

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ



119991, ГСП-1, Москва  
Ленинский проспект, 53 ФИАН  
Телефон: (499) 135 1429  
(499) 135 4264  
Телефакс: (499) 135 7880  
<http://www.lebedev.ru>

Дата **31.07.2017 г.**

<<УТВЕРЖДАЮ>>

Заместитель директора ФИАН

доктор физ.-мат. наук Рябов В.А.

---

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Диссертация "Исследование структуры локальной межзвездной плазмы наземно-космическим интерферометром «Радиоастрон»" выполнена в Астрокосмическом Центре Федерального государственного учреждения науки Физический институт им. П. Н. Лебедева Российской академии наук (АКЦ ФИАН).

Андрианов Андрей Сергеевич, родился 23 мая 1986 г., 17 июля 2009 г. окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский физико-технический институт (государственный университет)" (МФТИ), факультет общей и прикладной физики по специальности «Прикладная математика и физика» (магистр). Андрианов А. С. был соискателем ФИАН с 29.08.2013 по 28.08.2016. В период подготовки диссертации Андрианов А. С. работал младшим научным сотрудником в отделе обработки астрофизических наблюдений. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано ФИАН в 2017 году.

Научный руководитель – ведущий научный сотрудник лаборатории плазменных процессов в астрофизике Пушинской радиоастрономической обсерватории АКЦ ФИАН (ПРАО АКЦ ФИАН), доктор физико-математических наук Смирнова Татьяна Васильевна.

Доклад Андрианова А. С. по результатам диссертационной работы "Исследование структуры локальной межзвездной плазмы наземно-космическим интерферометром «Радиоастрон»" на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 «астрофизика и звездная астрономия» был заслушан и обсужден на общем астрофизическом семинаре АКЦ ФИАН 29 мая 2017 г. и на семинаре ПРАО АКЦ ФИАН 6 июня 2017 г.

По итогам обсуждения диссертационной работы и рассмотрения диссертации было принято следующее решение.

**Актуальность исследований.** Исследование эффектов рассеяния излучения при распространении через неоднородности межзвездной плазмы является исключительно важным для астрофизики, поскольку эти эффекты оказывают существенное влияние на регистрируемое излучение, как галактических, так и внегалактических источников. Такие исследования позволяют изучить структуру неоднородностей межзвездной плазмы и выявить эффекты, искажающие исходные свойства излучающих объектов. Понимание процессов рассеяния, происходящих в межзвездной плазме, является важным в поиске гравитационных волн, который проводится по анализу шума хронометрирования в наблюдениях пульсаров. В настоящее время построены модели распределения свободных электронов в Галактике, однако они отражают средние статистические параметры такого распределения. При исследовании конкретных источников необходимо знание распределения межзвездной плазмы и ее характеристик в данном направлении, которое может существенно отличаться от среднестатистического. Таких исследований в настоящее время проведено крайне мало.

Наиболее эффективно изучение распределения межзвездной плазмы можно проводить по наблюдениям мерцаний радиоизлучения пульсаров, так как они являются наиболее компактными источниками излучения. Большие преимущества в изучении эффектов рассеяния обеспечивает наземно-космический радиointерферометр «Радиоастрон», так как он позволяет измерять непосредственно угловые размеры и структуру диска рассеяния пульсаров, что не доступно для наземной интерферометрии в большинстве случаев. Измерение углового размера диска рассеяния пульсаров является существенным для получения информации о пространственном распределении рассеивающей плазмы вдоль луча зрения. Наблюдения быстрой переменности квазаров указывают на существование компоненты межзвездной среды, расположенной близко от наблюдателя - на расстояниях порядка 10 пк. Ее свойства существенно отличаются от более удаленной, диффузной компоненты. Природа этих мелкомасштабных структур и их роль в динамике Галактики является важной проблемой. Поэтому наблюдение близких пульсаров, для которых подобные структуры могут оказать существенное влияние на принимаемое излучение, является актуальной научной задачей.

