

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 24.1.262.02,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ  
П.Н. ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ФИАН) ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 15 апреля 2026 года № 1

О присуждении Бутузовой Марине Сергеевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук

Диссертация «Джеты активных ядер галактик на различных пространственных масштабах: форма, ориентация, физические условия и переменность наблюдаемых параметров» по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия» принята к защите 23 декабря 2025 г., протокол № 2542, диссертационным советом Д 24.1.262.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской академии наук, 119991, Москва, Ленинский проспект, дом 53, ФИАН, приказ № 1970/нк от 18.10.2023 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Соискатель Бутузова Марина Сергеевна, 1986 года рождения, в 2008 году с отличием окончила Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина по специальности «Астрономия». Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему «Физические параметры килопарсековых джетов квазаров, определяемые по радио- и рентгеновскому излучению» защитила в 2012 году в специализированном ученом совете Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. Диплом о присуждении ученой степени кандидата физико-математических наук ДК № 008564 выдан 26 сентября 2012 года. В период подготовки диссертации работала в должности старшего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Крымская астрофизическая обсерватория Российской академии наук».

Диссертация выполнена в отделе радиоастрономии и геодинамики Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Крымская астрофизическая обсерватория Российской академии наук».

Официальные оппоненты:

Барков Максим Владимирович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отдела физики и эволюции звезд Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт астрономии Российской академии наук, г. Москва;

Иванчик Александр Владимирович, доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, г. Санкт-Петербург;

Трушкин Сергей Анатольевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией радиоастрофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук, пос. Нижний Архыз; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, составленном профессором кафедры астрофизики, д.ф.-м.н. Д.И. Нагирнером и ведущим научным сотрудником, к.ф.-м.н. С.С. Савченко, принятом на заседании кафедры астрофизики СПбГУ (протокол № 44/8/2-02-2 от 24 марта 2026 г.), заключила, что диссертация по актуальности, объему проделанной работы, достоверности и значимости полученных результатов полностью соответствует всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Бутузова Марина Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия». Отзыв ведущей организации подписан и.о. заведующего кафедрой астрофизики, профессором В.П. Решетниковым и утвержден и.о. проректора по научной работе Санкт-Петербургского государственного университета Е.В. Лебедевой.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается темой исследований, высокой компетентностью, профессиональными должностными обязанностями и наличием публикаций оппонентов и сотрудников ведущей организации по вопросам диссертационной работы.

Соискатель Бутузова М.С. имеет 24 публикации, из них по теме диссертации опубликовано 18 работ в рецензируемых изданиях, индексируемых базами данных Web of Science и Scopus, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Минобрнауки РФ. Содержание диссертационной работы М.С. Бутузовой изложено доступно, корректно и полно. В работах представлены все основные положения диссертации. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения о работах, опубликованных соискателем ученой степени. В 11 статьях соискатель является первым автором. Вклад соискателя в опубликованные работы является основным или равным вкладу соавторов. В работе имеется достаточное число ссылок на работы других авторов.

Основные работы соискателя М.С. Бутузовой по теме диссертации, опубликованные в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Butuzova M. S. Search for differences in the velocities and directions of the kiloparsec-scale jets of quasars with and without X-ray emission // *Astronomy Reports*. – 2016. – V. 60, Is. 3. – P. 313-321.

2. Butuzova M. S. Geometrical and kinematic parameters of the jet of the blazar S5 0716+71 in a helical-jet model // *Astronomy Reports*. – 2018. – V. 62, Is. 2. – P. 116-122.

3. Butuzova M. S. Periods of the long-term variability of the blazar 0716+714 and their inter-correlations in a helical jet model // *Astronomy Reports*. – 2018. – V. 62, Is. 10. – P. 654-663.

4. Pushkarev A. B., Butuzova M. S., Kovalev Y. Y., Hovatta T. Multifrequency study of the gamma-ray flaring BL Lacertae object PKS 2233-148 in 2009-2012 // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. – 2019. – V. 482, Is. 2. – P. 2336-2353.

5. Butuzova M. S., Pushkarev A. B. Inverse Compton Scattering of the Central Source Photons as an X-Ray Emission Mechanism on Kiloparsec Scales in PKS 1127-145 // *The Astrophysical Journal*. – 2019. – V. 883, Is. 2. – P. 131-141.

6. Butuzova M. S., Pushkarev A. B., Shablovinskaya E. S., Nazarov S. V. Inverse Compton Scattering of Radiation from a Central Source as a Possible Mechanism for the Formation of X-Ray Radiation from Kiloparsec Jets of Core-Dominated Quasars // *Astronomy Reports*. – 2020. – V. 64, Is. 11. – P. 894-914.

7. Butuzova M. S., Pushkarev A. B. Is OJ 287 a Single Supermassive Black Hole? // *Universe*. – 2020. – V. 6, Is. 11. – id. 191.

8. Butuzova M. S. A geometrical interpretation for the properties of multiband optical variability of the blazar S5 0716+714 // *Astroparticle Physics*. – 2021. – V. 129. – id. 102577.

