкостью. Как следует из наших исследований в мазерном излучении в линиях водяного пара: активной области в Орионе КЛ, диск имеет твердотельное вращение. Он подобно антицентрифуге поглощает окружающую материю и эжектирует ее в виде вращающегося биполярного потока. Взаимодействие потока с окружающей средой экспоненциально его ускоряет и коллимирует. Реактивное воздействие эжектируемого потока вызывает многомодовую прецессию оси сопла, определяющую спиральную структуру потока с искривленной осью и возрастающим шагом. Встречное движение вещества в центре диска способствует формированию массивного тела, гравитационное поле которого ускоряет процесс и стабилизирует систему. Этот процесс сопутствует начальной фазе формирования как протозвезды (Орион КЛ) Рис.3, так и галактики (NGC 4258). В случае плазмы в потоках возбуждаются токи – магнитные поля дополнительно ускоряющие формирование структуры (1803+784, M 87), Рис. 1а и б).

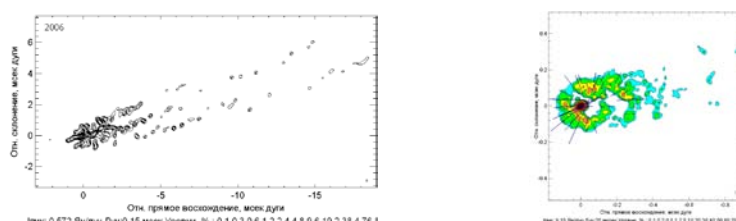


Рис.1. Структура ядра-джета галактики М 87, волна 2 см - (слева) и аккреционного диска объекта 1803+784 в поляризованном излучении, волна 7 мм - (справа).

- Система КВАЗАР включена в состав глобальной РСДБ сети. Разработаны предложения по оценке влияния активности ядер AGN объектов на точность астрометрических измерений – положения центров тяжести опорных объектов.

- Разработано программное обеспечение поляризационных измерений на одиночной антенне в режиме интерферометра с нулевой базой, проведены тестовые испытания по данным объекта Орион КЛ.

Построение изображений Ориона КЛ со сверхвысоким угловым и спектральным разрешением в поляризованном излучении в мазерных линиях. Отв. Исп. н.с. *С.С.Сиваконь.*

Исследование динамики сверхтонкой структуры области супермазерного излучения в Орионе КЛ. Отв.исп. Захарин К.М.

Зависимость ориентации плоскости поляризации излучения в структуре от направления накачки и магнитного поля. Отв. Исп. д.ф.м.н. *Л.И. Матвеевко.*

Разработка моделей структуры, инъекции и передачи кинетической энергии диска биполярному потоку. Отв.Исп. к.ф.м.н. *Демичев В.А.*

Поиск послесвечения излучения сверхтонкой структуры в мазерных линиях в период молчания. Отв. исп. к.ф.м.н. *Демичев В.А.*

Проведенные исследования активной области в плотном молекулярном облаке ОМС-1 Туманности Ориона показали, что повышенное мазерное излучение в линиях водяного пара соответствует начальной фазе формирования протозвезды, фазе космического вихря. Вещество окружающей среды всасывается и эжектируется в виде высоко коллимированного вращающегося биполярного потока. Поток вещества ускоряют и сублимируют молекулы воды из гранул льда и возбуждают мазерное излучение. Это излучение усиливается до мега мазерного уровня в окружающей среде, возбуждаемой скоплениями инфракрасных источников. Первый период активности 1979-1989 гг. - фаза наполнения диска, второй 1998-1999 гг. – фаза интенсивной эжекции биполярного потока. Таким образом, обнаруженная структура диск - биполярный поток и сопутствующее H_2O мега мазерное излучение - начальная фаза образования протозвезды.

