

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. П.Н. ЛЕБЕДЕВА**

**СТЕНОГРАММА
ЗАСЕДАНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д 002.023.01**

10 ноября 2017 года

*Защита диссертации
Андрея Сергеевича
Андрея Сергеевича
на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.03.02 (астрофизика и звездная астрономия)
“Исследование структуры локальной межзвездной плазмы
наземно-космическим интерферометром “Радиоастрон””*

Присутствовали члены диссертационного совета:

Кардашев Н.С., д.ф.-м.н., академик РАН, 01.03.02, физ.-мат. науки

Ковалев Ю.А., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки, ученый секретарь

Бочкарев Н.Г., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки

Дорошкевич А.Г., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки

Иванов П.Б., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки

Каленский С.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки

Ковалев Ю.Ю., д.ф.-м.н., член-корр. РАН, 01.03.02, техн. науки

Ларионов М.Г., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки

Лукаш В.Н., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки

Малофеев В.М., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки

Новиков Д.И., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки

Попов М.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки

Рудницкий Г.М., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки

Чашей И.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки

Шишов В.И., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки

Щекинов Ю.А., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки

Председательствующим на данном заседании является доктор физико-математических наук, академик РАН, председатель диссертационного совета Н.С. Кардашев.

Секретарь заседания – ученый секретарь диссертационного совета доктор физико-математических наук Ю.А. Ковалев.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Приступаем к третьему заседанию. Диссертация тесно связана с Радиоастроном, получением новых данных. Андрианов Андрей Сергеевич, "Исследование структуры локальной межзвездной плазмы наземно-космическим интерферометром Радиоастрон". Юрий Андреевич, пожалуйста, ознакомьте нас с документами.

СЕКРЕТАРЬ: зачитывает основные выдержки из представленных соискателем документов и делает заключение о соответствии документов установленным требованиям Высшей аттестационной комиссии (ВАК) для защиты кандидатской диссертации.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Пожалуйста, слово соискателю.

ДОКЛАД СОИСКАТЕЛЯ

СОИСКАТЕЛЬ (*выступает с докладом. В докладе демонстрирует и комментирует слайды 1-37, номера которых даны в начале соответствующих строк ниже*). Слайды к докладу приведены в Приложении к стенограмме, а также приложены к аттестационному делу в бумажном и электронном видах.

Слайд 1. Название диссертации.

Слайд 2. Целью данной работы является исследование структуры локальной межзвездной плазмы на основе анализа межзвездных мерцаний близких пульсаров. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи. Разработать модули программного обеспечения реализующие алгоритмы первичной обработки РСДБ данных для программного коррелятора Астрокосмического центра ФИАН. Надо было провести наблюдения, корреляционную обработку и анализ данных наземно-космического интерферометра. И нужно было исследовать структуру и свойства межзвездной плазмы в направлении на три пульсара 0950+08, 1919+21 и 0525+21.

Слайд 3. Структура работы состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложения со списком используемых обозначений.

Слайд 4. Первая глава посвящена межзвездным мерцаниям радиоисточников. Эффекты рассеяния приводят к угловому уширению изображения пульсара, уширению импульса, модуляциям интенсивности (мерцаниям) и искажениям спектра источника. При этом влияние эффектов рассеяния можно представить в виде некой функции отклика на среду, которая приводит к интерференционному усилению или ослаблению излучения, которое приходит к наблюдателю различными путями. На этом рисунке представлен динамический спектр пульсара 1919+21 и в динамическом спектре видны "пятна" интерференционного усиления и

ослабления интенсивности. Так как относительная оптическая длина пути, которую проходит излучение через неоднородности межзвездной плазмы, изменяется при изменении положения наблюдателя, то функция отклика среды тоже зависит от положения наблюдателя. При этом интересно, что для большинства источников на метровых и дециметровых длинах волн данный пространственный масштаб существенно превышает диаметр Земли, но, в то же время, во многих случаях он не превышает расстояния между космическим аппаратом Радиоастрон и Землей. Таким образом Радиоастрон позволяет получить дополнительные характеристики межзвездной плазмы по сравнению с чисто наземными наблюдениями.

Слайд 5. Радиоастрон -- это наземно-космический интерферометр с базой до 350 тысяч км. Он работает в четырех диапазонах длин волн и находится на орбите с 18 июля 2011 года.

Слайд 6. Вторая глава посвящена обработке данных проекта Радиоастрон.

Слайд 7. Первой стадией обработки РСДБ данных является корреляционная обработка. Корреляционная обработка для большей части данных проекта производится на корреляторе АКЦ ФИАН. Коррелятор АКЦ ФИАН это программный коррелятор, построенный по архитектуре FX коррелятора. Он отличается полной поддержкой всех распространённых форматов "сырых" данных, которые в настоящее время регистрируются на наземных телескопах. Он работает на компьютерном кластере здесь в АКЦ производительностью около 1 ТФлопс. Он имеет также специализированные режимы для обработки источников непрерывного спектра, спектральных линий и пульсаров. В настоящее время коррелятор АКЦ -- единственный коррелятор, который поддерживает работу в режиме "Когерент" для Радиоастрона (этот режим позволяет использовать на борту опорный сигнал от наземного водородного стандарта частоты). На заключительном этапе разработки коррелятора было произведено сравнение результатов работы коррелятора АКЦ с другим известным популярным софтверным коррелятором -- коррелятором DiFX. И данное сравнение показало отсутствие значимой разницы в результатах работы корреляторов.

Слайд 8. Обработка данных пульсаров несколько отличается от традиционной обработки большинства других данных, таких как активные ядра галактик. Специфика заключается в том, что пульсар излучает в направлении наблюдателя не все время, а имеет импульсный характер излучения. Соответственно, для того чтобы оптимизировать соотношение сигнал/шум, коррелятор должен интегрировать данные только за интервалы времени, соответствующие импульсам пульсара и не интегрировать тогда, когда импульсов нет, не складывать шум. Такой подход называется гейтинг и позволяет увеличить в несколько раз соотношение сигнал/шум. Второй особенностью при обработке данных пульсаров является необходимость учета эффекта межзвездной дисперсии. Данный эффект приводит к тому, что

излучение на высокой частоте приходит к наблюдателю раньше, чем на низкой. Соответственно, коррелятор при обработке данных должен этот эффект компенсировать и скорректировать данные на разных частотах, приведя их к одному моменту времени. В корреляторе АКЦ компенсация производится методом некогерентной компенсации дисперсии. Данный метод выбран, так как он является более быстрым в вычислении, чем метод когерентной компенсации дисперсии. При этом в наших случаях он дает сопоставимые результаты. И гейтинг и компенсация дисперсии в корреляторе были разработаны в рамках данной диссертационной работы.