9. Butuzova M. S. The Blazar OJ 287 Jet from Parsec to Kiloparsec Scales // *Astronomy Reports*. – 2021. – V. 65, Is. 8. – P. 635-644.

10. Gorbachev M. A., Butuzova M. S., Sergeev S. G., Nazarov S. V., Zhovtan A. V. Long-term Multiband Optical Variability of Blazar S5 0716+714 // *The Astrophysical Journal*. – 2022. – V. 928, Is. 1. – P. 86-104.

11. Butuzova M. S. The Observed Polarization Direction Depending on Geometrical and Kinematic Parameters of Relativistic Jets // *Astronomy Reports*. – 2022. – V. 66, Is. 10. – P. 845-871.

12. Butuzova M. S., Pushkarev A. B. Configuration of the global magnetic field in AGN parsec-scale jets // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. – 2023. – V. 520, Is. 4. – P. 6335-6349.

13. Gorbachev M. A., Butuzova M. S., Nazarov S. V., Zhovtan A. V. Evidence of jet-caused 12-year optical periodicity of blazar OJ 287 // *Astroparticle Physics*. – 2024. – V. 160. – id. 102965.

14. Butuzova M. S., Guseva V. A., Gorbachev M. A., Krivenko A. S., Nazarov S. V. A new method for studying the blazar variability on the shortest time scales and its application to S5 1803+784 // *Journal of High Energy Astrophysics*. – 2025. – V. 45. – P. 19.

На диссертацию поступили положительные отзывы официальных оппонентов и ведущей организации.

В отзыве **оппонента д.ф.-м.н. Баркова М.В.** отмечена актуальность темы, важность исследования физики активных ядер галактик и джетов. Подчеркивается, что диссертантом разработана модель винтового джета с нерадиальным движением компонентов, успешно примененная к интерпретации наблюдательных данных, а также предложен новый метод исследования переменности блазаров. Высказан ряд замечаний, касающихся

обоснования некоторых формул, интерпретации магнитных полей, оценок параметров, учета релятивистских эффектов, а также редакционных опечаток.

В отзыве **оппонента д.ф.-м.н. Иванчика А.В.** работа оценивается как актуальная и значимая, подчеркивается, что получены новые важные научные результаты, включая модель винтового джета, доказательство присутствия хорошо упорядоченного глобального магнитного поля в джетах на парсековых масштабах, а также метод определения кратчайшего времени переменности. Высказаны замечания по описанию формул, качественному характеру некоторых выводов, формулировке положений, а также стилистические замечания.

В отзыве **оппонента д.ф.-м.н. Трушкина С.А.** отмечается, что диссертационная работа посвящена актуальной теме, имеет научную новизну и практическую значимость. Подчеркивается успешное применение разработанной модели винтового джета для объяснения наблюдаемых свойств блазаров. Высказаны отдельные замечания по терминологии и оформлению, не влияющие на общую высокую оценку работы.

В отзыве **ведущей организации (СПбГУ)** говорится, что диссертация М.С. Бутузовой вносит значимый вклад в астрофизику галактических джетов, расширяя представления об их природе. Отмечено, что работа содержит новые важные результаты, включая разработку модели винтового джета, исследование поляризационных свойств, анализ переменности и механизмов рентгеновского излучения. Высказаны замечания, касающиеся отсутствия краткого теоретического описания эффектов, структуры диссертации, некоторых неточностей в формулировках и оформлении.

Во всех отзывах отмечается, что имеющиеся замечания носят рекомендательный характер и не влияют на значимость и высокую оценку диссертационной работы М.С. Бутузовой, а соискатель, безусловно, заслуживает присуждения ей ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия». Соискателем были представлены полные ответы на все высказанные в отзывах замечания.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**Разработана** и успешно применена для описания наблюдаемых свойств блазаров модель винтового парсекового джета с нерадиальным движением компонентов.

**Дана интерпретация** различному поведению наблюдаемых свойств блазаров в разные интервалы времени, включая различия в видимых скоростях компонентов и чередование периодов корреляции между наблюдаемыми величинами.

**Впервые предложен** способ определения угла между вектором скорости компонента джета и радиальным направлением из отношения наибольшей и наименьшей видимой скорости.

**Показано**, что наблюдаемые свойства блазара OJ 287 от парсековых до килопарсековых масштабов могут быть обусловлены прецессией винтового джета, образованного развитием неустойчивости Кельвина-Гельмгольца, с периодом около 1200 лет. Эта прецессия является результатом эффекта Лензе-Тирринга в системе одиночной сверхмассивной черной дыры.

Для блазара S5 0716+714 **впервые предложена** единая модель образования переменности, описывающая поведение спектра излучения на масштабах от суток до десятков лет, основанная на появлении и эволюции субкомпонентов в потоке джета.

**Предложен** и успешно применен метод определения кратчайшего времени переменности с высоким уровнем статистической значимости.

