

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Специальная астрофизическая обсерватория
Российской академии наук
(САО РАН)

УДК 520; 523.3; 523.9; 524
№ АААА-А18-118012390356-9

УТВЕРЖДАЮ
Директор САО РАН




В. В. Власюк
«27» декабря 2017 г.


ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
по проекту «РЕЛЯТИВИСТСКИЕ СТРУИ МИКРОКВАЗАРОВ В
МНОГОЧАСТОТНОМ МОНИТОРИНГЕ ВСПЫШЕЧНОГО ПЕРЕМЕННОГО
РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ» программы ОФН-17 «Межзвездная и межгалактическая
среда: активные и протяженные объекты»
(Заключительный)


Отчет принят на заседании ученого совета САО РАН 26 декабря 2017 года
(протокол №359).


Нижний Архыз
2017

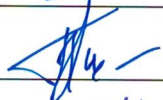
СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ


Руководитель темы
Зав.лаб. РА, д.ф-м.н.  С.А. Трушкин (введение, раздел 1, заключение)


зав.лаб. РК, к.ф-м.н.  Н.А. Нижельский (раздел 1)

с.н.с. лаб. РК  П.Г. Цыбулев (раздел 1)

с.н.с. лаб. РА  Н.Н. Бурсов (раздел 1)

вед. инженер САО РАН  Г.В. Жеканис (раздел 1)

ст. техник  И.Е. Кривлина (раздел 1)

Нормоконтролер  Узденова Ш.А.

РЕФЕРАТ

Отчет 11 с., 2 рис., 1 прил.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ АСТРОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕЛЕСКОПЫ, СВЕТОПРИЁМНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА КОСМОЛОГИЯ, ЗВЕЗДЫ, ГАЛАКТИКИ, БАЗЫ ДАННЫХ

Цель работы - осуществление научной и научно-технической деятельности, в том числе проведение фундаментальных, поисковых и прикладных исследований, в области астрономии и смежных с ней наук.

В рамках проведения этапа были проведены интенсивные исследования выборки микроквazarов — рентгеновских двойных систем с релятивистскими струйными выбросами вещества из центральных областей вокруг аккрецирующей черной дыры.

Тема включает мониторинг выборки микроквazarов с помощью радиотелескопа РАТАН-600 в диапазоне частот от 2 до 30 ГГц с целью более ясного определения природы струйной активности и связи ее с процессами аккреции на релятивистские компоненты. Наблюдения выполнялись (около 250 дней - с 9 января по 30 декабря 2017 года) на радиометрах 2.3, 4.6, 8.2, 11.2 и 21.7 ГГц и на трех антеннах телескопа «Северный сектор», «Южный сектор» и «Южный сектор с перископом». Наблюдения на «Южном секторе» выполнены на комплексе радиометров «Эридан» (2.3, 4.7, 11.2 и 21.7 ГГц).

Был исследован микроквazar SS433. Для точной калибровки и сравнительного анализа исследовались несколько ярких квазаров с плоскими спектрами (J2007+40, J2015+37, J0014+61, J0244+62), которые тоже являются источниками с релятивистскими струями. Часто, почти ежедневно, наблюдались несколько вторичных калибраторов (3C286, 3C48, 3C161, 3C138, NGC7027 и др.).

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.....	7
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	10
ПРИЛОЖЕНИЕ А: СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ.....	11

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

LOFAR - европейский радиоинтерферометр метрового диапазона, который разработан для исследований широкого класса космических источников

РАТАН-600 - рефлекторный радиотелескоп Российской академии наук, входящий в состав крупных телескопов САО РАН

SMA — субмиллиметровая антенная решетка, расположенная на Гавайях

FERMI - космическая обсерватория, работающая в гамма-диапазоне

Swift/BAT -- космическая обсерватория Свифт оснащен телескопом алертных событий, работающий в диапазоне 15-50 кэВ, и на котором проводится постоянный мониторинг нескольких сот космических источников.

MAXI - рентгеновский монитор на борту МКС.