Построены изображения структуры активной области в Орионе КЛ (плотном молекулярном облаке ОМС-1) со сверхвысоким угловым разрешением, достигающим 10 мксек. дуги, Рис.2. Установлено, что уровень поляризованного излучения в момент высокой активности, превышающий 70%, определяется излучением из области эжектора. Расстояние между соплами составляет ~ 8 мксек дуги. Ориентации поляризации потоков на выходе сопел отличаются на $\sim 40^\circ$ и соответствует направлениям скоростей эжектируемых потоков. Скорости потоков по лучу зрения отличаются на ± 0.15 км/с, ширина профилей линий излучения равна ~ 0.4 км/с. Это приводит к экстраординарному вращению плоскости поляризации интегрального потока на $\sim 25^\circ/\text{км/с}$.

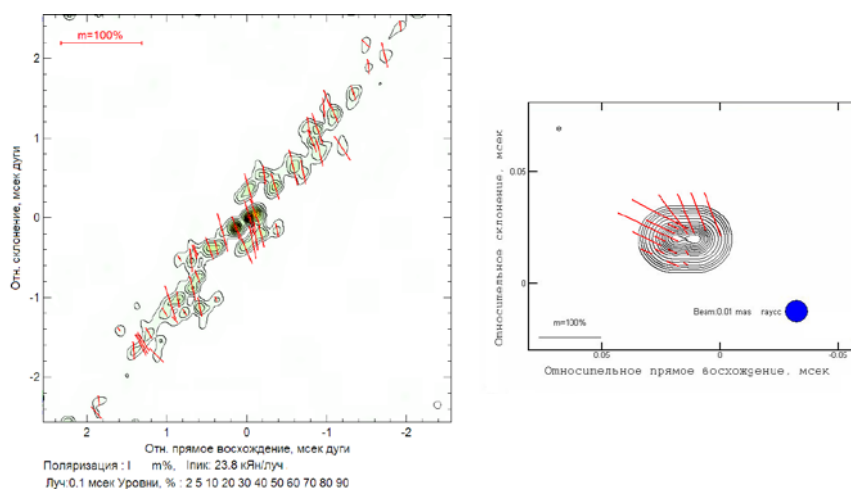


Рис. 2. Распределение поляризации излучения в биполярном потоке, разрешение 100 мксек. дуги (слева) и эжекторе разрешение 10 мксек. дуги (справа).

Поляризация излучения вдоль потоков ориентирована под углом $\sim 60^\circ$ относительно направления движения. Степень поляризации достигает (30–50)%. Фарадеевское вращение в ионизованной среде туманности достигает нескольких десятков градусов, что влияет на абсолютное положение ориентации, но относительная ориентация сохраняется в пределах ширины линии. Поляризация мазерного излучения определяется направленной накачкой – потоком вещества и соответствует модели Д.А.Варшаловича.

Повышенное мазерное излучение определяется количеством эжектируемого вещества, скорость истечения которого выше скорости аккреции. В результате происходит «разрыв» - снижение плотности вещества в потоке, наступает период молчания – пониженного излучения. Определенное влияние оказывает и внешняя среда – снижение усиления проходящего излучения. Во время паузы, окружающее вещество подтягивается к диску и заполняет его (время порядка 10-20 лет). Далее наступает активная фаза - эжекция биполярного потока, продолжающаяся несколько лет.

Эпоха «молчания» (2003 г.) связана с пониженным уровнем мазерного излучения, что вызвано снижением яркости в области эжектора – понижением его активности. Понижение яркости эжектора снизило блендирование удаленных фрагментов потоков малой яркости и позволило определить радиальные составляющие их скоростей. Скорости отличаются на ~ 0.3 км/с друг относительно друга. СЗ часть потока удаляется от нас, а ЮВ, приближается к нам. По мере удаления поток ускоряется, что приводит к покраснению его удаленной части, рис. 3. Общая крупномасштабная карта активной области в период молчания, эпоха 2003 г. приведена на рис. 3. В настоящее время проводится отождествление составляющих и определение произошедших изменений за рассматриваемый период.

