

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

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 28 сентября 2022 года № 2

О присуждении Попкову Александру Викторовичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Свойства активных ядер галактик, полученные из анализа радионаблюдений их полных выборок» по специальности 01.03.02 «астрофизика и звёздная астрономия» принята к защите 30 июня 2022 г., протокол №22122, диссертационным советом Д002.023.01, 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 № 105/нк от 11.04.2012 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Соискатель Попков Александр Викторович, 1994 года рождения, в 2017 году окончил с отличием Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова с присвоением квалификации «Астроном. Преподаватель» по специальности 03.05.01 «Астрономия», а в период с 01 сентября 2017 г. по 01 сентября 2021 г. обучался в аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» по направлению 03.06.01 «Физика и астрономия». Справка о сдаче кандидатских экзаменов по специальности 01.03.02 «астрофизика и звёздная астрономия» выдана 06 апреля 2022 г. в ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)». В настоящее время соискатель работает младшим научным сотрудником в Московском физико-техническом институте.

Диссертация выполнена в Московском физико-техническом институте. Научный руководитель – член-корреспондент РАН, профессор РАН, д.ф.-м.н. Ковалев Юрий Юрьевич, главный научный сотрудник АКЦ ФИАН.

Официальные оппоненты:

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

Зинченко Игорь Иванович, доктор физико-математических наук, заведующий отделом радиоприемной аппаратуры и миллиметровой радиоастрономии Федерального исследовательского центра «Институт прикладной физики РАН (ИПФ РАН)», г. Нижний Новгород, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБУН «Крымская астрофизическая обсерватория РАН» (КрАО РАН), пгт. Научный, Бахчисарайский р-н, Республика Крым, в своем положительном отзыве, подписанном доктором физико-математических наук, заместителем директора КрАО РАН Вольвачем Александром Евгеньевичем и утвержденным директором КрАО РАН кандидатом физико-математических наук А.Н. Ростопчиной-Шаховской, 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, Попков Александр Викторович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 «астрофизика и звёздная 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 А.В. Попкова изложены в 3 научных публикациях в рецензируемых изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией. Содержание диссертационной работы А.В. Попкова 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.

Наиболее значительные работы соискателя по теме диссертации, опубликованные в рецензируемых изданиях:

1. Popkov A. V., Kovalev Y. Y., Petrov L. Y., Kovalev Y. A. Parsec-scale Properties of Steep- and Flat-spectrum Extragalactic Radio Sources from a VLBA Survey of a Complete North Polar Cap Sample // *The Astronomical Journal*. — 2021. — Feb. — Vol. 161, no. 2. — P. 88.
2. Kovalev Y. A., Kardashev N. S., Kovalev Y. Y., Sokolovsky K. V., Voitsik P. A., Edwards P. G., Popkov A. V., Zhekanis G. V., Sotnikova Y. V., Nizhelsky N. A., Tsybulev P. G., Erkenov A. K., Bursov N. N. RATAN-600 and RadioAstron reveal the neutrino-associated blazar TXS 0506+056 as a typical variable AGN // *Advances in Space Research*. — 2020. — Jan. — Vol. 65, no. 2. — P. 745—755.

3. Homan D. C., Cohen M. H., Hovatta T., Kellermann K. I., Kovalev Y. Y., Lister M. L., Popkov A. V., Pushkarev A. B., Ros E., Savolainen T. MOJAVE. XIX. Brightness Temperatures and Intrinsic Properties of Blazar Jets // The Astrophysical Journal. — 2021. — Dec. — Vol. 923, no. 1. — P. 67.

На диссертацию поступили положительные отзывы официальных оппонентов и ведущей организации.

В отзыве **оппонента д.ф.-м.н. Байковой А.Т.** в качестве основного результата работы отмечено то, что с помощью наблюдений полной по плотности радиопотока РСДБ-выборки активных ядер галактик (АЯГ), охватывающей большую область неба, были установлены статистически значимые корреляции параметров спектра и структуры объектов, что дает возможность оценивать вероятность РСДБ-детектирования источника в зависимости от типа его спектра. Также отмечены следующие значимые результаты диссертации: открытие десятков новых компактных источников с крутым радиоспектром, результаты многолетних наблюдений широкополосного радиоспектра источника TXS 0506+056 – первого блазара, с высокой достоверностью отождествлённого с источником нейтрино высоких энергий, решение многолетней проблемы расхождения оценок величины Доплер-фактора, полученных различными методами. В отзыве подчеркивается практическая значимость работы, которая заключается в формулировке практических рекомендаций для использования ее результатов, например, для оптимизации РСДБ-наблюдений и достижения большей полноты выборок компактных АЯГ. 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 д.ф.-м.н. Зинченко И.И.** говорится, что в работе получено много новых интересных результатов, которые вносят значительный вклад в развитие исследований АЯГ. Подчеркивается научная новизна работы, которая определяется следующими основными факторами. Впервые методами радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ) исследована статистически полная выборка АЯГ настолько большого объёма, что позволило сделать надёжные выводы о связях между характером спектра АЯГ и их структурой. Были открыты десятки новых компактных объектов с крутыми спектрами. Впервые показано, что блазар TXS 0506+056, который рассматривается, как вероятный источник нейтрино высоких энергий, является типичным представителем данного класса объектов. Впервые сделаны выводы о том, какие оценки Доплер-фактора джетов являются наиболее надёжными. Отмечено, что диссертационная работа производит очень благоприятное впечатление обстоятельностью и тщательностью подхода к рассматриваемым вопросам, хорошо оформлена и практически не содержит опечаток. Замечаний по существу диссертационной работы не высказано. Отмечены некоторые неточности стилистического характера, которые никак не влияют на результаты работы.