АЯГ - ядра активных галактик

НЗ - нейтронная звезда

ЧД - черная дыра

ЕНТ - интерферометр РСДБ «телескоп горизонта событий Эйнштейна»

ВВЕДЕНИЕ

Исследования переменного радиоизлучения рентгеновских двойных систем с релятивистскими струями дает уникальную возможность найти взаимосвязь процессов аккреции вещества на релятивистский компонент (черную дыру или нейтронную звезду), перетекающей с нормальной звезды. Радиоизлучение является индикатором периодических или спорадических процессов нестационарной аккреции в объектах данного типа. Причем, что особенно важно, в микрокварах все процессы идут на несколько порядков быстрее, чем в квазарах, поэтому их излучение легче и эффективнее исследовать. С другой стороны, исследуя суточную или недельную переменность квазаров и АЯГ, в центре которых находится аккрецирующая сверхмассивные черные дыры, мы можем понять процессы, аналогичные переменности микрокварах на временах меньше секунды, если нормировать геометрию аккреционных дисков на гравитационный радиус ЧД. А такие исследования не доступны для обычных радиотелескопов.

Важнейшим элементом современных исследований являются совместные программы в разных диапазонах — от радиоволн до гамма-лучей. Именно поэтому данные по интегральному радиопотоку, которые мы получаем в ходе исследований на радиотелескопе РАТАН-600, так востребованы астрономической общественностью.

На радиотелескопе РАТАН-600 возможны точные измерения плотностей потока в широком диапазоне частот от 2 до 23 ГГц в ежедневных измерениях источников ярче 20 мЯн, то есть возможен мониторинг практически всех ярких микрокварах в Млечном пути. Сотрудники лаборатории радиоконтинуума постоянно совершенствуют точность калибровки радиометров с помощью точных генераторов шума. В некоторых случаях мы применяем режим неподвижного фокуса, который увеличивает точность калибровки антенной системы. Очень важна и воспроизводимость электродинамических характеристик антенн день от дня.

1 ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В 2017 году были проведены интенсивные исследования выборки микроквazarов.

Проведен мониторинг выборки микроквazarов с помощью радиотелескопа РАТАН-600 в диапазоне частот от 2 до 22 ГГц с целью более глубокого определения струйной активности и связи ее с процессами аккреции на релятивистские компоненты. Наблюдения выполнялись в течение 250 дней (1 января по 30 декабря 2017 года) на радиометрах 2.3, 4.8, 8.2, 11.2 и 21.7 ГГц и на трех антеннах телескопа «Северный сектор», «Южный сектор» и «Южный сектор с перископом» с короткими перерывами на другие программы, согласно решениям НКТБТ.

Исследован микроквazar SS433. Для точной калибровки и сравнительного анализа исследовались несколько ярких переменных квазаров с плоскими спектрами, которые тоже являются источниками с релятивистскими струями. В целом в 2017 г. проведено свыше 400 многочастотных наблюдений потоков от микроквзара SS433 и около 30 квазаров на 2-6 частотах одновременно. По объему и частотному диапазону подобные исследования не проводятся нигде в мире.

1.1 У микроквзара SS433 измерены кривые блеска (зависимости плотностей потока от юлианской даты) на четырех-пяти частотах в течение 2011-2017 годов. В 2017 году восстановлен приемник на частоте 1.3 ГГц с умеренной чувствительностью, которая достаточна для измерений плотности потока SS433. На столь длительном интервале (2500 дней) четко просматриваются периоды активного и спокойного состояния источника (рис.1) В активный период вспышки (рост потока в 2-4 раза) идут одна за другой, часто накладываясь друг на друга, а в спокойном состоянии вариации потока источника не превышает 10 процентов. Яркие вспышки довольно редкие события в излучении SS433. Впервые мы провели детальное сравнение наших кривых блеска SS433 с данными, полученными на 150 МГц на низкочастотном телескопе LOFAR (MNRAS, Broderick et al., 2017). В диапазоне ниже 300 МГц спектр отклоняется вниз от обычного степенного закона, вероятно из-за присутствия тепловых электронов в газовой оболочке вокруг этой двойной системы. Мы заметили ясную общую корреляцию низкочастотных и высокочастотных данных: чем выше потоки на высоких частотах, тем выше они в в оптически толстой части спектра на 150 МГц.