Слайд 9. После корреляции необходимо до анализа данных выполнить некую посткорреляционную обработку, которая заключается в коррекции формы полосы пропускания приемника и в удалении помех, по большей части монохроматических, из спектра. Это тоже реализовано с помощью разработанных в рамках данной работы программных утилит.

Слайд 10. Третья глава посвящена исследованию межзвездной плазмы в направлении трех выбранных пульсаров.

Слайд 11. В данной таблице приведены основные параметры трех выбранных пульсаров и параметры корреляционной обработки. Пульсары были выбраны как одни из наиболее ярких пульсаров на небе. Исторически это были одни из первых наблюдений в проекте Радиоастрон. Собственно, поэтому и были выбраны эти источники. Наблюдения двух пульсаров 0950+08 и 1919+21 проводились на длине волны 92 см, а пульсара 0525+21 на длине волны 18 см. Длительность наблюдений составляла от одного часа до двух с половиной часов. В наблюдениях участвовали космический радиотелескоп Радиоастрон и, как минимум, два крупных наземных телескопа. Первичная обработка данных выполнялась на корреляторе АКЦ.

Слайд 12. Далее идет анализ данных пульсара 0950+08. На этом графике представлена зависимость интенсивности индивидуальных импульсов пульсара от времени и вычисленный по этой зависимости индекс модуляции. Видно, что пульсар проявляет высокий уровень собственной переменности, индекс модуляции находится в пределах 0.35-0.4. Данное значение индекса модуляции соответствует слабым мерцаниям, то есть таким мерцаниям, в которых флуктуации фазы не превышают 2π . На этом графике приведены примеры двух спектров индивидуальных импульсов, разделенных между собой интервалом в 200 импульсов. Видно, что частотная структура, в основном, сохраняется. Это говорит о том, что характерный временной масштаб мерцаний, как минимум, превышает расстояние между 200 импульсами.

Слайд 13. Далее, мы можем построить кросскорреляционную функцию между спектрами, разнесенными между собой на некий интервал времени. Вот она представлена на этом рисунке. И по ней можно определить

характерный временной масштаб мерцаний, который для пульсара 0950+08 составляет величину порядка 1000 сек.

Слайд 14. Для дальнейшего анализа из динамического спектра пульсара можно построить структурную функцию. На этих графиках приведены две структурные функции, в зависимости от сдвига по частоте для наземно-космической базы и для наземной базы для различных сдвигов по времени (пунктирной линией). Видно, что структурная функция на наземной базе и на наземно-космической имеет принципиально разную форму. На наземной базе у нас есть некий излом. Также мы видим, что на наземно-космической базе присутствует широкий компонент, узкий компонент на длинной базе исчезает. Также можно заметить, что на наземной базе узкий компонент имеется только при малых временных сдвигах, а широкий компонент присутствует как при больших, так и при малых временных сдвигах. Два этих масштаба, узкий и широкий, соответствуют разнесенным в пространстве двум слоям турбулентной плазмы, на которых происходит рассеяние излучения пульсара.

Слайд 15. Для интерпретации данного поведения структурной функции мы будем использовать модель, основанную на плоских экранах. Если у нас есть некий плоский тонкий экран, на котором есть неоднородности со степенным спектром, то это будет нам давать степенную форму структурной функции флуктуаций фазы на экране, которая будет приводить к структурной функции флуктуаций интенсивности следующего вида. Она изображена на этом рисунке. Это некая линейная функция до масштаба порядка Френелевского, а далее константа, определяемая величиной индекса модуляции. Если у нас есть несколько экранов, то структурная функция такой системы будет представлять собой сумму структурных функций отдельных экранов. Таким образом структурная функция для наземной базы будет описываться кусочно-линейной моделью, которая включает в себя два экрана. Если мы будем анализировать форму структурной функции, то мы увидим, что ее излом появляется на частоте около 3 МГц, что соответствует Френелевскому масштабу второго экрана, и по отношению структурной функции на Френелевском масштабе и на краю можно записать уравнения, из которых можно найти индексы модуляции, соответствующие мерцаниям на дальнем и на ближнем экране. Также мы видим, что экран 1 находится ближе к наблюдателю, так как ему соответствует больший частотный масштаб. Также видим большую ошибку в определении индекса модуляции. Она связана с плохим определением Френелевского масштаба для первого экрана.

Слайд 16. Здесь видно, что узкий компонент структурной функции исчезает при больших временных сдвигах, то есть временной масштаб дальнего экрана менее 1000 секунд. Из этого можно записать уравнение на соотношение величины структурной функции при нулевом временном сдвиге и сдвиге в 1000 секунд, из которого можно определить характерный

пространственный масштаб и по нему определить расстояние до ближнего экрана.

Слайд 17. Далее предположим в нашей модели, что между пульсаром и экранами расположена некая космическая призма или некий слой плазмы, который имеет градиент коэффициента преломления. Данная призма будет отклонять излучение пульсара на некий зависящий от частоты угол. Для экрана и космической призмы, расположенной за экраном, видимое смещение источника приводит к смещению картины мерцаний на некое расстояние. Так как мы уже знаем характерный Френелевский масштаб для первого экрана, то можем по нему найти угол преломления данной призмы. И используя его можно определить расстояние до второго экрана.

Слайд 18. Далее, если наблюдатель движется со скоростью, перпендикулярной направлению на пульсар, и если экран тоже движется, то пространственное смещение наблюдателя относительно картины мерцаний увеличивается с изменением времени. Если смещение наблюдателя параллельно направлению дисперсии призмы, то наблюдатель заметит сдвиг картины мерцаний по частоте, как функцию от времени. Таким образом, задержка во времени эквивалентна изменению местоположения в направлении некой линейной комбинации векторов скорости наблюдателя, экранов и пульсара.

