

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., д.ф.-м. наук, moisav@sao.ru

Отчет за 2014 год

1) На основе спектральных наблюдений, выполненных на 6-м телескопе САО РАН, а также архивных данных радио телескопа WSRT удалось измерить форму темного гало в двух галактиках с полярными кольцами — объектах, где внешние звездно-газовые кольца вращаются в плоскости примерно перпендикулярной к диску центральной галактики. В обоих случаях форма гало заметно отличается от сферической. В SPRC-7 гало вытянуто (отношение осей 1.5-1.7). В NGC 4262 наблюдаемая картина может быть объяснена только если отношение осей в распределении потенциала темного гало сильно меняется с расстоянием от центра, составляя около 0.4 во внутренних областях и 1.5-2.3 во внешних. Это первая галактика (за исключением нашего Млечного Пути), где надежно зафиксировано изменение формы темного гало с радиусом, предсказанное в некоторых теоретических моделях формирования галактик.

2) Проанализированы результаты наблюдений на 6-м телескопе САО РАН и космическом телескопе им. Хаббла выборки галактик, в которых на шкале последних ~50 тыс. лет резко уменьшился поток ионизирующего излучения от активного ядра. Рассмотрена кинематика облаков газа на больших расстояниях от ядра (>10 кпк). Наблюдения на БТА выполнялись с прибором SCORPIO-2 в режимах спектроскопии с длинной щелью и сканирующего интерферометра Фабри-Перо. Показано, что движения газа в основном согласуются с кривой вращения галактик, т.е. он приобретен извне в результате приливного взаимодействия, а не выброшен из ядра. Наблюдаемая картина согласуется с предположением об ионизации газа в приливных структурах активным ядром, светимость которого затем уменьшилась.

3) С помощью оптической длиннощелевой спектроскопии на 6-м телескопе САО РАН измерены химический состав газа в выборки галактик с полярными кольцами из ранее составленного нами каталога SPRC. В большинстве случаев металличность составляет около 0.5 от солнечного химсостава, что свидетельствует в пользу формирования полярных структур в результате захвата вещества галактик-компаньонов, а не филаментов малообогатенного газа из межгалактической среды.

4) По наблюдениям на 6-м телескопе САО РАН с фокальным редуктором SCORPIO-2 в режиме сканирующего интерферометра Фабри-Перо в линии Н-альфа была исследована кинематика ионизованного газа в гигантской сверхоболочке (ГСО) галактики IC 2574. Данные обзора THINGS были использованы для анализа кинематики нейтрального газа. По полю скоростей HI была составлена модель вращения IC 2574, использованная для вычитания вращения галактики в кубах данных для Н-альфа и HI для исследования локальной кинематики межзвездной среды. Наше исследование кинематики HI в области ГСО подтверждает более ранние результаты о расширении ГСО. Показано, что ГСО находится на дальней стороне плоскости галактического диска. Панорамная спектроскопия в Н-альфа была использована для детального изучения комплексов звездообразования, выглядящие как оболочечные HI области в стенках ГСО. Для четырех комплексов измерены скорости расширения, кинематические возрасты и темп притока механической энергии, необходимый для их образования.

Публикации по проекту в 2014 г.:

Журнальные публикации и сборники докладов:

- 1) A.V. Moiseev, "Ionized gas rotation curves of nearby dwarf galaxies", *Astrophysical Bulletin*, v. 69, p.1, 2014
- 2) O.V. Egorov, T. A. Lozinskaya, A.V. Moiseev, Smirnov-Pinchukov G.V., "The supergiant shell with triggered star formation in Irr galaxy IC 2574: neutral and ionized gas kinematics", *Monthly Notices of the Royal Astronomy Society*, v. 444, p. 376, 2014
- 3) S. A. Khoperskov, A. V. Moiseev, A. V. Khoperskov, A. S. Saburova, "To be or not to be oblate: the shape of the dark matter halo in polar ring galaxies", *Monthly Notices of the Royal Astronomy Society*, v. 441, p. 2650, 2014
- 4) 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*, v. 441, p. 2013, 2014
- 5) A. Moiseev, "Polar structures in late-type galaxies", *ASP Conference Series*, Vol. 486, p. 61, 2014
- 6) A. Moiseev, O. Egorov, K. Smirnova, "The SDSS-based Polar Rings Catalogue: new confirmations", *ASP Conference Series*, Vol. 486, p.71, 2014
- 7) S. A. Khoperskov, A. V. Moiseev, A. V. Khoperskov, A. S. Saburova, "The shape of dark matter halo in the Polar Ring Galaxy NGC 4262", *ASP Conference Series*, Vol. 486, p. 221, 2014
- 8) A. Moiseev, S. Khoperskov, A. Khoperskov, K. Smirnova, A. Smirnova, V. Reshetnikov, A. Saburova, "Structure and kinematics of the polar ring galaxies: new observations and estimation of the dark halo shape", *Baltic Astronomy*, принято к печати, arXiv:1410.3607
- 9) E. O. Vasiliev, A. V. Moiseev, Y. A. Shchekinov, "Ionized gas velocity dispersion and multiple supernova explosions", *Baltic Astronomy*, отправлено в журнал, arXiv:1411.1269
- 10) A.V. Moiseev, A.V. Tikhonov, A. Klypin, "What controls the ionized gas turbulent motions in dwarf galaxies?", *Monthly Notices of the Royal Astronomy Society*, отправлено в журнал; arXiv 1405.5731
- 11) W. C. Keel, W. P. Maksym, V. N. Bennert, C. J. Lintott, S. D. Chojnowski, A. Moiseev, A. Smirnova, K. Schawinski, C. M. Urry, D. A. Evans, A.a Pancoast, B. Scott, C. Showley, K. Flatland, "HST Imaging of Fading AGN Candidates I: Host-Galaxy Properties and Origin of the Extended Gas", *Astrophysical Journal*, отправлено в журнал; arXiv:1408.5159

Доклады на конференциях:

- 1) А.В. Моисеев, С.А. Хоперсков, А.В. Хоперсков, К.И. Смирнова, А.А. Смирнова, А.С. Сабурова, В.П. Решетников, «Кинематика галактик с полярными кольцами: новые наблюдения и попытки оценки формы темного гало», всероссийская конференция «Современная звездная астрономия - 2014», Ростов-на-Дону, 28-30 мая, 2014

- 2) A. Moiseev, "Ionized gas kinematics of dwarf galaxies: 3D spectroscopic view with scanning FPI", международная конференция "3D2014: Gas and stars in galaxies: A multi-wavelength 3D perspective", Гархинг, Германия, 10-14 Марта, 2014
- 3) A. Moiseev, "Bubbles and shells in dwarf galaxies: 3D spectroscopy with a scanning FPI", международная конференция "ZesoSuperbubbles, HI holes and Supershells3d2014", Фрайзинг, Германия, 10-12 Ноября, 2014

Программа ОФН-17:

«Активные процессы в галактических и внегалактических объектах»

Проект: «Спектроскопическое исследование протяженных оболочек холодных сверхгигантов»

Ответственный исполнитель: Панчук В.Е., д.ф.-м. наук, panchuk@ya.ru

Отчет за 2014 год

В соответствии с планом на 2014г.:

1. Изготовлен спектрофотометр для измерения абсолютных потоков в эмиссионных линиях спектров избранных мирид. Прибор проходит испытания в лабораторных условиях и предназначен для сопровождения (в режиме реального времени) спектральных наблюдений, выполняемых с помощью спектрографов с высокой разрешающей способностью на 6-м телескопе БТА. Спектрофотометр использует

70-см оптику гидирующего телескопа БТА и имеют отдельную систему для позиционирования объекта. Спектрофотометр управляется через Интернет.

