

ОТЗЫВ

официального оппонента Зинченко Игоря Ивановича, заведующего отделом, отдел № 180 «Радиоприёмной аппаратуры и миллиметровой радиоастрономии» Отделения «Физики плазмы и электроники больших мощностей» Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук», на диссертацию Шевченко Антона Валерьевича на тему «Мониторинг рентгеновских двойных звёзд со струйными выбросами», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия».

Диссертация А.В. Шевченко посвящена исследованиям так называемых микроквazarов, которые физически представляют собой двойные звездные системы с релятивистскими струйными выбросами. Один из компонентов такой системы представляет собой нейтронную звезду или чёрную дыру, на которую происходит аккреция вещества со второй звезды. Вокруг компактного объекта возникает аккреционный диск, в котором и формируются струйные выбросы. Физические процессы в этих системах, по-видимому, во многом подобны тем, которые имеют место в активных ядрах галактик (АЯГ), но протекают они на гораздо меньших пространственных и временных масштабах. Таким образом, исследования микроквazarов помогают понять и процессы, происходящие в АЯГ. Первый подобный объект (SS433) был обнаружен почти 50 лет назад. С тех пор ведутся активные исследования этих объектов в разных диапазонах электромагнитного спектра, и они не теряют своей актуальности. Большое значение имеют квазисовременные многоволновые наблюдения данных объектов и РАТАН-600 предоставляет в этом плане уникальные возможности. Результаты такой работы и представлены в диссертации А.В. Шевченко.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложения. Во введении обосновывается актуальность работы, описываются её цель, задачи, научная новизна, научная и практическая значимость, личный вклад соискателя, излагаются положения, выносимые на защиту, и приводятся публикации по теме работы.

В первой главе описываются инструменты и методы долговременного мониторинга радиоисточников на радиотелескопе РАТАН-600, которые использовались в данной работе. В частности, рассматривается режим многоазимутальных наблюдений дискретных источников, реализация которого в значительной мере является заслугой соискателя.

Вторая глава посвящена результатам многоволнового мониторинга трёх микроквazarов. Во-первых, это упомянутый выше первый открытый микроквazar SS433. Приводятся и обсуждаются результаты его наблюдений на РАТАН-600 в диапазоне 2.3 - 21.7 ГГц в 2018 году, когда была зарегистрирована исторически самая яркая радиовспышка в этой системе. Результаты радионаблюдений сопоставляются с данными наблюдений в рентгеновском диапазоне. Отмечается значительное уменьшение интенсивности рентгеновского излучения струй в мягком рентгеновском диапазоне во время радиовспышек.

Следующий объект – это микроквazar GRS 1915+105. Для него приводятся результаты мониторинга на РАТАН-600 за несколько лет, которые сопоставляются с результатами наблюдений в других диапазонах. Найдено, что пики радиоизлучения наблюдаются после быстрых рентгеновских вспышек в жёстком диапазоне. Выявлены квазипериодические осцилляции во время яркой вспышки, что рассматривается, как указание на нестабильность в струях.

Ещё один микроквazar, результаты мониторинга которого приводятся в данной главе – это LS I+61°303. Этот объект демонстрирует периодические вспышки с периодом, соответствующим орбитальному. В диссертационной работе измерены кривые блеска в течение

более чем 120 орбитальных периодов. Выявлены также прецессия струй с немного отличающимся периодом и долговременная модуляция, которая, вероятно, связана с биениями между орбитальным и прецессионным периодами. Подобного не наблюдается в других микрокварах.

Третья глава посвящена детальному исследованию микроквара Cygnus X-3, для которого характерны гигантские радиовспышки. Наблюдениям и анализу данных наблюдений таких вспышек и посвящена эта глава диссертации. При этом широко используются данные наблюдений на других радиотелескопах. Исследована эволюция радиоспектра во время вспышки, получены оценки физических параметров области излучения. Найдено, что поток во время вспышек растет линейно со временем до достижения максимального значения. На этой основе сделан вывод о конической геометрии источника.

Таким образом, в работе получен ряд новых результатов, которые представлены в Положениях, выносимых на защиту. Основные из них можно кратко сформулировать следующим образом.

1. Впервые на телескопе РАТАН-600 реализован метод многоазимутальных наблюдений дискретных источников, что позволило исследовать вспышки микрокваров на временах от 5 минут до 6 часов.

2. В результате долговременного многоволнового мониторинга ряда микрокваров накоплен большой объем новых наблюдательных данных об уровнях и спектрах их радиои-злучения и об их вариациях на разных временных масштабах.

3. Найдено, что плотность потока на начальной фазе гигантских вспышек Cygnus X-3 растет линейно со временем, что свидетельствует о конической геометрии источника.

4. Определены наиболее вероятные механизмы завала спектра Cygnus X-3 на низких частотах во время гигантской вспышки и получены оценки физических параметров источника. Найдено, что в процессе эволюции радиоспектра частота завала уменьшается.

5. На основе сопоставления результатов наблюдений на РАТАН-600 с данными наблюдений в рентгеновском диапазоне найдено, что в SS433 во время радиовспышек поток в мягком рентгеновском диапазоне падает в несколько раз, что согласуется с моделью звёздного ветра, который блокирует излучение рентгеновских джетов.

Достоверность результатов не вызывает сомнений. Она обеспечивается использованием хорошо отработанных методик наблюдений на РАТАН-600 и тщательной калибровкой результатов измерений. Также стоит отметить, что все основные результаты опубликованы в ведущих рецензируемых астрономических журналах.

В работе есть некоторые недочёты, которые никак не влияют на основные результаты и выводы. К ним можно отнести следующее.

1. В работе описываются и детально обсуждаются результаты наблюдений SS433 в 2018 году, когда была зарегистрирована его самая мощная радиовспышка за все время мониторинга. Однако возникает вопрос о том, как результаты, полученные в этот период экстремальной активности, соотносятся с теми, которые получаются в другие периоды длительного мониторинга этого источника на РАТАН-600.

2. В тексте диссертации и в Положениях, выносимых на защиту, говорится о падении рентгеновского потока от SS433 во время радиовспышек. Однако в выводах по этому разделу (п. 2.1.3) формулировка несколько иная: «Ключевым результатом является обнаружение значительных изменений в интенсивности рентгеновского излучения струй во время вспышек, при сохранении стабильности основных параметров кинематической модели.» О том, в какую сторону происходят изменения, ничего не сказано и акцент здесь сделан скорее на стабильности основных параметров, хотя анализа этой стабильности в диссертации в общем-то нет.

3. Встречаются неудачные выражения, например, «скорость расширения вспышки» (раздел 3.1.5). Расширяться может область излучения, но не вспышка.

4. В главе 1 используется термин «размер луча», который является калькой с английского, но не принят в русскоязычной литературе.

Эти замечания не снижают общей высокой оценки работы. В целом диссертационная работа А.В. Шевченко является законченным научно-исследовательским трудом и удовлетворяет всем требованиям положения о порядке присуждения учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, А.В. Шевченко, безусловно, заслуживает присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия».

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Зав. отделом ИПФ РАН
доктор физ.-мат. наук
тел.: +7-831-4367253
Email: zin@ipfran.ru
Адрес: 603950 Нижний Новгород,
ул. Ульянова, 46, ИПФ РАН



И.И. Зинченко

Подпись И.И. Зинченко заверяю.

Ученый секретарь ИПФ РАН



И.В. Корюкин