

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Дарьи Адиковны Морозовой «Анализ возмущений в джетах блазаров с сильным гамма-излучением», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 — астрофизика и звездная астрономия

Диссертационная работа Д.А. Морозовой «Анализ возмущений в джетах блазаров с сильным гамма-излучением» выполнена в Санкт-Петербургском государственном университете. Она состоит из Введения, шести глав, Заключения, списка литературы, содержащего 128 наименований, и четырех Приложений. Общий объем диссертации 161 страница (из них 44 приходится на Приложение). В диссертации 53 рисунка и 24 таблицы (из них 21 рисунок и 5 таблиц в Приложениях).

Активные ядра галактик (АЯГ) изучаются в астрофизике с начала 60-х годов прошлого века. Современные исследования охватывают весь диапазон электромагнитного излучения от гамма до радиоволн. Хотя общее строение активного галактического ядра можно считать выясненным (черная дыра, питающий ее аккреционный диск и замагниченные релятивистские джеты, направленные вдоль оси вращения диска), детали структуры и локализация источников излучения, ответственных за проявления активности в различных спектральных диапазонах, до сих пор служат предметом дискуссии. В частности, не до конца понятны механизмы быстрой переменности излучения и вращения плоскости поляризации. Это определяет **актуальность** темы диссертационной работы, посвященной фотометрическим и поляризационным наблюдениям блазаров — наиболее активных объектов среди АЯГ.

После Введения, содержащего необходимые сведения о диссертационной работе (актуальность темы, цель работы и ее научная новизна, а также научная и практическая значимость), в Главе 1 дается описание используемой аппаратуры, методики наблюдений и обработки результатов. Автор диссертации использовал данные, полученные на телескопе орбитальной Гамма-обсерватории Ферми, радиоинтерферометрические наблюдения на VLBA (Very Long Baseline Array) и собственные наблюдения, полученные на телескопе АЗТ-8 Крымской астрофизической обсерватории и телескопе LX-200 Санкт-Петербургского государственного университета. Наблюдения проводились в рамках международной программы WEBT (Всемирный блазарный телескоп). На мой взгляд, некоторым недостатком этой вводной главы является ее слишком большой объем, превышающий почти в два раза каждую из последующих глав, в которых излагаются оригинальные результаты автора диссертации.

В основной части диссертации проводится сравнительный анализ переменности излучения в гамма-, оптическом и радиодиапазонах четырех блазаров S4 0954+65, S5 0716+71, PKS 1510-089 и PKS 1222+216 за временной промежуток 2008-2012 гг. Для каждого источника приводятся подробные кривые блеска в гамма-, оптическом и радиодиапазонах, измерены временные вариации оптической поляризации и позиционного угла оптической поляризации,

прослежена кинематика сверхсветовых компонент на частоте 43 ГГц. На основании этих наблюдений определены параметры джетов на масштабах меньших одной миллисекунды дуги. Для каждого джета вычислены средние значения лоренц- и доплер-факторов, углов раскрытия джетов и других параметров. На многочисленных примерах продемонстрирована корреляция всплеск в гамма-диапазоне с усилением потоков излучения на радиочастотах, увеличением степени оптической поляризации и вращением позиционного угла оптической поляризации. Подобные корреляции автор диссертации интерпретирует как результат распространения возмущений в джете, что выглядит вполне правдоподобно. Совокупность полученных данных также указывает на то, что зона генерации гамма-излучения находится не в непосредственной близости от центрального источника, а в релятивистском джете на расстояниях до одного парсека от ядра. Наблюдения продолжительного плавного вращения позиционного угла оптической поляризации во время всплеск в оптическом и гамма-диапазонах связывается с движением возмущения в джете по спиральной траектории вдоль магнитных силовых линий.

Основные результаты, полученные в работе, перечислены в **Заключении**. Таблицы с результатами поляриметрических наблюдений, модельные параметры джетов, радиокарты джетов, а также кривые блеска приведены в **Приложениях**.