Слайд 19. Дальше можно проанализировать степень асимметрии структурной функции. Здесь приведены функции асимметрии для космической базы и наземной. Мы видим, что на наземной базе функция асимметрии имеет два экстремума, минимум и максимум. Наличие и минимума, и максимума говорит о том, что проекции скоростей экранов имеют разный знак. Каждый экстремум соответствует своему экрану. Мы знаем, что космическая база чувствительна только к ближнему экрану. Поэтому мы можем сделать вывод, что экстремум на 3 МГц соответствует ближнему экрану, а на одном МГц дальнему. По значениям функции асимметрии в экстремумах можно определить угол между направлением скорости экрана и направлением рефракции. В данном случае оно получается для двух экранов различным, что дополнительно свидетельствует о том, что это именно два разнесенных в пространстве слоя турбулентной плазмы.

Слайд 20. Далее можно проанализировать кросскорреляционную функцию. Оказывается, что показатель степени корреляционной функции связан с показателем степени степенной функции неоднородностей и можно для наземной и наземно-космической базы определить показатель спектра неоднородностей. Оказывается, что показатель спектра близок к 3 в случае и наземной и наземно-космической базы, то есть соответствующий спектр неоднородностей близок для обоих экранов. Это значение отличается от значения для Колмогоровского спектра, но оно находится в хорошем соответствии со значениями из литературы измерений на более низких частотах, на 40-112 МГц.

Слайд 21. Краткие выводы по строению плазмы в направлении пульсара 0950+08. В направлении 0950+08 были обнаружены два экрана, на которых происходит рассеяние, им соответствует двухчастотная структура спектров. Были определены расстояния до экранов. Впервые был получен угол преломления в межзвездной среде и был определен показатель спектра неоднородностей, который отличается от Колмогоровского.

Слайд 22. Далее переходим к анализу данных пульсара 1919+21. Здесь приведен его динамический спектр и приведены его индивидуальные импульсы. На спектрах индивидуальных импульсов хорошо видны два частотных масштаба. Широкий -- порядка полутора МГц и узкий -- порядка 400 КГц. Также мы видим наклон полос, он обусловлен рефракцией. В данном случае у нас тоже есть призма. Для данного пульсара индекс модуляции близок к единице, таким образом здесь реализуется модель сильного рассеяния.

Слайд 23. Теперь можно проанализировать ковариационную функцию на наземной и наземно-космической базе. Мы тоже видим двухкомпонентную структуру ковариационной функции. Из анализа ковариационных функций можно найти характерные частотные и временные масштабы мерцаний. Также важный момент -- в случае сильных мерцаний ковариационную функцию можно представить в виде суммы двух независимых частей -- зависящих только от частоты и только от базы. Таким образом, по отношению ковариационной функции на большом частотном сдвиге к значению при нулевом сдвиге можно определить вклад пространственной ковариационной функции.

Слайд 24. На этом слайде приведены примеры структурных функций для данного пульсара. Видно, что на короткой базе наблюдается как узкий, так и широкий компонент. На длинной базе широкий компонент подавлен и остается только узкий. Смещение минимума структурной функции с увеличением временного сдвига обусловлено рефракционным смещением из-за призмы на луче зрения.

Слайд 25. Определим параметры модели. Мы уже определили вклад пространственной корреляционной функции. По нему можно оценить характерный пространственный масштаб. Из него можно определить расстояние до сильно рассеивающего экрана и размер кружка рассеяния на этом экране. При этом в плоскости наблюдателя за счет геометрии видимый размер будет меньше. Из сдвига минимума структурной функции при максимальном разнесении по времени можно найти Френелевские масштабы для ближнего экрана и по ним определить расстояние до экрана, угол преломления призмы и угол рассеяния на данном слабо рассеивающем экране. Из условия, что рефракционное смещение меньше масштаба дифракционной картины мерцаний, можно определить расстояние до призмы, которое в данном случае оказывается менее 2 пк.

Слайд 26. Здесь приведены примеры структурных функций. Показатель структурной функции также связан с показателем степенного спектра неоднородностей, то есть по показателю степени структурной функции можно определить показатель степени спектра неоднородностей. Для данного пульсара спектр близок к Колмогоровскому.

Слайд 27. Таким образом, структура мерцаний в направлении пульсара 1919+21 определяется двумя рассеивающими экранами. Реализуются дифракционные мерцания на дальнем экране и слабые мерцания на ближнем слое плазмы. Показано существование призмы на луче зрения и определено расстояние до нее -- менее 2 пк. Определен угол преломления этой призмы и определен показатель спектра неоднородностей.

Слайд 28. Переходим к анализу последнего пульсара 0525+21. Здесь мы тоже видим сильные мерцания с индексом модуляции близким к единице. Таким образом анализ данных данного пульсара будет очень похож на анализ данных пульсара 1919+21.

Слайд 29. Мы также строим корреляционные функции, определяем частотные и временные масштабы мерцаний.

Слайд 30. По наклону структурной функции определяем показатель спектра неоднородностей, который в данном случае близок к Колмогоровскому. И по значению корреляционной функции на наземно-космической базе мы определяем долю пространственной корреляционной функции.

Слайд 31. Определяем характерный пространственный масштаб. По нему определяем размер кружка рассеяния. Пространственный масштаб можно сравнить с масштабом, связанным с временем мерцаний и скоростью пульсара. Если бы среда была однородна, то эти масштабы были бы одинаковы. Но так как у нас масштабы разные, то получается, что среда неоднородна. При этом центр этой неоднородности сдвинут к пульсару. Далее в модели одного рассеивающего экрана, простейшей, можно определить расстояние до экрана, которое составляет порядка 10% расстояния до пульсара.

Слайд 32. Таким образом в направлении пульсара 0525+21 реализуются сильные мерцания. Были определены характерные временной и частотный масштабы. Показано, что спектр неоднородностей близок к Колмогоровскому. Был измерен угол рассеяния в направлении пульсара и показано, что рассеяние происходит на слое плазмы, находящемся довольно близко к пульсару.

Слайд 33. На данном слайде представлены заключения, выносимые на защиту. Они есть в автореферате, но вкратце их зачитаю. Были разработаны и в течение более 5 лет успешно используются в текущей работе с интерферометром модули программного обеспечения для обработки наблюдений пульсаров, которые являются частью коррелятора АКЦ. В

результате наблюдений на 92 см впервые было показано, что локальная межзвездная плазма оказывает существенное влияние на мерцания близких пульсаров 0950+08 и 1919+21. Было определено расстояние до эффективных экранов, на которых происходит рассеяние. При этом в направлении пульсара 1919+21 был обнаружен очень близкий к нам экран, находящийся на расстоянии всего 0.14 пк. Это первое обнаружение рассеивающей плазмы в этой области. Были определены показатели спектра неоднородностей в направлении на пульсары.

