

Программа ОФН-17:

**«Активные процессы в галактических и внегалактических объектах»**

Проект: «Наблюдательное изучение взаимного влияния галактик и их ближайшего окружения»

Ответственный исполнитель: Моисеев А.В., к.ф.-м. наук, [moisav@sao.ru](mailto:moisav@sao.ru)

**Отчет за 2013 год**

1) Выполнен анализ наблюдений в линии 21 см на телескопе Westerbork Synthesis Radio Telescope уникальной галактики Объект Хога. Показано, что нейтральный водород распределен в кольце, наиболее плотная часть которого совпадает с оптическим кольцом из относительно молодых звезд, окружающих центральную эллиптическую галактику. При этом внешний диаметр кольца HI в два раза превышает оптический размер системы. Кинематика HI совпадает с наблюдаемой в ионизованном газе, а за пределами оптического диаметра имеет место изгиб газового кольца. Результаты наблюдений подтверждают ранее сделанный нами вывод о том, что галактика последние 1-2 млрд. лет не испытывала заметного взаимодействия с окружением. В тоже время, обнаруженные на расстояниях 0.3 и 1 Мпк от галактики два облака нейтрального водорода с близкими к ней системными скоростями возможно являются остатками реликтового газового филамента, аккреция из которого привела ранее к формированию уникальной кольцевой структуры.

2) На 6-м телескопе САО РАН с помощью сканирующего интерферометра Фабри-Перо детально изучены движения диффузного ионизованного газа над диском карликовой галактики UGC8313. Сравнение с кинематическими моделями вращения галактики позволило выявить области с аномальным распределением лучевых скоростей и дисперсии скоростей в эмиссионной линии H $\alpha$ . На расстоянии около 1 кпк над диском галактики наблюдается раздвоение профиля линии на два компонента с разделением  $46 \pm 9$  км/с, что позволяет оценить скорость истечения диффузного газа под воздействием текущего звездообразования. Показано, что полученной газом кинетической энергии не хватает для того, чтобы полностью покинуть область действия гравитационного потенциала галактики (при разумных предположениях об эффектах проекции).

3) С помощью оптической длиннощелевой спектроскопии на 6-м телескопе САО РАН изучены распределения лучевых скоростей и дисперсии лучевых скоростей звездного населения в выборке из пяти эллиптических галактик с ярким рентгеновским гало. Используя эти данные были измерены динамические массы галактик (скорости кругового вращения) с помощью нового метода, разработанного в ИКИ РАН, который позволяет избавиться от неопределенности, вызванной априорными предположениями о профиле объемной плотности звезд и характере анизотропии их орбит. Полученные оценки хорошо согласуются с данными распределения рентгеновской светимости. Таким образом, на изучаемых радиальных масштабах можно использовать предположения о гидростатическом равновесии горячего газа в гравитационном потенциале галактик.

4) Измерены структурные параметры (размеры, углы взаимного наклона) наиболее надежных кандидатов в галактики с полярными кольцами, для которых имеются изображения в обзоре SDSS. В подавляющем большинстве случаев, внешние структуры лежат в плоскости близкой (в пределах  $10-20^\circ$ ) к полярной, что указывает на стабильность соответствующих орбит в гравитационном потенциале гало. Умеренно наклоненные внешние структуры наблюдаются лишь в 6% объектов, что, видимо, говорит об их коротком времени жизни. Часто при такой нестабильной конфигурации полярное кольцо пересекает диск галактики, так как меньше его по диаметру. Показано, что внутренние полярные структуры и внешние крупномасштабные полярные кольца образуют единое семейство в распределении по диаметру, нормированному на оптический размер галактики. В то же время, имеет место бимодальность этого распределения, так как число объектов с

$d(\text{ring}) = 0.4-0.7 d(\text{disk})$  мало. Скорее всего, такое распределение размеров связано с тем, что устойчивость полярных орбит во внутренних областях галактик обеспечивается балджем или баром, а во внешних областях -- сфероидальным (или трехосным) гало.

5) Проанализированы поля скоростей ионизованного газа в 28 близких (системная скорость меньше 1000 км/с) карликовых галактиках. Наблюдения выполнялись на 6-м телескопе САО РАН с помощью сканирующего интерферометра Фабри-Перо в эмиссионной линии H $\alpha$ . В 25 галактиках удалось измерить параметры регулярного кругового вращения. Как правило, скорости вращения, измеренные по HII, хорошо согласуются с данными о кинематике HI на этих же радиусах. В трех галактиках позиционный угол кинематической оси в полях скоростей HII сильно (на десятки градусов) отличается от измерений в нейтральном водороде на больших расстояниях от центра, или от ориентации большой оси оптических изофот. Скорее всего, плоскости газового и звездного дисков в этих галактиках не совпадают. Именно, в DDO 99 газовый диск изогнут за пределами оптического радиуса. А в UGC 3672 и UGC 8508 наклон орбит газовых облаков меняется во внутренних областях галактик. Возможно, что весь ионизованный газ в UGC 8508 вращается в плоскости, полярной к звездному диску.

Публикации по проекту в 2013 г.:

Журнальные публикации и сборники докладов:

- 1) O.V. Egorov, T.A. Lozinskaya, A.V. Moiseev, "Emission spectrum of ionised gas in the Irr galaxy Holmberg II", *Monthly Notices of the Royal Astronomy Society*, v. 429, p.1450, 2013
- 2) S. Khoperskov, A. Moiseev, A. Khoperskov, "Polar rings dynamics in triaxial DM halo", *Memorie della Societa Astronomica Italiana Supplementi*, v.25, p.51, 2013
- 3) F. Combes, A. Moiseev A., V. Reshetnikov, "Molecular content of polar-ring galaxies", *Astronomy and Astrophysics*, v. 554, p. 11, 2013
- 4) N. Brosh, I. Finkelman, T. Oosterloo, G. Jozsa, A. Moiseev, "HI in HO: Hoag's Object revisited", *Monthly Notices of the Royal Astronomy Society*, v. 433, p. 475, 2013
- 5) K.I. Smirnova, A.V. Moiseev, "Are polar rings indeed polar?", *Astrophysical Bulletin*, v. 68, p. 371, 2013
- 6) A.V. Moiseev, "Ionized gas rotation curves of nearby dwarf galaxies", *Astrophysical Bulletin*, v. 69, accepted, 2014
- 7) P. Voigtlaender, D. J. Bomans, A. V. Moiseev, "The analysis of the diffuse ionized gas in UGC 8313", *Astronomy and Astrophysics*, submitted
- 8) N. Lyskova, E. Churazov, A. Moiseev, O. Silchenko, I. Zhuravleva, "Stellar kinematics of X-ray bright massive elliptical galaxies", *Monthly Notices of the Royal Astronomy Society*, submitted

Доклады на конференциях:

- 1) A. Moiseev, A. Tikhonov, A. Klypin, "What controls the ionized gas turbulent motions in dwarf galaxies?", the annual meeting German Astronomical Society, 24 – 27 сентября, Тюбинген, Германия
- 2) A. Moiseev, "Polar structures in late-type galaxies", conference "Multi-spin galaxies", 30 сентября-3 октября, Неаполь, Италия
- 3) A. Moiseev, O.Egorov, K. Smirnova, "Polar structures in late-type galaxies", conference "Multi-spin galaxies", 30 сентября-3 октября, Неаполь, Италия
- 4) K. Smirnova, A. Moiseev, "Structural properties of polar ring galaxy candidates", conference "Multi-spin galaxies", 30 сентября-3 октября, Неаполь, Италия

Проект "Гамма-всплески, сверхновые и их родительские галактики"  
руководитель: Москвитин А.С., к.ф.-м.н.

