

ОТЗЫВ

официального оппонента Зинченко Игоря Ивановича, заведующего отделом, отдел № 180 «Радиоприёмной аппаратуры и миллиметровой радиоастрономии» Отделения «Физики плазмы и электроники больших мощностей» Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук», на диссертацию Корюковой Татьяны Андреевны на тему «Влияние эффектов распространения радиоволн в межзвёздной среде Галактики на наблюдаемые свойства струй активных ядер галактик», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия».

Турбулентная ионизованная межзвёздная среда (МЗС) Галактики рассеивает радиоизлучение далеких объектов. Этот эффект необходимо принимать во внимание при исследовании структуры и основных характеристик таких объектов. Эффекты рассеяния радиоизлучения в МЗС активно изучались по наблюдениям пульсаров. Диссертационная работа Т.А. Корюковой посвящена систематическим исследованиям этих эффектов по РСДБ наблюдениям активных ядер галактик (АЯГ). В отличие от пульсаров АЯГ распределены по небу изотропно, их количество велико, что позволяет изучать характеристики МЗС во всех направлениях. Актуальность такой работы не вызывает сомнений. С одной стороны, она необходима для адекватного анализа данных наблюдений АЯГ. С другой стороны, она даёт информацию о свойствах ионизованной компоненты МЗС Галактики.

Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы и приложений. В первой главе рассматриваются рассеивающие свойства МЗС на масштабах Галактики. Для этого проводится анализ данных РСДБ наблюдений тысяч АЯГ на частотах от 1.4 до 86 ГГц. Рассеяние приводит к увеличению видимых размеров АЯГ. В работе построены зависимости наблюдаемых размеров АЯГ от галактической широты. Найдено, что наиболее значительное рассеяние происходит в пределах галактической широты $\pm 10^\circ$. Построены карты распределения по небу величин, характеризующих рассеяние в МЗС. Сильное рассеяние наблюдается в областях с высокой интенсивностью излучения в линии $\text{H}\alpha$. Выделено несколько областей с наиболее сильным рассеянием. Ожидаемо, самое сильное рассеяние наблюдается в области центра Галактики. Показано, что зависимость рассеяния от частоты хорошо согласуется с моделью гауссова плоского экрана, хотя она не противоречит и модели колмогоровской турбулентности. Найдено, что рассеяние в межгалактической среде незначительно.

Рассеяние радиоволн может происходить как за счет дифракции, так и вследствие рефракции на неоднородностях МЗС. Во втором случае возможно формирование

множественных изображений источника, а также появление так называемых событий экстремального рассеяния, которые проявляются, как симметричные модуляции плотности потока на кривых блеска радиоисточника. Вторая глава диссертации посвящена исследованиям таких явлений. В МЗС встречаются сравнительно плотные и крупные плазменные образования, которые проявляют себя, как линзы в радиодиапазоне. В данной работе эти явления изучаются в направлении расположенного на низкой галактической широте квазара 2005+403, где, как показано в диссертации, наблюдаются вторичные изображения, обусловленные рефракцией. Полученный степенной индекс рассеяния согласуется в пределах погрешностей со значением, ожидаемым для колмогоровской турбулентности. По данным многочастотных наблюдений в рамках модели синхротронного излучения получена оценка напряженности магнитного поля в ядре. Построены карты распределения спектрального индекса по источнику. Найдено, что он меняется в диапазоне от -6 до $+2$. На кривой блеска этого квазара на частоте 15 ГГц обнаружено событие экстремального рассеяния. Получены оценки размера и скорости поперечного движения линзы, ответственной за это событие. Выявлено несколько других возможных подобных событий. Сделаны также выводы о вероятной геометрии рассеивающих экранов в данном направлении.

В третьей главе диссертации приводятся и обсуждаются результаты исследований этого же объекта по данным многочастотного мониторинга на радиотелескопе РАТАН-600. Дополнительно используются данные РСДБ мониторинговой программы MOJAVE на частоте 15.4 ГГц. Определены временные сдвиги между вариациями плотности потока на разных частотах. Выявлено несколько вероятных событий экстремального рассеяния. Вариации плотности потока в эти периоды аппроксимировались с помощью двух моделей, описывающих такие события. Определены параметры рассеивающих экранов. Впервые зарегистрирован случай анизотропного рассеяния, наблюдаемого одновременно как в РСДБ-ядре, так и во внутреннем компоненте выброса.

В заключении сформулированы основные результаты работы. В приложениях приводятся дополнительные изображения и оценки параметров объектов.

Таким образом, в рамках диссертационной работы получен ряд новых важных результатов, отмеченных выше. Достоверность результатов не вызывает сомнений. Она обеспечивается использованием данных наблюдений, полученных на лучших в мире инструментах, а также апробированных современных методов их анализа. Все основные результаты опубликованы в одном из ведущих международных рецензируемых журналов, а также представлены на конференциях высокого уровня.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в различных астрофизических исследованиях межзвёздной среды и далеких радиоисточников. Диссертация хорошо оформлена и почти не содержит опечаток.

В то же время работа не лишена некоторых недочётов.

1. Хотелось бы видеть какое-то обоснование выбора распределения Стьюдента для описания вклада рассеянных источников в разделе 1.6. В диссертации просто предполагается, что его можно для этого использовать.

2. Было бы неплохо расширить обсуждение распределения спектрального индекса по источникам с рассеянием, где он достигает экстремальных значений (раздел 2.4.1). Интересно было бы промоделировать это распределение. Вероятно, это может дать дополнительную информацию о характеристиках рассеяния. Это, скорее, пожелание на будущее.

3. Оценка напряженности магнитного поля 0.06 ± 0.10 Гс, если это не опечатка, означает, что получен лишь верхний предел данной величины.

4. Имеются некоторые огрехи в терминологии. Так, в русскоязычной литературе правильнее использовать термин «концентрация электронов», а не «плотность электронов» (например, А.В. Засов, К.А. Постнов «Общая астрофизика»). Штриховые линии на рисунках везде называются пунктирными.

Эти замечания не снижают общей высокой оценки работы. В целом диссертационная работа Т.А. Корюковой является законченным научно-исследовательским трудом и удовлетворяет всем требованиям положения о порядке присуждения учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Т.А. Корюкова, безусловно, заслуживает присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия».

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Зав. отделом ИПФ РАН
доктор физ.-мат. наук
тел.: +7-831-4367253
Email: zin@ipfran.ru
Адрес: 603951 Нижний Новгород,
ул. Ульянова, 46, ИПФ РАН

И.И. Зинченко

Подпись И.И. Зинченко заверяю.

Ученый секретарь ИПФ РАН

И.В. Корюкин