

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д002.203.01 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ  
СПЕЦИАЛЬНОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ  
НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

**решение диссертационного совета от 3 октября 2022 г. № 142**

О присуждении Михайлову Александру Геннадьевичу, Российская Федерация, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Определение физических параметров сверхмассивных черных дыр и исследование радиосвойств активных ядер галактик» по специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия» принята к защите 17 июня 2022 г., протокол № 129, диссертационным советом Д002.203.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук, Российская академия наук, 369167, КЧР, Зеленчукский район, п. Нижний Архыз.

Соискатель, Михайлов Александр Геннадьевич, 1983 года рождения, в 2014 году окончил Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет по направлению подготовки 011200 «Физика», с 01.11.2018 г. по настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории радиоастрофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук.

**Научный руководитель** – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов САО РАН, Пиотрович Михаил Юрьевич.

### **Официальные оппоненты:**

1. Бикмаев Ильфан Фяритович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры астрономии и космической геодезии Института Физики Казанского (Приволжского) Федерального университета;
2. Харинов Михаил Александрович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории радиоастрономических наблюдений Института прикладной астрономии РАН;

дали положительные отзывы о диссертации.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, в своем положительном заключении, подготовленном доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником сектора Теоретической астрофизики ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН Иванчиком Александром Владимировичем, одобренном на заседании семинара сектора Теоретической астрофизики 11 мая 2022 года, утвержденном зам. директора по научной работе ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН доктором физико-математических наук Брунковым П. Н., указала, что диссертация является завершённым научным исследованием, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия», а её автор Михайлов А.Г. заслуживает присуждения ему искомой степени.

Соискатель имеет одиннадцать опубликованных работ по теме диссертации (общим объемом 97 страниц), напечатанных в рецензируемых журналах. Наиболее значимые научные результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. Gnedin Yu. N., Mikhailov A. G., Piotrovich M. Yu.; "The most distant quasar at  $z = 7.08$ : Probable retrograde rotation of an accreting supermassive black hole", *Astronomische Nachrichten*, Vol. 336, Issue 3, p. 312 (2015);
2. Mikhailov A. G., Gnedin Yu. N., Belonovsky A. V.; "Determination of the Magnitude of the Spins of Supermassive Black Holes and the Magnetic Fields in Active Galactic Nuclei", *Astrophysics*, Vol. 58, Issue 2, pp. 157-167 (2015);
3. Piotrovich M. Yu., Buliga S. D., Gnedin Yu. N., Mikhailov A. G., Natsvlshvili T. M.; "Dependence of the Spin of Supermassive Black Holes on the Eddington Factor for Accretion Disks in Active Galactic Nuclei", *Astrophysics*, Vol. 59, Issue 4, pp. 439-448 (2016);

4. Mikhailov A. G., Gnedin Yu. N.; "Determination of the Spins of Supermassive Black Holes in FR I and FR II Radio Galaxies", *Astronomy Reports*, Vol. 62, Issue 1, pp. 1-8 (2018);
5. Mikhailov A. G., Piotrovich M. Yu., Gnedin Yu. N., Natsvlshvili T. M., Buliga S. D.; "Criteria for retrograde rotation of accreting black holes", *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, Vol. 476, Issue 4, pp. 4872-4876 (2018);
6. Mikhailov A. G., Piotrovich M. Yu., Buliga S. D., Natsvlshvili T. M., Gnedin Yu. N.; "Relationship Between the Spins and Masses of Supermassive Black Holes in Distant Active Galactic Nuclei with  $z > 4$ ", *Astronomy Reports*, Vol. 63, Issue 6, pp. 433-444 (2019);
7. Piotrovich M. Yu., Mikhailov A. G., Buliga S. D., Natsvlshvili T. M.; "Determination of magnetic field strength on the event horizon of supermassive black holes in active galactic nuclei", *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, Vol. 495, Issue 1, pp. 614-620 (2020);
8. Mikhailov A. G., Sotnikova Yu. V.; "Radio Properties of FR0 Galaxies According to Multifrequency Measurements with RATAN-600", *Astronomy Reports*, Vol. 65, Issue 4, pp. 233-245 (2021);
9. Mufakharov T. V., Mikhailov A. G., Sotnikova Yu. V., Mingaliev M. G., Stolyarov V. A., Erkenov A. K., Nizhelskij N. A., Tsybulev, P. G.; "Flux-density measurements of the high-redshift blazar PSO 10 J047.4478+27.2992 at 4.7 and 8.2 GHz with RATAN-600", *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, Vol. 503, Issue 3, pp. 4662-4666 (2021);
10. Mikhailov A. G., Sotnikova Yu. V.; "The relationship between FR0 radio galaxies and gigahertz-peaked spectrum sources", *Astronomische Nachrichten*, Vol. 342, Issue 1130, pp. 1130-1134 (2021);
11. Sotnikova Yu. V., Mikhailov A. G., Mufakharov T. V., Mingaliev M. G., Bursov N. N., Semenova T. A., Stolyarov V. A., Udovitskiy R. A., Kudryashova A. A., Erkenov A. K.; "High-redshift quasars at  $z > 3$  - I. Radio spectra", *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, Vol. 508, Issue 2, pp. 2798-2814 (2021).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается темой исследования, высокой компетентностью в вопросах, рассматриваемых в диссертационной работе.