Результаты этой работы представлены на международном совещании (САО, август 2014) и сданы в печать в соответствующий сборник.

2. Продолжены наблюдения мирид на БТА, идет накопление данных по данному проекту.

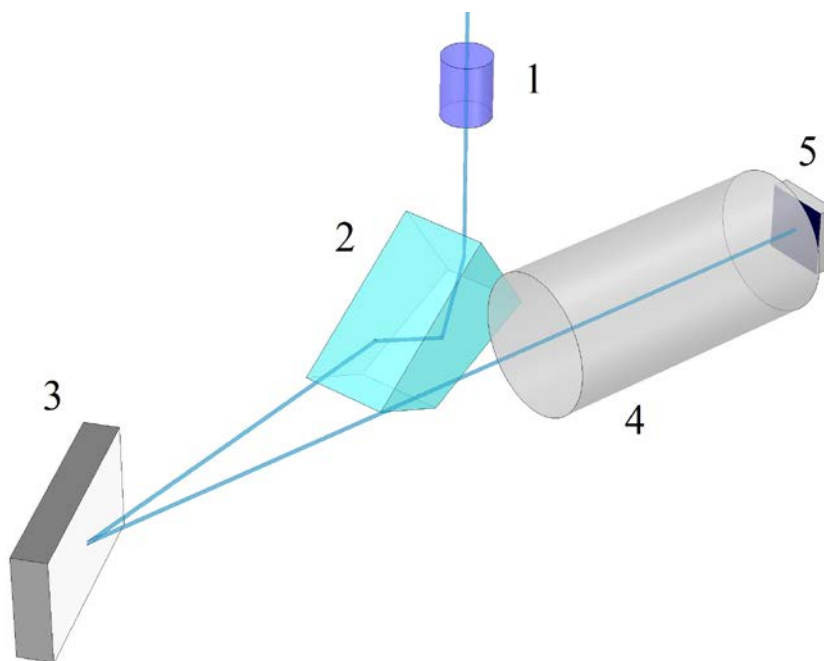


Рис. 1. Схема спектрофотометра: 1 - линзы коллиматора, 2 - призма кроссдисперсора, 3 - эшелле, 4 - объективы камеры, 5 - ПЗС-матрица.

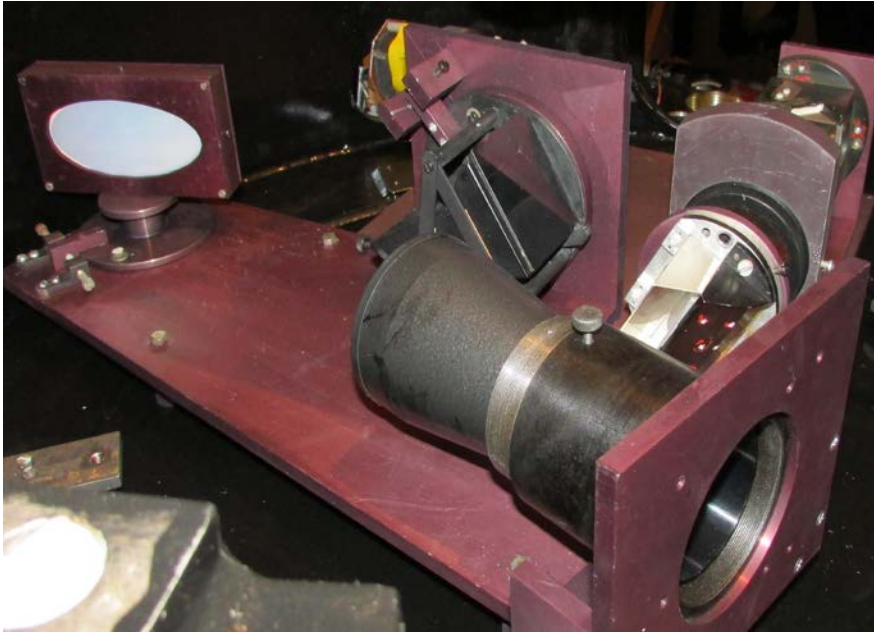


Рис. 2 Общий вид спектрофотометра

Публикации по проекту в 2014 г.:

Panchuk, V. E.; Chuntunov, G. A.; Naidenov, I. D., 2014, AstBull., 69, 339

Программа ОФН-17:
«Активные процессы в галактических и внегалактических объектах»
Проект: «Звездообразование в близких карликовых галактиках»

Ответственный исполнитель: Макарова Л.Н., к.ф.-м. наук, lidia@sao.ru

Продолжено исследование детальной структуры ближайших групп галактик (в пределах 4-5 Мпк) и изучение связи структуры с условиями звездообразования в близких карликовых галактиках.

1. Выполнены наблюдения с усовершенствованной камерой для обзоров на космическом телескопе Хаббла (HST/ACS) очень близкой переходного типа (dTr) карликовой галактики KK258 = ESO468-020. Звездная фотометрия позволила нам разрешить эту галактику вплоть до старых маломассивных звезд, включая так называемое красное сгущение (red clump). Нами впервые измерено расстояние 2.23 ± 0.05 Мпк, используя вершину ветви звезд-красных гигантов. Мы также обнаружили излучение $H\alpha$ от этой бедной газом галактики переходного типа при скорости $V_h = 92 \pm 5$ или $V_{LG} = 150$

км/с. При таком расстоянии и скорости, KK258 хорошо соответствует местному хаббловскому потоку с peculiar скоростью ~ 3 км/с. Мы измерили количественную историю звездообразования в KK258, полученную из ее диаграммы цвет — звездная величина. Удельная скорость звездообразования оценивается в $\log[sSFR] = -2.64$ и -2.84 (Gyr^{-1}) из FUV-потока и $H\alpha$ -потока, соответственно. KK258 имеет абсолютную величину $M_B = -10.3$ mag, среднюю поверхностную яркость 26.0 mag/sq.sec и массу водорода

$\log(M_{HI} < 5.75 M_{\odot})$ в галактике KK258 с 29 другими dTr- галактиками,

расположенных в 5 Мпк от нас, обнаружено, что его свойства характерны для карликов переходного типа. Тем не менее, KK258 расположена на довольно большом (0.8 Мпк) удалении от ее ближайшего значительного соседа, Sdm галактики NGC 55, и такая пространственная изоляция является необычной для близких карликовых галактик переходного типа.

2. На телескопе Хаббла (HST/ACS) произведены фотометрические наблюдения сильно изолированной карликовой сфероидальной галактики KKs3. Глубокие снимки в полосах V и I позволили выполнить точную звездную фотометрию вплоть до горизонтальной ветви гигантов. Мы измерили расстояние до галактики 2.12 ± 0.07 Мпк, используя в качестве индикатора расстояния вершину ветви красных гигантов (TRGB). Оценена абсолютная величина галактики $M_B = -10.8$ mag. Вычислена количественная

история звездообразования KKs3, используя полученную из фотометрии диаграмму цвет-звездная величина и теоретические звездные изохроны. По нашим расчетам, общая масса

звезды галактики составляет $2.3 \times 10^7 M_{\text{sun}}$, и большинство звезд (74 %) были сформированы в раннюю эпоху, более 12 млрд лет назад. Судя по всему, небольшое количество звезд, несколько обогащенных металлами, образовалось также 2-6 млрд лет назад.