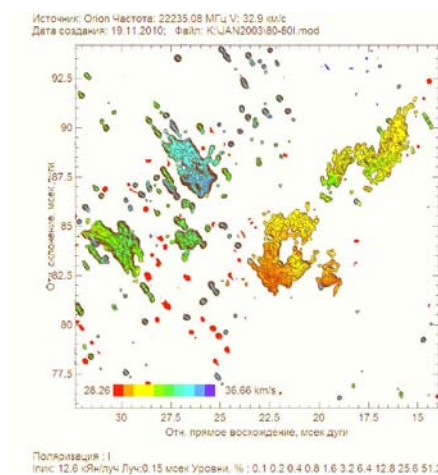
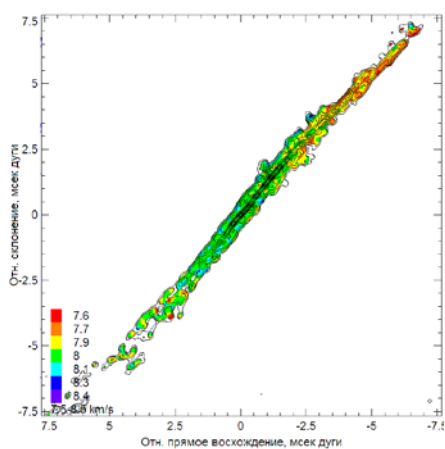


Рис. 3. Биполярный поток, эпоха 2003г. – слева. Цвета соответствуют скоростям, приведенным внизу рисунков. Справа показана крупномасштабная карта активной области в момент молчания – справа.

Тема АСТРОПЫЛЬ Исследование пыли в космосе и атмосфере Земли
астрономическими методами
Гос. регистрация № 01.20.03 03419

Научный руководитель Маслов И.А.

Одним из косвенных индикаторов процессов образования звезд на ранней стадии эволюции является мазерное излучение молекул, входящих в состав плотных газопылевых облаков, в которых происходит формирование молодых звезд OB-класса. В 2010 г. совместно с ГАИШ МГУ на радиотелескопе РТ-22 ПРАО АКЦ ФИАН проведены наблюдения мазерных источников H₂O.

Создан программный пакет для обработки и комплексного анализа спектров, получаемых в ходе этих наблюдений, позволяющий осуществлять: просмотр спектра; первичную обработку спектра (перевод шкал антенной температуры и номеров каналов, соответственно, в плотности потока и лучевые скорости, коррекцию базовой линий и учет поглощения в атмосфере Земли); вычисление интегральных потоков, центроидов скоростей и других параметров для всего спектра и выбранных участков.

Проведен анализ данных, полученных в ходе мониторинга мазерного излучения H₂O в линии 1.35 см в направлении источника NGC7538 IRS1 в период 1981-2004 гг. Обнаружено наличие нескольких видов переменности мазерного излучения: долговременная переменность интегрального потока с периодом около 13 лет; долгопериодические вариации излучения отдельных пятен; вспышки продолжительностью от 0.3 до 2 лет; коррелированные пульсации излучения ряда деталей с периодом около 0.9 года. Наблюдаемый характер переменности может быть связан с нестационарным процессом формирования звезды на ранней стадии ее эволюции.

Проведен анализ наблюдений мазерного излучения в линии водяного пара на 1.35 см за период 1994–2010 гг. в направлении отражательной туманности NGC2071, связанной с областями активного звездообразования, которые ассоциируются с ИК-источниками IRS1 и IRS3. Наблюдения проводились со спектральным разрешением 0.101 км/с, а с конца 2005 г. с разрешением 0.0822 км/с. По результатам всего мониторинга (1980-2010 гг.) обнаружено, что имеет место два сильно различающихся интервала мазерной активности. Первый из них (1980–1993 гг.) характеризуется высокой активностью в широком интервале лучевых скоростей. Данный интервал делится на два подинтервала: 1980–1986 и 1986–1993 гг. В 1980–1986 гг. преобладало излучение на скоростях вблизи 7 км/с, а во втором – вблизи 14–16 км/с. С 1997 по 2010 г. интенсивность мазера была в несколько раз меньше. Наблюдались также многочисленные сильные вспышки одиночных эмиссионных деталей. Отождествление с VLA данными показало, что сильные вспышки происходили в обоих мазерных источниках, связанных с IRS1 и IRS3. Низкий уровень мазерной активности имел место практически в одну и ту же эпоху (1996 г.) для обоих источников, хотя их разделяет расстояние не менее 2000 а.е. (к.ф.-м.н. Муницын В.А., 333-40-11, VMunitsyn@mail.ru)

