

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора физико-математических наук Кузнецова Алексея Алексеевича

на диссертацию Кудряшовой Анастасии Алексеевны

«Исследование внегалактических источников в обзорах неба на РАТАН-600»,
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия»

Диссертационная работа А.А. Кудряшовой посвящена исследованию внегалактических радиоисточников с помощью радиотелескопа РАТАН-600, включая проведение наблюдений, их обработку и анализ. Радиоизлучение является одним из основных источников информации о процессах в активных ядрах галактик. Исследование таких объектов требует длительных наблюдений, охватывающих большие участки неба – как для поиска новых источников, так и для исследования их эволюции на различных временных масштабах; существенной является также возможность многочастотных наблюдений для анализа спектров излучения. Радиотелескоп РАТАН-600 хорошо подходит для решения указанных задач на современном мировом уровне; наблюдения на этом инструменте открывают возможность получить новые фундаментальные знания в области внегалактической астрофизики. С другой стороны, технические особенности РАТАН-600 требуют разработки и применения специализированных методов обработки наблюдений. Таким образом, работа А.А. Кудряшовой безусловно является актуальной.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав и заключения. Основные результаты проведённых наблюдений представлены также в двух приложениях в виде графиков и таблиц.

Во введении перечислены уже существующие радиообзоры неба, определены цель и задачи диссертационной работы, сформулированы положения, выносимые на защиту. Описан личный вклад автора в проведённые исследования.

В первой главе представлены технические характеристики инструментов, использованных для наблюдений. Перечислены проведённые в последние годы обзоры неба на фиксированных склонениях на Западном секторе РАТАН-600, три из которых легли в основу представленной работы. Описана оригинальная методика обработки наблюдений, включая калибровку сигнала, усреднение данных (для повышения отношения сигнал/шум) и выделение сигналов от отдельных источников во временных профилях. Описаны также математические методы анализа данных, используемые в работе.

Во второй главе приведены результаты обзора на склонении 22° , проведённого в 2018-2019 гг., на частоте 4.7 ГГц. По итогам данного обзора было идентифицировано 205 ярких источников. Представлены основные характеристики этих источников, включая плотности потоков излучения (средние значения на различных временных масштабах) и индексы переменности. На основе сравнения с другими известными каталогами идентифицированы типы радиоисточников, уточнены или определены впервые их спектральные характеристики, получены оценки светимости.

В третьей главе исследован квазар PKS 1614+051, для которого характерен микроволновый спектр с максимумом на частоте около 4-5 ГГц. Данный объект наблюдался на РАТАН-600 в ходе обзора в 2019-2020 гг., на частотах 4.7 и (частично) 2.3 ГГц. В работе описана известная схема формирования спектра с максимумом для синхротронного или тормозного механизмов излучения. Для квазара PKS 1614+051 получены временные профили излучения с разрешением 3 дня (на частоте 4.7 ГГц) и 5 дней (на частоте 2.3 ГГц). Показано, что в рассмотренный временной интервал интенсивность радиоизлучения квазара постепенно понижалась, с характерным

временным масштабом переменности порядка 100 дней. Значимой периодичности во временных профилях не обнаружено.

В четвёртой главе исследован блазар АО 0235+164, отличающийся компактностью и значительной переменностью излучения. Данный объект наблюдался на РАТАН-600 в ходе обзора в 2021-2022 гг., на частотах 4.7 и 2.3 ГГц. Получены временные профили излучения с разрешением 1 день. Получены оценки спектрального индекса в диапазоне 2.3-4.7 ГГц, которые соответствуют оптически толстому излучению; обнаружена корреляция между временными профилями на частотах 2.3 и 4.7 ГГц с задержкой около 7 дней. Показано, что временные профили излучения содержали три вспышки, с периодичностью около 100 дней, что было обнаружено впервые для этого объекта.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Представленные в диссертации результаты отличаются научной новизной и расширяют наши знания о процессах в активных ядрах галактик. Научная и практическая значимость работы состоит как в новых общедоступных наблюдательных данных (которые могут быть использованы для дальнейших исследований природы рассмотренных объектов), так и в новых алгоритмах обработки наблюдений на РАТАН-600 (которые могут быть использованы в будущих наблюдательных программах). Внимательный подход к проведению и обработке наблюдений, использование современных методов анализа данных и согласие полученных результатов с наблюдениями других инструментов (там, где такое сопоставление возможно) позволяют считать результаты диссертационной работы обоснованными и достоверными. Основные результаты исследования докладывались в 7 докладах на всероссийских научных конференциях и были опубликованы в 9 научных статьях, включая 2 в MNRAS. Личный вклад автора является определяющим. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