Публикации:

1. Karachentsev, I. D.; Makarova, L. N.; Tully, R. B.; Wu, Po-Feng; Kniazev, A. Y.: «KK258, a new transition dwarf galaxy neighbouring the Local Group», 2014, MNRAS, 443, 1281

2. Karachentsev, I. D.; Makarova, L. N.; Makarov, D. I.; Tully, R. B.; Rizzi, L.: «A new isolated dSph galaxy near the Local Group», 2014, MNRAS, accepted

3. L. Makarova, D. Makarov, A. Klypin, S. G
ottlober: «3D structure of nearby groups of galaxies», IAU Symposium 308 «The Zeldovich
Universe
: Genesis and Growth of the Cosmic Web», 23-28 June 2014
, Tallinn, Estonia

4. Lidia Makarova, Dmitry Makarov, Sergey Savchenko: «Star formation in dwarf spheroidal
galaxies in the nearby Cen A galaxy group», European Week of Astronomy and Space Science,
30 June – 4 July 2014, Geneva, Switzerland

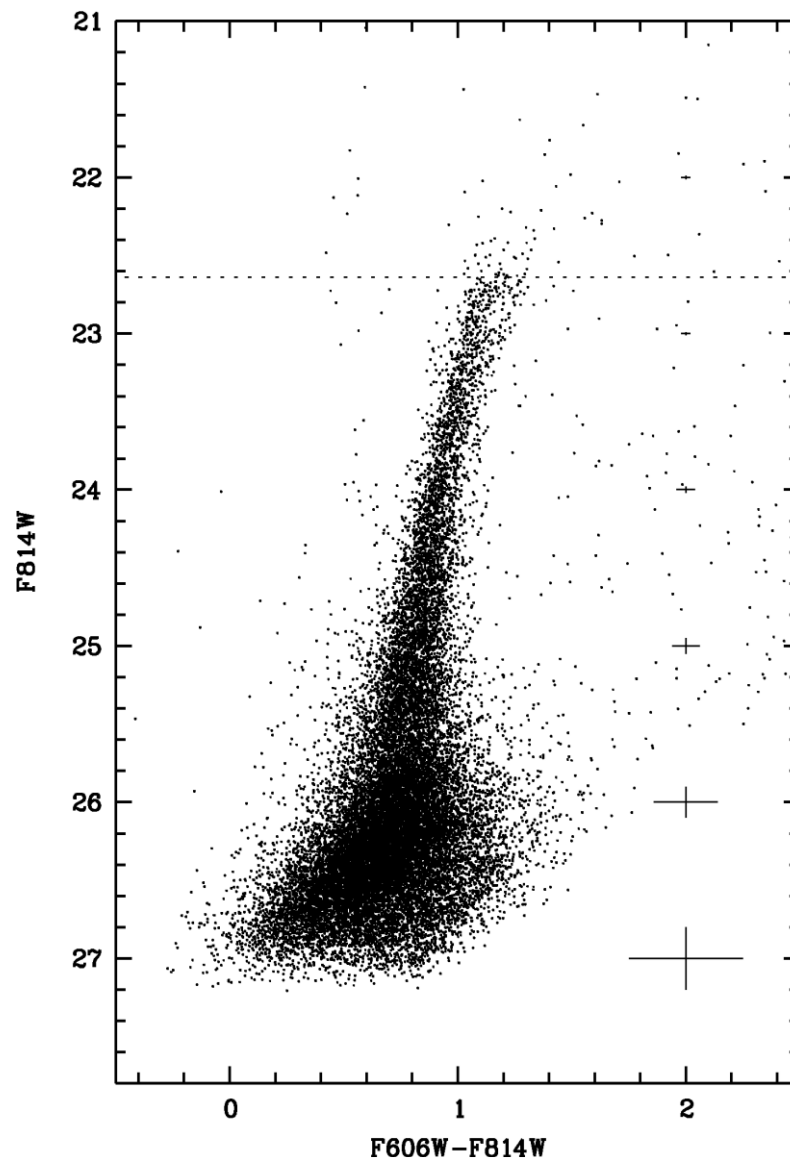


Рис. 1. Диаграмма показатель цвета — звездная величина для карликовой сфероидальной галактики Kks3. Бары фотометрических ошибок показаны справа. Горизонтальной пунктирной линией обозначено положение TRGB ($F814W_{\text{TRGB}} = 22.64 \text{ mag}$).

Программа ОФН-17:

«Активные процессы в галактических и внегалактических объектах»

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

Ответственный исполнитель: акад. Парийский Юрий Николаевич

1. Существенно повышена чувствительность многих радиометров, установленных на радиотелескопе РАТАН-600, и на ряде волн уже не требуется их охлаждения. Освоен новый метод подавления пост- детекторного шума радиометров внедрением новой технологии.

2.

2. Для источника RC J1740+0502 с $z=3.57$ (второй по дальности объект программы «Большое ТРИО»: РАТАН-VLA-6м телескоп САО РАН) получены новые данные на радиоинтерферометре MERLIN (JBO, UK) с разрешением 1" на 5 ГГц и на e-MERLIN (2013-03-15) на 1.7 ГГц с уровнем шума $\sim 20\text{-}30 \mu\text{Jy/beam}$, что лучше по чувствительности в 3-4 раза предыдущего наблюдения. Обработаны полученные результаты и построена радиокарта источника (см.рис.1). По имеющимся кадрам, полученным на БТА и NOT, пересмотрена интерпретация оптического отождествления радиоисточника и предложены 5 вариантов отождествления, одними из которых является слабый квазар (как и было предложено в первоначальной интерпретации отождествления), а также двойная AGN. Таким образом, RC J1740+0502 – возможный кандидат двойной AGN с расстоянием между компонентами ~ 6 кпс на $z > 3$.

Источник относится к мощным FR II радиогалактикам со светимостью $L_{500\text{MHz}} \sim 3 \cdot 10^{28} \text{W/Hz}$. Такое энерговыделение связывают с наличием сверхмассивной черной дыры (массой более $10^9 M_{\odot}$) в первый миллиард жизни Вселенной.

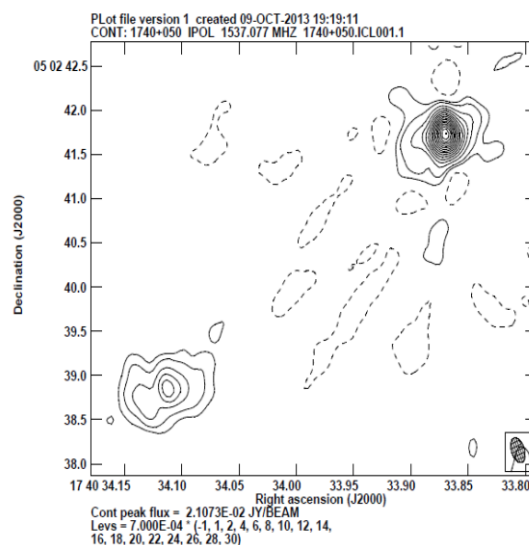


Рис.1 Радиокарта источника RC J1740+0502 с $z=3.57$.