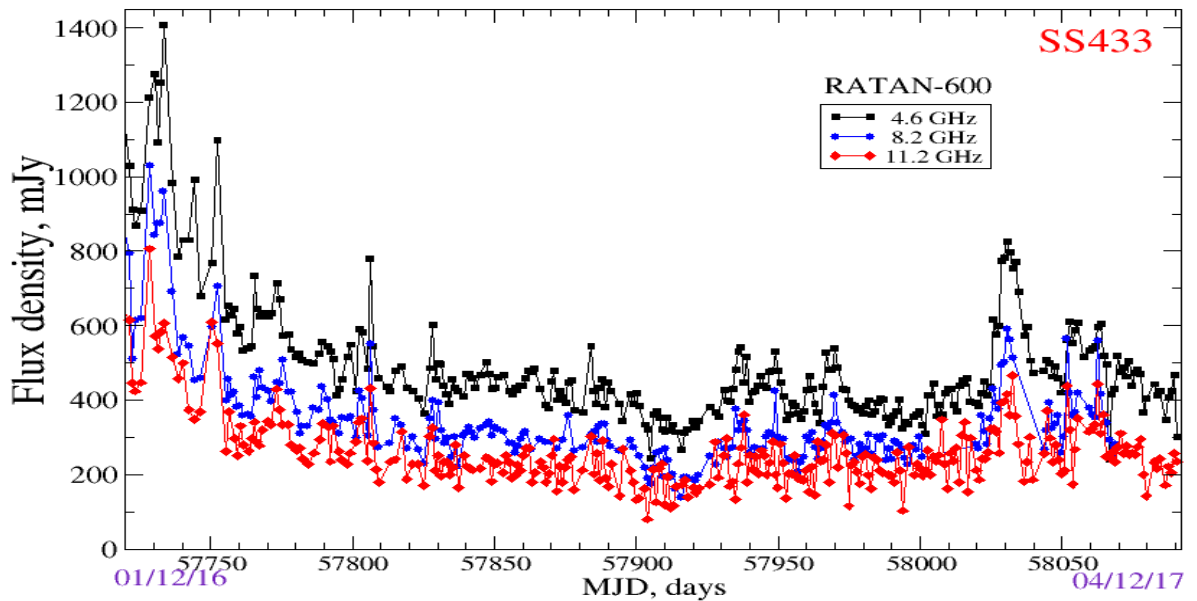


Рис.1 Кривые блеска SS433 на трех частотах в 2017 году – две яркие вспышки в начале и в конце года

Главный научный результат

На протяжении 2017 года мы исследовали микрокварзар SS433 на нескольких частотах. В целом эти данные являются продолжением длительного практически ежедневного мониторинга микрокварзара с 2011 года, то есть измерены кривые блеска микрокварзара в течение более чем 2000 дней, и в каждый день были определены спектральные индексы синхротронного излучения в диапазоне от 2 до 22 ГГц. Как показали несколько совместных программ, все вспыхивающие пики на кривых блеска находят свое объяснение в нестационарном процессе инжекции релятивистских струйных выбросов вещества их внутренних областей аккреционного диска вокруг черной дыры, которая входит в состав этой двойной звезды.

