



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук

Диссертация «Мониторинг рентгеновских двойных звезд со струйными выбросами» представляемая на соискание ученой степени кандидата физико-математических по научной специальности 1.3.1 Физика космоса, астрономия, выполнена в лаборатории радиоастрофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук (САО РАН).

В период подготовки диссертации соискатель Шевченко Антон Валерьевич работал в САО РАН в должности стажёра-исследователя в лаборатории радиоастрофизики.

В 2016 г. Шевченко А.В. окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университета по специальности «Психолого-педагогическое образование», а в 2017 г. бакалавриат по специальности 03.03.03 Радиофизика.

В период подготовки диссертации соискатель обучался по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре САО РАН по направлению 03.06.01 Физика и астрономия, профиль 01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия, а в 2023 году успешно окончил ее.

Научный руководитель – д.ф.-м.н. Трушкин Сергей Анатольевич, работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук в должности заведующего лабораторией радиоастрофизики.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Диссертация Шевченко А.В. посвящена исследованию временных и спектральных характеристик радиоизлучения микроквazarов (SS433, GRS1915+105, Cygnus X-3, LS I+61d303), включенных в программу долговременного мониторинга на телескопе РАТАН-600 (ответственный Трушкин С.А.). Измерения на частотах 1.2, 2.3, 4.7, 8.2, 11.7, 22 и 30 ГГц в режиме прохождения радиоисточников через неподвижную диаграмму направленности на различных секторах антенны составили основу наблюдательного материала диссертационной работы. По результатам измерений в рамках наблюдательной программы Трушкина С.А. «Мониторинг микроквazarов - галактических рентгеновских двойных звезд со струйными выбросами» Шевченко А.В. детально описаны особенности переменного радиоизлучения выборки источников в периоды повышенной активности. Для некоторых источников зарегистрировано несколько серий ярчайших вспышек, а также обнаружены новые периодичности и закономерности вспышечного радиоизлучения, например, экспоненциальное от времени затухание вспышек.

Для исследования быстрой переменности радиоисточников, использовался метод многоазимутальных наблюдений, реализованный Шевченко А.В. совместно с коллегами из лаборатории радиометров континуума (Цыбулёв П.Г., Нижельский Н.А) и группы изучения

активных ядер галактик (Бурсов Н.Н.). Данный метод позволил осуществить внутрисуточные измерения выборки микроквazarов, в том числе системы Cygnus X-3 в течение начальной фазы гигантской вспышки. По результатам измерений данным методом обнаружена линейная зависимость роста радиопотока от времени. Показано, что этот линейный рост обусловлен особой конической геометрией, когда форма и объем струйного выброса меняется только по одной координате (Трушкин С.А. и др., 2023). Внутрисуточные измерения спокойного состояния Cygnus X-3 наряду с впервые проведенными измерениями рентгеновской поляризации с помощью обсерватории IXPE легли в основу ключевого вывода, что система является ультраярким рентгеновским источником (Веледина А. и др., 2024).

По результатам одновременных наблюдений микроквazара Cygnus X-3 на радиотелескопах РАТАН-600, АМI-LA и LOFAR Проведен анализ эволюции радиоспектра в течение яркой вспышки. В результате численного моделирования исследованы физические механизмы, ответственные за низкочастотный завал в радиоспектре. Показано, что наиболее вероятным механизмом является или поглощение тепловыми электронами или синхротронное самопоглощение внутри источника. Во время вспышки эволюция радиоспектра шла таким образом, что спектральный индекс ниже 1.25 ГГц значительно уменьшился ($\alpha \approx +1$), то есть в ходе вспышки частота завала спектра сместилась к более низким частотам. Сделан вывод, что вспышка постепенно становилась менее оптически толстой на низких частотах. Были оценены минимальная энергия, магнитное поле и средняя светимость (Бродерик и др., 2021).

В рамках работы проведены многоволновые исследования микроквazара SS433. Исследовался период повышенной активности данной системы летом 2018 года, когда в ходе мониторинга на радиотелескопе РАТАН-600 были зарегистрированы несколько ярких вспышек. Радиомониторинг активного состояния системы сопровождался рентгеновскими измерениями обсерваторий Swift (XRT и BAT), Chandra, NICER, MAXI. Обнаружено, что в течение радиовспышек интенсивность в мягком рентгеновском диапазоне падает в несколько раз по сравнению с «низким» состоянием. Наблюдаемое падение рентгеновского потока согласуется со сценарием увеличения темпа оттока вещества в виде ветра, частично блокирующего излучение от внутренних областей джетов, при этом жесткое рентгеновское излучение оставалось относительно стабильным, что указывает на сохранение механизма генерации джетов (Медведев и др., 2022).