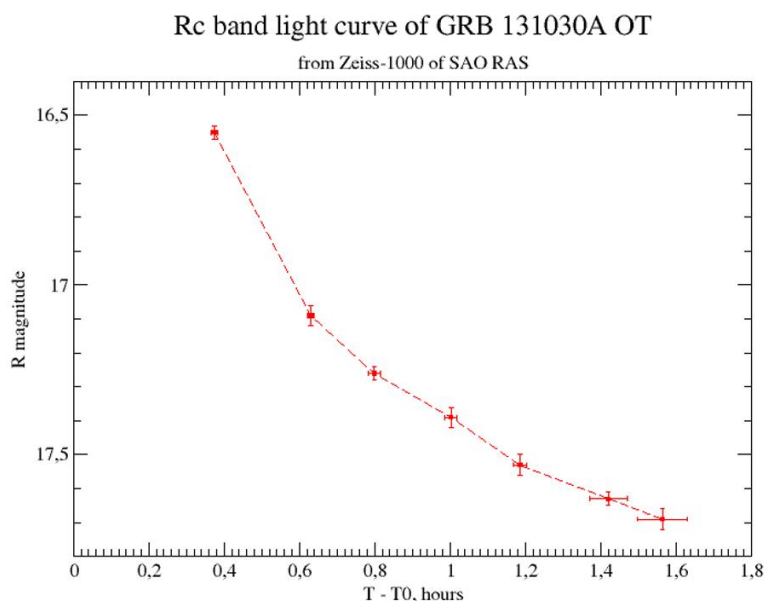
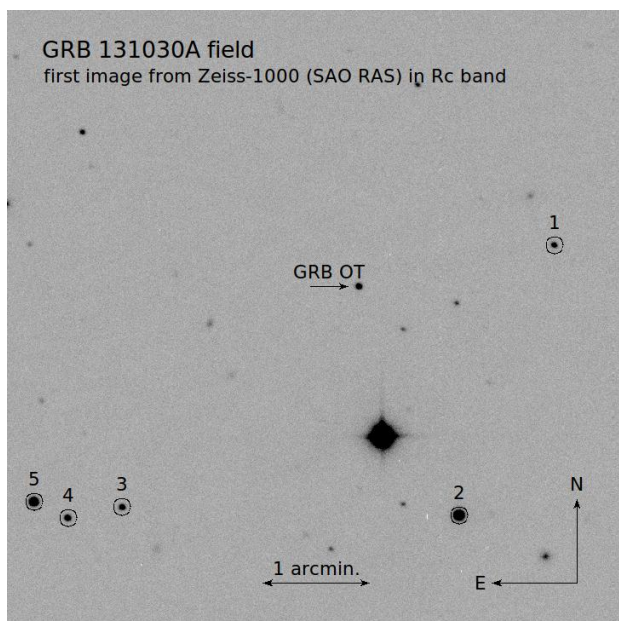
Отчет за 2013 год

1) Проведены наблюдения ранних стадий послесвечения уникального гамма-всплеска GRB 130427A. Анализируются спектры и фотометрия оптического послесвечения, полученные в составе международной коллаборации на 10.4-метровом телескопе GTC (Испания), БТА, Zeiss-1000 (САО) и Zeiss-600 (ТФ ИНАСАН). Всего было получено по 3 спектра на GTC+Osiris и БТА+Scorpio, а также проведено 12 ночей фотометрических наблюдений в фильтрах BVR. Построены многоцветные кривые блеска, которые могут быть сравнены как с теоретическими моделями, так и с аналогичными кривыми других сверхновых, в том числе, связанных с гамма-всплесками. Данный гамма-всплеск отличался колоссальной энергетикой ( $10^{54}$  эрг в изотропном эквиваленте) и относительно низким красным смещением ( $z = 0.34$ ). На оптических спектрах отмечаются линии высокоскоростных ионов, характерные для сверхновых. Спектры интерпретированы с помощью кода SYNOW с целью сравнения характеристик изучаемого объекта с другими представителями класса массивных сверхновых, например, с ранее наблюдавшимся на БТА+MPFS объектом GRB 030329 / SN 2003dh. Готовится публикация.

2) Также совместно с индийскими коллегами в 2012-2013 годах проводились наблюдения сверхновой Ib типа SN 2012au, вспыхнувшей в близкой галактике NGC 4790 на расстоянии 23.6 Мpc, и достигшей блеска  $12.7^m$  в максимуме. Родительская галактика наблюдалась ранее на HST по программе обнаружения прародителей сверхновых. В литературе опубликованы верхние пределы светимости прародителя (S. D. Van Dyk et al., ATel 3971). Для этого объекта получено 2 спектра на БТА с прибором Scorpio. Фотометрический мониторинг на нескольких телескопах в фильтрах BVRcIc велся более года. Готовится публикация совместно с астрофизиками индийского института ARIES.

3) С помощью кода SYNOW проведён анализ спектров сверхновой Ib типа SN 2011fu, выполнена идентификация линий, прослежена эволюция температуры и скоростей расширения оболочек. Было показано, что температура непрозрачной оболочки сверхновой, излучающей чернотельный спектр, падает с 6700 К для ранних спектров (11 дней после максимума) перед максимумом до 5000 К для поздних (фаза 96 дней). Скорости расширения такой непрозрачной фотосферы уменьшались с 14000 до 5000 км/с. Фотосферные скорости SN 2011fu выше аналогичных у других представителей класса (но связанных с гамма-всплесками) SN 1993J, SN 2003bg, SN 2008ax, в то время как скорости водородной оболочки сопоставимы (SN 1993J), либо ниже (SN 2003bg, SN 2008ax) чем у сверхновых сравнения, но у всех есть общее свойство: отделённый от фотосферы на несколько тысяч км/с водородный слой. Результаты представлены в статье Brajesh Kumar et al., MNRAS 431, 308.

4) На телескопе Zeiss-1000 были проведены ранние наблюдения (начавшиеся всего через 23 минуты после триггера) и фотометрический мониторинг гамма-всплеска GRB 131030A в широкополосных фильтрах BVRcIc. Только в течение первой ночи было зафиксировано падение блеска более чем на одну звёздную величину ( $R = 16.55 - 17.69$ ). Последующие наблюдения позволили проследить падение блеска транзиента ниже 22 звёздной величины. Результаты наблюдений оперативно отражались в циркулярах сети GCN.



*Первое изображение оптического транзиента гамма-всплеска GRB 131030A, полученное на телескопе SAO РАН Zeiss-1000 через 23 минуты после триггера. За час наблюдений блеск объекта ослаб на звездную величину (Moskvitin, GCN Circ. # 15412).*

#### **Публикации по теме:**

- 1) V. V. Sokolov, A. J. Castro-Tirado, A. S. Moskvitin, A. Barsukova, V. N. Komarova, N. V. Borisov, A. F. Valeev, T. N. Sokolova, V. P. Goranskij, "GRB 130427A: BTA spectroscopic observations on May 10/11", GRB Coordinate Network Circular # 14669, 2013.
- 2) Brajesh Kumar, S. B. Pandey, D. K. Sahu, J. Vinko, A. S. Moskvitin, G. C. Anupama, V. K. Bhatt, A. Ordasi, A. Nagy, V. V. Sokolov, T. N. Sokolova, V. N. Komarova, Brijesh Kumar, Subhash Bose, Rupak Roy, Ram Sagar, "Light curve and spectral evolution of the Type IIb supernova 2011fu", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 431, Issue 1, p.308-321, 2013.
- 3) A. S. Moskvitin, V. V. Sokolov, V. N. Komarova, "GRB-SN Connection in SAO RAS Observations" EAS Publications Series, Volume 61, 2013, pp.403-405, 2013.
- 4) A. S. Moskvitin, "GRB 131030A: SAO RAS optical observations", GRB Coordinate Network Circular # 15412, 2013.
- 5) A. S. Moskvitin and T. N. Sokolova, "GRB 131030A: the 2nd epoch of SAO RAS observations", GRB Coordinate Network Circular # 15435, 2013.

#### **Доклады на конференциях:**

- 1) И. В. Соколов, А. С. Москвитин, Эда Сонбас, О. В. Верходанов, О. П. Желенкова, "Вероятное скопление галактик в поле гамма-всплеска GRB 021004", X Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», Москва, ИКИ РАН, 3–5 апреля 2013 г.

- 2) И. В. Соколов, Ю. Н. Парийский, О. П. Желенкова, А. С. Москвитин, А. В. Темирова, "Исследование окружения мощной радиогалактики с  $z=4.514$  по глубоким снимкам БТА и UKIRT", X Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования», Москва, ИКИ РАН, 3–5 апреля 2013 г.
- 3) И.В. Соколов, А.С. Москвитин, Эда Сонбас., О.В. Верходанов, О.П. Желенкова, "Скопление галактик в поле гамма-всплеска GRB 021004", XXX конференция "Актуальные проблемы внегалактической астрономии", Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН, Пушкино, 8-11 апреля 2013 г.
- 4) Ю.Н. Парийский, О.П. Желенкова, И.В. Соколов, А.В. Темирова, В.Н. Комарова, А.С. Москвитин, "Фотометрия окружения радиогалактики с  $z = 4.514$  по глубоким снимкам БТА и UKIRT", XXX конференция "Актуальные проблемы внегалактической астрономии", Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН, Пушкино, 8-11 апреля 2013 г.
- 5) А. Кастро-Тирадо + его команда, А. С. Москвитин, В. Н. Комарова, В. В. Соколов, О. П. Желенкова, В. П. Горанский, Е. А. Барсукова, А. Ф. Валеев, Н. В. Борисов, И. В. Соколов, В. А. Козлов, Р. А. Буренин, "Наблюдения послесвечения гамма-всплеска GRB 130427a, связанного со сверхновой SN 2013sq", Всероссийская астрономическая конференция «Многоликая Вселенная» (ВАК-2013), Санкт-Петербург, 23-27 сентября 2013 года
- 6) Ю. Н. Парийский, О. П. Желенкова, А. В. Темирова, И.В. Соколов, В.Н. Комарова, А.С. Москвитин, "Исследование окружения радиогалактики с  $z = 4.514$  по глубоким снимкам БТА, UKIRT и SUBARU", Всероссийская астрономическая конференция «Многоликая Вселенная» (ВАК-2013), Санкт-Петербург, 23-27 сентября 2013 года
- 7) И.В. Соколов, А.С. Москвитин, Э. Сонбас, О.В. Верходанов, О.П. Желенкова, "Скопление галактик в поле гамма-всплеска GRB 021004", Всероссийская астрономическая конференция «Многоликая Вселенная» (ВАК-2013), Санкт-Петербург, 23-27 сентября 2013 года

Проект «Спектрополяриметрия Ар/Вр-звезд со слабыми магнитными полями»  
Руководитель — к.ф.-м.н. Семенко Е.А.