Слайд 34. Было показано, что в направлении пульсаров 0950+08 и 1919+21 существуют космические призмы, которые существенно влияют на наблюдаемую картину мерцаний. Были определены впервые углы рефракции этих призм. Были измерены углы рассеяния в направлении пульсаров 0525+21 и 1919+21.

Слайд 35. По теме данной работы опубликованы пять работ в научных журналах, рекомендованных ВАК.

Слайд 36. И три работы как тезисы докладов на конференциях.

Слайд 37. Спасибо за внимание.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Вопросы ? Пожалуйста.

ВОПРОСЫ ПОСЛЕ ДОКЛАДА.

КОВАЛЕВ Ю.Ю.: Андрей Сергеевич, для удобства диссертационного совета я хотел бы Вас попросить более подробно сказать о разработанном Вами программном обеспечении, которое используется в течении пяти лет в корреляторе АКЦ. И, если можно, отметить какая часть этой задачи решает то, что представили Вы в диссертации. Вы знаете, что сегодня была первая защита на близкую тему. Хотелось бы четко услышать о разнице между этими работами. Потому как я понимаю, что это были разные совершенно задачи, и нам будет проще все оценивать, если Вы тоже суммируете все это в течении пары минут.

СОИСКАТЕЛЬ: В рамках работы был реализован алгоритм дедисперсии в корреляторе, был реализован гейтинг, режим для обработки пульсаров. В предыдущей диссертации, Рудницкого Алексея Георгиевича, был разработан модуль для поиска гигантских импульсов. В этой работе были разработан алгоритм дедисперсии в корреляторе, гейтинг, выполнено сравнение корреляторов. Также в списке публикаций есть одна из статей по коррелятору.

КОВАЛЕВ Ю.Ю.: Спасибо.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так, еще вопросы.

ИВАНОВ П.Б.: Все говорят про тонкие экраны. А есть модели толстых экранов? Насколько результаты зависят от толщины экранов?

СОИСКАТЕЛЬ: Разумеется, есть. Есть различные модели. Тонкий экран является наиболее простой моделью, но при этом выводы, получаемые в рамках этой модели, можно трактовать как какие-то другие модели. Например, есть модель равномерно распределенной среды. Если одинаково анализировать данные, то получится либо экран на одной трети расстояния, либо равномерная среда. То есть это эквивалентно.

ИВАНОВ П.Б.: А вот выводы о спектре неоднородностей зависят от принятой модели, или они модельно независимы?

ШИШОВ В.И.: Почти одинаковы, от пространственного распределения не зависят.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Да, я хочу спросить. Обсуждалось несколько раз. Сейчас что-то получается или нет из того, что в разных направлениях по отношению к скорости движения Солнечной системы вокруг центра Галактики – вдоль рукава, поперек рукава -- есть ли какие-то различия?

СОИСКАТЕЛЬ: Это не входит в рамки данной работы. В данной работе анализировалось три пульсара, но программа наблюдений Радиоастрона продолжается и было проанализировано порядка десяти пульсаров, были получены экраны в направлении десяти пульсаров. Видно, что часто положение одного из экранов совпадает с положением рукавов. Но есть и такие экраны, которые не совпадают с положением рукавов.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: То есть это можно будет в дальнейших наблюдениях посмотреть?

СОИСКАТЕЛЬ: В дальнейших наблюдениях планируется.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так, пожалуйста, еще кто?

ЩЕКИНОВ Ю.А.: У меня в принципе связанный немножко вопрос с вопросом Николая Семеновича. У Вас три пульсара. Два вторых показывают Колмогоровский спектр.

СОИСКАТЕЛЬ: Да.

ЩЕКИНОВ Ю.А.: Первый показывает заметно неколмогоровский спектр

СОИСКАТЕЛЬ: Да.

ЩЕКИНОВ Ю.А.: Вопрос такой: Вы выбрали эти пульсары специально, чтобы увидеть в одном случае Колмогоровский, а в другом случае неколмогоровский спектр.

СОИСКАТЕЛЬ: Нет, не специально.

ЩЕКИНОВ Ю.А.: И независимо от этого вопрос: чем отличаются эти два набора пульсаров? Два последних и один первый, у которого неколмогоровский спектр. То есть я имею ввиду расстояния, направления, ориентацию относительно местных рукавов или, скорее, местных особенностей, пузырей в местной локальной среде -- чем они отличаются?

СОИСКАТЕЛЬ: Если посмотреть на параметры пульсаров, если сравнить расстояния, то 0950+08, у которого неколмогоровский спектр, находится ближе всего к нам. Здесь 0.26 кпк, до остальных -- 1 кпк и 1.6 кпк. То есть этот пульсар находится к нам ближе.

ЩЕКИНОВ Ю.А.: Это можно интерпретировать так: раз в первом случае неколмогоровский спектр, то здесь выборка маленькая, интеграл по лучу зрения маленький, и поэтому он проявляет такие не среднестатистические свойства.

СОИСКАТЕЛЬ: Я не уверен. Это связано же со статистической структурой турбулентности, а какая она...

ШИШОВ В.И.: 0950+08 связан с очень близкой к нам средой. И она особая по сравнению с обычной средой.

СОИСКАТЕЛЬ: Да, но у 1919+21 тоже есть близкий экран.

ЩЕКИНОВ Ю.А.: А особая она в каком смысле? Вот, например, могут быть особенности, они последнее время обсуждаются, скажем, с ОВ ассоциацией в Скорпионе, Центавре? Нет, это не то?

ШИШОВ В.И.: Нет, я хочу сказать, что, во-первых, это первый набор данных, который позволяет серьезно рассмотреть природу турбулентности. То, что близко к нам, это -- одна десятая парсека. Это вообще среда, близкая к границе гелиосферы. И вопрос требует дополнительного исследования.

ЩЕКИНОВ Ю.А.: То есть первый пульсар он близок...

ШИШОВ В.И.: Очень близок.

ЩЕКИНОВ Ю.А.: А, понятно.

СМИРНОВА Т.В. (ПРАО АКЦ ФИАН, научный руководитель): И есть еще второй пульсар, который тоже один из самых близких, это пульсар 0437. Есть публикация, что мерцания этого пульсара происходят тоже на ближнем слое, там порядка десяти парсек.

