

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д002.023.01 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ «ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ФИАН) ПО ДИССЕРТАЦИИ НА  
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

Аттестационное дело № \_\_\_\_\_

Решение диссертационного от 10.11.2017 № 2.

О присуждении Лисакову Михаилу Михайловичу, Российская Федерация, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование вспышечной активности квазара 3C 273 на наземных и космических телескопах» по специальности 01.03.02 (астрофизика и звездная астрономия) принята к защите 15 июня 2017 года, протокол № 1742, диссертационным советом Д002.023.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской Академии наук», 119991, Москва, Ленинский проспект, дом 53, ФИАН, приказ 105/нк от 11.04.2012 г. Минобрнауки России.

Соискатель Лисаков Михаил Михайлович, родился 21 мая 1986 года, в 2009 году окончил Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, физический факультет, по специальности «астрономия». 26 октября 2009 года поступил в заочную аспирантуру Физического института им. П.Н.Лебедева Российской Академии наук (ФИАН), которую окончил 25 октября 2013 г. Работает младшим научным сотрудником лаборатории внегалактической радиоастрономии отдела космической радиоастрономии Астрокосмического центра ФИАН с 2009 года по настоящее время.

Диссертация выполнена в Астрокосмическом центре Физического института им. П.Н. Лебедева Российской Академии наук.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН Ковалев Юрий Юрьевич, профессор РАН, заведующий лабораторией внегалактической радиоастрономии АКЦ ФИАН.

**Официальные оппоненты:**

1. Ларионов Валерий Михайлович, Российская Федерация, доктор физико-математических наук, профессор Санкт-Петербургского государственного университета, заведующий лабораторией наблюдательной астрофизики Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург, и

2. Верховданов Олег Васильевич, Российская Федерация, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории радиоастрофизики Специальной астрофизической обсерватории РАН, пос. Нижний Архыз, Карачаево-Черкесской Республики РФ,

дали положительные отзывы и указали, что представленная диссертация удовлетворяет требованиям к кандидатской диссертации.

**Ведущая организация** Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова (Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга, ГАИШ МГУ), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанным Черепашуком Анатолием Михайловичем, академиком РАН, директором ГАИШ МГУ, и утвержденным Федяниным Андреем Анатольевичем, доктором физико-математических наук, проректором МГУ им. М.В. Ломоносова, указала, что диссертация полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия.

**Соискатель имеет 6 опубликованных работ**, из них по теме диссертации опубликовано 6 научных работ общим объёмом 4.2 печатных листов (т.е. 67 страниц в 6 публикациях всего), в том числе **6 статей (4.2 печатных листов, т.е. 67 страницы в этих публикациях) в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, включенных в Перечень для опубликования основных научных результатов диссертаций** (см. п. 11-13 действующего *Положения о присуждении ученых степеней*).

**Наиболее значительные научные работы** по теме диссертации (из числа рецензируемых научных изданий, рекомендованных в Перечне, согласно п. 11-13 *Положения*):

1. A connection between gamma-ray and parsec-scale radio flares in the blazar 3C 273. / Lisakov, M.M., Kovalev, Y.Y., Savolainen, T. et al. (5 авторов всего) / Mon. Not. Royal Astron. Soc. Vol. 468, pp. 4478-4493 (2017).

2. Extreme brightness temperatures and refractive substructure in 3C 273 with RadioAstron. / Johnson M.D., Kovalev Y.Y., Gwinn, C.R., ..., Lisakov M.M. (11 авторов всего) // *Astrophys. J.* Vol. 820, L10, 6 страниц (2016).

3. RadioAstron observations of the quasar 3C 273: A challenge to the brightness temperature limit. / Kovalev Y.Y., Kardashev, N.S., Kellermann K.I., ..., Lisakov M.M., et al. (20 авторов всего) // *Astrophys. J.*, Vol. 820, L9, 6 страниц (2016).

4. Работа системы ориентации космического аппарата "СПЕКТР-Р". / Лисаков М.М., Войнаков С.М., Сыров А.С. и др. (11 авторов всего) // *Космические исследования*, Т. 52, С. 399-407 (2014).