### **Научная новизна работы**

Наблюдения пульсаров PSR B0950+08, PSR B1919+21 и PSR B0950+08 проведены с рекордным угловым разрешением в диапазоне дециметровых длин волн с помощью наземно-космического радиointерферометра «Радиоастрон». Результаты, представленные в работе, были получены впервые:

– Благодаря высокой угловой разрешающей способности наземно-космического интерферометра «Радиоастрон» впервые было показано, что локальная межзвездная плазма оказывает существенное влияние на мерцания близких пульсаров и было определено расстояние до эффективных экранов, на которых происходит рассеяние их излучения. Расстояние от Земли до ближайшего экрана в направлении на пульсар PSR B1919+21 составляет всего 0.14 пк. Это в сотни раз дальше, чем граница гелиопаузы, однако находится внутри облака Оорта, и, таким образом, находится в пределах Солнечной системы. Данные наблюдения являются первым обнаружением рассеяния излучения ионизованным газом в данной области.

– Было показано, что в направлении пульсаров B0950+08 и B1919+21 существуют космические призмы, существенно влияющие на наблюдаемую картину мерцаний. Впервые был определен угол рефракции и расстояние до призмы в направлении пульсара PSR B1919+21.

### **Ценность и практическая значимость работы, полнота изложения.**

Результаты диссертации Андрианова А. С. могут быть использованы для развития теоретических моделей турбулентной межзвездной плазмы и создания новых моделей распределения электронной плотности в нашей Галактике. Обнаруженные эффекты рассеяния и преломления могут препятствовать осуществлению передачи сигналов между галактическими объектами в дециметровом диапазоне длин волн, что необходимо учитывать в выборе диапазона для межзвездной связи. Выводы, полученные в рамках определения

характеристик локальной межзвездной среды, применимы при исследовании компактных внегалактических источников и пульсаров, для понимания процессов рассеяния и преломления в межзвездной плазме. Результаты диссертационной работы Андрианова А. С. изложены в восьми научных публикациях. Основные результаты, выносимые на защиту, представлены в пяти статьях в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией (ВАК). Содержание диссертационной работы Андрианова А. С. изложено максимально доступно, корректно и полно.

**Личный вклад автора** во все результаты, выносимые на защиту, является определяющим или равным вкладу соавторов. Андрианов А. С., в рамках выполнения данной работы, самостоятельно разработал модуль программного коррелятора АКЦ, осуществляющий выбор окна излучения пульсара (гейтинг) и дедисперсию данных, а также модуль коррелятора АКЦ, обеспечивающий чтение различных форматов входных данных. Также Андриановым А. С. было выполнено тестирование коррелятора АКЦ и модели задержки ORBITA2012. Им были разработаны программы для построения среднего профиля пульсара на основе прокоррелированных РСДБ данных, программы для компенсации помех и коррекции формы полосы приемника. Диссертантом самостоятельно была выполнена корреляционная обработка всех данных наземно-космических РСДБ наблюдений пульсаров PSR B0950+08, PSR B1919+21, PSR B0525+21, а также часть посткорреляционной обработки, в том числе компенсация помех и коррекция формы полосы приемника. Автор принимал равное участие с соавторами в дальнейшей посткорреляционной обработке данных наземно-космических РСДБ наблюдений. Для реализации программы Андрианов А. С. подал заявку на РСДБ наблюдения в проекте «Радиоастрон» совместно с наземными телескопами, которая на конкурсной основе была принята программным комитетом. Диссертант принимал активное участие в получении результатов, их обсуждении, интерпретации и подготовке текста публикаций.

**Достоверность полученных результатов и выводов** обеспечивается надежностью методик, реализованных в программном обеспечении, которое использовалось при обработке данных, а также надлежащим техническим состоянием отечественных и зарубежных инструментов, на которых проводились наблюдения. Высокое качество разработанных программных модулей и тестирования коррелятора подтверждена успешным использованием коррелятора в текущих работах АКЦ с наземно-космическим интерферометром в течение 5 лет полета космического радиотелескопа.. Достоверность представленных результатов подтверждается апробацией на российских и зарубежных международных конференциях, где присутствовали специалисты в данной области, а также публикациями в рецензируемых журналах.

**Апробация результатов.** Результаты диссертационной работы Андрианова А. С. обсуждались и были представлены на семинарах и отчетных научных сессиях АКЦ ФИАН, а также на трех российских и на девяти зарубежных международных конференциях.

Диссертационная работа Андрианова Андрея Сергеевича «Исследование структуры локальной межзвездной плазмы наземно-космическим интерферометром «Радиоастрон»» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «астрофизика и звездная астрономия» (01.03.02).

Члены ученого совета АКЦ ФИАН считают, что представленная диссертационная работа полностью удовлетворяет всем требованиям ВАК, которые предъявляются к работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Содержание и название работы полностью соответствуют указанной специальности 01.03.02 «астрофизика и звездная астрономия».