

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации Зобниной Дарьи Игоревны «Многодиапазонные исследования линейной поляризации и ее переменности в активных ядрах галактик», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 «Физика космоса, астрономия»

Диссертационная работа Зобниной Д.И. посвящена изучению физических характеристик, а именно, поляризации и ее изменения во времени релятивистских струй в активных ядрах галактик (АЯГ) по изображениям с высоким угловым разрешением, построенным по данным радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ), а также по измерениям в оптическом диапазоне длин волн с космического телескопа Gaia. Тема изучения релятивистских струй АЯГ в настоящее время не теряет своей **актуальности** несмотря на впечатляющие результаты, полученные на протяжении последних нескольких десятков лет, а данная работа становится еще более **актуальной** благодаря открытию феномена значимых сдвигов в положениях АЯГ в радио и оптическом диапазоне (так называемые сдвиги РСДБ-Gaia) для значительного числа объектов. Изучение этого феномена может существенно продвинуть понимание физических процессов, происходящих во внутренних областях АЯГ и, как следствие, способствовать построению адекватных физических моделей. Без преувеличения можно сказать, что исследования такого рода явлений открывают новое направление в изучении активных ядер галактик.

По существу, диссертационная работа посвящена решению двух задач. Первая задача заключается в исследовании свойств оптической линейной поляризации АЯГ со значимыми радио-оптическими сдвигами положений. Вторая задача заключается в исследовании усредненной по времени линейной поляризации и ее переменности в парсековых джетах АЯГ на радиочастоте 15 ГГц по данным РСДБ-программы долгосрочного мониторинга MOJAVE, имеющим достаточно высокую скважность и покрывающим длительный промежуток времени.

Диссертация **состоит** из введения, двух глав, заключения и приложения. Она изложена на 159 страницах, включает 77 рисунков и 7 таблиц, список литературы содержит 179 наименований.

Поставленные в работе две основные задачи предопределили структуру и содержание диссертации.

Так, в **первой главе** изучаются свойства оптической линейной поляризации АЯГ со значимыми радио-оптическими сдвигами положений, исследуются различия между положением АЯГ в радио и оптическом диапазонах и анализируются их причины. Положение в оптическом диапазоне может сдвигаться к началу выброса, если аккреционный диск вносит доминирующий вклад в оптическое излучение. Смещение этого положения по струе в литературе интерпретируется наличием яркого протяженного оптического джета. Причем для большинства источников со значительным вкладом джета в оптическое излучение была установлена сонаправленность вектора смещения со струей. Проведенный диссертантом тщательный анализ оптической линейной поляризации представительной выборки из 287 источников со значимыми сдвигами РСДБ–Gaia говорит в пользу этой гипотезы, что является важнейшим научным результатом диссертации, имеющим большую **практическую значимость**. Так, мониторинг оптической поляризации источников со значимыми радио-оптическими смещениями положений одновременно с наблюдениями Gaia может быть использован для разделения объектов с доминирующим вкладом аккреционного диска и объектов с доминирующим вкладом релятивистской струи.

Во **второй главе** приводятся результаты исследования усредненной по времени линейной поляризации и ее переменности в парсековых джетах сформированной выборки из 436 АЯГ на частоте 15 ГГц (преимущественно по данным MOJAVE). По многоэпоховым данным диссертантом построены и проанализированы стековые, медианные карты, а также карты линейной поляризации для объектов всей выборки. При этом надо отметить подробное описание диссертантом всей технологии обработки, включающей такие этапы как картографирование, внесение поправок за смещение Райса и систематический сдвиг, оценка неопределенностей полученных изображений на основе Монте-Карло статистического моделирования, Проведенный анализ полученных изображений представляет богатейший материал и тем самым огромную **практическую ценность** для последующих возможных интерпретаций физических процессов в струе.

Полученные диссертантом результаты исследования поляризации излучения как вдоль, так и поперек струи 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.