5. Проект "Радиоастрон". Измерения и анализ основных параметров космического телескопа в полете в 2011-2013 гг. / Ковалев Ю.А., Васильков В.И., Попов М.В., ..., Лисаков М.М. и др. (11 авторов всего) // *Космические исследования*, Т. 52, С. 430-439 (2014).

6. «Радиоастрон»: итоги выполнения научной программы исследований за 5 лет полета. / Кардашев Н.С., Алакоз А.В., Андрианов А.С., ..., Лисаков М.М. и др. (39 авторов всего) // *Вестник НПО им. С.А. Лавочкина*, No. 3, С. 4-24 (2016).

**На диссертацию и автореферат другие отзывы не поступили.**

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** темой исследований, высокой компетентностью, профессиональными должностными обязанностями и наличием публикаций оппонентов и сотрудников ведущей организации по тематике, близкой к теме диссертационной работе.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

- Показано, что область гамма-излучения 3С 273 локализована вблизи начала релятивистской струи, на расстоянии 2-7 пк выше по течению струи относительно видимого начала на длине волны 7 мм. Это указывает на значительный вклад низкоэнергичных фотонов от аккреционного диска, тора или области широких эмиссионных линий в формирование гамма-излучения при обратном комптоновском рассеянии на релятивистских электронах. Самые мощные вспышки в гамма- и радиодиапазонах ассоциированы с одним возмущением, распространяющимся вдоль струи релятивистской плазмы. Измерено смещение видимого начала струи на 4.4 пк во время вспышки на длине волны 7 мм.

- Обнаружено нарушение известного предела на яркостную температуру, вызванного потерями энергии электронов на обратное комптоновское рассеяние. Существующие модели излучения релятивистских струй требует пересмотра, чтобы объяснить высокие наблюдаемые яркостные температуры компактной детали в струе 3С 273, которые превышают величину  $10^{13}$  К на протяжении, по крайней мере, нескольких месяцев. Показано, что равнораспределение между плотностями энергии частиц и магнитного поля однозначно нарушается. Прямая и косвенная оценки видимой (кажущейся) скорости  $\delta c - 12c$  движения плазмы в струе (где  $c$  - скорость света) не подтверждают экстремально высокого релятивистского усиления, необходимого для объяснения наблюдаемой экстремальной яркости 3С 273.

- В наблюдениях на длине волны 18 см с «Радиоастроном» обнаружена субструктура рефракционного рассеяния - впервые для внегалактического источника. Показано, что с учётом субструктуры рассеяния яркостная температура на длине волны 18 см должна быть примерно равна или выше  $7 \times 10^{12}$  К.

- Показано, что область перехода от оптически толстого к оптически тонкому излучению в 3С 273 имеет протяжённость около 7 пк вдоль струи для частот 43-24 ГГц. В протяжённой структуре струи на масштабах десятков угловых миллисекунд измерено укрупнение спектра  $0.001 \text{ пк}^{-1}$  с расстоянием вдоль струи, одинаковое на частотах 15-8 ГГц и 8-5 ГГц. Это может свидетельствовать в пользу доминирования адиабатических потерь над радиационными в этой области.

### **Научная новизна и практическая значимость работы.**

В диссертации использованы данные, полученные с помощью уникального наземно-космического интерферометра «Радиоастрон». Он позволяет достичь рекордного углового разрешения вплоть до 7 микросекунд дуги. Благодаря этому, на длинах волн 1.35, 6 и 18 см в компактной детали струи 3C 273 были впервые обнаружены экстремальные яркостные температуры, которые поддерживались на уровне  $>10^{13}$  К по крайней мере на протяжении нескольких месяцев. Кроме того, впервые с высокой вероятностью была обнаружена субструктура рассеяния излучения протяжённого внегалактического источника на межзвёздной среде, которая может приводить к ошибочной интерпретации результатов детектирования интерференционного сигнала на наземно-космических базах как истинного излучения источника на длинах волн больше 6 см. Результаты, полученные для источника 3C 273, могут быть обобщены и использованы для квазаров, как класса объектов.

