

“ УТВЕРЖДАЮ ”

Первый проректор - проректор
по научной деятельности
Казанского (Приволжского)
федерального университета

  проф. Тейорский Д.А.
05 ноября 2025 г.

Отзыв Ведущей организации
на диссертацию **Кудряшовой Анастасии Алексеевны**
ИССЛЕДОВАНИЕ ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ В ОБЗОРАХ
НЕБА НА РАТАН-600,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по специальности 1.3.1 - Физика космоса, астрономия

Активные ядра галактик (АЯГ) являются одними из ярчайших источников электромагнитного излучения в наблюдаемой части Вселенной. Они принадлежат к объектам со сложной физической структурой, каждая часть которой дает свой определенный вклад в широкополосный спектр излучения. Экстремально высокое энерговыделение в этих источниках, вызванное аккрецией вещества на сверхмассивные черные дыры, позволяет регистрировать их излучение как в широком диапазоне длин волн, так и на больших пространственных масштабах. В последние несколько десятилетий наряду с наземными оптическими и космическими методами наблюдений АЯГ, радиоастрономические наблюдения стали неотъемлемым методом изучения этих сложных астрофизических объектов, без которого невозможно построение целостных моделей их излучения и переменности. Важную роль в этой задаче играют обзоры неба в радиодиапазоне, позволяющие обнаруживать новые АЯГ, а

длительный мониторинг на шкале месяцы и годы необходим для понимания физических процессов, происходящих в этих объектах. В этом состоит значительная **актуальность** данной диссертационной работы.

Крупнейший в России и мире радиотелескоп РАТАН-600 хорошо подходит для решения указанных задач в силу его высокой чувствительности и возможности регистрации потока в широком диапазоне частот. В диссертационной работе Кудряшовой А.А. представлены результаты ежесуточного мониторинга, обработки данных и их анализа, выполненного в рамках нескольких обзоров в период 2018 – 2022 гг. на Западном секторе РАТАН-600 на частотах 4.7 и 2.3 ГГц. В ходе выполнения работы Кудряшовой А.А. реализованы высокоточные методики обработки данных, позволившие измерить около 6000 плотностей потоков на частоте 4.7 ГГц с точностью 2-7 % и составить каталог 205 радиоисточников, зарегистрированных с уровнем потока выше 15 мЯн, для 50 источников потоки на частотах 4.7 ГГц определены впервые. Эти обстоятельства во многом обусловили **новизну** полученных в диссертации результатов.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений, содержит 45 рисунков и 10 таблиц, список цитируемой литературы включает 185 ссылок. Общий объём диссертации составляет 158 страниц.

Во **введении** обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи исследования, отмечены новизна, практическая и научная значимость результатов исследования, степень достоверности и апробации результатов, сформулированы положения, выносимые на защиту, описан личный вклад автора в результатах проведенных исследований.

Первая глава является методической, в ней приведены параметры антенны и приемников, использованных в наблюдениях, детали и особенности методики обработки радиоастрономических наблюдений, выполненных с участием

диссертанта на Западном секторе РАТАН-600. Приведены математические методы обработки данных с целью получения максимально возможного отношения сигнал/шум от зарегистрированных источников. Показано, что использованный способ обработки данных позволяет определять положение обнаруженных источников с точностью до 1-2 секунд времени и измерять плотности потоков излучения на частоте 4.7 ГГц с точностью 2 – 7 процентов. Достигнутые точности во многом определяют высокую **достоверность** полученных астрофизических результатов, приводимых в следующих главах диссертации.

Вторая глава посвящена результатам анализа и исследования выборки 205 радиоисточников, зарегистрированных с отношением сигнал / шум > 50 на частоте 4.7 ГГц в ходе выполнения в 2018-2019 гг. обзора на склонении пульсара в Крабовидной туманности. Дается описание характеристик обзора, каталога измерений спектральных плотностей потоков, спектральных характеристик выборки 205 радиоисточников. Выполнен анализ уровня переменности радиоисточников на временной шкале в один год. Отдельные разделы Главы посвящены результатам оптических отождествлений зарегистрированных источников и анализу радиосветимостей исследуемой выборки. Все источники отождествлены с радиоданными базы данных CATS. Методом кросс-корреляции с оптическими каталогами отождествлено 86 % источников выборки, для 112 отождествленных объектов рассчитана радиосветимость и показано, что наибольшую светимость имеют далекие квазары, а наименьшую – относительно близкие галактики. Результаты данной главы диссертации представляют значительный **научный интерес** и выделяются **новизной** полученных астрофизических данных.

Третья глава посвящена исследованию радиосвойств квазара PKS1614+051, находящегося на красном смещении $z = 3.21$, показывающего характеристики источника с пиком излучения на высоких радиочастотах. Описаны свойства переменности этого объекта, для которого выполнен ежедневный мониторинг. Отдельно выполнена оценка возможного влияния вклада мерцаний на

межзвездной среде на уровень наблюдаемой переменности. Показано, что за период радиообзора данного источника в 2019-2020 гг его кривая блеска демонстрирует лишь **медленное уменьшение** спектральной плотности потока примерно на 10-15 процентов, при этом ежесуточные наблюдения выявили невысокий уровень переменности спектральной плотности потока на обеих частотах регистрации 4.7 и 2.3 ГГц. Оценка влияния межзвездных мерцаний **сравнима** с уровнем модуляции потока источника.