Научная новизна результатов диссертации определяется тем, что:

- 1) **впервые** выделена выборка из более 200 АЯГ с ярким протяженным оптическим выбросом с использованием данных о линейной поляризации в оптическом диапазоне и радио-оптическом сдвиге положений, применение к которой многодиапазонных методов анализа позволило **впервые** получить информацию о конфигурации магнитного поля в струе. Получена возможность определения доминирующего источника оптического излучения у объектов со значимыми сдвигами РСДБ–Gaia и разделения объектов с доминирующим вкладом аккреционного диска, и объектов с доминирующим вкладом релятивистской струи.
- 2) **впервые** проведен массовый анализ переменности линейной поляризации, медианной по эпохам степени поляризации, стекowych распределений степени, направления и интенсивности поляризации релятивистских выбросов АЯГ на парсековых масштабах на частоте 15 ГГц с использованием данных программы MOJAVE и архивных наблюдений на VLBA с общим временным интервалом до 24 лет и достаточно высокой скважностью, что дало возможность оценить переменность поляризации и ее усредненные по эпохам характеристики с высокой статистической значимостью.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, а также их достоверность. Все результаты диссертации, выносимые на защиту, обоснованы. Достоверность результатов исследования основывается на использовании данных наблюдений, полученных на инструментах мирового класса и традиционных, хорошо апробированных в международной практике методах обработки данных. Высокая статистическая значимость полученных результатов установлена с применением таких стандартных статистических подходов как, например, рандомизированного теста, бутстрапа и Монте-Карло моделирования. Основные результаты диссертации прошли серьезную апробацию на научных конференциях и семинарах, а также в результате публикации их в высокорейтинговых международных журналах.

По существу работы замечаний нет.

Редакционные замечания:

1. Имеется незначительное число опечаток и пунктуационных ошибок.

2. В русском языке нет слова “баис”, многократно используемое в тексте диссертации. Есть русское слово “смещение”.

В целом диссертация написана хорошим научным языком, обстоятельно, с подробным изложением всех важных технических деталей обработки данных, формирования выборок радиоисточников, методов построения и анализа изображений. Диссертация снабжена большим количеством иллюстраций, а также таблиц, в которых отражены результаты обработки и статистического анализа. Все цели диссертации достигнуты, поставленные задачи решены. Каждая глава снабжена обстоятельными выводами. Работа заслуживает самой высокой оценки.

Полнота представления результатов. Результаты диссертации полностью отражены в трех публикациях. Все работы опубликованы в высокорейтинговом международном издании *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, входящем в международные базы данных (WOS, Scopus) и рекомендованном ВАК для представления результатов диссертаций. В одной из работ диссертант является первым автором. Во всех работах **личный вклад автора четко обозначен** как основной или равный вкладу соавторов. Результаты диссертации прошли солидную апробацию на научных семинарах и на 5 Всероссийских и 4 международных конференциях. **Автореферат** правильно отражает содержание диссертации.

Заключение. Все вышеизложенное позволяет заключить, что диссертация Зобниной Дарьи Игоревны «Многодиапазонные исследования линейной поляризации и ее переменности в активных ядрах галактик» является законченным самостоятельным исследованием, выполненным на высоком научном и техническом уровне. Диссертация удовлетворяет всем критериям (п.23 и пп.9-14), установленным Положением ВАК РФ о порядке присуждения степени кандидата наук, а ее автор Зобнина Дарья Игоревна, безусловно, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 «Физика космоса, астрономия».

Официальный оппонент

Байкова А.Т.

Байкова Аниса Талгатовна
доктор физико-математических наук, с.н.с.
01.03.02 – Астрофизика и звездная астрономия
Главный научный сотрудник Лаборатории
динамики Галактики

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория
Российской академии наук
196140, г. Санкт-Петербург, Пулковское шоссе, д.65, кор.1.
Тел. (812) 363 72 07, электронная почта bajkova@gaoran.ru,
anisabajkova@mail.ru.

19 февраля 2024 г.

Подпись А.Т. Байковой удостоверяю,
ученый секретарь ГАО РАН,
кандидат физ.-мат. наук

О. Ю. Барсунова