ЩЕКИНОВ Ю.А.: Тем не менее, спектр оказывается Колмогоровским?

СМИРНОВА Т.В.: Нет, и спектр как раз имеет показатель меньше Колмогоровского. То есть это некая новая выделенная область, которая может иметь несколько другие физические свойства.

ШИШОВ В.И.: Как раз диссертант и занимался этой ближней средой, и он отмечает особенности отличия этой среды от среды в рукавах.

ЧАШЕЙ И.В.: Есть еще вопрос.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так, пожалуйста.

ЧАШЕЙ И.В.: У меня вопрос такой. Вы для одного из пульсаров говорили о скорости движения экрана, а для последнего -- о скорости движения пульсара. Есть у Вас какие-то аргументы, когда нужно учитывать движение среды и когда основным является движение пульсара?

СОИСКАТЕЛЬ: У нас экран ближе к пульсару находится, поэтому его скорость влияет больше, чем наблюдателя.

ШИШОВ В.И.: 0950+08 пульсар показывает очень маленькую скорость.

ЧАШЕЙ И.В.: То есть априорно известно, что пульсар стоит на месте. То есть скорость его мала.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так, еще вопросы, пожалуйста. Нет вопросов? Спасибо. Тогда переходим к отзывам. Слово научному руководителю. Татьяна Васильевна, пожалуйста.

СМИРНОВА Т.В. (научный руководитель, выступает, отзыв прилагается.):

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так, Юрий Андреевич, другие отзывы?

СЕКРЕТАРЬ: *Зачитывает Отзыв организации, где выполнена работа (ФИАН), и Отзыв ведущей организации (ИКИ РАН). Оба Отзыва положительные, прилагаются. Другие отзывы не поступили.* В отзыве ведущей организации присутствует также замечание, касающееся правил цитирования, а также замечание в адрес диссертационного совета. Не нарушая регламента заседания, во избежание недоразумений, предлагаю их обсудить в общей дискуссии.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так, пожалуйста, ответы соискателя на замечания.

ОТВЕТ НА ЗАМЕЧАНИЯ В ОТЗЫВЕ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

-По замечанию, что не получили должной интерпретации результаты исследований пульсара 0525+21, расположенного рядом с Крабовидной туманностью. Также определен угол рассеяния, что существенно выделяется как по величине, так и по точности определения. И целесообразно было бы сравнить данный пульсар с пульсаром в Крабовидной туманности. И целесообразно было бы оценить вытянутость кружка рассеяния.

Ответ: Пульсары 0525+21 и пульсар в Крабе действительно находятся близко друг к другу по лучу зрения, однако недостаточно близко для того, чтобы

свойства среды в направлении этих пульсаров были одинаковые. Угловое расстояние между пульсарами порядка 1.5 градуса, что превышает размер Крабовидной туманности в 6', и расстояния до пульсаров отличаются на 600 пк. Таким образом туманность в Крабе никак не влияет на мерцания пульсара 0525+21. Однако, кроме туманности в направлении пульсара в Крабе, которая оказывает существенное влияние на рассеяние излучения от пульсара, существует однородно распределенная межзвездная среда. Возможно, ее свойства в направлении этих двух пульсаров могут быть похожи. Косвенно в пользу этого говорит похожее значение меры дисперсии в направлении обоих пульсаров. Это требует дополнительного исследования. Наши наблюдения показывают, что в направлении на пульсар 0525+21 рассеивающая среда сосредоточена довольно близко к пульсару и основная часть эффектов мерцания определяется ею. Что касается измеренного значения угла рассеяния в направлении пульсара 0525+21, разрешение интерферометра определяется λ/b и на частоте 1668 МГц составляет 0.16 мас для космической базы. Это размер по нулям главного лепестка. Радиус на уровне 1/2 в 4 раза меньше. Мы измеряем радиус диска рассеяния по анализу ковариационной функции и наше разрешение определяется отношением сигнал/шум и может составлять доли размера лепестка. Вытянутость кружка рассеяния можно попытаться оценить по наблюдениям с различной ориентацией базы. Это выходит за рамки данной работы, но может быть сделано в будущем.

- По замечанию, что в диссертации приведены амплитуды импульсов пульсара 0525+21 полученные на базе Аресибо-Грин Бэнк. Целесообразно было бы показать профиль хотя бы одного импульса с одиночной антенны и отклик интерферометра. Оценить уширение импульса и его тонкую структуру на длинах волн 18 и 92 см.

Ответ: Профиль импульса с одиночной наземной антенны будет иметь такую же форму, как и для интерферометра, только с большей амплитудой. При корреляции данных учитывается известная мера дисперсии в направлении пульсара, таким образом на форму индивидуального импульса после обработки эффект уширения импульса из-за дисперсии никак не влияет. Величину уширения импульса за счет рассеяния можно определить по известному частотному масштабу мерцаний. В случае пульсара 0525+21 частотный масштаб примерно равен 4МГц и соответствующее уширение импульса на длине волны 18 см составит 0.04 мкс, что дает сдвиг примерно на 1 отсчет данных. На длине волны 92 см соответствующее уширение составило бы порядка 27 мкс, что тоже не существенно. Кроме того, в случае пульсара 0525+21 мы имеем наблюдение только на длине волны 18 см.

- По замечанию, что весьма убедительно было бы привести тонкую структуру кружка рассеяния - отклик интерферометра. Целесообразно также учесть чувствительность и точность калибровки данных наблюдений.

Ответ: При подготовке ответа на данное замечание был проведен анализ структуры интерференционного отклика на диаграмме задержка-частота интерференции. Действительно, у пульсара 1919+21 наблюдается тонкая структура отклика, которая отражает субструктуру кружка рассеяния. В других наших публикациях была проанализирована подобная субструктура для пульсара 0329+54, однако такой анализ не входил в задачи данной диссертации. Да, можно было бы дополнительно провести амплитудную калибровку данных, но для представленного в работе анализа это не столь важно. При наблюдении мерцаний исследуются вариации интенсивности излучения по времени и частоте, а сильная собственная переменность пульсара от импульса к импульсу убирается нормировкой и усреднением.

- По замечанию к подписи к рисунку 3.11.

Ответ: Это опечатка в подписи, рисунок опубликован в статье. Правильно читать - "Совместный результат диссертанта и соавторов из работы [A4]".

- С остальными замечаниями согласен.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Переходим к отзывам оппонентов. Байкова Аниса Талгатовна.