3. Для самой мощной в сантиметровом диапазоне FR-II радиогалактики RC J0311+0507 с $z=4.51$ проведено исследование ее окружения по глубоким снимкам БТА, UKIRT и SUBARU (8-м телескоп, Япония), а также космического телескопа Spitzer (США) - поисковая программа CARLA (Clusters Around Radio-Loud AGN). Это позволило провести оценку плотности объектов по сумме кадров в разных фильтрах.

4. В предельно глубоком «Зенитном Обзоре», (RATAN Zenith Field, RZF) на высоте источника 3С84 в центральной полосе обзора $\delta=41^{\circ}30'42'' \pm 2'$, $7\text{h} \leq \text{R.A} \leq 17\text{h}$ обнаружено 448 объектов, из них 269 источников с крутыми и ультра крутыми радио спектрами, многие из которых имеют структуру типа FR II. Такие объекты доступны наблюдениям на

любых красных смещениях на РАТАН-600 с имеющимся комплексом аппаратуры, и все они, связанные с гигантскими эллиптическими галактиками, доступны наблюдениям на 6м-телескопе САО как в континууме, так и спектроскопически. Составлена таблица радиоисточников обзора RZF – кандидатов в далекие галактики по данным NVSS, FIRST и SDSS ($7h \leq R.A \leq 17h$) каталогов.

5. Были сделаны глубокие исследования следов грав. возмущений Ранней Вселенной с точностью выше проведенных ранее (см., например СВИ данные). Это позволило уточнить относительную роль скалярных и тензорных возмущений в Ранней Вселенной. Наблюдения проводились на масштабах, недоступных WMAP миссии ПЛАНКА (на $l > 3000$)

6. Обработка более миллиона пикселей с фокальной матрицей РАТАН-600 дала возможность проверить предсказания теории инфляции и теории СТРУН. Оказалось, что вклад этих эффектов значительно ниже, чем следовало из данных WMAP.

Публикации

1. Yu.N. Parijskij, P. Thomasson, A.I. Kopylov, O.P. Zhelenkova, T.W.B. Muxlow, R. Beswick, N.S. Soboleva, A.V. Temirova, O.V. Verkhodanov “Observations of the Z=4.514 Radio Galaxy RC J0311+0507” MNRAS, v.439, iss.3, pp2314-2322, 2014.

2. П.Г. Цыбулев, М.В. Дугин, А.Б. Берлин, Н.А. Нижельский «Шум вида $1/f$ в радиометре полной мощности» Астроф. Бюлл. Т.69, №2, 2014.

Сдана в печать:

1. Ю.Н. Парийский, А.Б. Берлин, Н.Н. Бурсов, Н.А. Нижельский, Т.А. Семенова, А.В. Темирова, П.Г. Цыбулев «О статистической радиоастрономии 21 века», АЖ

2. Е.К. Майорова, О.П. Желенкова, А.В. Темирова. «Поиск переменных источников по данным обзора «Холод» в полосе прямых восхождений $2^h \leq R.A. \leq 6^h$. Астроф. Бюлл.

Подготовлена к сдаче в печать

Т.А. Семенова, Н.Н. Бурсов, А.В. Темирова «Поиск предельно далеких галактик по данным RZF каталога, кандидатов в черные дыры» Астроф. Бюлл.

Программа ОФН-17:

«Активные процессы в галактических и внегалактических объектах»

Проект: «Спектрополяриметрия Ap/Vp-звезд со слабыми магнитными полями»

Ответственный исполнитель: Семенко Е.А., к.ф.-м. наук, sea@sao.ru

В соответствии с планом исследований, проведены наблюдения нескольких малоизученных звезд ранних спектральных классов с магнитным полем. Наиболее близким к завершению является исследование звезды HD 19712.

Магнитное поле звезды HD 19712 было обнаружено в САО по результатам наблюдений на 6-м телескопе БТА (Kudryavtsev et al. 2006). Позже, по новым измерениям лучевой скорости, звезда была заподозрена в двойственности (Кудрявцев и др. 2007). Поскольку для HD 19712 разными авторами были получены оценки и других характеристик (эффективная температура, скорость и период вращения, др.), стало возможным оценить эволюционный статус звезды, а также изучить свойства ее магнитного поля и химический состав атмосферы.

Нами был проведен детальный анализ спектров звезды. Был использован материал, полученный в 2013-2014 г.г. на спектрографах НЭС и ОЗСП 6-м телескопа. Последние спектры, которые будут использованы в первую очередь для измерения лучевой скорости звезды, удалось получить в ноябре 2014 г. и их анализ пока не завершен.

Итоги работы следующие: 1) уточнен период вращения звезды на существенно большем наблюдательном материале. Новое значение $P_{\text{rot}} = 2.7707$ сут. (см. рис.); 2) методом моделирования звездных атмосфер получена оценка эффективной температуры ($T_{\text{eff}} = 10750 \pm 250$ К) и ускорения силы тяжести на поверхности звезды ($\lg g = 4.1 \pm 0.2$); 3) выполнена оценка массы и эволюционного статуса звезды по её положению на диаграмме ГР. По нашим оценкам, звезда HD 40711 массой 2.7 массы Солнца имеет возраст 250 млн лет, то есть является достаточно молодой.

Рис. 1. Кривая переменности продольного магнитного поля звезды HD 19712. Фаза рассчитана в предположении о периоде вращения звезды $P_{\text{rot}} = 2.7707$ сут. Приведены как литературные данные, так и результаты новых измерений.

Анализ спектров в большом диапазоне длин волн (4400-6700 Å) не выявил присутствия значимых линий, принадлежащих редкоземельным элементам (РЗЭ). Вместе с тем, в избытке представлены титан (1.2 dex), железо (1.5 dex) и хром (2.5 dex). Практически полное отсутствие линий РЗЭ в спектрах молодых магнитных химически peculiar звезд — редкое явление.

Публикации:

Е.А. Семенко, А.В. Моисеева «Физические свойства и химический состав предполагаемой двойной звезды HD 19712», Астрофизический бюллетень (2015) (in preparation).

Программа ОФН-17:

«Активные процессы в галактических и внегалактических объектах»

Проект: «Гамма-всплески, сверхновые и их родительские галактики»

Ответственный исполнитель: к.ф.-м. н. Москвитин А.С.