Один из открытых фундаментальных вопросов физики релятивистских выбросов в активных галактических ядрах – связь излучения в разных диапазонах электромагнитного спектра. Выбор между моделями генерации высокоэнергетичного излучения зависит от того, из которой части струи это излучение приходит. Данная работа позволила ответить на вопрос о локализации области гамма-излучения в парсековой структуре релятивистского выброса на примере близкого квазара, а также указать наиболее вероятные источники затравочных фотонов, участвующих в обратном комптоновском рассеянии. Методами многочастотного РСДБ такой анализ для 3C 273 проводится впервые.

С помощью разработанного диссертантом метода измерения параметров кинематики по группе компонент впервые удалось измерить значимое видимое смещение положения ядра во время вспышки, используя данные наблюдений без привязки абсолютного значения фазы, что может существенно упростить обнаружение данного эффекта в других источниках. Впервые измерена протяжённость области, в которой происходит просветление вещества струи для радиоизлучения вблизи видимого начала релятивистской струи. Скорость видимого движения вещества струи была независимо измерена новым методом по последовательным вспышкам в стационарных деталях струи 3C 273 на длине волны 7 мм предложенным новым методом. Оценённая таким образом скорость оказалась в 1.5 раза выше видимой скорости движения компонент, что может указывать на недооценку величины релятивистского усиления.

По результатам юстировочных наблюдений космического телескопа (КРТ) проекта «Радиоастрон» была измерена поправка наведения КРТ, равная 2.5'. Коррекция этого отклонения в виде постоянной поправки ко всем последующим наведениям КРТ позволила повысить чувствительность интерферометра «Радиоастрон» в 1.5 раза на длине волны 1.35 см. Также было показано, что

построение ориентации по звёздным датчикам происходит с точностью лучше 1.5" и не зависит от количества используемых астродатчиков, а поддержание ориентации сохраняется на уровне 0.2" за время типичного интерферометрического наблюдения.

Результаты могут применяться отечественными и зарубежными пользователями наземно-космического интерферометра «Радиоастрон», а также в других работах, проводимых в ФИАН, Институте космических исследований РАН, Специальной астрофизической обсерватории РАН, Главной (Пулковской) астрономической обсерватории РАН, Государственном астрономическом институте им. П.К. Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургском государственном университете, Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе РАН, Московском физико-техническом институте, в других отечественных и зарубежных астрономических организациях.

**Достоверность полученных результатов** основана на использовании современных телескопов и интерферометров, надежность работы которых подтверждена многочисленными исследованиями во всем мире; использовании современных методик обработки, анализа данных и проверки достоверности статистических гипотез. Результаты проведенных исследований доложены на всероссийских и международных конференциях с участием ведущих ученых, и опубликованы в ведущих международных журналах и изданиях.

**Личный вклад автора** во всех результатах, выносимых на защиту, является основным или равным вкладу соавторов и включает участие в постановке задачи, выборе источников, сборе и систематизации наблюдательных данных, разработке программного обеспечения, проведении амплитудной калибровки наземно-космического интерферометра, обнаружении и устранении систематической погрешности наведения КРТ, моделировании структуры струи 3C 273, анализе кинематики компонент, построении и анализе карт спектрального индекса, проведении моделирования и оценки параметров квазара, обсуждении, формулировании выводов и подготовке публикаций. Форма ссылок и информация в тексте работы позволяют отличать вклад и результаты, полученные лично диссертантом, от полученных в соавторстве и другими авторами.

**Полнота изложения материалов и диссертации в работах, опубликованных соискателем.** Основные результаты, представленные в диссертации, изложены в 6 научных публикациях в рецензируемых ведущих отечественных и зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией (ВАК) при Министерстве образования и науки РФ. Содержание и материалы работы изложены четко и корректно.

**Апробация результатов.** Результаты диссертации обсуждались и были представлены на семинарах и научных сессиях АКЦ ФИАН, а также на четырёх научных конференциях в России и семи международных научных конференциях за рубежом.

**На заседании 10 ноября 2017 года диссертационный совет принял решение присудить Лисакову Михаилу Михайловичу ученую степень кандидата физико-математических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 17 докторов наук по специальности 01.03.02, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени	17,
против присуждения учёной степени	0,
недействительных бюллетеней	0.

Председатель диссертационного совета  
академик РАН

Н.С. Кардашев

Ученый секретарь диссертационного совета  
д.ф.-м.н.  
10.11.2017 г.

Ю.А. Ковалев