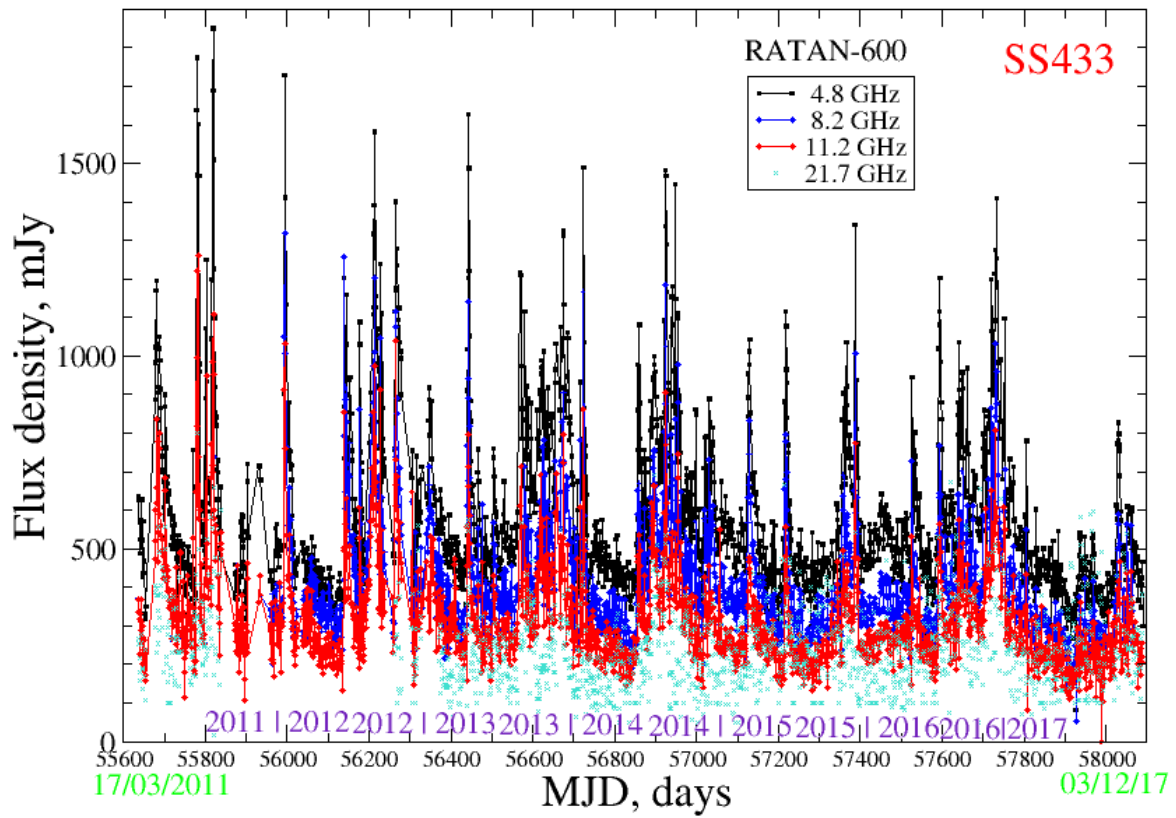


Рис 2. Кривые блеска SS433 на четырех частотах в течение 2011-2017 годов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проводимые по данной программе наблюдения остаются серьезным аргументом в организации алертных (ToO) программ по исследованию активных процессов во всем классе космических источников со струйными выбросами — ядрах активных галактик и микрокварах. Ярким примером таких алертных наблюдений служат наши исследования двух вспышек микроквара SS433, когда в течение двух суток радиопоток вырос в 2-3 раза. Несомненно эти вспышки ассоциируется с активностью в рентгеновском и гамма-диапазоне (Интеграл, AGILE, FERMI, Trushkin et al. 2017). В будущей работе мы сосредоточимся на построении адекватной модели радиопеременности и на поиске новых закономерностей в переменном излучении микрокваров.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

В ИНОСТРАННЫХ РЕФЕРИРУЕМЫХ НАУЧНЫХ ЖУРНАЛАХ

1. Trushkin S.A., Nizhelskij N.A., Tsybulev P.G., Zhekanis G.V. The Jets of Microquasars during Giant Flares and Quiet State // *Galaxies*. — 2017. — Vol. 5, N. 4. — id. 84. (pp.6).

В МАТЕРИАЛАХ КОНФЕРЕНЦИЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЯ

1. Trushkin S.A., Nizhelskij N.A., Tsybulev P.G., Zhekanis G.V. Giant Radio Flare of Cygnus X-3 in September 2016 // *Stars: from Collapse to Collapse: Proc. of a Conf. held at Spec. Astrophys. Observatory, Nizhny Arkhyz, Russia, 3-7 Oct. 2016 / Balega Yu. Yu. et al. (ed.). — San Francisco, 2017. — P. 492-495. — (ASP Conf. Ser.; Vol. 510).*;

2. Trushkin, S. A., Nizhelskij, N. A., Tsybulev, P. G. 900-day radio monitoring of X-ray binary LSI+61d303 with RATAN-600 telescope , EWASS-2016, Symposium 15: Exploring pulsar formation, evolution and magnetic field: from low mass X-ray binaries to magnetars Athens, Greece, 2016, 4-8 July.