

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д24.1.262.02,
СОЗДАННОГО 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 совета от 3 апреля 2024 года № 1

О присуждении Зобниной Дарье Игоревне, гражданке Российской Федерации,
ученой степени кандидата физико – математических наук

Диссертация «Многодиапазонные исследования линейной поляризации и ее переменности в активных ядрах галактик» по специальности 1.3.1 – “Физика космоса, астрономия” принята к защите 10 января 2024 г., протокол №2312, диссертационным советом Д24.1.262.02, 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 Зобнина Дарья Игоревна, 1994 года рождения, в 2018 году окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», физический факультет, по специальности «Астрономия». Д.И. Зобнина обучалась в очной аспирантуре ФИАН в период с 24 октября 2018 г. по 23 октября 2022 г. по специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия». Справка об обучении в аспирантуре и сдаче кандидатских экзаменов № 31-22 выдана 12 октября 2022 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук. В настоящее время соискатель работает младшим научным сотрудником в Физическом институте им. П.Н.Лебедева РАН.

Диссертация выполнена в Физическом институте им. П.Н.Лебедева РАН.
Научный руководитель: Пушкарев Александр Борисович, доктор физико-математических наук, профессор РАН, ведущий научный сотрудник

лаборатории радиоастрономии и внегалактических исследований Крымской астрофизической обсерватории РАН.

Официальные оппоненты:

Байкова Аниса Талгатовна, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Главной (Пулковской) астрономической обсерватории РАН (ГАО РАН), г. Санкт-Петербург;

Сотникова Юлия Владимировна, кандидат физико-математических наук, заместитель директора по научной работе Специальной астрофизической обсерватории РАН, Нижний Архыз, Зеленчукский район, Карачаево-Черкесская республика,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова» (Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга), г. Москва, в своем положительном отзыве, составленным и принятым на заседании Координационного Совета по астрофизике ГАИШ МГУ, подписанным председателем Совета, доктором физико-математических наук А.С. Гусевым, директором ГАИШ МГУ доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом РАН К.А. Постновым и утвержденным проректором МГУ имени М.В. Ломоносова профессором А.А. Федяниным, заключила, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, отвечающую всем требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а ее автор, Зобнина Дарья Игоревна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия».

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.

Результаты диссертационной работы Д.И. Зобниной изложены в трёх научных публикациях в рецензируемых изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией. Содержание диссертационной работы Д.И.

Зобниной изложено доступно, корректно и полно. В работах представлены основные положения диссертации. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения о работах, опубликованных соискателем учёной степени. Во всех работах вклад соискателя является основным или равным вкладу соавторов.

Работы соискателя Д.И. Зобниной по теме диссертации, опубликованные в рецензируемых изданиях:

1. Kovalev Y. Y., **Zobnina D. I.**, Plavin A. V., Blinov D. *Optical polarization properties of AGNs with significant VLBI-Gaia offsets* // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. — 2020. — Vol. 493, no. 1. — P. L54–L58. — DOI: 10.1093/mnras/slaa008.

2. Pushkarev A. B., Aller H. D., Aller M. F., Homan D. C., Kovalev Y. Y., Lister M. L., Pashchenko I. N., Savolainen T., **Zobnina D. I.** *MOJAVE XX. Persistent linear polarization structure in parsec-scale AGN jets* // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. — 2023. — Vol. 520, no. 4. — P. 6053–6069. — DOI: 10.1093/mnras/stad525.

3. **Zobnina D. I.**, Aller H. D., Aller M. F., Homan D. C., Kovalev Y. Y., Lister M. L., Pashchenko I. N., Pushkarev A. B., Savolainen T. *MOJAVE - XXI. Decade-long linear polarization variability in AGN jets at parsec scales* // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. — 2023. — Vol. 523, no. 3. — P. 3615–3628. — DOI: 10.1093/mnras/stad1481.

На диссертацию поступили положительные отзывы официальных оппонентов и ведущей организации, а также положительный отзыв на автореферат.