Анализ наблюдений позволил получить ряд **новых** важных результатов (часть из них перечислена выше), **достоверность** которых обеспечивается использованием стандартных методов обработки астрономических данных. **Практическая ценность** диссертационной работы Д.А. Морозовой определяется тем, что она вносит существенный вклад в базу данных, описывающих активность галактических ядер, а **научная** — тем, что содержащаяся в ней информация может быть использована в разработке теоретических моделей релятивистских джетов.

К сожалению, диссертация не лишена недостатков. Основным из них является отсутствие глубокой физической интерпретации для обнаруженных корреляций между активностью блазаров в разных спектральных диапазонах. Хотелось бы пожелать на будущее обратить внимание и на имеющиеся физические модели джетов, которые можно было бы привлекать для описания обширного наблюдательного материала, накопленного в рамках программы «Всемирный блазарный телескоп».

Кроме этого есть еще несколько замечаний.

- 1) На радиокартах, приведенных в Приложениях, отмечены компактные детали (пики интенсивности) и их эволюция (движение) со временем. Однако, помимо отмеченных деталей на картах присутствуют и другие пики интенсивности, природа которых не обсуждается. Возникает вопрос об однозначности отождествления данной конкретной детали при прослеживании ее положения на картах, полученных в разные моменты времени.
- 2) При анализе данных, приведенном на стр.20-21, параметры моделей находятся путем оптимизации функции правдоподобия. Остается неясным, насколько устойчива данная процедура к прохождению локальных минимумов и к зашумленности исходных данных.

- 3) Нет четкого объяснения, каким образом можно сравнивать радиоинтерферометрические и оптические данные, отличия между которыми по угловому разрешению превышают три порядка величины.
- 4) С чем связано различие в 2-3 раза в измеренных видимых скоростях для различных сверхсветовых компонент в одном и том же блазаре ?

Помимо уже отмеченного ранее слишком большого объема главы 1, есть и другие замечания, касающиеся оформления диссертации.

- 5) Отсутствие размерностей величин  $N_e$  на стр.5 и отсутствие размерностей измеренных параметров, перечисленных в таблицах 6.1, А.2, Б.1, В.1, Г.1.
- 6) Отсутствие ошибок измерений для данных в таблицах А.1, А.2, Б.1, В.1, Г.1, в которых сами данные приводятся с тремя знаками после запятой.
- 7) Отсутствие указания масштабов на радиокартах в Приложениях (рисунки А.1, Б.1, В.1, Г.1).
- 8) Неаккуратная запись математических выражений на стр.19, уравнения (1.1) и (1.2), в которых пропущены знаки интегралов и не определена функция R в уравнении (1.1).
- 9) Многочисленные грамматические ошибки и опечатки.

Эти недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Морозовой Д.А. Основные результаты ее опубликованы в 7 статьях в ведущих международных астрономических журналах и в 2 работах, опубликованных в трудах международных конференций. Основные результаты диссертации докладывались на 11 российских и зарубежных конференциях. Хотя все статьи совместные, вклад автора диссертации в них является весомым.

Считаю, что рассматриваемая диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Дарья Адиковна Морозова заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 — астрофизика и звездная астрономия.

Автореферат диссертации правильно отражает ее содержание.

Левшаков Сергей Анатольевич  
д.ф.-м.н., профессор, ведущий научный сотрудник  
ФТИ им. А.Ф. Иоффе, С.-Петербург,  
Политехническая 26  
тел. раб. 292-73-26  
[lev@astro.ioffe.rssi.ru](mailto:lev@astro.ioffe.rssi.ru)

Подпись заверяю,  
Ученый секретарь Отделения физики плазмы, атомной физики и астрофизики ФТИ им. А.Ф. Иоффе  
к.ф.-м.н.

12 ноября 2014 г.



*Красильщиков А.М.*  
Красильщиков А.М./

*Левшаков С.А.*