В отзыве ведущей организации Крымской астрофизической обсерватории РАН говорится, что диссертационная работа посвящена ряду актуальных вопросов современной астрофизики релятивистских выбросов активных ядер галактик. В частности, в работе, исследованы свойства выборки внегалактических источников Северной полярной шапки, широкополосный спектр нейтрино-ассоциированного блазара TXS 0506+056 и его эволюция, а также Доплер-факторы джетов сотен активных галактик, с использованием наблюдений в режиме РСДБ и одиночной антенны. Указано, что работа хорошо структурирована, текст диссертации изложен ясно и четко. Приведен необходимый иллюстративный и табличный материал, а основные результаты подробно обоснованы. Указано, что все основные результаты диссертации, выносимые на защиту, являются новыми и значимыми и без сомнения будут использованы в других исследованиях АЯГ. В отзыве высказано два замечания. На рис. 1.2 указано, что приведена «интенсивность в центральном пикселе карты». По-видимому, имеется в виду фазовый центр изображения. Из формулы 1.4 не ясно, как вычислялся параметр «сигнал/шум карты в области, занятой главной компонентой», если модельный размер последней очень мал.

Во всех отзывах отмечается, что перечисленные замечания носят рекомендательный характер и не влияют на значимость и высокую оценку диссертационной работы Попкова А.В., а соискатель, безусловно, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 «астрофизика и звёздная астрономия». Соискатель представил полные ответы на все высказанные в отзывах замечания.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Изучены свойства РСДБ-компактных объектов с крутыми и плоскими спектрами на основе статистически полной по радиопотоку выборки активных ядер галактик, состоящей из 482 источников. **Уточнены** доли различных классов объектов в популяции активных ядер галактик. **Показано**, что РСДБ-компактные внегалактические радиоисточники состоят из двух классов объектов примерно равной численности: блазаров, у которых в радиоизлучении доминирует оптически непрозрачное радиоядро джета, и компактных источников с круто падающим РСДБ-спектром, у которых доминируют оптически прозрачные джеты или облака плазмы парсековых масштабов. **Открыто** несколько десятков новых компактных объектов с крутым спектром.

Изучена активность блазара TXS 0506+056, ассоциированного ранее с источником нейтрино высоких энергий, и установлена связь с его спектральными характеристиками. **Обнаружено**, что момент регистрации нейтрино от блазара TXS 0506+056 приходится на начало его сильной вспышки в радиодиапазоне. **Проведено** сравнение характеристик данного блазара в радиодиапазоне с характеристиками других источников полной выборки блазаров. Независимо **подтверждено**, что блазар TXS 0506+056 является вероятным источником высокоэнергичных нейтрино, и **указано** на связь

процессов генерации нейтрино и вспышек синхротронного радиоизлучения в ядрах блазаров.

Получены оценки Доплер-фактора джетов активных ядер галактик на основе изучения яркостной температуры радиоядра для полной по плотности РСДБ-потока выборки. **Сделан вывод** о соответствии полученного значения Доплер-фактора и независимых оценок, полученных из анализа РСДБ-кинематики джетов. **Сформулирован критерий** надежности получения оценок величин Доплер-фактора джетов активных ядер галактик.

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:

– Установленные в результате проведенных исследований корреляции параметров спектра и структуры компактных объектов позволяют глубже разобраться в физических процессах, происходящих в околядерных областях АЯГ, открывают возможности для уточнения механизмов генерации излучения, наложения определенных теоретических ограничений на физические модели АЯГ.

– Сформулированные в работе практические рекомендации могут быть использованы для оптимизации РСДБ-наблюдений и достижения большей полноты выборок компактных АЯГ.

– Определение доли компактных источников с крутым спектром в полной выборке позволяет оценить степень неполноты существующих РСДБ-каталогов, составленных по наблюдениям источников только с плоским спектром.

– Полученные корреляции между свойствами радиоспектра и параметрами парсековой структуры АЯГ позволяют оценивать вероятность РСДБ детектирования источника по его спектру и оптимально планировать новые РСДБ-обзоры.

– Увеличение количества известных компактных внегалактических радиоисточников может привести к уточнению астрометрических каталогов, основанных на внегалактических опорных источниках квазиинерциальной системы координат.

– Оценка величины Доплер-фактора может быть использована при интерпретации результатов детектирования экстремальных яркостных температур наземно-космическим интерферометром «Радиоастрон».

Оценка **достоверности** результатов исследования:

Представленные результаты получены с использованием ведущих современных отечественных и зарубежных радиотелескопов и радиоинтерферометров, выверенных и хорошо себя зарекомендовавших методов обработки и анализа данных, а также оценки достоверности статистических гипотез. Достоверность 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 Попкова А.В. соответствует паспорту специальности 01.03.02 «астрофизика и звёздная 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 01.03.02, заключающегося *«в исследовании вещества в экстремальных состояниях (по плотности, температуре, степени намагниченности и другим физическим параметрам), недоступных для экспериментальной физики»*.

На заседании 28 сентября 2022 года диссертационный совет принял решение присудить Попкову Александру Викторовичу учёную степень кандидата физико-математических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 14 докторов наук и 1 кандидат наук по специальности 01.03.02, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за – 15,
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.

28 сентября 2022 г.