На телескопе Цейс-1000 (п. Симеиз, Украина) проведены поляриметрические наблюдения комет С81Р и С103Р в узких полосах 662 нм (молекула NH₂) и 683 нм (пылевой континуум), а так же в широкой полосе красной области спектра, для исследования дифференциальных изменений поляризации в коме этих комет.

Совместно с ГАИШ МГУ проведены наблюдения переменной (затменной) звезды эпсилон Возничего (период 27.1 года) с целью изучения природы компонентов, в том числе и свойств необычных пылевых частиц затмевающего объекта, на основе фотометрического, в широком спектральном диапазоне 0.36-5 мкм, и поляриметрического мониторинга вблизи главного минимума (2009-2012) г.г. и сравнительного анализа наблюдений затменной и родственных объектов. В конце 2010 г. в инфракрасном диапазоне зафиксировано начало выхода этой звезды из минимума блеска (Маслов И.А., 333-5267, imaslov@iki.rssi.ru).

В плане модернизации наблюдательной аппаратуры были разработаны и изготовлены две камеры.

Одна из них позволила начать проведение поляризационных наблюдений сумеречного неба с одновременным получением изображения всего небосвода. Охват широкого диапазона зенитных расстояний при поляриметрии сумеречного неба позволит с высокой точностью выделять однократное рассеяние и исследовать его характеристики, в том числе в период темных сумерек, когда рассеяние происходит в верхних слоях атмосферы. Проведенные в 2010 году первые измерения включают в себя период активности метеорного потока Персеиды, во время которого вероятно попадание значительного количества метеорной пыли в мезосферу Земли.

Вторая камера использует ПЗС-фотоприемник CCD47-20 (1024x1024 элементов размером 13x13 мкм) фирмы E2V и планируется использовать при наблюдениях лунных затмений. (к.ф.-м.н. Угольников О.С., 333-4011, ougolnikov@gmail.com).

Тема ЗВЁЗДЫ Магнитогидродинамические, плазменные и релятивистские процессы в астрофизике

Гос.рег. № 0120.0403349

Научный руководитель д.ф.-м.н. Бисноватый-Коган Г.С.

Развитие магниторотационной модели взрыва сверхновой

Магниторотационный (MP) механизм взрыва сверхновой с коллапсирующим ядром является в настоящее время одним из наиболее эффективных механизмов, позволяющих объяснить взрывы сверхновых с коллапсирующим ядром. Для дальнейшего исследования MP механизма взрыва сверхновой, имеющаяся Лагранжева программа расчета МГД уравнений была модифицирована для использования нового уравнения состояния (Shen et.al.) с самосогласованным учетом доли электронов Y_e , и доли нейтрино Y_{ν} . Была реализована процедура консервативного пересчета величин Y_e и Y_{ν} , при перестройке сетки. Проведены тестовые расчеты. Проводятся расчеты MP взрыва сверхновой в Лагранжевых переменных, в такой же физической постановке, как и расчеты, проведенные японской группой из университета Токио (рук. К.Сато) по МГД программе в Эйлеровых переменных.

Исполнители:

Г.С.Бисноватый-Коган д.ф.-м.н. 333-45-88 gkogan@iki.rssi.ru

С.Г.Моисеенко д.ф.-м.н. 333-45-88 moiseenko@iki.rssi.ru

Гравитационное линзирование в плазме

Исследовано гравитационное линзирование в неоднородной плазме. Получена аналитическая формула для угла отклонения при движении фотона в произвольно неоднородной плазме в присутствии гравитации. Разработанный подход одновременно учитывает два эффекта: нерелятивистский эффект (преломление), связанный с неоднородностью плазмы, и гравитационное отклонение в плазме, которое отличается от вакуумного случая даже в однородной плазме. Гравитационный угол отклонения в однородной плазме зависит от частоты электромагнитной волны, и наиболее сильно отличается от вакуумного в случае очень длинных радиоволн. Были рассмотрены различные модели гравитационных линз. Для этих моделей были аналитически получены и сравнены поправки к гравитационному вакуумному отклонению за счет отличия гравитационного отклонения в плазме от вакуумного и за счет преломления лучей в