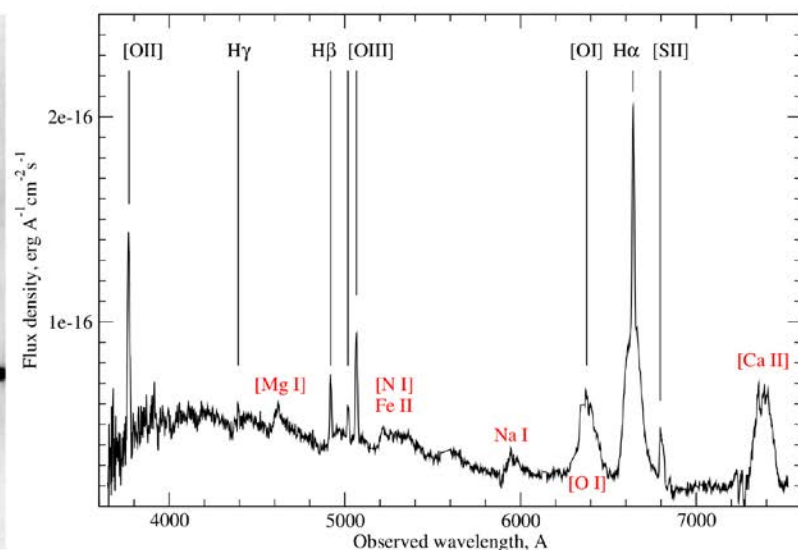
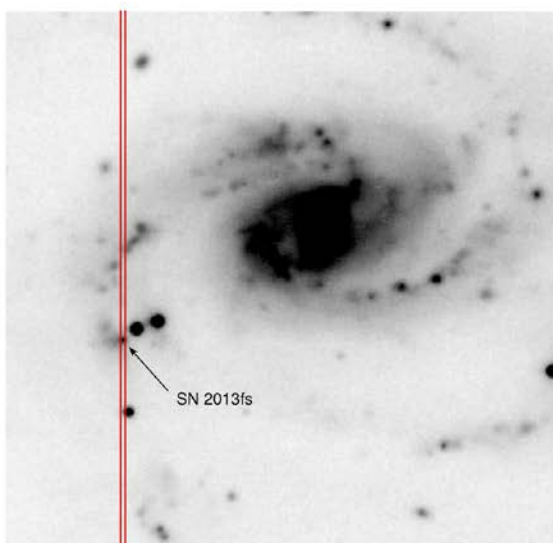
1) Первое определение красного смещения, фотометрический мониторинг и поиск родительской галактики гамма-всплеска GRB 140629A.

В ночь с 29 на 30 июня 2014 года на двух оптических телескопах САО РАН (6-метровом БТА и метровом Zeiss-1000) были проведены наблюдения оптического транзиента гамма-всплеска GRB 140629A. Ранний спектр, полученный на БТА, позволил по абсорбционным линиям Al III, C IV, C II, Fe II, Mg II, Si IV и др. впервые определить красное смещение объекта, $z = 2.275 \pm 0.003$ (Moskvitin et al., “GRB 140629A: BTA redshift”, GCN 16489). Параллельный многополосный фотометрический мониторинг в фильтрах B, V, Rc, Ic (Moskvitin et al., “GRB 140629A: SAO RAS monitoring”, GCN 16499), а также последующая фотометрия в красном фильтре (Moskvitin et al., “GRB 140629A: SAO RAS Rc band photometry”, GCN 16518) на телескопе Zeiss-1000 позволили проследить поведение блеска. Данные интерпретировались совместно с испанскими, индийскими и российскими (ИКИ, ГАИШ, проект МАСТЕР) коллегами. Промежуточные результаты опубликованы в циркулярах GCN для быстрого оповещения других наблюдателей. По результатам работы готовится статья.

2) Наблюдения родительской галактики и поля тёмного гамма-всплеска GRB 130528A

В новогоднюю ночь 31 декабря 2013 / 1 января 2014 были проведены наблюдения поля тёмного гамма-всплеска, совместно изучаемого с испанскими, индийскими, российскими и другими астрофизиками. Вспышка была зарегистрирована в ИК-диапазоне, что позволило отождествить источник с галактикой на предположительном красном смещении $z = 1.25$. С момента вспышки прошло более 217 дней (96 в системе отсчёта всплеска), поэтому наше глубокое изображение в фильтре B и измерения блеска (23.41 ± 0.10) были использовано для построения спектрального распределения энергии родительской галактики и оценки её физических свойств.

(Jeong et al., “The dark nature of GRB 130528A and its host galaxy”, A&A, 569, id. A93, 2014)



3) Спектроскопия и изображения сверхновой SN 2013fs

Слева: изображение галактики NGC 7610 со сверхновой SN 2013fs. Нанесено также положение щели во время спектроскопии. Справа: Отождествление галактических линий (сдвинутых за счёт красного смещения $z = 0.0118$) и особенностей, связанных со сверхновой.

В августе на телескопе БТА+ Scorpio были проведены наблюдения сверхновой II типа SN 2013fs, которая изучается совместно с итальянскими, индийскими и российскими коллегами. Объект вспыхнул в 2013 году в достаточно близкой галактике NGC 7610. Наличие хорошо заметных узких эмиссионных линий позволило подтвердить измерение красного смещения объекта ($z = 0.0118$, что совпадает с сообщаемыми в литературе значениями). Присутствие широких запрещённых линий кислорода, кальция, магния и др. элементов говорит о том, что сверхновая находится в небулярной стадии. По результатам работы готовится публикация.

4) Наблюдения GRB 140801A

Срочные наблюдения Fermi GRB 140801A начались на БТА спустя два часа после регистрации вспышки ночью 1/2 августа. Был проведён фотометрический мониторинг в течение этой и следующей ночи. И самое главное: был получен ранний спектр, позволивший подтвердить красное смещение объекта, $z = 1.319 \pm 0.003$ (Moskvitin et al., “GRB 140801A: BTA confirmation of redshift”, GCN 16663)

5) Исследование других объектов

В 2014 году на телескопах САО РАН помимо перечисленных объектов также проводился мониторинг сверхновых SN 2014C (Ib), SN 2014L (Ic), SN 2014A (IIp) и SN 2013ge (Ic) в рамках международных программ с институтом ARIES (Индия). Совместно с испанскими коллегами 8 мая на БТА были проведены спектральные и фотометрические наблюдения двойной системы DG Cvn, которая произвела очень мощную вспышку 23 апреля, зарегистрированную на спутнике Swift. По результатам наблюдений 1 января было проведено исследование галактик в поле гамма-всплеска GRB 021004. Обработаны спектры всех объектов, попавших на щель в двух разрезах поля гамма-всплеска GRB 021004. Поле было ранее исследовано фотометрически, построены распределения энергии и оценены фотометрические красные смещения сотен галактик вокруг родительской. На данном этапе красные смещения отдельных галактик измерялись спектрально.

Публикации за 2014 год

1) Jay Strader, Laura Chomiuk, Eda Sonbas, Kirill Sokolovsky, David J. Sand, Alexander S. Moskvitin, C. C. Cheung, “1FGL J0523.5-2529: A New Probable Gamma-Ray Pulsar Binary”, The Astrophysical Journal Letters, 788, id. L27, arXiv:1404.0939, 2014

2) S. Jeong, A. J. Castro-Tirado, M. Bremer, J. M. Winters, J. Gorosabel, S. Guziy, S. B. Pandey, M. Jelínek, R. Sánchez-Ramírez, Ilya V. Sokolov, N. V. Orekhova, A. S. Moskvitin, J. C. Tello, R. Cunniffe, O. Lara-Gil, S. R. Oates, D. Pérez-Ramírez, J. Bai, Y. Fan, C. Wang, I. H. Park, “The dark nature of GRB 130528A and its host galaxy”, Astronomy & Astrophysics, 569, id. A93, 2014

3) S. B. Pandey, Brajesh Kumar, 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, “Evolution of the Type IIb SN 2011fu”, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, 296, 336, 2014

4) A. S. Moskvitin, D. I. Makarov, A. F. Valeev, V. V. Sokolov, A. J. Castro-Tirado, J. Gorosabel, E. S. Gorbovskoy, D. V. Denisenko, V. M. Lipunov, “GRB 140508A: SAO RAS and MASTER photometric and spectroscopic observations”, GCN 16228, <http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16228.gcn3> 2014

5) A. S. Moskvitin, A. F. Valeev, V. N. Komarova, V. V. Sokolov, T.N. Sokolova, J. Aceituno, S. R. Oates, J. Gorosabel, A. J. Castro-Tirado, “GRB 140606A: BTA and OSN optical observations”, GCN 16411, <http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16411.gcn3> 2014