СЕКРЕТАРЬ: Оппонент отсутствует по уважительной причине. (*Зачитывает отзыв официального оппонента Байковой А.Т.; отзыв положительный, прилагается*).

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Пожалуйста, Андрей Сергеевич, Вам слово.

ОТВЕТЫ СОИСКАТЕЛЯ НА ЗАМЕЧАНИЯ В ОТЗЫВЕ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА БАЙКОВОЙ А.Т.

-Замечание по проблемам картографирования с предельно высоким угловым разрешением.

Ответ: В диссертации действительно не рассматривается вопрос UV-заполнения, которое в случае Радиоастрона оказывается бедным. Однако, это никак не влияет на решение поставленной в диссертации задачи. При наблюдениях пульсара мы видим структуру кружка рассеяния, которая меняется с характерным временем от 100 до 1000 сек. Поэтому синтезировать изображение кружка рассеяния не представляется возможным. В данной работе мы ограничились изучением интегральных свойств рассеяния -- таких как характерные временные и частотные масштабы, угол рассеяния и соответствующих структурных функций. Для исследования мерцаний принципиально иметь возможность измерить функцию видности на двух отличающихся проекциях базы -- длинной (наземно-космический интерферометр) и короткой (наземная база), позволяющих определить пространственный масштаб диска рассеяния. Однако, если бы мы имели

наблюдения при различной ориентации базы, то это позволило бы сделать дополнительные выводы о степени анизотропии рассеивающих слоев.

-Следующее замечание: Нет пояснения, что такое DiFX коррелятор.

Ответ: DiFX коррелятор -- это популярный программный FX коррелятор, разработанный A. Deller и также используемый для корреляции данных проекта Радиоастрон в Бонне. Нужно было бы добавить ссылку на работу A. Deller 2007 года.

- Замечание: На рис. 2.5 график производной задержки не соответствует графику задержки.

Ответ: В данном случае лучше было бы оперировать не терминами задержка и производная задержки, а остаточная задержка и остаточная частота интерференции. При этом величина остаточной задержки (недокомпенсированной моделью априорной геометрической задержки) определяется ошибкой орбиты по дальности, а величина остаточной частоты интерференции определяется ошибкой орбиты по скорости. Таким образом две эти величины могут меняться независимо. Данный график демонстрирует уровень неточности знания орбиты, при этом конкретное поведение остаточной задержки и остаточной частоты интерференции вторичны.

-Замечание: Из рис. 2.8, где приводится сравнение амплитуды функции видности на выходе двух корреляторов, относительная разница, на первый взгляд, составляет порядка 33%, а не 1.5%

Ответ: На картинке имеется пояснение о том, что график, соответствующий коррелятору АКЦ сдвинут относительно графика, соответствующего коррелятору DiFX на 0.002. Без этого сдвига графики бы сливались. Однако, я согласен с оппонентом в том, что при первом взгляде на график возникают вопросы. Правильнее было бы отразить данный сдвиг не только на картинке, но и в подписи.

-Следующее замечание: В параграфе 2.8, вопреки названию, не дается никакого описания программного пакета ASL.

Ответ: В параграфе 2.8 описаны используемые в данной работе алгоритмы, являющиеся частью пакета ASL, однако возможности пакета ASL гораздо шире и подробное их описание выходит за рамки данной работы. Возможно, стоило бы убрать упоминание пакета ASL из названия параграфа.

-Следующее замечание: Нет пояснения, по какому принципу произведен отбор наблюдаемых пульсаров. Нелишним был бы краткий обзор исследований другими авторами.

Ответ: Отбор пульсаров произведен по простому принципу – с одной стороны это наиболее яркие пульсары, с другой стороны это исторически первые наблюдения пульсаров в проекте Радиоастрон. В тексте работы есть ссылки на исследование данных пульсаров другими авторами (ссылки 77 и

78), однако я согласен с оппонентом, что можно было бы осветить исследование данных пульсаров другими авторами шире.

-Замечание: нет пояснения, почему на космическом и наземных телескопах используется квантование с различным числом битов.

Ответ: Это связано с ограничением ширины канала передачи данных Радиоастрон-Земля. Данное ограничение заставляет делать выбор между двухбитным квантованием и шириной полосы. В проекте Радиоастрон выбор был сделан в пользу более широкой полосы. При анализе мерцаний пульсаров также важна ширина полосы (при условии достаточного соотношения сигнал/шум, которое достигается при выборе ярких пульсаров).

- В ссылке под номером 65 из списка литературы отсутствует год издания.

Ответ: Да, согласен с замечанием оппонента, 1989 год издания.

- С остальными замечаниями согласен.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так, следующий оппонент. Измоденов Владислав Валерьевич, пожалуйста.

ИЗМОДЕНОВ В. В. (официальный оппонент, выступает. Отзыв положительный, прилагается):

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Пожалуйста, ответы соискателя на замечания оппонента.

ОТВЕТЫ СОИСКАТЕЛЯ НА ЗАМЕЧАНИЯ В ОТЗЫВЕ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА ИЗМОДЕНОВА В. В.:

Спасибо оппоненту, отвечаю на замечания:

-Первое замечание, что 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.

Ответ: В диссертации сравнивается модельная кусочно-линейная структурная функция, изображенная на Рис 3.5 с реальной, изображенной, например, на Рис 3.4. Выбор модели с двумя рассеивающими экранами обусловлен изломом в структурной функции, определенной из эксперимента. Однако я согласен с оппонентом в том, что нагляднее было бы попытаться вписать в каждую из реальных структурных функций модельные как с одним, так и с двумя экранами и уже на основе этих рисунков делать окончательный выбор модели.

-Замечание. На нижней панели Рис.3.4 приведена структурная функция. Видно, что функция имеет параболический вид, в то время как применяемая для интерпретации модель дает кусочно-линейные функции.