неоднородной плазме. Было показано, что гравитационный эффект может быть наблюдаем в случае горячего газа в гравитационном поле скопления галактик.

Исполнители:

Г.С. Бисноватый-Коган, д.ф.-м.н. 333-45-88 gkogon@iki.rssi.ru

О.Ю. Цупко, к.ф.-м.н. 333-45-88 tsupko@iki.rssi.ru

Исследование энергетического баланса джетов микроквazarов

В рамках исследования особенностей распространения излучения вблизи релятивистских объектов исследован тепловой баланс в суб-релятивистском выбросе (джет) из микроквazара SS433. Исследована роль различных физических процессов в нагреве джета. Проведены количественные расчеты профиля температуры в джете с учетом различных процессов охлаждения и нагрева джета: охлаждения за счет излучения, нагрева за счет прохождения ударных волн, охлаждения за счет комптонизации излучения аккреционного диска и окружающего джет газа на электронах джета, нагрева за счет кулоновских столкновений протонов джета и окружающего вещества. Наиболее важным процессом нагрева является трансформация кинетической энергии движения джета в тепловую за счет кулоновских столкновений протонов джета и окружающего его газа. Показана возможность образования так называемой узлообразной структуры джета, которая видна в наблюдениях, вследствие диссипации энергии ударных волн, проходящих по джету. Подобная структура может также возникать при коллимации джетов магнито-торсионными колебаниями.

Исполнители:

Г.С.Бисноватый-Коган д.ф.-м.н. 333-45-88 gkogon@iki.rssi.ru

Ю.М. Кривошеев 333-45-88 krivosheev@iki.rssi.ru

Моделирование аккреции на черные дыры

Исследовалась стационарная задача аккреции на невращающуюся и вращающуюся черную дыру. Эта задача решалась с учетом адвекции и использованием обобщенных формул для радиационного давления, описывающих одновременно оптически тонкий и оптически толстый случаи. Исследуются свойства глобальных решений для аккреционного диска, описывающих непрерывный переход между оптически толстой внешней и оптически тонкой внутренней областями. В случае аккреции на невращающуюся черную дыру было показано существование максимальной температуры диска для модели с параметром вязкости $\alpha=0.5$. Для модели с $\alpha=0.01$ впервые показано отсутствие оптически тонких областей при любых значениях мощности аккреции. Также впервые было получено самосогласованное решение для адвективного аккреционного диска вокруг вращающейся черной дыры с учетом использованием обобщенных формул для радиационного давления, описывающих одновременно оптически тонкий и оптически толстый случаи.

Исполнители:

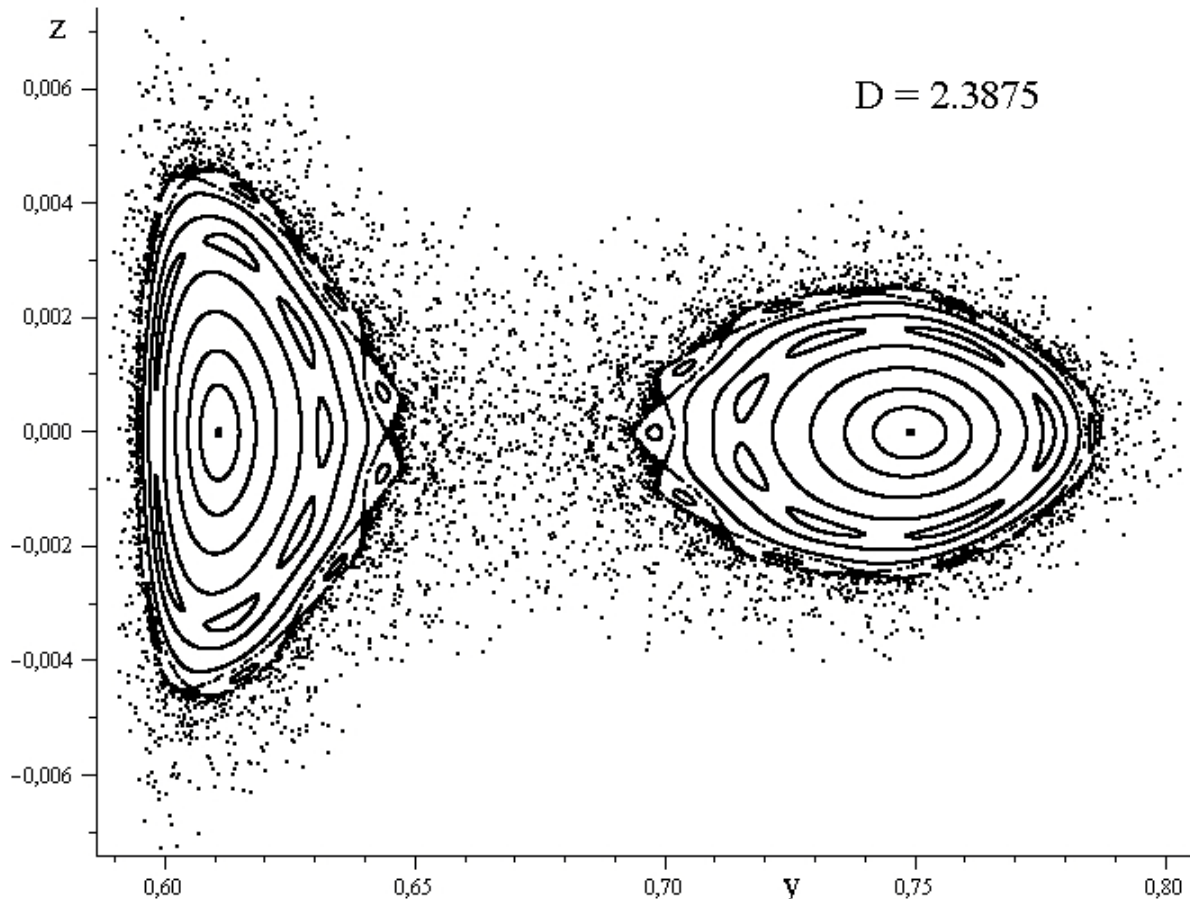
Г.С.Бисноватый-Коган д.ф.-м.н. 333-45-88 gkogon@iki.rssi.ru

А.С. Клепнев 333-45-88 klepnev@gmail.com

Динамический хаос в задаче о магнитной коллимации джета

В рамках модели коллимации джетов магнито-торсионными колебаниями было проведено исследование динамики джета при различных физических параметрах. Проблема

динамики джета, коллимированного магнито-торсионными колебаниями, сводится к обыкновенному дифференциальному уравнению, содержащему сингулярность и зависящему от параметра. Мы нашли диапазон параметра, при котором система имеет периодические решения, и исследовали бифуркации этих решений. Мы использовали метод сечения Пуанкаре, чтобы показать существования областей регулярного и хаотического движения. Был исследован переход от периодических решений к хаотическим через последовательность удвоений периода. Получено, что эта последовательность удовлетворяет закону Фейгенбаума для консервативных систем.



Сечение Пуанкаре после первого удвоения периода, $D = 2.3875$. Две точки в центрах концентрических кривых соответствуют периодическому решению периода 2π . Исследуемое уравнение: $d^2y/d\tau^2 = (1 - D \sin^2\tau)/y$. На рисунке: y – безразмерный радиус, $z=y'$.

