

О Т З Ы В

официального оппонента

на диссертацию Просветова Артема Владимировича

«Переменность рентгеновского излучения и широкополосные спектры аккрецирующих черных дыр в маломассивных двойных системах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности: 01.03.02 — Астрофизика и звездная астрономия.

Тема научных исследований, проведенных диссертантом, как это уже следует из названия работы, весьма актуальна и значима.

Диссертация состоит из введения, двух содержательных глав и заключения. Отдельной частью прописаны положения, выносимые на защиту. Объем диссертации – 97 страниц. В диссертации насчитывается 44 рисунка и 7 таблиц. Список цитируемой литературы содержит 115 наименований.

Во введении (оно же первая глава диссертации) дается обзор проблем, затронутых в работе, обосновываются актуальность и цели работы. Здесь же дано краткое описание телескопов, установленных на космических обсерваториях INTEGRAL, SWIFT и RXTE, с помощью которых проводились наблюдения в рентгеновском диапазоне спектра, а также наземного телескопа РТТ-150, на котором проводились фотометрические наблюдения в оптическом и инфракрасном диапазонах. Оптическая фотометрия также проводилась с борта SWIFT оптическим телескопом UVOT.

Вторая глава посвящена исследованию рентгеновских новых SWIFT J174510.8-262411, MAXI J1836-194 и MAXI J1828-249 в широком диапазоне энергий от инфракрасного, оптического до жесткого рентгеновского излучения. Первые два транзиента на момент совместных (в рентгеновском и оптическом диапазонах) наблюдений находились в относительно низком, жестком состоянии с полной светимостью $\sim (5-6) 10^{36}$ эрг/сек. В таком состоянии компонента мягкого чернотельного рентгеновского потока, обусловленная тепловым излучением аккреционного диска, практически отсутствует. В этом состоянии скорее всего работает модель «усеченного» аккреционного диска. Нетривиальными оказались необычайно большие для стандартного аккреционного диска (даже с учетом нагрева его внешних частей рентгеновским излучением) потоки энергии в оптическом и инфракрасном диапазонах. Автор показал, что в широком диапазоне энергий (от инфракрасной области до жесткого рентгена) спектры аппроксимируются одним и тем же степенным законом с фотонным индексом ~ 1.67 для SWIFT J174510.8-262411 и ~ 1.86 для MAXI J1836-194 с экспоненциальным завалом на высоких энергиях (> 60 кэВ). Наблюдения единого степенного спектра означает, что, скорее всего, в этих источниках реализуются нетепловые (синхротронные) процессы излучения в релятивистских джетах, испускаемых компактным объектом.

Весьма интересные результаты получены для транзиента MAXI J1828-249, рентгеновская светимость которого за время наблюдений менялась более чем в 10 раз. Вблизи максимума она была $\sim 10^{38}$ эрг/сек. В этом состоянии помимо жесткого «хвоста» на энергиях > 20 кэВ четко наблюдалась мягкая рентгеновская компонента в

стандартном диапазоне $\sim 1-10$ кэВ. Именно эта компонента определяла полную рентгеновскую светимость вблизи максимума, но она практически исчезла несколько месяцев спустя. Вполне естественно ожидать увеличения оптической и инфракрасной светимости, обусловленной прогревом стандартным рентгеном внешних частей аккреционного диска. Но, как утверждает автор, и этого прогрева недостаточно для объяснения наблюдаемого оптического излучения системы. Возможно, что в анализируемой работе завышено рентгеновское альbedo внешних частей аккреционного диска, характерное для стандартного диапазона. Было бы интересно более детально исследовать этот вопрос.

Третья глава диссертации посвящена исследованию квазипериодических осцилляций, которые наблюдаются в потоках рентгеновского излучения от микроквара GX 339-4 и рентгеновской новой SWIFT J174510.8-262411. Последняя исследовалась в главе 2 на предмет связи оптического и рентгеновского излучений от этой системы в низком состоянии. Квазипериодические осцилляции наблюдаются в виде пиков в спектрах мощности рентгеновских источников в диапазоне частот 0.1 — 10 Гц. Положение пика зависит от величины наблюдаемого рентгеновского потока источника. Обычно чем меньше поток, тем к более высоким частотам смещается пик. В своем исследовании автор привлекает методы фрактального анализа кривых блеска. Обычно фракталами называют объекты с нецелой размерностью. Тем не менее существуют методы фрактального анализа сложных временных рядов, используя которые можно оценить фрактальную размерность кривой блеска. В работе обнаружен ряд зависимостей фрактальной размерности от аккреционных параметров системы, которые заслуживают внимания. Так, для микроквара GX 339-4 имеет место корреляция фрактальной размерности в зависимости от энергии рентгеновских фотонов в наблюдениях, во время которых в спектре мощности присутствовали квазипериодические осцилляции. Кроме этого, обнаружена зависимость фрактальной размерности кривых блеска от частоты квазипериодических осцилляций. Установлена также связь между фрактальной размерностью кривых блеска и мощностью излучения от частей аккреционного диска, расположенных на кеплеровых орбитах ниже зоны формирования квазипериодических осцилляций.

Анализ данных наблюдений рентгеновской новой SW J1745-26, выполненных в сентябре 2012 г. обсерваториями INTEGRAL и SWIFT, выявил в спектре мощности, наряду с низкочастотным шумом, наличие сильного пика квазипериодических осцилляций. Частота этих осцилляций менялась со временем от 0.3 Гц вблизи максимума вспышки до 2.3 Гц спустя 15 дней, когда наблюдаемый поток уменьшился более чем в два раза. Также как и в случае GX 339-4, фрактальная размерность кривых блеска SW J1745-26 на энергиях ниже 10 кэВ сильно зависит от присутствия квазипериодических осцилляций, в то время как на высоких энергиях (20-80 кэВ) изменения фрактальных свойств сигнала не наблюдаются. Заслуживают внимания обнаруженная автором корреляция потока радиоизлучения излучения от SW J1745-26 на частоте 5.0 ГГц и степени его поляризации с присутствием пика квазипериодических осцилляций и его частотой.

Характеризуя диссертацию в целом, следует отметить новизну проведенных автором исследований и полученных результатов. На основании проведенного анализа содержания диссертации можно утверждать, что тема, избранная автором, весьма актуальна. Большинство научных заключений, выносимых на защиту, хорошо обоснованы и достоверны. Выводы диссертанта весьма значимы для такой области науки, как астрофизика высоких энергий. Основные результаты диссертации

неоднократно докладывались на семинарах и ряде международных конференций и опубликованы в периодических научных журналах с высоким рейтингом.

У рецензента есть замечания по оформлению. Так, в автореферате в списке литературы пропущены номера ссылок 39 и 40. Имеются опечатки в тексте, но в умеренном количестве. Эти замечания никак не влияют на высокое научное содержание диссертации.

Диссертация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.03.02, астрофизика и звездная астрономия, а ее автор, **Просветов Артем Владимирович**, заслуживает присвоения ему степени кандидата физико-математических наук.

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Заведующий отделом релятивистской астрофизики
ГАИШ МГУ им. М.В.Ломоносова, профессор,
доктор физико-математических наук

Шакура Н.И.

119991, Москва, Университетский пр., 13,
Государственный астрономический институт
им. П.К. Штернберга

Телефон: 495-939-50-06

Электронный адрес: nikolai.shakura@gmail.com

Отзыв заверяю:

Директор ГАИШ МГУ им. М. В. Ломоносова,
академик РАН, профессор



Черепашук А.М.