- 6) A. S. Moskvitin, V. N. Komarova, V. V. Sokolov, T. N. Sokolova, A. F. Valeev, “GRB 140606B / iPTF 14bfu: SAO RAS optical observations”, GCN 16431, <http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16431.gcn3> 2014
- 7) A. Moskvitin, R. Burenin, R. Uklein, V. Sokolov, R. Sanchez-Ramirez, J. Gorosabel, A. J. Castro-Tirado, “GRB 140629A: BTA redshift”, GCN 16489, <http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16489.gcn3> 2014
- 8) A. Moskvitin, R. Burenin, R. Uklein, V. Sokolov, T. Sokolova, “GRB 140629A: SAO RAS monitoring”, GCN 16499, <http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16499.gcn3> 2014
- 9) A. S. Moskvitin, V. N. Komarova, T. N. Sokolova, V. V. Sokolov, “GRB 140629A: SAO RAS Rc band photometry”, GCN 16518, <http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16518.gcn3> 2014
- 10) A. Moskvitin, V. Komarova, T. Sokolova, A. J. Castro-Tirado, J. Gorosabel, S. B. Pandey, M. Glushkov, S. Boronina, “GRB 140801A: BTA confirmation of redshift”, GCN 16663; <http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16663.gcn3> 2014
- 11) A. S. Moskvitin, V. N. Komarova, T. N. Sokolova, “GRB 141026A: SAO RAS Zeiss-1000 observations”, GCN 16966; <http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16966.gcn3> 2014
- 12) A. S. Moskvitin, V. N. Komarova, T. N. Sokolova and O. I. Spiridonova, “GRB 141028A: SAO RAS Zeiss-1000 photometry”, GCN 16993; <http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/16993.gcn3> 2014
- 13) I. V. Sokolov, A. Moskvitin, V. V. Sokolov, S. Guziy, A. J. Castro-Tirado, J. C. Tello, Y. Fan, X. Zhao, J. Bai, Ch. Wang, Y. Xin, “GRB 141109B: BOOTES-4 and TERSKOL optical upper limit”, GCN 17047, <http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/17047.gcn3> 2014
- 14) I. V. Sokolov, V. N. Komarova, A. S. Moskvitin, V.V. Sokolov, T.N.Sokolova, “GRB 141109A: Terskol photometry”, GCN 17059, <http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/17059.gcn3> 2014

Доклады на конференциях

- 1) А. С. Москвитин, В. Н. Комарова, В. В. Соколов, Т. Н. Соколова, С. В. Карпов, В. Л. Плохотниченко, Г. М. Бескин, А. Ф. Валеев, И. В. Соколов, В. А. Козлов, А. Х. Кастро-Тирадо, Э. Сонбас, Т. Н. Укватта, “Связь гамма-всплесков и сверхновых по результатам наблюдений в SAO РАН”, устный доклад на XXXI конференции “Актуальные проблемы внегалактической астрономии”, Пушино, 22-25 апреля 2014 года. http://www.prao.ru/conf/31_conf/
- 2) И. В. Соколов, Д. И. Макаров, О. П. Желенкова, А. С. Москвитин, О. В. Верхованов, В. В. Соколов, “Исследование скопления галактик с $z = 0.57$ в направлении на гамма-всплеск GRB021004”, устный доклад на XXXI конференции “Актуальные проблемы внегалактической астрономии”, Пушино, 22-25 апреля 2014 года
- 3) В. В. Соколов, М. В. Андреев, А. С. Москвитин, два устных доклада “Спектральный и фотометрический мониторинг далёких сверхновых и гамма-всплесков” и “Наблюдения сверхновых и гамма-всплесков на телескопах SAO РАН (6-м. БТА и 1-м. Zeiss-1000) в 2014 году” на конференции “Астрономия в Приэльбрусье 2009-2014”, Терскол, 2-4 сентября 2014 года.
- 4) А. С. Москвитин (от лица группы изучения гамма-всплесков SAO РАН, соавторов программы и соавторов публикаций), устный доклад “Мониторинг гамма-всплесков и массивных сверхновых” на “Юбилейной конференции, посвященной 25-летию 1-м телескопа Цейсс-1000” 28 октября 2014 года. <http://www.sao.ru/Doc-k8/Events/2014/conf25-Z1000/>

Программа ОФН "Активные процессы и стохастические структуры во Вселенной"

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

Выполнение работ по плану проекта за 2014 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 (около 280 дней из 310 - с 9 января по 14 ноября 2014 года) на радиометрах 4.8, 8.2, 11.2 и 21.7 ГГц и на трех антеннах телескопа «Северный сектор», «Южный сектор» и «Южный сектор с перископом». Исследовались микроквары SS433, GRS1915+105, Cyg X-1, Cyg X-3, LS5039, V4641 Sgr и LSI+61d303. Для сравнения уровня переменности и калибровки исследовались несколько ярких кваров с плоскими спектрами.

Таким образом в 2014 г. проведено свыше 2500 многочастотных наблюдений потоков от семи микрокваров и около 30 кваров на 2-4 частотах одновременно. То есть выполнены ~10000 измерений плотностей потока от космических источников. Средняя точность измерений составляет 3-7 процентов в зависимости от диапазона и от яркости источника. По всем источникам, где регистрируется поток в одном наблюдении, построены кривые блеска и/или мгновенные спектры. Кроме того наблюдались 3-5 опорных источников одновременно с исследуемыми. По объему и частотному диапазону подобные исследования не проводятся нигде в мире.

Микроквар SS433 максимально интенсивно исследован в 2014 году. На рис. 1 приведены кривые блеска (зависимости плотностей потока от юлианской даты) на четырех частотах в течение 2013-2014 годов.

Только на столь длительном интервале (640 дней) ясно видны периоды активного и спокойного состояния

источника. В активный период вспышки (рост потока в 2-3 раза) идут одна за другой, часто накладываясь друг на друга, а в спокойном состоянии вариации потока источника не превышает 10 процентов. В течение сета были обнаружены очень яркие вспышки с потоком на 5 ГГц выше 1.5 Ян. Они характеризовались оптически тонким синхротронным степенным спектром со индексом -0.5 - -0.7. Интересно, что таких ярких вспышек было не больше десяти за всю историю исследований SS433. Впервые мы провели детальное сравнение наших кривых блеска SS433 с данными, полученными на 140 МГц на низкочастотном телескопе LOFAR (MNRAS, Broderick et al.). Очевидно, что в диапазоне ниже 300 МГц радиоизлучение ослабевает, то есть спектр заваливается от обычного высокочастотного степенного спектра, вероятно из-за присутствия тепловых электронов в газовой оболочке вокруг этой двойной системы. Но мы заметили ясную общую корреляцию - чем выше потоки на высоких частотах, тем выше они в оптически толстой части спектра — на 140 МГц.

Более детальный анализ можно сделать, когда измерения на LOFAR будут проводиться чаще 3 наблюдений в неделю.

Каждая вспышка в SS433 хорошо описывается кратковременной (меньше суток) генерацией релятивистских электронов в движущемся наружу от объекта сгустка вещества с последующей релаксацией радиоизлучения в течение порядка 10-15 дней за

счет адиабатического расширения. Не раз в совместных РСДБ измерениях было показано, что каждой вспышке - участке резкого подъема потока на кривой блеска - соответствует появление нового яркого узла излучения на РСДБ-изображении объекта (см. Paragi et al. 2013).