Четвертая глава посвящена исследованию яркого и экстремально компактного радиоисточника – блазара АО0235+164 на красном смещении $z = 0.94$. Дается описание характеристик его радиоизлучения, полученных в диссертации на основе наблюдений на РАТАН-600. Показана возможная связь между вспышечной активностью по данным РАТАН-600 и изменениями в угловой структуре по архивным данным на РСДБ-картах. Выполнена оценка вклада мерцаний на межзвездной среде на наблюдаемый уровень переменности радиопотока от блазара. В период выполнения обзора в 2021-2022 гг. обнаружена **значимая переменность** потока источника, которая проявилась в виде трех вспышек излучения на масштабах времени около 100 дней. Полученные временные характеристики вспышечной активности позволили диссертанту сделать **важное ограничение** на размер излучающей области $R \ll 1$ парсек. Вклад межзвездных мерцаний является **незначительным** по сравнению с обнаруженной в обзоре физической переменностью источника.

.В **заключении** перечислены основные результаты диссертации.

Оценивая диссертацию в целом, можно сделать вывод, что она представляет собой **емкое, кропотливое и содержательное** астрофизическое исследование с **новыми, оригинальными** и интересными научными результатами. Текст диссертации достаточно краткий, но написан ясным языком, позволяющим понять основные результаты выполненного автором исследования.

К числу основных достоинств диссертации можно отнести следующие:

- 1) в работе интерпретируется **собственный, оригинальный** наблюдательный материал, полученный в течение нескольких лет с использованием РАТАН-600,
- 2) исследования охватывают интересные классы внегалактических источников, интерпретация природы радиоизлучения которых составляет давнюю нерешенную проблему. Результаты диссертанта являются важным и существенным шагом в решение этой задачи,
- 3) ряд результатов был получен **впервые**, например,
 - для 50 источников диссертантом впервые получены плотности потоков на частоте 4.7 ГГц в ходе обзора в полосе неба на склонении пульсара в Крабовидной туманности,
 - составлен **новый** каталог измерений спектральных плотностей потоков 205 радиоисточников с уровнем потока > 15 мЯн на частоте 4.7 ГГц.

Достоверность полученных диссертантом результатов основана на отработанной, выверенной и модифицированной методике обработки данных, сравнением с результатами опубликованных данных для ряда общих объектов исследования, опубликованием результатов исследований в 5 статьях в журналах в списках ВАК, в том числе, 3 статей - в ведущих международных журналах, с высоким уровнем экспертизы научных результатов статей. Апробация диссертационной работы была выполнена представлением результатов на 7 всероссийских конференциях.

Результаты, полученные в диссертации Кудряшовой А.А., могут быть использованы в ГАИШ МГУ, САО РАН, АКЦ ФИАН, КФУ, КраО, ГАО РАН и в других отечественных и зарубежных организациях, занимающихся исследованиями природы активных ядер галактик и их взаимосвязей с радиоджетами.

Автореферат **соответствует** структуре и содержанию диссертации.

Необходимо отметить, что представленная к защите диссертация не лишена и некоторых недостатков. Например,

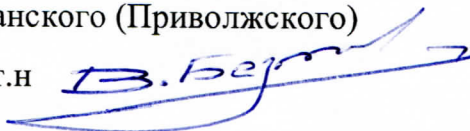
1. Стр. 24, Рис. 1.8, слева – неясно, каким инструментальным эффектом вызваны колебания с характерной временной шкалой в 1 месяц на калибровочной кривой, построенной по пульсару в Крабовидной туманности ?
2. Стр. 38, какой физический смысл имеют отрицательные значения индекса переменности V_s на рис. 2.5 ?
3. Стр. 40, Таблица 6. Полуширины профилей 205 обнаруженных источников составляют от 6.6 до 15.5 секунд, или от 1.5 до 4 угловых минут. Какова характерная величина позиционной неопределенности в радиокоординатах положений источников при отождествлении их с оптическими и инфракрасными двойниками, имеющими размеры в несколько угловых секунд ? Насколько однозначна оптическая идентификация обнаруженных радиоисточников ? К сожалению, в диссертации не приведены примеры такой идентификации для прояснения указанного вопроса.
4. Почему среди оптически отождествленных радиоисточников обнаруживаются только внегалактические объекты – не могут ли быть среди них источники, принадлежащие нашей Галактике ?
5. Стр. 42. Рис. 2.8 по-видимому отражает не эволюционное изменение радиосветимости источников в зависимости от красного смещения, а ограничение по чувствительности РАТАН-600 на частоте 4.7 ГГц ?
На красных смещениях при $z > 1$ на графике нет источников с радиосветимостью $L \sim 10^{42}$ эрг/сек, видимо не потому, что их нет в природе на данных красных смещениях, а потому что они не обнаруживаются на уровне чувствительности в данном обзоре ?

Следует отметить, что указанные замечания носят технический характер, не умаляют научных достоинств диссертации, и не влияют на положения, выносимые на защиту.

Считаем, что диссертация **“Исследование внегалактических источников в обзорах неба на РАТАН-600 “** является завершенным научным исследованием и удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор **Кудряшова Анастасия Алексеевна** заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – Физика космоса, астрономия.

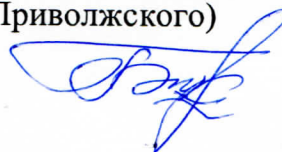
Отзыв подготовлен доктором физ.-мат. наук, профессором кафедры астрономии и космической геодезии Института физики КФУ Бикмаевым Ильфаном Фяритовичем, обсужден и утвержден на Астрофизическом Семинаре кафедры астрономии и космической геодезии Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета 29-го октября 2025 года.

Заведующий кафедрой астрономии и космической геодезии Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета, к.т.н



Безменов В.М.

Профессор кафедры астрономии и космической геодезии Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета, д.ф.-м.н



Бикмаев И.Ф.

Адрес: 420008, г.Казань, ул. Кремлевская, д. 18

телефон (843)-292-77-97

электронный адрес: Ilfan.Bikmaev@kpfu.ru