Ответ: Частотная структурная функция для наземной базы имеет излом, соответствующий наличию двухмасштабной структуры. При увеличении временного сдвига между спектрами мелкомасштабная часть полностью декоррелирует. Такое поведение хорошо описывается суммой двух линейных функций с разными масштабами по частоте, выходящих на некоторый постоянный уровень, определяемый индексом модуляции. Поэтому для интерпретации применялась модель кусочно-линейной функции, как достаточно хорошо описывающей экспериментальные данные. Для наземно-космической базы мелкомасштабная структура полностью отсутствует, видна только широкополосная структура. Далее, при больших временных сдвигах и в случае, когда скорость наблюдателя перпендикулярна направлению преломления призмы, структурная функция приобретает параболический вид. При этом подавляется вклад от мелкомасштабной турбулентности. Компонент скорости наблюдателя параллельный направлению рефракции приводит к сдвигу минимума структурной функции по частоте с увеличением разнесения по времени. Этот сдвиг в нашем случае мал, что соответствует близкому к 90 град. углу между этими векторами. Компонент скорости перпендикулярный направлению рефракции не влияет на величину сдвига, но приводит к асимметрии структурной функции и к тому, что форма структурной функции становится параболической. В случае пульсара PSR B0950+08 мы имеем угол между направлением рефракции и скоростью наблюдателя 100 град. (близкий к 90 град), поэтому этот эффект заметен. Данный эффект выражен сильнее на длинной базе.

- Замечание. В диссертации практически не обсуждаются реальные физические процессы, которые приводят к формированию “экранов” и “призм”.

Ответ: Да, в работе практически нет интерпретации реальных физических процессов. Это выходит за рамки данной работы. Однако, в будущем такую интерпретацию хорошо было бы сделать. В работах R. Lallement приводятся карты среднего распределения межзвездной среды, а наблюдения в направлении пульсаров позволяют получить свойства среды в конкретном направлении пульсара, что может существенно отличаться от среднего распределения. Тем не менее, близкие экраны в направлении пульсаров 0950+08 и 1919+21 можно ассоциировать с облаками ионизированного газа в окрестностях локального межзвездного облака, а дальний экран в направлении пульсара 0950+08 с внешней границей локального пузыря. Но на самом деле было бы хорошо в будущем объединить усилия нескольких групп для установления природы этих неоднородностей.

-Замечание. 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.

Ответ: Межзвездное магнитное поле в направлении пульсаров определяется по Фарадеевскому вращению плоскости поляризации. Для исследованных нами пульсаров период Фарадеевского вращения существенно превышает полосу регистрации сигнала и соответственно не влияет на частотную структуру мерцаний и анализ данных. Однако присутствие магнитного поля в плазме может приводить к анизотропии турбулентности и влиять на форму облаков межзвездного газа, ответственных за рассеяние излучения. Если провести подобные наблюдения при различных ориентациях базы, то можно получить количественную оценку степени анизотропии рассеивающих облаков. Такие наблюдения возможны, они могут быть организованы в последующих исследованиях пульсаров в проекте Радиоастрон.

- С остальными замечаниями я согласен.

ДИСКУССИЯ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так, спасибо. Кто желает выступить? Переходим к дискуссии. Желающие, пожалуйста.

КОВАЛЕВ Ю. Ю. Если позволите, первый комментарий касается даже не соискателя и диссертации, а одного из комментариев первого оппонента. Все-таки глобальное утверждение, которое сделала Аниса Талгатовна по поводу того, что у Радиоастрона экстремально бедное заполнение UV-плоскости и нет возможности замкнуть треугольники, конечно же, не соответствует действительности. На самом деле орбита Радиоастрона позволяет решать разнообразные задачи. И, в частности, задачи по построению изображений, которые на Радиоастроне решаются. Они просто планируются таким образом, чтобы проекции базы интерферометра позволяли замыкать треугольники и, соответственно, решать проблему фазы и строить изображения. Такие публикации, естественно, есть. Хотелось бы, чтобы у нас в стенограмме все-таки это прозвучало правильно. Но к наблюдениям пульсаров это отношения не имеет, потому что у пульсаров другая задача, которая была совершенно правильно диссертантом запланирована и реализована. Теперь, собственно, что еще хотелось бы сказать. Как я уже говорил сегодня по первой диссертации, совершенно те же самые слова справедливы и для третьей работы, и нам очень важно их произнести. В дополнение к тому, о чем было сказано, соискатель очень много усилий предпринимает по совершенно высококачественному сопровождению научных проектов Радиоастрона --- не только тех, о которых сегодня было рассказано, но и многих других. Поэтому громадное спасибо ему от лица всех научных групп. И в завершение хочу сказать, что диссертация действительно очень сильная и интересная. Мы знаем, что многие ее результаты выносились ФИАН как основные

достижения за те или иные годы. Я призываю диссертационный совет проголосовать позитивно. Спасибо.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Николай Генадьевич, пожалуйста.

БОЧКАРЕВ Н. Г.: Я хочу подчеркнуть научное значение полученных результатов, поскольку это одни из очень немногих данных о структуре межзвездной среды на расстоянии ближайших парсек от Солнца. В тоже время имеющиеся данные показывают, что вне гелиосферы среда является теплой, относительно нейтральной средой, и ее не удастся изучать ни по межзвездному поглощению света, ни какими-либо другими способами. Поэтому это очень важный метод. Я думаю, что здесь, скорее всего, неоднородности, и экран должен рассматриваться как толстый, поскольку характерные масштабы переходной области, переходного слоя между участками межзвездной среды связаны с температурами. Там толщины границ достаточно большие, просто из-за теплопроводности. Локальная межзвездная среда довольно сложна. В данной работе используются "живые", новые данные. Применяются новые методы, которые никто до этого не использовал в таких масштабах.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так, кто еще?

ИВАНОВ П.Б.: Я просто хочу продолжить Юрия Юрьевича. Как я уже говорил, Леша Рудницкий и сейчас Андрей Андрианов, оба очень активно сотрудничают с нашим теоретическим отделом в АКЦ. В частности, с помощью данных Андрея нам удалось составить предварительный список для несколько десятков внегалактических источников, для РСДБ наблюдений с помощью проекта Миллиметрон. То есть его деятельность отнюдь не ограничивается тем, что было сейчас доложено. Призываю вас проголосовать за диссертацию.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Еще есть желающие высказаться? Пожалуйста.

ШИШОВ В.И.: Я хочу сказать, что в принципе по наземным наблюдениям мы не могли разделить случай фазового экрана и сплошной среды. Мы просто знаем, что среда есть – и все. Эти наблюдения, с помощью Радиоастрона, позволили нам определить эффективное расстояние до некоторых слоев. И выяснилось, что слоев бывает несколько. То есть это первые результаты о расслоении межзвездной среды на различные фракции. Я считаю, что это существенный результат Радиоастрономических наблюдений.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так, еще кто-нибудь желает выступить?