Отчет за 2013 г.

Основной источник данных, который предполагалось использовать в исследованиях по указанной теме — 6-м телескоп БТА и его навесное оборудование: спектрограф ОЗСП в режиме спектрополяриметра и спектрограф НЭС. Основным интересом было обращение на изучение молодых звезд в ассоциации Орион OB1. Цель этих наблюдений заключалась как в поиске новых магнитных звезд из ранее не наблюдавшихся спектрополяриметрически звезд ассоциации Ориона, так и в проверке спектральной классификации отдельных объектов. Результаты исследования частично вошли в общую программу по изучению молодых CP-звезд в ассоциации Орион OB1 и были опубликованы в статье Романюк и др. (2013).

Вторая часть работы была посвящена изучению проэволюционировавших Ар-звезд со слабыми полями. Были продолжены наблюдения нескольких звезд, открытых ранее в САО. Для HD 96003 было проведено несколько наблюдений в 2013 г. Практически полное отсутствие значимых изменений продольного магнитного поля в течение двух последних лет может свидетельствовать либо о большом периоде вращения, либо об особой ориентации звезды относительно наблюдателя. В 2013 г. значения магнитного поля HD 96003 оставались постоянными в пределах от -170 до -180 Гс с ошибкой измерения около 40 Гс. Эти результаты были включены в стендовый доклад «Searches for the new magnetic intermediate mass stars on various stages of MS evolution», представленный на симпозиуме №302 IAU в г. Биарриц (Франция).

Закончены исследования звезды HD 118660, которая была заподозрена в пульсационной активности. В рамках программы исследований проводились измерения продольного магнитного поля и были получены два эшелле-спектра в диапазоне длин волн 4100—7000 Å. Отсутствие значимого магнитного поля и результаты анализа химического состава звезды показали, что HD 118660 не является магнитной CP-звездой, а скорее относится к классу холодных A-звезд с переменностью типа  $\delta$  Sct.

*Список публикаций:*

1. И.И. Романюк, Е.А. Семенко, И.А. Якунин, Д.О. Кудрявцев «Химически пекулярные звезды в ассоциации Орион OB1. 1. Частота встречаемости, пространственное распределение и кинематика», *Астрофизический бюллетень*, т. 68, с.318-335, 2013
2. Е.А. Семенко, А.В. Глухова, С. Джоши «Физическая природа и магнитное поле звезды HD 118660» *Астрофизический бюллетень*, (готовится к печати)

*Доклады на конференциях:*

1. Е.А. Семенко «Searches for the new magnetic intermediate mass stars on various stages of MS evolution», IAU302 «Magnetic fields throughout stellar evolution», 25-30 августа 2013 г. Биарриц, Франция (стендовый доклад).

Проект: «Звездообразование в близких карликовых галактиках»

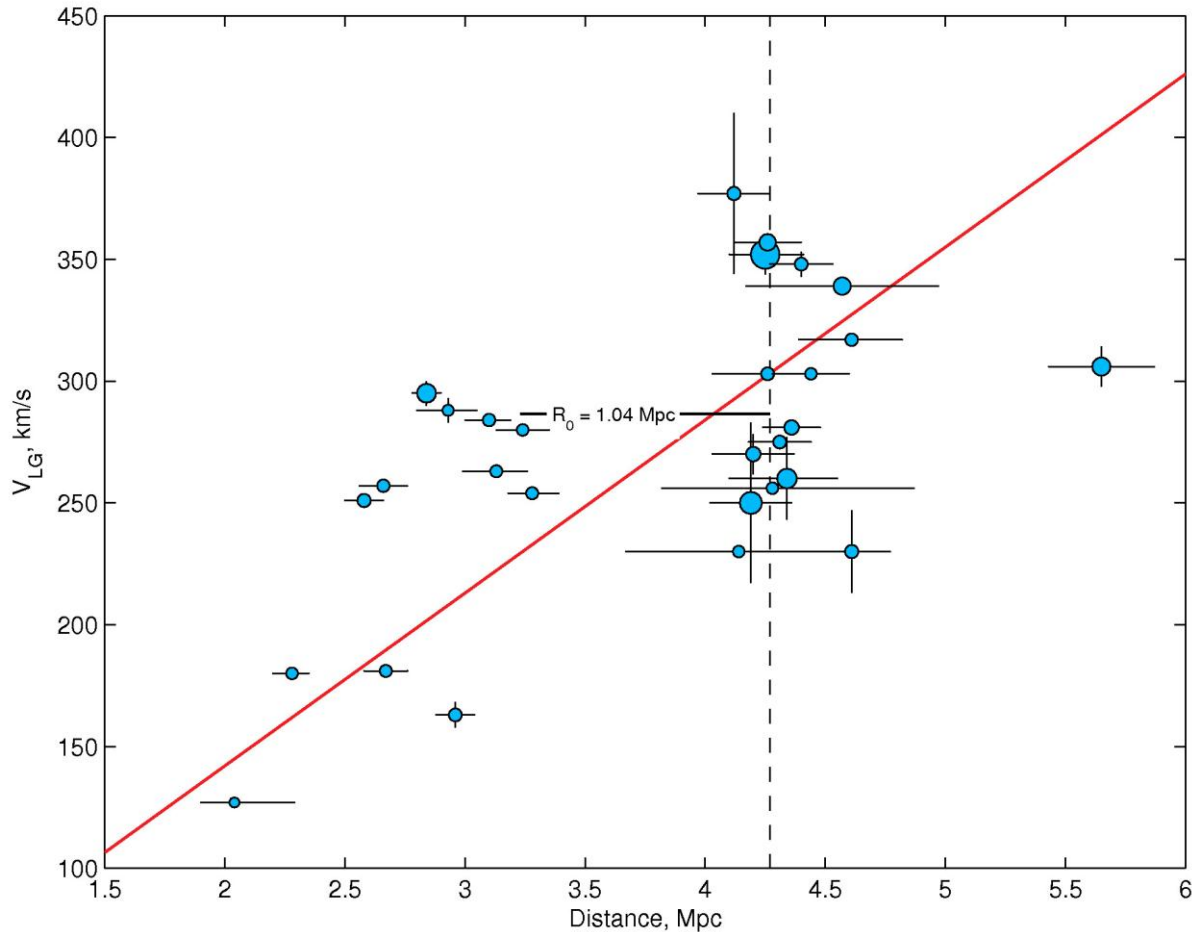
Ответственный исполнитель: Макарова Л.Н., к.ф.-м. наук, [lidia@sao.ru](mailto:lidia@sao.ru)

