

Отзыв официального оппонента

Измоденова Владислава Валерьевича

На диссертационную работу Андрианова Андрея Сергеевича

“Исследование структуры локальной межзвездной плазмы наземно-космическим интерферометром “Радиоастрон”,”

представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности

01.03.02 – Астрофизика и звездная астрономия

Диссертационная работа посвящена наземно-космическим наблюдениям трех пульсаров (PSR B0950+08, PSR B1919+21, PSR B0525+21) и анализу полученных данных. Диссертант осуществил наблюдения указанных пульсаров с наилучшим угловым разрешением, когда-либо достигавшимся в метровом и дециметровом диапазонах длин волн, с помощью наземно-космического интерферометра «Радиоастрон» со сверхдлинной базой. Благодаря совместным наблюдениям наземных телескопов и космического 10-метрового радиотелескопа Спектр-Р, находящегося на орбите Земли, «Радиоастрон» позволяет восстанавливать изображения наиболее компактных источников с беспрецедентным угловым разрешением. В работе исследуется рассеяние излучения от пульсаров на неоднородностях межзвездной среды в окрестности солнечной системы.

Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения.

Во введении обозначены цели работы, описаны актуальность и научная новизна исследования, приводятся основные положения, выносимые на защиту, а также список публикаций и личный вклад автора.

Первая глава посвящена теоретическим основам распространения излучения от компактных объектов сквозь неоднородную межзвездную среду, рассмотрены режимы сильного и слабого рассеяния. Проводится обзор литературы, посвященной исследованиям межзвездных мерцаний радиоисточников. Рассмотрены основные принципы интерферометрии со сверхдлинной базой.

Во второй главе диссертации описана методика обработки наблюдательных данных проекта Радиоастрон. Диссертант принимал участие в разработке коррелятора АКЦ ФИАН, который осуществляет первичную обработку сигналов (гейтинг, получение среднего профиля пульсара, исправление данных за полосу приемника, удаление помех). В диссертации приводится детальное техническое описание алгоритмов работы коррелятора, а также сравнение коррелятора АКЦ с коррелятором DiFX. Обработка наблюдений пульсаров включает в себя ряд особенностей, связанных с периодическим характером приходящих кратковременных импульсов. Необходимо проводить дополнительную коррекцию данных – гейтинг и дедисперсию. Эти процедуры подробно описаны.

Третья глава посвящена описанию, анализу и интерпретации полученных наблюдательных данных трех пульсаров. Анализировался динамический спектр мощности пульсаров, а также характеристики динамического спектра, такие как структурная функция для различных временных сдвигов, функция когерентности. В начале третьей главы приводится краткое описание аналитической модели рассеяния в идеализированных случаях “плоских экранов”, а также “космической призмы”. Данные модели были разработаны ранее, однако в диссертации они впервые были применены для анализа наблюдений пульсаров PSR B0950+08, PSR B1919+21, PSR B0525+21.

Для пульсара PSR B0950+08 оказалось, что вид структурной функции, полученной на наземных телескопах Аресибо-Вестерборк, качественно отличается от функции, полученной с помощью наземно-космического телескопа Радиоастрон-Аресибо. Структурная функция на более короткой наземной базе имеет два компонента – узкий и широкий, в то время как в наземно-космических наблюдениях присутствует только широкий компонент. Из этого сделан вывод о существовании двух характерных масштабов, на которых происходит рассеяние излучения от пульсара. Была применена модель двух плоских рассеивающих слоев (“экранов”). Кроме того, показано, что для объяснения наблюдаемой асимметрии структурной функции в модель необходимо добавить космическую призму, отклоняющую все входящие лучи на определенный угол. Из сравнения наблюдательных данных с результатами модели были определены расстояния до двух рассеивающих экранов, угол преломления призмы, скорости экранов, а также показатели спектров неоднородностей плазмы в обоих рассеивающих слоях.

Пульсар PSR B1919+21 характеризуется сильным режимом мерцаний с индексом модуляции близким к 1. Для него также была применена модель с двумя экранами и призмой. Обнаружено, что ближний экран располагается на расстоянии всего 0.14 пк от Солнца, т.е. внутри Солнечной системы.

Пульсар PSR B0525+21 аналогичен предыдущему, поскольку для него реализуется режим сильных мерцаний. Данный пульсар был объяснен с применением одного рассеивающего экрана.

По тексту диссертации возникли следующие вопросы и замечания:

1. При анализе структурных функций применяются теоретические модели рассеяния на тонких экранах и призмах. Было бы хорошо привести сравнение наблюдаемых структурных функций с модельными в случае присутствия одного и двух экранов, а также с добавлением призмы. Это позволило бы нагляднее представить результаты и обосновать возможность и необходимость использования указанных моделей.
2. Ни нижней панели Рис.3.4 приведена структурная функция, полученная наземно-космическим телескопом для первого пульсара PSR B0950+08. Видно, что функция имеет параболический вид, в то время как применяемая для интерпретации модель дает кусочно-линейные функции. Хотелось бы увидеть рассуждения о том, чем могут быть объяснены эти расхождения.
3. В диссертации практически не обсуждаются реальные физические процессы, которые приводят к формированию “экранов” и “призм”, которые используются

для объяснения наблюдательных данных. В то же время, это представляет особенный интерес, поскольку данные результаты могут использоваться для уточнения трехмерной карты неоднородностей межзвездной среды. В частности, хотелось бы понять, как результаты этой работы соотносятся с уже имеющимися картами, полученными, например, в работах R. Lallement.

4. В первой главе говорится о том, что пульсары можно использовать для диагностики межзвездного магнитного поля в различных направлениях. Интересно, может ли присутствие магнитного поля в плазме как-то повлиять на количественные характеристики, полученные в данной работе.
5. На стр. 91 в последнем абзаце используется слово “and” вместо “и”.

Указанные замечания не влияют на общую высокую оценку диссертации. Текст диссертации написан достаточно ясно, все полученные результаты обоснованы и изложены корректно.

Исследование выполнено на высоком научном уровне, полученные новые результаты имеют как теоретическое, так и практическое значение, и способствуют развитию радиоастрономии в РФ. Стоит отметить существенный вклад диссертанта в разработку программных компонент коррелятора АКЦ, который в настоящее время используется для обработки около 95 % данных Радиоастрона.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Работа соответствует заявленной специальности. Результаты диссертации опубликованы в том числе в высокорейтинговых журналах (Astrophysical Journal, MNRAS) из списка ВАК.

В соответствии со сказанным выше, можно сделать вывод, что диссертация А.С.Андрианова “Исследование структуры локальной межзвездной плазмы наземно-космическим интерферометром “Радиоастрон” является научно-квалификационной работой, соответствующей критериям Положения о присуждении ученых степеней ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.03.02 – “Астрофизика и звездная астрономия”, а ее автор, Андрианов Андрей Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент

Измоденов Владислав Валерьевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

Подпись Измоденова В.В. заверяю - и.о. декана механико-математического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»