В отзыве **оппонента д.ф.-м.н. Байковой А.Т.** отмечено, что диссертационная работа посвящена решению двух задач: исследование свойств оптической линейной поляризации активных ядер галактик (АЯГ) со значимыми радио-оптическими сдвигами положений и исследование усредненной по времени линейной поляризации и ее переменности в парсековых джетах АЯГ на радиочастоте 15 ГГц по данным РСДБ-программы долгосрочного мониторинга MOJAVE. В отзыве подчеркивается практическая значимость работы, которая заключается, во-первых, в подтверждении гипотезы о наличии яркого протяженного оптического джета в АЯГ со значимыми радио-оптическими сдвигами положений, а во-вторых, в представлении богатейшего материала в виде полученных диссертантом карт более чем 400 АЯГ, что важно

для последующей интерпретации физических процессов в струе. В отзыве подчеркивается, что полученные диссертантом результаты исследования поляризации излучения как вдоль, так и поперек струи АЯГ существенно дополняют традиционный в РСДБ анализ источников в полной интенсивности и тем самым способствуют углублению наших знаний о физической природе центральных областей АЯГ. Они являются значимыми для исследования крупномасштабного магнитного поля в этих объектах, для совершенствования физических моделей релятивистских струй и аккреционных дисков, а также показывают важность многоэпоховых наблюдений по сравнению с одноэпоховыми. Отмечено, что работа хорошо оформлена, написана хорошим научным языком, содержит большое количество иллюстративного материала, содержит минимум опечаток. Замечаний по существу диссертации нет.

В отзыве **оппонента к.ф.-м.н. Сотниковой Ю.В.** говорится, что работа посвящена актуальной задаче поиска АЯГ со значимыми радио-оптическими сдвигами положений, исследованиям свойств оптической линейной поляризации и ее переменности в парсековых джетах. Подчеркивается научная новизна работы, которая заключается в исследовании структуры и физических условий в системе “аккреционный диск — джет” на основе данных о линейной поляризации в оптическом диапазоне и о сдвиге радио-оптических положений АЯГ, получении информации о конфигурации магнитных полей в релятивистских джетах объектов, проведении массового анализа переменности линейной поляризации на представительной выборке ярких АЯГ. Отмечено, что представленный в исследовании анализ проведен на основе обширного экспериментального материала, полученного в рамках крупного проекта по исследованию АЯГ – MOJAVE. В отзыве говорится, что диссертация изложена ясным научным языком, применяемые методы и алгоритмы описаны детально, используемые подходы четко обоснованы. Высказано несколько замечаний по содержанию работы. Так, в Главе 1 недостаточно полно раскрыта информация об ошибках измерений координат. Не обсуждается возможное влияние переменности излучения АЯГ на выявленные радио-оптические сдвиги. Не анализируется абсолютное расстояние в системе отчета источника в случае известного значения красного смещения z , что было бы полезно. В Главе 2 недостаточно раскрыт и обоснован интересный вывод о спиральном магнитном поле в парсековой струе и возможном наличии оболочки. Остальные замечания носят редакционный характер.

В отзыве **ведущей организации Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга МГУ им. М.В. Ломоносова** говорится, что

диссертационная работа Д.И. Зобниной представляет значительный вклад в исследование релятивистских джетов от активных ядер галактик, в первую очередь, в изучение свойств магнитного поля, оказывающего определяющее влияние на поведение джетов. Отмечены следующие достижения. Используя данные наблюдений в оптическом и радиодиапазонах, диссертант смог разработать метод разделения вкладов аккреционного диска и парсекового джета в полное оптическое излучение АЯГ. Анализ диссертантом наблюдений показал, что стабильность направления поляризации и степень поляризации растёт по мере удаления от ядра, что указывает на увеличение упорядоченности и стабильности направления магнитного поля. Было показано, что распределения усредненной по эпохам степени и направления поляризации на 15 ГГц поперек парсековой струи связаны, причем зависимости различаются для квазаров и лацертид. Эта установленная связь проливает свет на поперечное распределение магнитного поля в джете и его структуру. В отзыве подчеркивается, что статьи Д.И. Зобниной по теме диссертации имеют на данный момент 28 цитирований, что указывает на научный и практический интерес в астрономическом сообществе. Высказан ряд замечаний редакционно-стилистического характера, связанных с использованием англицизмов, неточным определением некоторых терминов, громоздкостью работы (разбиение на две главы вместо более логичных трех глав). По существу высказаны следующие замечания. Недостаточно чётко описано влияние фарадеевского вращения на наблюдаемую поляризацию. Не уделено внимание обсуждению интересного результата о том, что степень поляризации на краях джета стремится к величинам 60-80%, что близко к теоретически возможному пределу для электронов, распределённых по степенному закону в однородном магнитном поле. Утверждение на стр. 46 приведено без обоснования: «Ширина джета на таких изображениях зависит от продолжительности мониторинга АЯГ: чем дольше наблюдается источник, тем шире детектируется струя, пока не проявится вся ее поперечная структура».