### Отчет за 2013 год

1. Была завершена работа по изучению детальной структуры и разрешенного звездного населения в близком рассеянном облаке галактик Гончих Псов. Мы единообразно определили и уточнили фотометрические расстояния до 30 галактик — членов этой группировки. Для определения расстояний была выполнена фотометрия разрешенных звезд на прямых изображениях галактик, полученных с камерами ACS или WFPC2 космического телескопа Хаббла, а также построены рекордные по глубине диаграммы показатель цвета-звездная величина. Расстояния до этих галактик определялись по вершине красных гигантов. Данный метод определения расстояний является, наряду с цефеидами, наиболее точным и современным. Работы нашей научной группы, выполненные в последние годы, позволили усовершенствовать как сам метод, так и его калибровку и, таким образом, достигнуть рекордной точности в 2 — 5 процента в оценках расстояний до галактик в Ближайшей Вселенной (в объеме до 5 — 7 Мпс). Высокая точность измеренных расстояний позволила нам выделить зону вириальных движений вокруг центра системы исследуемых галактик. Группа галактик вокруг гигантской спирали M94 характеризуется медианной скоростью  $V_{LG} = 287$  км/с и расстоянием  $D = 4.28$  Мпк, а также внутренней дисперсией скоростей 51 км/с и интегральной светимостью  $L_B = 1.61 \times 10^{10} L_{sun}$ . Проекционная масса системы составляет  $M_p = 2.56 \times 10^{12} M_{sun}$ , что соответствует отношению масса-светимость  $(M/L)_p = 159 (M/L)_{sun}$ . Найденное нами отношение масса-светимость значительно выше типичного отношения для близких групп галактик, которое составляет  $(M/L)_B \sim 30$ . По сравнению с другими близкими группами галактик, такими как Местная группа, группы M81 и Центавра А, рассеянное облако галактик в Гончих Псах содержит в 4-5 раз меньше светящейся материи, однако же, может быть сравнимо с вышеназванными группами по общей массе. Заметим также, что центральная спираль M94 по абсолютной величине примерно на 1 величину слабее, чем центральные галактики в прочих ближайших к нам группах. На рис. 1 изображена диаграмма расстояние — лучевая скорость для галактик в области Гончих Псов. Линейный закон Хаббла с  $H_0 = 71$  км/с/Мпк обозначен сплошной линией. Медианное расстояние центральной концентрации галактик показано штриховой линией.
2. Определена история звездообразования одной из рекордно низкометаллических карликовых галактик, находящихся в близком воиде: DDO 68. Мы использовали архивные прямые изображения, полученные в фильтрах V и I с камерой ACS на космическом телескопе Хаббла. Серия длинных экспозиций, полученных с космического телескопа, потребовала от нас особо точного совмещения и суммирования изображений, результатом чего явилась рекордно глубокая диаграмма показатель цвета-звездная величина для этой галактики, полученная с помощью пакета DOLPHOT, предназначенного для фотометрии звезд в густых полях (близких галактиках, шаровых скоплениях). Нам удалось разрешить верхнюю часть главной последовательности, состоящую из голубых сверхгигантов, и ветвь красных сверхгигантов. Также хорошо видимая на диаграмме и густонаселенная ветвь красных гигантов позволила нам оценить точное фотометрическое расстояние по ее вершине. Измеренная история звездообразования DDO68 показывает основной эпизод образования звезд 10 — 13 млрд. лет назад, наличие следов звездообразования 4-6

млрд. лет назад и значительное текущее звездообразование. Нам удалось проследить различия в возрасте и металличности звезд, образовавшихся в разных областях галактики.

**Рис.1**



Публикации и по проекту :

1. D  
·  
M  
a  
k  
a  
r  
o  
v  
,  
L  
·  
M  
a

karova, R. Uklein: "Distances to dwarf galaxies of the Canes Venatici I cloud ", Astrophysical Bulletin, 68, 125, 2013

2. L. Makarova, D. Makarov: "Distances to dwarf galaxies of the Canes Venatici I cloud", IAUS, 289, 240, 2013

Доклады:

1. L.Makarova, D. Makarov, S. Savchenko: "Star formation history and environment of the dwarf galaxy UGCA 92", NMSU seminar, New Mexico, USA, November 17, 2013



Проект: "Спектроскопическое исследование протяженных оболочек холодных сверхгигантов"

Руководитель проекта - Панчук В.Е.

Отчет за 2013г.:

1. Продолжены спектроскопические наблюдения избранных звезд типа Миры Кита, выполнена их первичная обработка. За отчетный период объем наблюдательного материала увеличен вдвое. На БГА использовался спектрограф НЭС с матрицей ПЗС форматом 2Кх4К, что, наряду с тысячами других спектральных деталей позволяет одновременно регистрировать, по крайней мере, пять линий бальмеровской серии водорода.

Одним из объектов исследования является мирида R Cam, незаходящая для нашей широты и поэтому оптимальная для мониторинга (период изменения блеска 270d). Есть и другая причина нашего внимания к данному объекту. Спектр R Cam классифицируется как S2.8e÷S8.7e, т.е., в атмосфере звезды отношение числа ядер углерода и кислорода близко к единице. В этой ситуации все атомы С и О связаны в молекуле СО, и на формирование оксидов недостает кислорода, а на формирование углеродосодержащих молекул недостает свободного углерода. Таким образом, в атмосферах звезд класса S существенно меньше молекул TiO, чем у звезд класса M, и практически не наблюдаются молекулы C<sub>2</sub>, CN, характерные для звезд класса S. У звезд класса M линия H-альфа в эмиссии практически не наблюдается, т.к. в данном спектральном интервале излучение сильно поглощается молекулами TiO. У звезд класса S эмиссионная линия H-альфа видна, т.к. попадает в интервал между полосами молекулы циана. Но более высокие линии бальмеровской серии подавлены поглощением в полосах системы Свана молекулы C<sub>2</sub>. Поэтому для задачи изучения поведения бальмеровского декремента ни M, ни S-звезды не являются оптимальными. Мы считаем атмосферы S-звезд наиболее прозрачными для данного интервала эффективных температур, что позволяет наблюдать динамику спектральных деталей в расширенном интервале фаз кривой изменения блеска.

На рисунке 1 приведены фотометрические разрезы спектрального порядка, содержащего эмиссионную линию H-альфа. Спектры упорядочены по мере усиления эмиссии. Видно, что максимум эмиссии приходится на минимум развития поглощения в молекулярной полосе. Основным фактором изменения эмиссии можно считать изменение интенсивности молекулярной полосы.

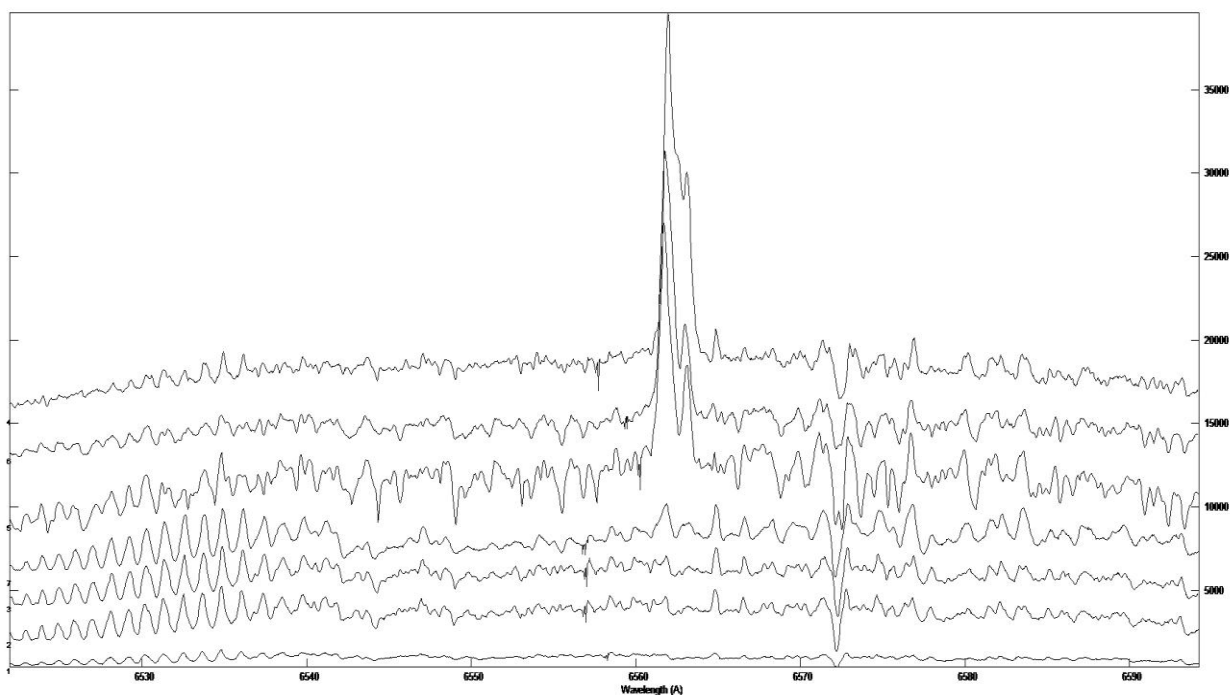


Рис.1. R Cam. Фотометрические разрезы спектрального порядка  $\lambda\lambda$  6522÷6595Å. Разрезы сдвинуты по ординате на одну и ту же величину. Частокол абсорбций слева внизу - вращательная структура колебательной полосы (5;3) электронной системы  $\gamma'$  молекулы TiO.