В ноябре были выполнены совместные измерений SS433 в гамма-диапазоне на Интеграле (Черепашук и др.)

Мы начали проводить детальное сравнение оптической и радиопеременности, чтобы выявить причинную связь явлений внутри оптически излучающего аккреционного диска и в струйных выбросах, откуда поступает переменное радиоизлучение (совместно с В. Горанским и С. Фабрикой).

В течение 2014 года микроквazar Cyg X-3 находился в относительно спокойном состоянии, не было ни одной вспышки выше уровня 1 Ян. Мы считаем, что природа спокойного радиоизлучения Cyg X-3, которое имеет характерный инвертированный или плоский радиоспектр, может быть связана с взаимодействием выброса вещества относительно близко над аккреционным диском, возможно на границе короны диска и окружающей околосредной среды. Таким образом мы видим постоянно действующий генератор релятивистских частиц на границе короны (рис.2) - что называют в литературе по микроквazarам «компактным джетом». Впервые с помощью известного метода Скаргла-Ломба поиска периодичностей во временных рядах нам удалось открыть значимую периодическую модуляцию в этом спокойного радиоизлучения. Выделенный период изменений, равный 12.8 ± 0.2 дня, хорошо выявляется на кривых блеска во всех частотных диапазонах. Он также выделяется и в данных спутника Swift. Вероятно природа этой модуляции — прецессия аккреционного диска, которая в свою очередь вызывает покачивание основания струйных выбросов.

У нас есть возможность сравнить детальные кривые блеска Cyg X-3 в жестком рентгеновском диапазоне (15-50 кэВ, Swift/BAT) с радиоданными. Существует однозначная общая отрицательная корреляция: чем выше рентгеновский поток, тем ниже радиопоток, и наоборот. Но при переходе от почти нулевого уровня рентгена к детектируемым значениям возникает резкий подъем радиопотока (мини-вспышки). Как уже ранее нами было выявлено, чтобы произошла мощная радиовспышка (то есть мощный выброс вещества из системы), необходим

длительный (10-20 дней) предшествующий период так называемого «гипер-мягкого» состояния системы, когда поток жесткого рентгена близок к нулю, а уровень мягкого рентгеновского излучения довольно высок. Такого состояния не было в системе Cyg X-3 с 2009 года.

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

Обычно уровень этих относительно ярких вспышек не превышает 300 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 опубликованной в ApJ 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. В 2014 году несколько зарегистрированных вспышек позволяют повторить и детализировать результаты этих проведенных исследований (Пансти, Родригес).

В 2014 году выполнен мониторинг радиоизлучения микроквара, гамма-источника, LSI+61d303 на частотах 4.8 и 11.2 ГГц. В течение почти ДЕВЯТИ последовательных орбитальных периодов ($P=26.5d$) мы наблюдали периодические вспышки, спустя несколько дней после прохождения периастра релятивистским объектом (черной дырой или нейтронной звездой) в ходе которого заполняется аккреционный диск и образуются струйные выбросы, в которых генерируется радиоизлучение. Построив среднюю по девяти периодам орбитальную кривую блеска мы установили, что радиоизлучение эволюционирует от оптически толстого состояния в начале вспышки к оптически тонкому состоянию, когда спектральный индекс достигает максимального отрицательного значения -0.55 , затем радиоизлучение постепенно возвращается к плоскому спектру с нулевым индексом. Такой индекс характерен для генерации релятивистских электронов в сильных ударных волнах, в данном случае бегущих по телу газового джета. Все это хорошо описано в теории эволюции синхротронного излучения при однократной генерации релятивистских электронов и последующего расширения области с этими электронами (Рис.4). Моделирование позволит определить физические параметры струйных выбросов.

Уже на протяжении двух лет в течение 600 дней измеряются кривые 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. Не вызывает сомнений, что такая быстрая переменность связана с эволюцией радио-излучающего вещества в релятивистских струйных выбросах. К сожалению этот объект не включен в программы рентгеновского мониторинга.

Руководитель принял участие в международной конференции «COSPAR» в Москве (2-9 августа) с докладом по материалам текущих исследований микроквара.

Публикации:

1. B. Punsly, J. Rodriguez, S. Trushkin, «Evidence of Elevated X-Ray Absorption Before and During Major Flare Ejections in GRS 1915+105», The Astrophysical Journal, Volume 783, Issue 2, article id. 133, 2014
2. S.A.Trushkin, N.A. Nizhelskij, P.G. Tsybulev, N.N. Bursov. «Radio Astronomical studies of microquasars with RATAN-600 radio telescope» 40th COSPAR Scientific Assembly. Held 2-10 August 2014, in Moscow, Russia, Abstract E1.5-46-14, 2014
3. S.A. Trushkin, N.A. Nizhelskij, P.G.Tsybulev «Continued activity of SS433: a new giant radio flare». The Astronomer's Telegram 6492, 1. 2014
4. S.A. Trushkin, S.A., J.V. Sotnikova, A.K. Erkenov, N.A. Nizhelskij, «Monitoring of the gamma-ray source TXT 1731+152A with RATAN-600 radio telescope». The Astronomer's Telegram 6449, 1. 2014
5. K.V. Sokolovsky, V. P. Goranskij, S.A. Trushkin, S.N. Fabrika, A. «Mescheryakov X-ray to radio observations of SS 433 following the bright optical flare». The Astronomer's Telegram 6364, 1. 2014
6. S.A. Trushkin, M.G. Mingaliev, J.V. Sotnikova, T.V. Mufakharov, A.K. Erkenov, «Observations of the FSRQ 3C454.3 with the RATAN-600 radio telescope». The Astronomer's Telegram 6246, 1. 2014

7. S.A. Trushkin, S.A., J.V. Sotnikova, A.K. Erkenov «RATAN-600 observations of the transient source Fermi J0641-0317. The Astronomer's Telegram 6122, 1. 2014
8. S.A. Trushkin, M.G. Mingaliev, J.V. Sotnikova, A.K. Erkenov, R.U. Udovitskij, T.V. Mufakharov. «Increasing fluxes of S5 1044+71 measured with RATAN-600 radio telescope». The Astronomer's Telegram 5869, 1. 2014
9. S.A. Trushkin, M.G. Mingaliev, J.V. Sotnikova, A.K. Erkenov, R.U. Udovitskij, T.V. Mufakharov. « A high radio state of the quasar S5 1044+71». The Astronomer's Telegram 5792, 1. 2014
10. J. W. Broderick, R.P. Fender, J.C.A. Miller-Jones, A.J. Stewart, S. Trushkin, G.E. Anderson and the LOFAR TKP , LOFAR high-band observations of SS 433–W50 . MNRAS, 2014 (prepared for MNRAS — до конца года будет направлена в печать)