**Получены** убедительные доказательства присутствия хорошо упорядоченного глобального магнитного поля в джетах на парсековых масштабах на основе сопоставления данных поляризационных РСДБ-наблюдений с результатами моделирования.

**Впервые показано**, что по асимметрии поперечного распределения направлений электрического вектора невозможно однозначно определить направление закрутки винтового магнитного поля.

**Впервые продемонстрировано** существенное изменение свойств поляризации в зависимости от геометрических и кинематических параметров джета при фиксированной топологии магнитного поля.

На большой выборке объектов **доказано**, что скорость и направление килопарсекового джета не являются параметрами, определяющими возможность его детектирования в рентгеновском диапазоне.

Для ряда квазаров **подтверждено или впервые показано**, что рентгеновское излучение ближних узлов килопарсековых джетов образуется вследствие обратного комптоновского рассеяния излучения парсекового джета, и на этой основе разработан метод определения скорости и угла с лучом зрения килопарсековых джетов.

Диссертационный совет подтверждает, что все перечисленные выше результаты соискателя и выносимые на защиту положения являются новыми.

Значение полученных соискателем результатов состоит в том, что они вносят существенный вклад в понимание геометрии, динамики и физических условий в релятивистских джетах активных ядер галактик на различных пространственных масштабах. Предложенные модели и методы могут быть использованы для интерпретации наблюдательных данных радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами, фотометрического мониторинга, а также для планирования будущих наблюдений. Результаты имеют значение для развития эволюционных моделей галактик и для многоканальной астрономии, включая прогнозирование событий гравитационно-волновых и нейтринных обсерваторий.

Оценка **достоверности** результатов исследования:

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием стандартных математических методов при моделировании, аналитических методов кинетической теории, а также надежных наблюдательных данных, полученных на инструментах мирового уровня (VLBI, Chandra, оптические телескопы). Результаты апробированы на российских и международных конференциях, опубликованы в ведущих рецензируемых журналах и цитируются научным сообществом.

**Личный вклад** соискателя состоит в непосредственной разработке модели винтового джета с нерадиальным движением компонентов, выполнении численного моделирования свойств поляризации, обработке и интерпретации наблюдательных данных, получении аналитических выражений для обратного комптоновского рассеяния, формулировке выводов и подготовке публикаций. Вклад диссертанта в опубликованные работы является определяющим.

Диссертационный совет считает, что диссертация Бутузовой Марины Сергеевны «Джеты активных ядер галактик на различных пространственных масштабах: форма, ориентация, физические условия и переменность наблюдаемых параметров» является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором теоретических и наблюдательных исследований разработаны новые научно обоснованные положения, совокупность которых можно квалифицировать как крупное научное достижение в области астрофизики. Результаты диссертации вносят значительный вклад в развитие астрофизики высоких энергий и имеют важное практическое значение для интерпретации и планирования наблюдений на существующих и перспективных астрономических инструментах.

Диссертация Бутузовой М.С. соответствует паспорту специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия» в части пп. 1-3, 12:

*«Исследование физических процессов, связанных с генерацией излучения (электромагнитного, корпускулярного, гравитационного), распространения и поглощения излучения в космических средах; разработка методов анализа излучения в различных спектральных и энергетических диапазонах в применении к астрономическим наблюдениям и физическим измерениям.*

*Исследования движения, физических и физико-химических свойств космических объектов, межпланетной, околозвёздной, межзвёздной и межгалактической среды, базирующиеся на астрономических наблюдениях и физических измерениях.*

*Изучение происхождения, структуры, движения и эволюции космических объектов на базе физических теорий, астрономических наблюдений и физических измерений.*

*Теоретические и экспериментальные исследования космической плазмы.»* и отрасли физико-математических наук в части практического значения специальности 1.3.1, заключающегося в исследовании вещества в экстремальных состояниях (по плотности, температуре, степени намагниченности и другим физическим параметрам), недоступных для экспериментальной физики.

На заседании, проведенном 15 апреля 2026 года в удаленном интерактивном режиме в соответствии с п. 22 Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени

доктора наук, утвержденного Приказом Минобрнауки России № 1093 от 10 ноября 2017 года (с изменениями и дополнениями от 24 февраля, 7 июня 2021 г., 24 октября, 14 декабря 2022 г., 21 июня, 14 декабря 2023 г.), диссертационный совет Д 24.1.262.02 принял решение присудить Бутузовой Марине Сергеевне ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования, с использованием информационно-коммуникационных технологий, диссертационный совет в количестве 16 человек (в т.ч. участвующих в удаленном интерактивном режиме – 7), из них 13 докторов наук и 3 кандидата наук по специальности 1.3.1, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за – 15,  
против – 0,  
недействительных бюллетеней – 1.

Председатель заседания,  
зам. председателя диссертационного  
совета, д.ф.-м.н.

Лихачев С.Ф.

Секретарь заседания,  
ученый секретарь диссертационного  
совета, к.ф.-м.н.

Шахворостова Н.Н.

15 апреля 2026 г.