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

- 1) Впервые построены диаграммы “масса–спин” для сверхмассивных черных дыр в выборках АЯГ следующих типов: радиогалактик типа FRI и FRII, квазаров на больших красных смещениях  $z > 4$ ;
- 2) Для выборки 52 АЯГ 1 типа впервые установлено обратное соотношение между величиной магнитного поля на горизонте событий и массой черной дыры:  $\log B_H \sim -0.7 \log M_{BH}$ ;
- 3) Впервые измерены квазисовременные спектры радиогалактик типа FR0 в диапазоне 2–22 ГГц. Впервые показана двухкомпонентность среднего радиоспектра галактик FR0 в сантиметровом диапазоне;
- 4) Показано, что среди квазаров на больших красных смещениях  $z \geq 3$  половина объектов характеризуется радиоспектрами с пиком. Впервые построен средний радиоспектр объектов в интервале красных смещений  $z = 3.0 - 3.8$  с шагом  $\Delta z = 0.1$ . Независимо измерен радиоспектр блазара J0309+2717 на  $z = 6.1$ , впервые получена его кривая блеска на частоте 4.7 ГГц на масштабе около полутора лет.

**Теоретическая значимость диссертационной работы** обоснована тем, что результаты, полученные соискателем, могут быть использованы для исследования истории и характера аккреции в центрах галактик путем анализа построенных диаграмм “масса–спин”. Полученные результаты измерения спектральных плотностей потоков радиогалактик FR0 и далеких квазаров на  $z \geq 3$  могут быть использованы для моделирования континуальных радиоспектров, исследования связи “диск–джет” и определения физических условий во внегалактических радиоисточниках.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что:

1. При выполнении диссертационного исследования развит метод определения спина сверхмассивных черных дыр, показана его применимость для построения диаграмм “масса–спин” для больших выборок объектов. Это открывает возможность проведения статистического анализа подобных диаграмм с целью изучения процессов аккреции в центральных областях АЯГ.
2. На основе квазисовременных измерений на РАТАН-600 определены характерные свойства радиогалактик FR0 в сантиметровом диапазоне. Полученные данные позволяют исследовать взаимосвязь данного класса объектов с другими классами

внегалактических радиоисточников, что показано на примере исследования взаимосвязи между радиогалактиками FR0 и GPS источниками. Подобные исследования позволят решить проблему природы галактик FR0 и активности в радиоисточниках ближней Вселенной.

3. Данные измерений спектральных плотностей потоков далеких квазаров на  $z \geq 3$  существенно дополняют радиоизмерения источников в ранней Вселенной. В сочетании с данными из других диапазонов электромагнитного спектра это открывает возможность комплексного исследования природы АЯГ и их эволюции. Преимущество радиотелескопа РАТАН-600 заключается в возможности получения долговременных кривых блеска, что продемонстрировано на примере изучения блазара J0309+2717 на красном смещении  $z = 6.1$ .

#### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

Достоверность полученных результатов обусловлена и обеспечена современным уровнем развития теоретических представлений о центральной машине АЯГ, а также известной точностью использованных наблюдательных данных. Достоверность результатов измерений спектральных плотностей потоков на РАТАН-600 обеспечена использованием штатных методов наблюдений и калибровки наблюдательных данных. Спектральные плотности потоков объектов измерены на шести частотах одновременно, что позволило исключить влияние систематических ошибок измерений и переменности объектов на результат. Результаты работы апробированы на международных и всероссийских конференциях.

**Личный вклад** автора состоит в:

- Развитии метода определения спина сверхмассивных черных дыр в рамках гибридных моделей генерации релятивистских джетов;
- Расчетах величины спина, магнитного поля, построении диаграмм «масса-спин»;
- Расчетах параметров радиоизлучения галактик FR0, далеких квазаров (в соавторстве), расчетах средних радиоспектров объектов в исследованных выборках;
- Постановке задач исследования радиогалактик FR0 и блазара J0309+2717 на  $z = 6.1$  на РАТАН-600 (включая подготовку наблюдательных заявок в 2020-21 гг. и подготовку наблюдений).

- Калибровке и обработке измерений на РАТАН-600 (радиогалактики FR0 и блазар J0309+2717), анализе полученных результатов;
- Определяющем вкладе в подготовку текста публикаций с первым авторством.

На заседании 03 октября 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Михайлову Александру Геннадьевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования, диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 13 докторов наук по специальности 01.03.02, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 14, против - 0 недействительных бюллетеней - 0.

Заместитель председателя  
диссертационного совета



Клочкова В.Г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Шолухова О.Н.

03 октября 2022 г.