На рисунке 2 приведены фотометрические разрезы спектрального порядка, содержащего эмиссионную линию Н-дельта. В этой области спектра поглощение в колебательно-вращательных полосах электронной  $\alpha$ -системы молекулы TiO на два порядка ниже, чем в области линии Н-альфа. Следовательно, интенсивность эмиссии в Н-дельта не зависит от вариаций содержания TiO в атмосфере и оболочке. Профиль линии Н-дельта изрезан абсорбциями в линиях металлов. Обращает на себя внимание увеличенная ширина эмиссионной линии на верхнем разрезе, где интенсивность эмиссии максимальна. Ширина линии превышает  $1\text{\AA}$ , что в несколько раз превышает величину теплового доплеровского уширения. Эмиссия имеет сложную структуру, что может являться как следствием раздвоения эмиссионного пика по кинематической причине, так и следствием деформации пика из-за абсорбции в линии металлов. Во втором случае необходимо объяснить, почему деформация профиля сопровождается увеличением его ширины. Заметим, что вариации интенсивности эмиссии в Н-дельта не синхронизированы с вариациями в Н-альфа, что позволит разделить механизмы возникновения эмиссии и ее подавления. Гипотеза о самопоглощении в линии Н-дельта "не проходит", т.к. при таких низких температурах соответствующие электронные уровни практически не населены. Измерения положений различных спектральных деталей и теоретические расчеты сложных эмиссионно-абсорбционных профилей пока не завершены, но уже сейчас можно утверждать, что ширина эмиссий объясняется истечением вещества.

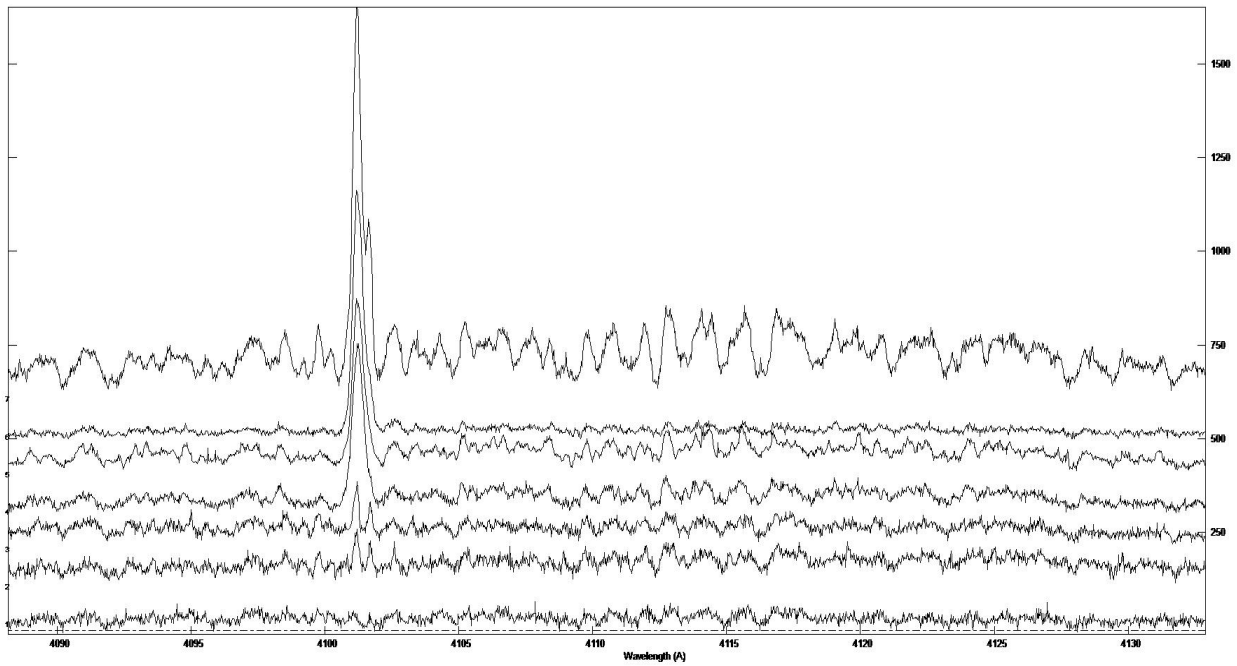


Рис.2. R Cam. Фотометрические разрезы спектрального порядка  $\lambda\lambda$  4088÷4134ÅÅ, содержащего эмиссионную линию Н-дельта.

На рисунке 3 приведена область линий резонансного дублета натрия. Все наши спектрограммы имеют хорошее накопление сигнала, так что детали в ядрах глубоких абсорбций не следует интерпретировать как шумы, детали реальны. Видно, что при ослабленном поглощении в колебательно-вращательной полосе (2;1) электронной системы  $\gamma'$  молекулы TiO (верхний спектр) в ядрах абсорбций натрия наблюдаем узкие детали. Ширина деталей меньше, чем ширина вращательных линий спектра TiO (нижний спектр, слева). Все детали в ядре одной линии повторяются в ядре другой. Мы наблюдаем околозвездные оболочки, отошедшие от звезды на стадии асимптотической ветви гигантов (АВГ).

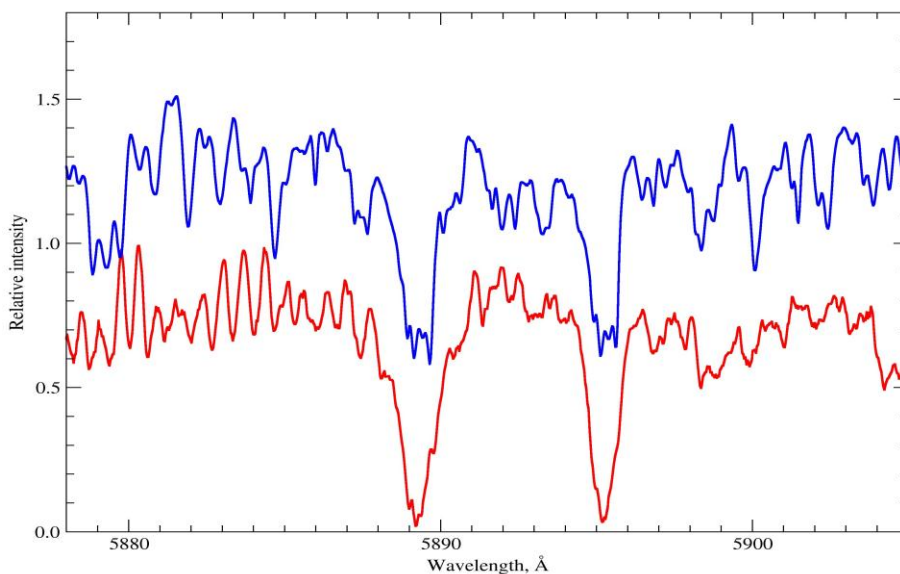


Рис.3. R Sam. Область спектра в районе резонансного дублета нейтрального натрия для двух фаз кривой изменения блеска.

2. Завершено создание подвешного спектрографа высокого разрешения для 1-метрового рефлектора САО. Этот спектрограф планируется использовать для мониторинга мирид, с более плотным покрытием по кривой изменения блеска, чем это возможно на БТА. В настоящее время спектрограф проходит испытания в лабораторных условиях.

Публикации:

1. В.Е.Панчук и В.Г.Клочкова «Спектрографы высокого разрешения на телескопах среднего диаметра» Известия КрАО, т.109, с.187-203, 2013.

1. В.Е.Панчук, М.В.Юшкин, М.В.Якопов, Г.В.Якопов, Э.В.Емельянов, Е.В.Уханов

«Разработка оптоволоконных спектрографов высокого разрешения для телескопов среднего диаметра» Известия КрАО, т.109, No.2, 2013.