Исполнители:

Г.С. Бисноватый-Коган, д.ф.-м.н. 333-45-88 gkogan@iki.rssi.ru

О.Ю. Цупко, д.ф.-м.н. 333-45-88 tsupko@iki.rssi.ru

Ю.М. Кривошеев 333-45-88 krivosheev@iki.rssi.ru

А.И. Нейштадт aneishta@iki.rssi.ru

Поиск оптического излучения источников гамма-всплесков. Статистическое исследование свойств их переменности в гамма диапазоне.

Проведены поиск и наблюдения оптического проявления гамма-всплесков на сети российских и зарубежных телескопов: GAS-250 и ORI-22 (Уссурийская Астрофизическая обсерватория), АЗТ-33ИК, АЗТ-14 (ИСЗФ СО РАН, Саяны), АЗТ-22 (г.Майданак, Институт Астрономии Уз. АН), Ц-2000, Ц-600 (п.Терскол, ИНАСАН), АЗТ-

8, АЗТ-11, Ц-1000, ЗТШ (КраО), Ц-600, ЗТЭ (Южная станция ГАИШ), а также на телескопе NOT по заявкам.

Проведены наблюдения более 30 областей локализации гамма-всплесков, в 12 случаях зарегистрирован оптический компонент, яркие послесвечения зарегистрированы для GRB100814A, GRB100901A, GRB100906A. Впервые открыт оптический компонент гамма-всплеска GRB 100901A и проведены его наблюдения от 10 минут (окончание активной фазы излучение в гамма-диапазоне) до 12 дней после начала всплеска. Зарегистрирована вспышка в оптическом диапазоне, совпадающая с длительной фазой активного излучения в гамма-диапазоне, получена детальная кривая блеска с временным разрешением 30-60 сек, что дало возможность исследовать переменность раннего оптического послесвечения, получена многоцветная фотометрия начиная со 2-го дня.

Продолжено исследование коротких гамма-всплесков., получена зависимость параметра длительности T_{90} коротких гамма-всплесков от нижнего энергетического порога их регистрации.

Совместно с Институтом ядерных исследований РАН на установке «Андырчи» проведен поиск синхронного излучения коротких гамма-всплесков в диапазоне энергий 1-100 ГэВ. Для группы всплесков с углом падения близким к нормальному, зарегистрирован поток в диапазоне энергий 1-100 ГэВ. Проводится анализ значимости данной регистрации.

Исполнитель:

А.С.Позаненко к.ф.-м.н. 333-53-66 arozanen@iki.rssi.ru

Жесткие рентгеновские всплески при коллапсе сверхмассивных звезд

Первые звезды во Вселенной могли быть очень массивными, с массами до миллиона солнечных масс. После конца их эволюции, по-видимому формировались массивные черные дыры (ЧД), которые могли быть затравочными ядрами для формирования сверхмассивных ЧД в активных ядрах. Если сверхмассивная звезда (СМЗ) имеет быстрое вращение, то она закончит свою жизнь в виде сверхмассивного коллапсара и сформирует струю, ускоренную магнитным полем. Обсуждается возможность наблюдательного обнаружения всплесков жесткого рентгеновского излучения, подобного длинным гамма-всплескам, которые ассоциируются с коллапсарами звездной массы (Woosley 1993). Показано, что в процессе коллапса суперколлапсара возможно формирование струи за счет механизма Блэdfорда-Знаека. Согласно расчетам, мощность струи может составлять $\sim 10^{51}$ эрг/с, а полная энергия выброса достигать 10^{54} - 10^{56} эрг. Начальная яркая фаза всплеска может длиться 10^4 - 10^6 секунд, а время, когда центральная машина остается активной, достигать 10 дней. Вследствие больших красных смещений спектр всплеска должен быть мягче длинных космических гамма всплесков. Максимум спектрального распределения должен лежать в районе 20-60 кэВ. Максимальный поток излучения относительно мал $\sim 3 \cdot 10^{-7}$ эрг /см²/ с, но обнаружим. Для обнаружения таких явлений требуются длительные наблюдения, которые, возможно, будут проведены в будущем.

Исполнитель:

М.В.Барков к.ф.-м.н. 333-45-88, barmv05@gmail.com