Во всех отзывах отмечается, что перечисленные замечания носят рекомендательный характер и не влияют на значимость и высокую оценку диссертационной работы Зобниной Д.И., а соискатель, безусловно, заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия». Соискатель представила полные ответы на все высказанные в отзывах замечания.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Изучены конфигурация и степень упорядоченности магнитного поля релятивистской струи активного ядра галактики, а также изменения со временем этих характеристик поля вдоль и поперек струи. **Показано**, что наблюдения в нескольких диапазонах электромагнитного спектра, в данном случае в радио и оптическом, позволяют исследовать структуру и физические условия в системе «аккреционный диск — струя». **Установлено**, что источники со значимыми радио-оптическими сдвигами положений вниз по выбросу имеют большую степень поляризации, чем объекты, у которых положение в оптическом диапазоне ближе к центральной машине. Тем самым, **подтверждена гипотеза** о том, что аккреционный диск, доминирующий в полном оптическом излучении, смещает центроид изображения ближе к началу джета и порождает сдвиг РСДБ–Gaia в этом направлении, а оптический протяженный выброс — наоборот, что способствует возникновению сдвига вниз по струе. **Показано**, что переменность направления поляризации в РСДБ-ядрах квазаров выше, чем в лацертидах. **Установлено**, что с удалением от РСДБ-ядра степень поляризации увеличивается до значений 20%–30%, а направление поляризации становится более стабильным. **Получены указания** на существование спирального магнитного поля в струе и оболочки с полоидальным полем вокруг парсекового выброса, образующейся в результате взаимодействия джета с окружающей средой.

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

Значение полученных соискателем результатов исследования состоит в том, что эти результаты важны для более глубокого понимания свойств магнитного поля в релятивистских струях и уточнения моделей релятивистских выбросов, поскольку получены из анализа богатого наблюдательного материала. Результаты диссертанта показывают, что наблюдения в нескольких диапазонах электромагнитного спектра, в данном случае в радио и оптическом, позволяют исследовать структуру и физические условия в системе «аккреционный диск — струя», что служит мотивацией для дальнейших подобных исследований.

Оценка достоверности результатов исследования:

Представленные результаты основаны на использовании данных, полученных на современных инструментах мирового класса апробированными и стандартными астрономическими методами. Полученные результаты проверены стандартными статистическими методами. Достоверность также обеспечивается проведением анализа по статистически полным выборкам и подтверждается успешной апробацией на всероссийских и международных научных конференциях и публикациями в рецензируемых журналах.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в постановке исследовательских задач, выборе методов их решения, анализе полученных данных, обсуждении результатов, формулировке выводов работы, подготовке публикаций. Вклад диссертанта в опубликованные работы является определяющим либо равным вкладу соавторов.

Диссертация Зобниной Д.И. соответствует паспорту специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия» в части п.1-2: *«Исследование физических процессов, связанных с генерацией излучения (электромагнитного, нейтринного, гравитационного), распространения и поглощения излучения в космических средах [...] Исследования физических свойств космических объектов (планет, звёзд, галактик и их систем) межпланетной, околозвёздной, межзвёздной и межгалактической среды, базирующиеся на астрономических наблюдениях»* 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 03 апреля 2024 года диссертационный совет принял решение присудить Зобниной Дарье Игоревне учёную степень кандидата физико-математических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 13 докторов наук и 3 кандидата наук по специальности 1.3.1, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за 16,
против 0,
недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного
совета, д.ф.-м.н., член-корр. РАН

Новиков И.Д.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.ф.-м.н.

Шахворостова Н.Н.

3 апреля 2024 г.