Проект: "«Фоновое излучение неба и активные объекты в ранней Вселенной»"

Ответственный исполнитель: Парийский Юрий Николаевич

### Отчет за 2013г.

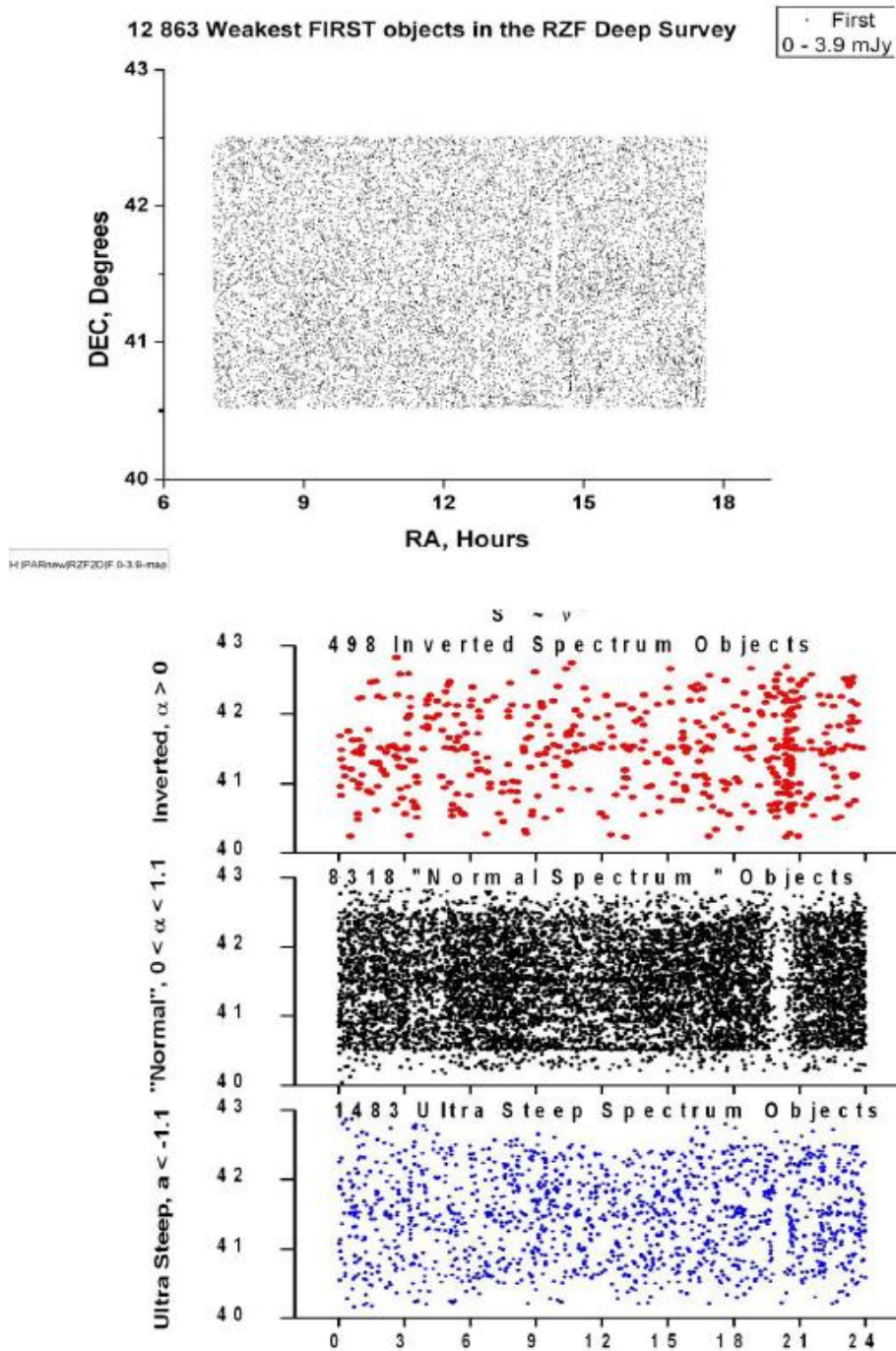
1. Накоплены данные (более 200 суток) по области Околотенитного обзора неба общей площадью 500 кв. град. с разрешением до 5 угловых секунд, что много выше WMAP и PLANCK обзоров на предельно короткой волне РАТАН-600, 1см. Чувствительность к источникам малого углового размера почти в 100 раз выше достигнутой в миссии ПЛАНКа. Накоплена большая (несколько месяцев круглосуточных наблюдений) информация о поляризации фонового излучения Вселенной на масштабах, недоступных миссии WMAP и начата обработка ее.

2. Высокое угловое разрешение РАТАН-600 позволило получить данные о шуме Вселенной на масштабах, недоступных WMAP ( $l < 800$ ) миссии ПЛАНКа ( $l < 2500$ ) и наложить новые ограничения на роль «гравитационных волн» на не исследованных ранее масштабах ( $3000 < l < 8000$ ), рекомендованных при поиске таких эффектов (включая SZ шум).

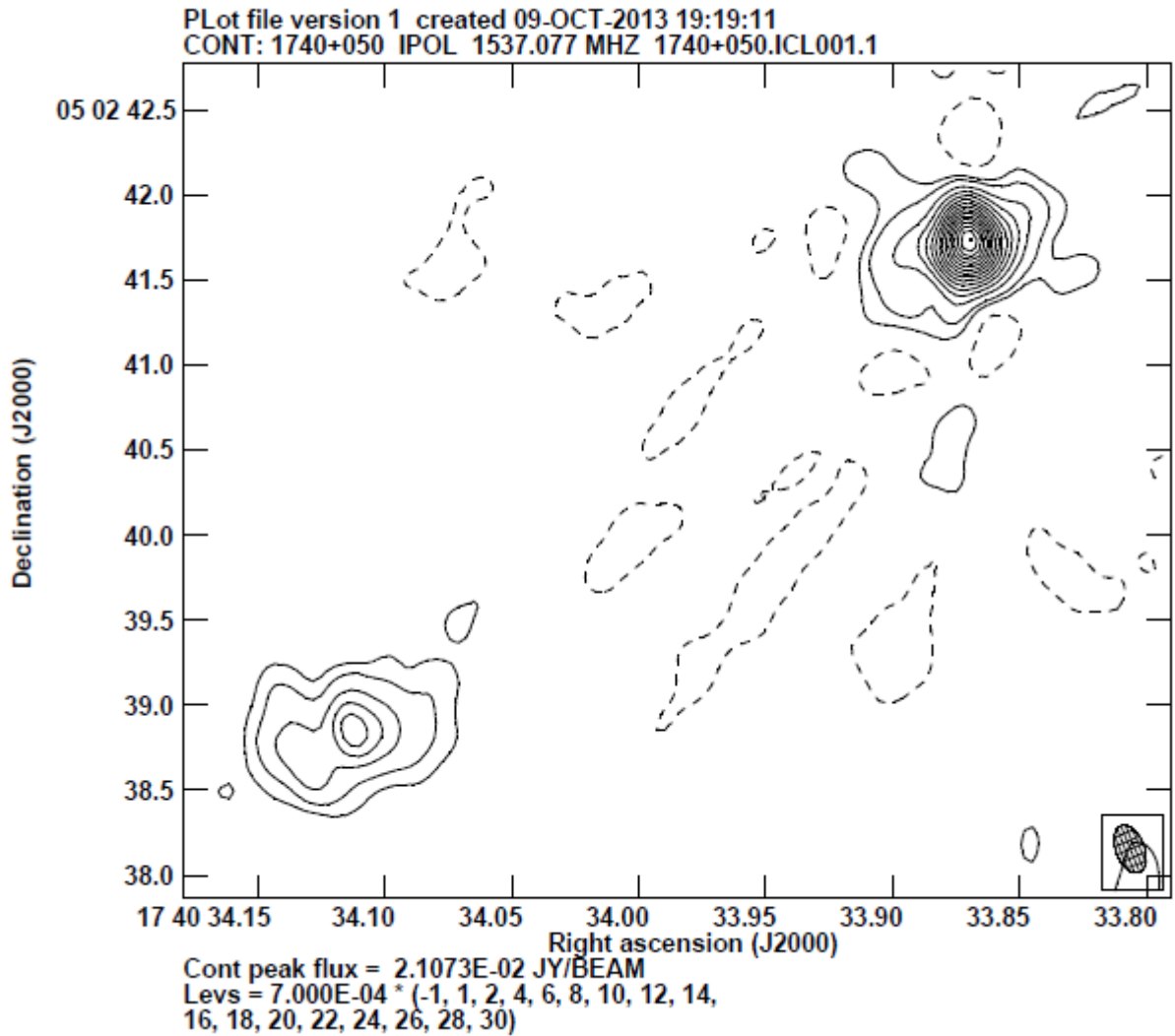
Обработка предельно глубоких обзоров на РАТАН-600 позволила существенно уточнить природу предельно далеких объектов во Вселенной, типа радиогалактик FR II на  $z \gg 1$ , чувствительность РАТАН-600 достаточна для обнаружения этой популяции на любых расстояниях, а высокая оптическая светимость их допускает измерение красных смещений с помощью 6-метрового телескопа САО. Совместные Радио- Оптические исследования (проект «Большое Трио» с использованием 3 больших телескопов: РАТАН-600, VLA, 6 м телескоп САО) уже выявили радиогалактики с предельно высокой радио светимостью на  $z=4.514$  (RC0311+0507), возникшими в первый миллиард жизни Вселенной. В 2013 году получены новые наблюдательные данные по радиоисточнику программы «Большое Трио» RC J1740+0502 с  $z=3.57$ . Это второй объект, находящийся на огромном расстоянии. Считается, что источниками энергии их являются черные дыры с очень большими массами, более  $10^9 M_{\odot}$  -  $10^{10} M_{\odot}$ . Оба эти объекта обнаружены в узкой по склонению полоске неба  $\delta \approx 5^{\circ} \pm 20'$ .

