ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
Физический институт имени П.Н.Лебедева
Российской академии наук
Ф И А Н
119991, Москва, ГСП−1
Ленинский проспект, 53, ФИАН
Телефоны: +7 (499) 135 14 29
+7 (499) 132 65 54
Телефакс: +7 (499) 135 78 80
E-mail: office@sci.lebedev.ru
www.lebedev.ru

Дата **14.01.2022 г.**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФИАН
док. физ.-мат. наук, член-корр. РАН
Н.Н. Колачевский

_____
(*печать*)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук

Диссертация «Исследование центральных областей активных ядер галактик с экстремальным угловым разрешением» выполнена в Астрокосмическом центре Федерального государственного учреждения науки Физический институт им. П. Н. Лебедева Российской академии наук. В период подготовки диссертации Войцик Пётр Андреевич работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физический институт имени П. Н. Лебедева Российской академии наук, Астрокосмический центр (АКЦ ФИАН), в должности младшего научного сотрудника.

В 2007 г. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», физический факультет, по специальности «Астрономия». Войцик П. А. обучался в очной аспирантуре ФИАН в период с 1 ноября 2010 г. по 31 октября 2013 г. по специальности «Астрофизика и звездная астрономия» (01.03.02). Справка о сдаче кандидатских экзаменов № 17-19 выдана 31.10.2019 Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук.

Научный руководитель: Ковалев Юрий Юрьевич, доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, профессор РАН, главный научный сотрудник лаборатории внегалактической радиоастрономии АКЦ ФИАН.

Рецензентом выступил: Попов Михаил Васильевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник отдела космической радиоастрономии АКЦ ФИАН.

Доклад П.А. Войцика по результатам диссертационной работы был заслушан и обсужден на общем астрофизическом семинаре АКЦ ФИАН, который поддержал ее выдвижение к защите. По итогам обсуждений на семинаре и ученом совете АКЦ ФИАН принято следующее заключение.

Актуальность темы. Несмотря на достижения последних десятилетий, ряд вопросов физики релятивистских струй активных ядер галактик остается открытым, а наблюдательные результаты требуют интерпретации. Одним из актуальных остается вопрос о механизме

излучения струй на разных длинах волн. То, что излучение внегалактических источников имеет синхротронную природу стало понятно давно из ряда статей, включая пионерские исследования И.С. Шкловского. Однако состав плазмы струйных выбросов и условия генерации излучения все еще активно дебатируются. Напрямую исследовать компактные области в джетах далеких галактик позволяет радиоинтерферометрия со сверхдлинными базами (РСДБ). Метод РСДБ был предложен ещё в 1960-е годы советскими учёными Л.И. Матвеенко, Н.С. Кардашевым и Г.Б. Шоломицким. Метод продолжает активно развиваться вот уже более 50 лет как на Земле, так и в Космосе.

Целью данной диссертационной работы является исследование физических свойств и механизма излучения релятивистских струй в активных ядрах галактик на парсековых масштабах методами радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами. Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**. 1) Исследование физических условий и свойств синхротронного самопоглощения в релятивистских струях активных галактик с помощью многочастотных РСДБ наблюдений. 2) Измерение типичных размеров и яркостных температур большой выборки активных ядер галактик с использованием наземно-космического интерферометра «Радиоастрон» для проверки существующих моделей излучения релятивистских струй. 3) Оценка типичных значений доплеровского усиления излучения ядер активных галактик по многолетним наблюдениям движения деталей в релятивистских струях.

Личный вклад. Во всех основных результатах, выносимых на защиту, личный вклад автора является основным или равным вкладу соавторов.

Достоверность. Достоверность полученных результатов основана на использовании телескопов международного уровня, применении надежных алгоритмов обработки и анализа данных, а также проверке выводов современными статистическими методами. В частности, для подтверждения значимости результатов обзора активных ядер галактик в проекте «Радиоастрон» оценивалась вероятность ложного детектирования для каждого интерферометрического измерения. Кроме того, часть интерферометрических данных обзора была обработана в программном коррелляторе DiFX в дополнение к основному коррелятору, разработанному в Астрокосмическом центре ФИАН, чтобы убедиться, что результаты совпадают. Достоверность представленных результатов также подтверждается апробацией на российских и зарубежных международных конференциях и семинарах.

Новизна. Все полученные результаты являются новыми. Отметим следующее. Впервые проведены измерения эффекта частотного сдвига РСДБ ядра сразу для нескольких компактных внегалактических радиоисточников из каталога опорных объектов международной системы астрономических координат методом относительной астрометрии. Предложен метод измерения сдвига ядра относительно группы близких фазовых калибраторов с учётом того, что калибраторы подвержены данному эффекту в той же мере, как и исследуемый объект. Впервые получены результаты массовых наблюдений активных ядер галактик на радиоинтерферометре с проекцией базы много больше диаметра Земли. Более 150 внегалактических источников было успешно продетектировано на наземно-космических базах. Показано, что многие активные ядра галактик имеют значительно более компактное и яркое РСДБ ядро, чем было известно ранее по наблюдениям на наземных и наземно-космических интерферометрах.

Ценность научных работ соискателя. Полученные в работе результаты наблюдений активных ядер галактик могут быть использованы для дальнейших теоретических и экспериментальных исследований в области внегалактической астрофизики. Видимая яркостная температура многих объектов, наблюдавшихся в обзоре активных ядер галактик «Радиоастрона», превосходит Комптоновский предел даже с учетом релятивистского

усиления излучения. Это накладывает существенные ограничения на модели излучения и ускорения релятивистских струй на парсековых масштабах.

Практическая значимость. Измерение величины видимого сдвига РСДБ ядра с частотой в ультракомпактных опорных радиоисточниках полезны не только для определения астрофизических свойств этих объектов, но и для уточнения инерциальных систем отсчёта, построенных на разных частотах в радиодиапазоне, а также при сличении систем отсчёта, построенных по радио (РСДБ) и оптическим (космический проект Gaia) наблюдениям. Разработанный метод измерения частотного сдвига ядра по наблюдениям близких радиоисточников, связанных одним фазовым решением, может применяться в будущих подобных экспериментах.

По результатам обработки обзора ядер активных галактик в проекте «Радиоастрон» оценена точность восстановления орбиты космического радиотелескопа. Это позволило подтвердить увеличение точности восстановления орбиты после применения обновленного алгоритма группой Института Прикладной математики РАН примерно в 5 раз. Аналогичный подход может быть использован в будущих миссиях наземно-космических интерферометров.

Диссертация соответствует всем требованиям, установленным пунктами 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842. Диссертация соответствует специальности «астрофизика и звездная астрономия» по физико-математическим наукам (01.03.02). Материалы диссертации представлены соискателем в шести научных статьях, опубликованных в рецензируемых журналах из списка ВАК. Содержание диссертации изложено доступно, корректно и полно.

Диссертация Войцик Петра Андреевича «Исследование центральных областей активных ядер галактик с экстремальным угловым разрешением» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «астрофизика и звездная астрономия» (01.03.02).

Заключение принято на заседании ученого совета АКЦ ФИАН. Присутствовало на заседании 12 чел. Результаты голосования: "за" – 12 чел., "против" – 0 чел., "воздержалось" - 0 чел., протокол № 1/22 от “13” января 2022 г.

Руководитель АКЦ ФИАН
д.ф.-м.н. С.Ф. Лихачев