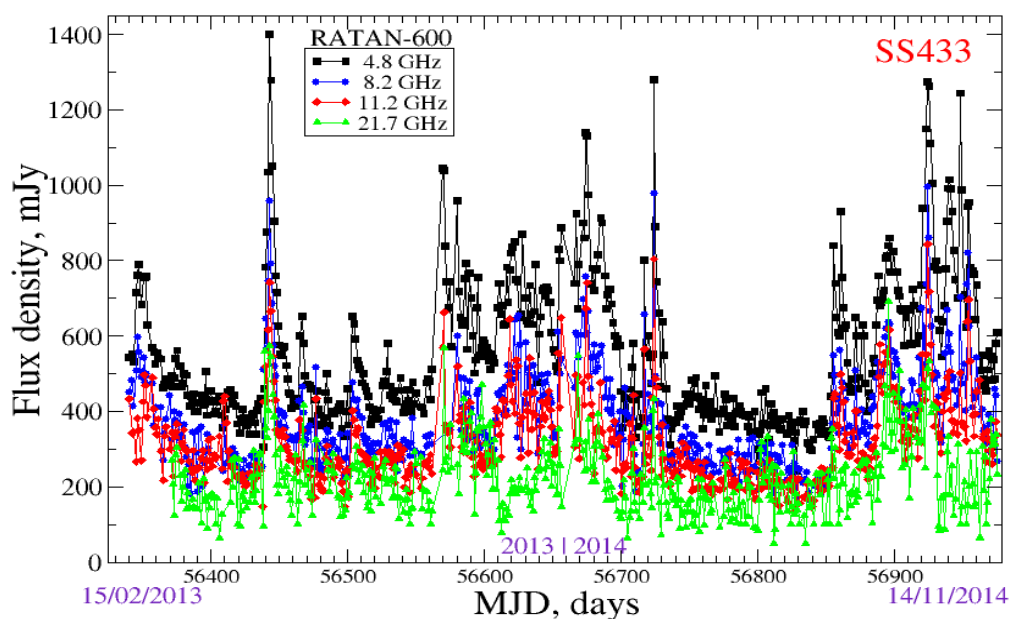


Рис. 1
Кривые блеска SS433 на разных частотах с 15 февраля 2013 года по 14 ноября 2014 года. В течение 640 почти ежедневных измерений зарегистрированы периоды

ярких оптически тонких радиовспышек и периоды спокойного состояния, когда изменения потоков не превышали 10 процентов.

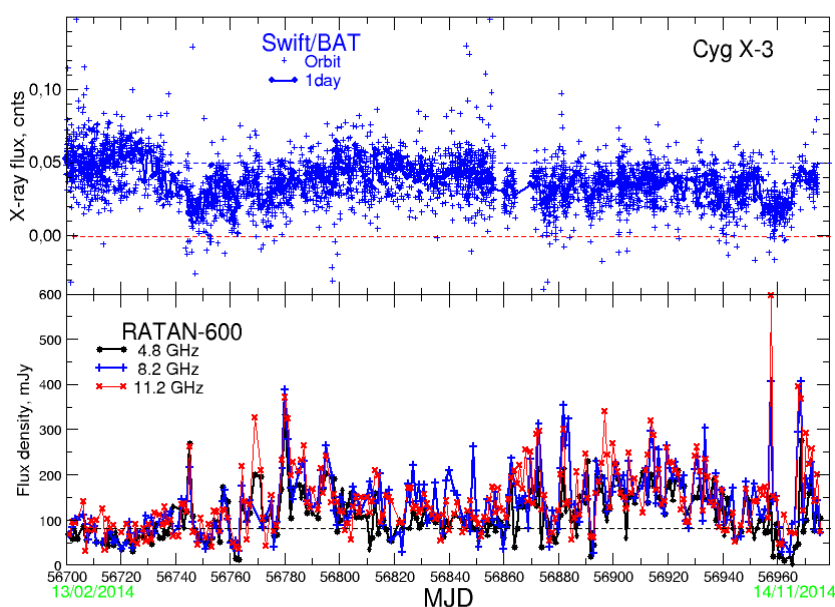


Рис. 2 Кривые блеска Cyg X-3 в спокойном состоянии в течение февраля – ноября 2014 года. Мини-вспышки роста потоков около MJD 56960 согласуется с кратковременным переходом в гипер-мягкое рентгеновское состояние по данным Swift/BAT.

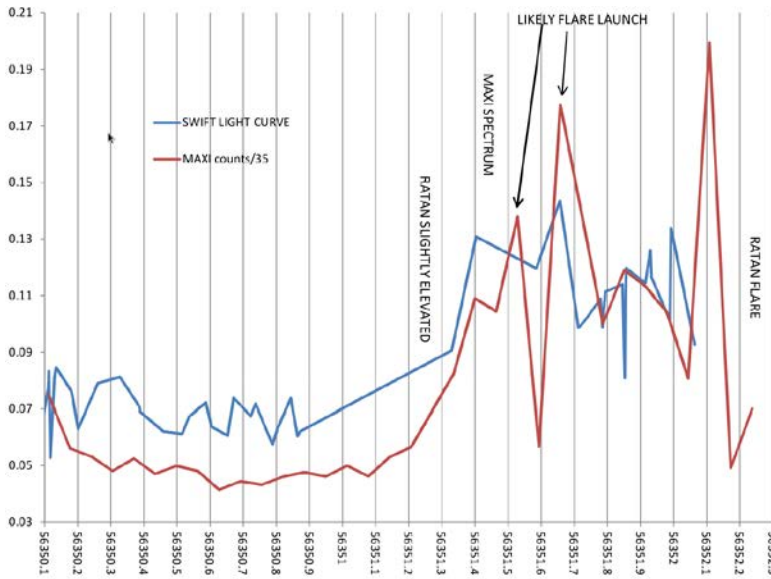
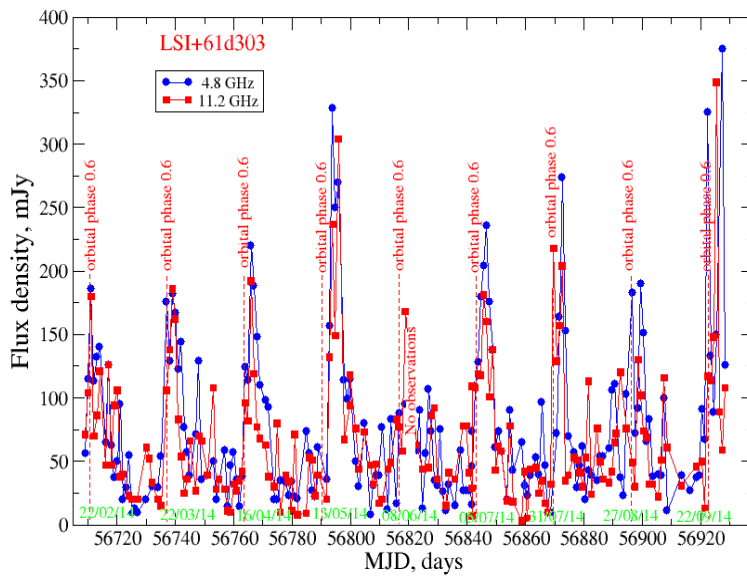


Рис.3 Вспышечное событие в микроквазаре 28 февраля 2013 года. Красная и голубая кривые блеска показывают вариации в мягком и жестком рентгеновском диапазоне по данным MAXI и Swift/BAT. Спустя почти сутки произошла оптически тонкая радиовспышка с потоком около 200 миллианских на 4.8 ГГц.



ис.4 Кривые блеска LSI+61d303 в течение почти девяти орбитальных периода двойной системы, состоящей из В-звезды и релятивистского объекта (черной дыры или нейтронной звезды). Отмечены фазы орбитального периода 0.6, после которых происходят радиовспышки, которые являются следствием формирования релятивистского струйного выброса — джета.