В 2013г подготовлен список кандидатов в такие объекты в количестве около 1000 по данным нового Зенитного обзора неба на РАТАН-600 ширина по склонению которого в 20 раз больше.

# Unexplored FIRST population in RZF Field



Ниже- первое изображение с высоким разрешением второй далекой радиогалактики обнаруженной на РАТАН-600 с измеренным на 6м. телескопе САО красным смещением  $Z=3.57$ . Изображение получено только что с помощью международной РСДБ сети с чувствительностью несколько мЯн на 18см.



Публикации:

1. Парийский Ю.Н., Бурсов Н.Н., Берлин А.Б., Мингалиев М.Г., Нижельский Н.А., Цыбулев П.Г., Семенова Т.А., Хайкин В.Б. Гречкин А.А. «Обзор околоризитной области неба на частоте 30 ГГц с 32-элементной матрицей радиометров РАТАН-600». Астрофизический бюллетень, 2013, т.68, №2, стр. 249-256.
2. О.П. Желенкова, Н.С. Соболева, Е.К. Майорова, А.В. Темирова  
 «Отождествление и свойства родительских галактик радиоисточников каталога RCR»  
 Бюлл. САО, 2013, т. 68, №1, стр 27.
3. Ю.Н. Парийский, О.П. Желенкова, П. Томассон, А.И. Копылов, А.В. Темирова, В.Р. Шутенков, Т. Пурсимо «Новые наблюдательные данные по радиоисточнику программы «Большое Трио» RC J1740+0502 с  $Z=3.57$ » Тезисы докладов ВАК-2013 «Многоликая Вселенная», 23-27.09.2013, Санкт-Петербург, стр 207.
4. Ю.Н. Парийский, Н.С. Соболева, А.В. Темирова, Н.Н. Бурсов, О.П. Желенкова  
 «Эксперимент ХОЛОД: поиск новой популяции радиоисточников» Тезисы докладов ВАК-2013 «Многоликая Вселенная», 23-27.09.2013, Санкт-Петербург, стр 208.
5. Ю.Н. Парийский, П. Томассон, А.И. Копылов, О.П. Желенкова, Т. Макслю, П. Безик, Н.С. Соболева, А.В. Темирова, О.В. Верховданов, «Наблюдения радиогалактики RC J0311+0507 с красным смещением  $Z=4.514$ » Тезисы докладов ВАК-2013 «Многоликая Вселенная», 23-27.09.2013, Санкт-Петербург, стр 208.
6. О.В. Верховданов, У.К. Майорова, Д.И. Соловьев, О.П. Желенкова, А.В. Темирова, Ю.Н.

Парийский «Отождествление радиоисточников RC- каталога с крутыми спектрами на картах космической миссии PLANCK.» Тезисы докладов ВАК-2013 «Многоликая Вселенная», 23-27.09.2013, Санкт-Петербург, стр45

Послана в MNRAS:

1. Yu.N. Parijskij, P. Thomasson, O.P. Zhelenkova, T.W.B.

Muxlow, A.I. Kopylov, R. Beswick, N.S. Soboleva, A.V. Temirova, O.V. Verkhodanov

"Observations of the  $Z=4.514$  Radio Source RC J0311+0507 and a Problem of SMBHs in the Early Universe"

Подготовлена статья в АЖ:

2. Ю.Н. Парийский, О.П. Желенкова, А.И. Копылов, П. Томассон, Н.С. Соболева, А.В.

Темирова, Т. Пурсимо, В.Р. Шутенков

«Радиоисточник с  $Z=3.57$  RCJ1740+0502. Новые данные.



Тема проекта: «Исследование формирования струйных выбросов в микрокварах. Сравнение с яркими переменными в миллиметровом диапазоне внегалактическими радиисточниками»

Научный руководитель и ответственный исполнитель доктор физ.-мат. наук  
С.А.Трушкин, [satr@sao.ru](mailto:satr@sao.ru)

Выполнение работ по плану проекта за 2013 год:

1) Проведен мониторинг выборки микрокваров с помощью радиотелескопа РАТАН-600 в диапазоне частот от 5 до 22 ГГц с целью детектирования струйной активности. Наблюдения выполнялись почти ежедневно в течение 240 дней (17 февраля — 10 ноября 2013 года) на радиометрах 4.8, 8.2, 11.2 и 21.7 ГГц. Исследовались микроквары SS433, GRS1915+105, Cyg X-1, Cyg X-3, LS5039 и V4641 Sgr. Для сравнения и калибровки наблюдались несколько ярких кваров. Впервые в течение двух недель (октябрь-ноябрь) был проведен цикл наблюдения вспыхивающей радиозвезды UX Ari.

Таким образом в 2013 г. проведено свыше 2000 многочастотных наблюдений потоков от шести микрокваров и около 30 кваров на 3-4 частотах одновременно. По всем источникам, где регистрируется поток в одном наблюдении, построены кривые блеска и/или мгновенные спектры. Кроме того наблюдались 3-5 опорных источников в каждом цикле.

Результаты наблюдений микрокваров докладывались на конференциях в Бонне, Санкт-Петербурге и Москве.

От микроквара SS433 в июле 2014 г. была обнаружена очень яркая вспышка с потоком на 5 ГГц около 1.7 Ян. Спектр характеризовался оптически тонким синхротронным степенным спектром со спектральным индексом  $-0.7$ , что несколько круче чем в спокойном состоянии. Интересно, что таких ярких вспышек было не больше десяти за всю историю исследований SS433. Сейчас идет детальное сравнение кривых блеска SS433 с данными, полученными на низкочастотном телескопе LOFAR (PI: R. Fender, Саутхемптон). Вспышки в SS433 хорошо описываются одной кратковременной (меньше суток) генерацией релятивистских электронов, с последующей адиабатической релаксацией радиоизлучения в течение порядка 10 дней. (рис.1)

В течение 2013 года микроквар Cyg X-3 находился в спокойном состоянии, не было ни одной вспышки.

Природа спокойного радиоизлучения Cyg X-3 не совсем ясна — видимо это не выбросоподобное излучение, скорее всего излучает некоторая компактная зона над аккреционным диском, возможно на границе короны диска и окружающей околозвездной среды. Таким образом мы видим постоянно действующий генератор релятивистских частиц на границе короны (рис.2)

Несколько раз в течение года наблюдались короткие (1-2 дня) вспышки от микроквара GRS1915+105.

Удалось зарегистрировать несколько относительно ярких вспышек (100 мЯн).

Всякий раз эти вспышки можно ассоциировать с заметными изменениями жесткого рентгеновского потока (Swift/BAT). Впервые удалось проанализировать наблюдения японской обсерватории MAXI, установленной на МКС. 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 существенное поглощение мягкого рентгеновского излучения (рис.3)

Впервые в течение 200 дней измерена кривая блеска LS5039, известного гамма-источника, двойной системы с черной дырой. Поток на 4.8 ГГц обычно меняется в интервале 30-80 мЯн, но иногда на 1-2 дня он поднимался до уровня 100-150 мЯн. Такие изменения приписываются релятивистским струйным выбросам в источнике.

Руководитель принял участие в международной конференции «Modern Radio universe» в Бонне (22-26 апреля) с докладом по материалам текущих исследований микроквazarов.

Публикации:

1. K. I. I. Koljonen, D.C. Hannikainen, M.L. McCollough, G.G. Pooley, S.A. Trushkin, R. Droulans «The X-ray spectral and timing properties of a major radio flare episode in Cygnus X-3», in «Feeding Compact Objects: Accretion on All Scales», Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Volume 290, pp. 237-238, 2013
2. B. Punsly, J. Rodriguez, S. Trushkin, «Evidence of Elevated X-Ray Absorption Before and During Major Flare Ejections in GRS 1915+105», Astrophys. J. (submitted in October 2013).
3. M. Mingaliev, S. Trushkin, J. Sotnikova, A. Erkenov, T. Mufakharov, «RATAN-600 multi-frequency measurements of flaring activity of BL Lacertae». The Astronomer's Telegram, #5002, 2013
4. С.А. Трушкин устный доклад «Радиозвезды», в книге Тезисы докладов ВАК-2013 «Многоликая Вселенная», с. 257. 2013.
5. С.А. Трушкин, Нижельский Н.А., и др. Устный доклад «Новые результаты исследований микроквazarов», В книге «тезисы докладов «Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра (HEA-2013)», 2013
6. S.A. Trushkin, Studies of the microquasars with RATAN-600 radio telescope. Poster paper in Book of abstracts «The Modern Radio Universe 2013» 22-26 April 2013, p.35 and in Book of posters «The Modern Radio Universe 2013» 22-26 April 2013, p. 228.