СЕКРЕТАРЬ: Хочу сказать о замечании в отзыве ведущей организации по поводу подписи к рисунку 3.11, касающемуся правил цитирования и диссертационного совета. Фактически замечания вызвали два следующих предложения. Первое: "Неопубликованный материал". Второе: "Совместный результат диссертанта и соавторов из работы [А4]". Замечания отнесены к диссертанту, научному руководителю и ученому секретарю диссертационного

совета. Диссертант уже отметил в своем ответе, что эта подпись содержит опечатку и дал исправленный текст. Тем не менее, для будущего полезно, мне кажется, подчеркнуть, что ссылки на неопубликованный материал, если он есть, и на совместный результат, когда он используется, обязаны присутствовать в диссертации не потому, что так захотел соискатель. Кроме всего прочего, этого в обязательном порядке требует от диссертанта п. 42 действующего Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней. При этом проверка корректного выполнения пункта 42 диссертантом возлагается ВАК на диссертационные советы -- вплоть до отклонения диссертации при невыполнении этих требований или санкций к диссертационному совету. Без права любых коррекций текста диссертации в процессе ее рассмотрения в диссовете. Согласно этому пункту, в диссертации соискатель ученой степени обязан ссылаться на автора и/или источник заимствования материалов или отдельных результатов. Таким образом, согласиться с этим замечанием нельзя. Кстати, неопубликованный материал не запрещено включать в диссертацию – при условии, что он не относится к основным результатам, выносимым на защиту.

ШИШОВ В.И. Да еще и получил разрешение авторов.

СЕКРЕТАРЬ: Нет, никаких разрешений диссертант не должен получать. Ссылка на совместный результат соискателя и соавторов из работы А4 соответствует требованию второго абзаца п.42, который я еще не зачитал. Зачитываю. «При использовании в диссертации результатов научных работ, выполненных соискателем ученой степени лично и/или в соавторстве, соискатель ученой степени обязан отметить в диссертации это обстоятельство». Что соискатель и сделал. То есть он был абсолютно прав.

СМИРНОВА Т. В. (научный руководитель): Можно мне добавить? Дело в том, что это невнимание диссертанта. В диссертации было сказано, что это опубликовано.

СЕКРЕТАРЬ: Да, но это уже второй вопрос, и диссертант в ответах сказал об этом. Я же сейчас говорю о другом. Диссертант имел полное право написать так, как написал, и это было бы корректно, если бы результат был не основным, неопубликован и приводился в иллюстративных целях. И еще об одном хотелось бы сказать. С моей точки зрения, данная диссертация является ярким примером фактически двух диссертаций в одной работе. Здесь по нашей специальности 01.03.02 кандидатская могла быть и по техническим наукам, и по физ.-мат. наукам. Он мог выбирать, но решил объединить основные полученные результаты в одну работу, это его право. Поэтому думаю, что еще и по этой причине при оценке данной диссертации просто нет повода для сомнений. И, естественно, тоже призываю членов совета проголосовать положительно.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так, еще выступления? Не вижу. Я тоже хочу подчеркнуть, что исследование рассеяния в межзвездной среде -- очень важное направление. Которое впервые более детально можно получить с помощью такого рода исследований. Есть много проблем, связанных с выявлением того, как ведет себя межзвездная плазма. Почему получаются такие облака, что ионизует межзвездный газ - до сих пор неизвестно. В частности, распределение космических лучей в межзвездной среде. Что является источником космических лучей, где он находится? Поскольку космические лучи тоже движутся не прямолинейно, а связаны с поведением межзвездной среды и степенью ее ионизации, величиной магнитного поля. Это очень важное направление и надо всячески поддерживать эти результаты, дальнейшие исследования. Надеюсь, что автор диссертации продолжит эти исследования в дальнейшем. Хочет ли кто-нибудь еще сказать? Пожалуйста. Если нет, тогда переходим к голосованию. Оставляем комиссию в прежнем составе ? -- Малофеев В.М., Чашей И.В., Ковалев Ю.Ю. Голосуем. Кто ЗА? Кто ПРОТИВ? Кто ВОЗДЕРЖАЛСЯ? Единогласно.

КОВАЛЕВ Ю.Ю.: Мы забыли дать заключительное слово диссертанту.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Да, пожалуйста, Андрей Сергеевич.

СОИСКАТЕЛЬ (выступает с заключительным словом): Я хотел бы поблагодарить Смирнову Татьяну Васильевну за чуткое руководство и поддержку, поблагодарить за поддержку руководителя отдела обработки астрофизических наблюдений Лихачева Сергея Федоровича и весь коллектив данного отдела, в частности, Костенко Владимира Ивановича и Гирина Игоря Анатольевича. Также хотел бы поблагодарить Попова Михаила Васильевича и Шишова Владимира Ивановича за ценные рекомендации и замечания по работе, весь коллектив АКЦ ФИАН и ПРАО АКЦ ФИАН, который участвовал в создании проекта «Радиоастрон» и тех, кто занимался и продолжает заниматься его поддержкой. И -- Кардашева Николая Семеновича.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Объявляется перерыв на проведение голосования

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ(после перерыва): слово -- председателю счетной комиссии.

КОВАЛЕВ Ю.Ю.(ПРЕДСЕДАТЕЛЬ СЧЕТНОЙ КОМИССИИ): *Зачитывает протокол счетной комиссии по вопросу о присуждении ученой степени кандидата физико-математических наук Андрианову Андрею Сергеевичу.*

Состав счетной комиссии: Ковалев Ю. Ю., Чашей И. В., Малофеев В. М.

Состав совета: 21 чел.

Присутствовало на заседании по защите – 16 членов совета,

В том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации – 16,

роздано бюллетеней – 16,
осталось не розданных бюллетеней – 5,
оказалось в урне бюллетеней – 16,
по результатам голосования проголосовали:
«за» – 16,
«против» – 0,
недействительных бюллетеней – 0.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Нужно утвердить протокол. Кто ЗА? Кто ПРОТИВ ? Кто ВОЗДЕРЖАЛСЯ? -- *Единогласно*. Переходим к обсуждению проекта Заключения. *(Текст обсуждается, редактируется и принимается единогласно)*.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Поздравляем диссертанта с успешной защитой!
(Аплодисменты)

Председатель диссертационного совета,
доктор физ.-мат.наук, академик РАН

Н.С. Кардашев

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор физ.-мат.наук

Ю.А. Ковалев.

10 ноября 2017 г.