

УТВЕРЖДАЮ

Проректор МГУ имени М.В. Ломоносова
А.А. Федянин

« 25 » октября 2017 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

(МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, 1)

на диссертационную работу **ЛИСАКОВА Михаила Михайловича** на соискание учёной степени «кандидат физико-математических наук» по специальности «01.03.02 – астрофизика и звёздная астрономия» (отрасль наук: «физико-математические») на тему «**Исследование вспышечной активности квазара 3С 273 на наземных и космических телескопах**»

Диссертация Михаила Михайловича Лисакова посвящена одной из актуальных областей современной астрофизики — исследованию условий в радиоизлучающих областях квазизвёздных радиоисточников - квазаров. Квазары — наиболее мощные источники излучения во Вселенной, наблюдаемые на огромных расстояниях. Исследование квазаров началось ещё в 1960-х гг., однако до сих пор нет полной ясности относительно физических механизмов мощного энерговыделения и релятивистского ускорения струй плазмы, исходящих из ядер квазаров. В этом плане избранный автором метод подробного исследования свойств радиоизлучения струй квазаров методами радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ) позволяет получить новые данные об их природе. В работе используются данные наблюдений на самых современных радиоинтерферометрах, в том числе успешно выполненных на наземно-космическом интерферометре «Радиоастрон». В качестве объекта исследований выбран один из наиболее близких квазаров – 3С 273. (расстояние ~735 Мпк). 3С 273 – первый объект, который был в 1963 г. отождествлён как квазар. Несмотря на многочисленные исследования 3С 273 в различных диапазонах электромагнитного спектра, остаются нерешёнными вопросы о конкретной локализации областей радио- и гамма-излучения в областях, близких к ядру квазара, и о механизмах, генерации излучения и его переменности в разных диапазонах. Актуальность темы диссертации по этой причине не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из Введения, четырёх глав, Заключения и списка цитированной литературы.

Во Введении дан обзор современного состояния исследований релятивистских струй в квазарах, обоснована актуальность темы работы, сформулированы цели и задачи исследования, перечислены основные результаты, выносимые на защиту, охарактеризованы научная новизна, практическая значимость и достоверность результатов работы. Указаны личный вклад автора в совместные работы и апробация результатов диссертации на научных конференциях.

В Главе 1 описаны наблюдательные данные, использованные в диссертации, в том числе данные наблюдений квазара 3C 273 в гамма-диапазоне космической обсерватории Fermi, на наземной системе РСДБ VLBA и на наземно-космическом интерферометре «Радиоастрон».

На основании наблюдательных данных, описанных в Главе 1, в Главе 2 исследуется положение области генерации гамма-излучения в струе квазара 3C 273 и радиовспышка квазара. Проанализирована корреляция переменности деталей струи квазара 3C 273 в радио- и гамма-диапазоне, исследованы собственные движения радиоизлучающих деталей. Показано, что область гамма-излучения находится вблизи истоков струи. Сделан вывод о механизме генерации гамма-излучения, преобладающую роль в котором играет обратное комптоновское рассеяние затравочных фотонов от аккреционного диска, тора и области широких эмиссионных линий.

Один из важнейших параметров радиоизлучения квазаров – предельная яркостная температура излучения. Согласно принятым представлениям, яркостная температура излучения квазаров не может превышать $10^{11.5}$ К вследствие комптоновских потерь излучающих электронов («обратная комптоновская катастрофа»). В Главе 3 проведен анализ значений яркостной температуры 3C 273 по данным интерферометрии со сверхдлинными базами (наземной и наземно-космической). Рекордное угловое разрешение в наземно-космическом эксперименте позволило зафиксировать значения яркостной температуры до 10^{13} К, существенно выше указанной величины $10^{11.5}$ К. В этой части работы проведен также анализ и учёт влияния рефракционного рассеяния в межзвёздном веществе Галактики на определения яркостной температуры источника.

Глава 4 посвящена рассмотрению распределения спектрального индекса радиоизлучения в струе квазара 3C 273. Обнаружен значимый градиент спектрального

индекса вдоль струи порядка -0.001 пк^1 . На основании этого сделан вывод о преобладании адиабатических потерь энергии плазмы над радиационными потерями.

В Заключении резюмированы основные результаты работы, обсуждаются перспективы будущих исследований.

Замечаний по содержанию и оформлению работы нет. Диссертация написана хорошим языком, прекрасно иллюстрирована и оформлена. Автор диссертации Лисаков М.М. проявил хорошее владение современными методами радиоинтерферометрии и обработки интерферометрических данных. Введение к диссертации представляет самостоятельный интерес и свидетельствует об эрудиции автора в данной проблеме. Диссертация М.М. Лисакова - важная наблюдательная работа, выполненная на крупнейших радиоинтерферометрах, включая уникальный эксперимент на наземно-космическом интерферометре «Радиоастрон», что позволило добиться на базах до 170000 км рекордного углового разрешения порядка 7 микросекунд дуги, недостижимого в наземных экспериментах РСДБ. Диссертация представляет собой современное исследование, проведенное на высоком уровне в актуальной области астрофизики. Личный вклад автора состоит в получении и обработке большого объема наблюдательного материала в радио- и гамма-диапазонах, обработке оригинальных радиоинтерферометрических данных и в их интерпретации.

Новизна работы состоит в получении новых интерферометрических карт для струи квазара 3C 273, в том числе карт со сверхвысоким угловым разрешением, полученных при помощи наземно-космического интерферометра «Радиоастрон», в результатах их анализа и сделанных на их основе выводов о физических условиях в струе 3C 273.

Достоверность и обоснованность полученных автором результатов подтверждается использованием данных с радиоинтерферометров мирового класса, подробным описанием в работе методики отбора, коррекции и окончательной обработки данных интерферометрии, согласием полученных результатов с работами других авторов.

Работа имеет большое практическое значение, в частности, для отработки методики построения карт радиоисточников при помощи наземно-космического интерферометра «Радиоастрон». Одним из важных практических результатов, полученных в диссертации, является обнаружение систематической неточности 2.5 угловых минут в наведении космической антенны «Радиоастрона». Ввод коррекции в

наведение антенны позволило повысить чувствительность в два раза.

Результаты работы могут быть использованы в астрономических учреждениях, где ведутся исследования по внегалактическим радиоисточникам и по радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами (Институт прикладной астрономии РАН, Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Институт космических исследований РАН, Астрокосмический центр ФИАН, ГАИШ МГУ и др.).

Результаты апробированы на 12 научных конференциях, в том числе на восьми международных. По теме диссертации опубликованы 6 работ в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертаций (Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Astrophysical Journal, Космические исследования, Вестник НПО имени С.А. Лавочкина).

Автореферат полно и правильно отражает содержание диссертации.

Из вышеизложенного следует, что представленная работа, безусловно, соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 «Астрофизика и звёздная астрономия» и автор работы **ЛИСАКОВ Михаил Михайлович** заслуживает присуждения ему искомой степени.

Отзыв на диссертационную работу **М.М. Лисакова** обсуждён и одобрен на заседании Координационного Совета ГАИШ МГУ по астрофизике 18 октября 2017 года, протокол № 101

Отзыв составил

председатель Координационного Совета
ГАИШ МГУ по астрофизике,
заведующий отделом радиоастрономии ГАИШ МГУ
(119991, Москва, Университетский проспект, 13),
доктор физ.-мат. наук

Г.М. Рудницкий

Секретарь Координационного Совета
ГАИШ МГУ по астрофизике,
кандидат физ.-мат. наук

И.Б. Волошина

Директор ГАИШ МГУ,
академик РАН

А.М. Черепашук