Рисунки к отчету за 2013 г.

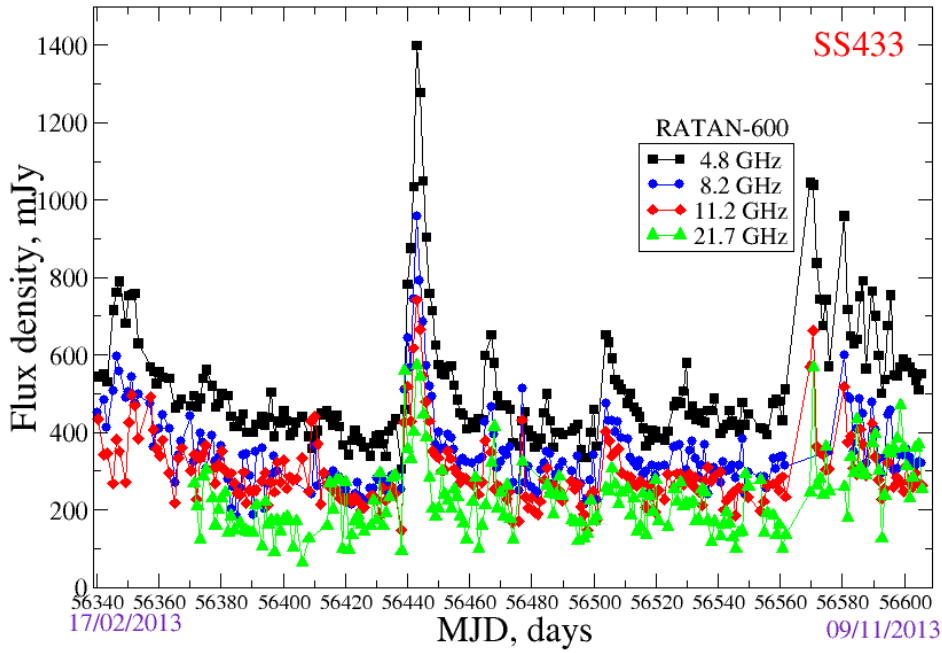


Рис. 1 Кривые блеска SS433 на разных частотах с 17 февраля по 09 ноября 2013 г. В течение 240 почти ежедневных измерений зарегистрированы яркие оптически тонкие радиовспышки.

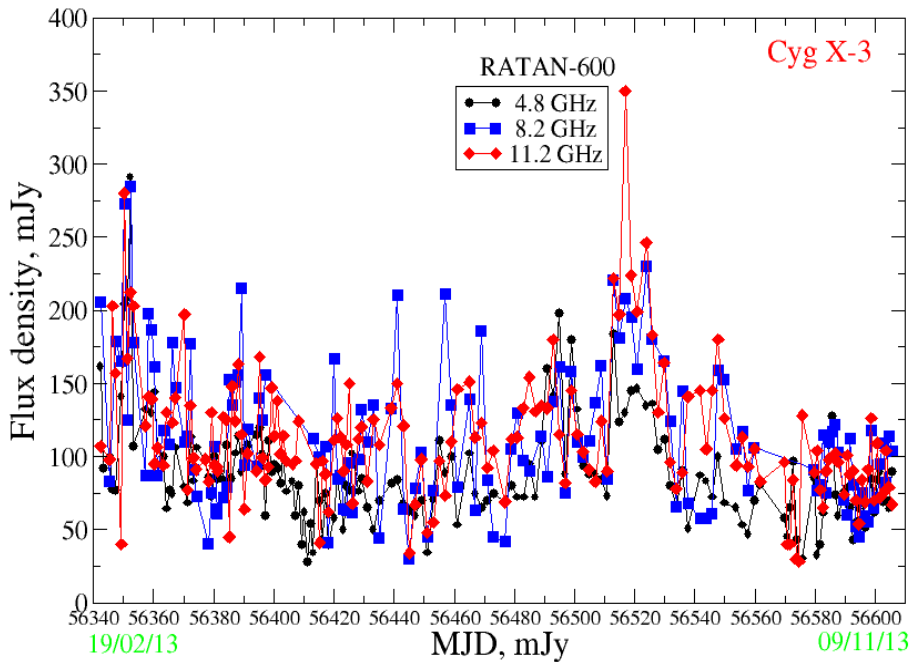


Рис. 2 Кривые блеска Cyg X-3 в спокойном состоянии в течение февраля - ноября 2013 года. Небольшой подъем потоков около MJD 56520 согласуется с переходом в мягкое рентгеновское состояние по данным Swift/BAT.

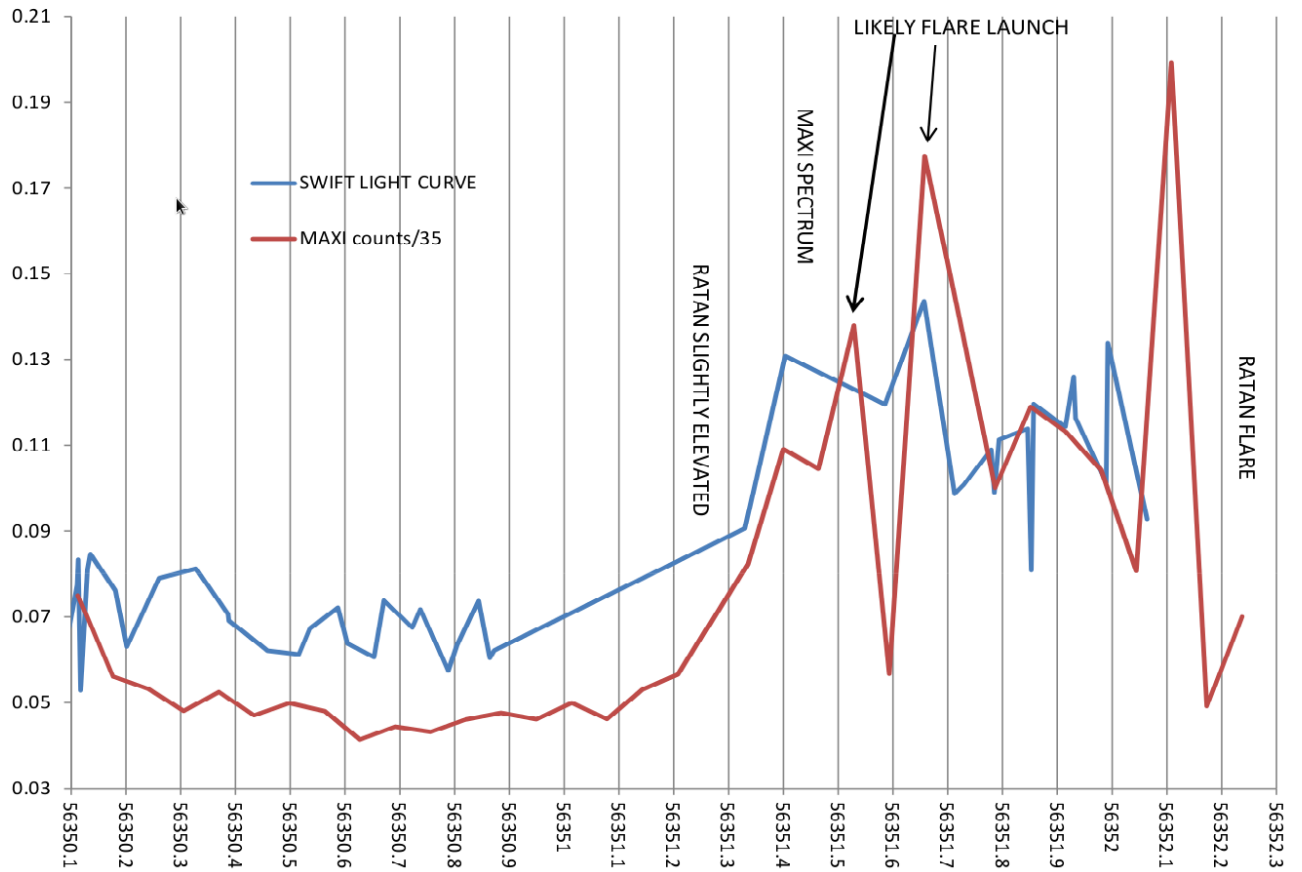


Рис.3 Вспышечное событие в микроквазаре 28 февраля 2013 года. Красная и голубая кривые блеска показывают вариации в мягком и жестком рентгеновском диапазонах по данным MAXI и Swift/BAT. Спустя почти сутки произошла оптически тонкая радиовспышка с потоком около 200 миллианских на 4.8 ГГц.