В целом, работа выполнена на достаточно высоком уровне. Тем не менее, представляется необходимым сделать следующие замечания и пожелания:

1. Как сказано в главе 1, у приёмной системы на центральной частоте 4.7 ГГц спектральная полоса шириной 600 МГц разделена на четыре отдельных канала по 150 МГц. В ходе обработки сигналы в этих четырёх каналах калибровались независимо и затем усреднялись для повышения отношения сигнал/шум. В то же время, сравнение сигналов в четырёх частотных каналах потенциально позволяет получить новую информацию: оценить наклон спектра (по крайней мере, для наиболее ярких источников) и дополнительно оценить погрешности измерения. В диссертации было бы желательно пояснить, почему такой анализ не был проведён.

2. Как сказано в главе 2, в ходе обзора 2018-2019 гг. было обнаружено 205 источников, отождествлённых с источниками каталога NVSS. В то же время, были ли при этом обнаружены источники, не входящие в известные каталоги, т.е., открытые впервые? На мой взгляд, факт обнаружения новых радиоисточников (или их отсутствия) имеет большое значение для радиоастрономии и должен быть обязательно отмечен в работе.

3. В тексте нет ссылки на Рис. 2.7 (хотя показанные на этом рисунке зависимости спектрального индекса от светимости и красного смещения обсуждаются в выводе 3 в главе 2).

4. Хотя в разделе 3.2 обсуждается возможный механизм формирования спектра квазара, в дальнейшем данная модель и приведённые формулы нигде не используются. Замечу также, что эти формулы сами по себе недостаточны для того, чтобы объяснить упомянутую в разделе 3.1 антикорреляцию между частотой спектрального пика и размером источника.

5. Ссылки на Рис. 3.12 на стр. 62 на самом деле должны относиться к Рис. 3.14.
6. При анализе кривых блеска в главе 3 (см. Рис. 3.14) желательно пояснить, как вычислялись долговременные тренды; желательно показать эти тренды на Рис. 3.12-3.13.
7. В главе 3 для PKS 1614+051 не приведена оценка спектрального индекса. Было бы полезно оценить этот параметр и его временную эволюцию (как это сделано в главе 4 для АО 0235+164).
8. В главе 4, для АО 0235+164, было бы желательно обсудить возможную физическую природу обнаруженной периодичности с периодом около 100 дней.
9. В целом, в работе используется слишком много специальной терминологии (в том числе, характерной только для РАТАН-600). Многие обозначения и понятия не расшифровываются. Например, в выводах к главе 1 сказано, что «измерено 6080 плотностей потоков излучения». Зная принцип работы РАТАН-600, можно догадаться, что речь идёт об измерениях интенсивностей отдельных источников во время транзита – по одному значению в сутки, но пояснений не дано. Подобные детали существенно затрудняют понимание текста.

Высказанные замечания не снижают общей высокой оценки работы. В целом, диссертационная работа «Исследование внегалактических источников в обзорах неба на РАТАН-600» является законченным научно-исследовательским трудом и удовлетворяет всем требованиям положения о порядке присуждения учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Анастасия Алексеевна Кудряшова, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия».

Доктор физико-математических наук
Заведующий лабораторией
радиоастрофизических исследований Солнца
ИСЗФ СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 126А
тел.: +7 3952 564574
e_mail: a_kuzn@iszf.irk.ru

Кузнецов

А.А. Кузнецов

Подпись А.А. Кузнецова заверяю
Ученый секретарь ИСЗФ СО РАН
Кандидат физико-математических наук
e_mail: science@iszf.irk.ru



И.И. Салахутдинова

Дата:

10 октября 2025 г.