Научная новизна работы Шевченко А.В. заключается в реализации на телескопе РАТАН-600 нового метода измерений потоков дискретных источников, который позволяет исследовать внутрисуточную переменность радиоизлучения на временах от нескольких минут до нескольких часов. С помощью данного метода впервые измерена эволюция радиоспектра на начальной фазе формирования радиовспышки в системе Cygnus X-3. По данным совместных наблюдений нескольких радиотелескопов впервые исследовано влияние различных физических механизмов поглощения низкочастотного радиоизлучения в широком диапазоне от 143,5 до 15000 МГц. Для микроквazара SS433 впервые проведена многоволновая наблюдательная кампания активного состояния системы, когда источник наблюдался независимыми научными группами одновременно в радио, оптическом и рентгеновском диапазонах.

Научная и практическая значимость. Многочастотные измерения, полученные на телескопе РАТАН-600 в рамках программы долговременного мониторинга, являются уникальным наблюдательным материалом, не имеющим аналогов в мире. Почти ежедневные измерения в широком радиодиапазоне имеют важное значение для многоволновых исследований физических процессов, участвующих в формировании ярких радиовспышек.

Благодаря успешной реализации многоазимутального режима антенной системы "Южный сектор с Плоский отражателем" для наблюдений дискретных радиоисточников, стало

возможным проведение измерений не только через неподвижную диаграмму направленности раз в сутки, но и продолжительное патрулирование в течение нескольких часов.

Личный вклад Шевченко А.В. заключается в самостоятельной обработке, калибровке и анализе измерений микроквazarов, полученных на телескопе РАТАН-600, а также в совместном анализе и обсуждении результатов многоволновых кампаний наравне с научным руководителем и другими соавторами. Шевченко А.В. принимал непосредственное участие в адаптации, организации и сопровождении многоазимутальных наблюдений, а также в подготовке материалов и текстов публикаций, посвященных наблюдениям на телескопе РАТАН-600

Все результаты, выносимые на защиту, аргументированы и подробно изложены в 21 публикации соискателя, из которых четыре опубликованы в рецензируемых журналах списка ВАК, четыре работы опубликованы в материалах конференций, и 13 электронных публикаций. Представленные результаты и выводы неоднократно обсуждались на всероссийских конференциях, а также на конкурсе-конференции САО РАН.

По докладу Шевченко А.В. на Ученом совете САО РАН были заданы вопросы, на которые докладчик подробно ответил.

В выступлениях Сотникова Ю.В. и Моисеев А.В. отметили непрерывный профессиональный рост и значительный прогресс в уровне знаний соискателя. Трушкин С.А. обратил внимание на очень широкий спектр работы, сделанный Шевченко А.В., - это освоение методик обработки, обработка огромного объема наблюдательного материала по микроквazarам, представительный список литературы. Особо Сергей Анатольевич отметил, успешное сотрудничество с ведущими мировыми командами. Моисеев А.В. и Цыбулёв П.Г. высказали мнение о необходимости внесения изменений в порядок слайдов и положения, выносимые на защиту. Моисеев А.В. также обратил внимание, что многоазимутальные наблюдения это важный методический аспект, а С.А. Пустильник поддержав это мнение подчеркнул, что полученные результаты соответствуют современным требованиям мирового уровня. Моисеев А.В. высказал точку зрения, что работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Его мнение было поддержано другими членами Ученого совета.

Ученый совет пришел к заключению, что представляемая диссертация является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой. Выполненная работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, паспорту научной специальности, а соискатель заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Мониторинг рентгеновских двойных звезд со струйными выбросами» Шевченко Антон Валерьевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.1 Физика космоса, астрономия.


Заключение принято на заседании Ученого совета САО РАН 16 сентября 2024 года.

Присутствовало на заседании 14 чел.

Результаты голосования: "за" – единогласно, протокол №430 от 16 сентября 2024 года.

Председатель Ученого совета,
директор САО РАН,
кандидат физ.-мат. наук




/Валявин Г.Г./

Ученый секретарь САО РАН,
кандидат физ.-мат. наук


/Кайсина Е.И./