

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

**СТЕНОГРАММА  
ЗАСЕДАНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА  
Д 002.023.01**

10 ноября 2017 года

*Защита диссертации  
Рудницкого Алексея Георгиевича  
на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.03.02 (астрофизика и звездная астрономия)  
“Зондирование космической плазмы гигантскими импульсами  
пульсара в Крабовидной туманности”*

### **Присутствовали члены диссертационного совета:**

1. Кардашев Н.С., академик, 01.03.02, физ.-мат. науки, председатель
2. Ковалев Ю.А., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки, ученый секретарь
3. Бочкарев Н.Г., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
4. Бурдюжа В.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
5. Дорошкевич А.Г., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
6. Иванов П.Б., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
7. Каленский С.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
8. Ковалев Ю.Ю., д.ф.-м.н., член-корр. РАН, 01.03.02, техн. науки
9. Ларионов М.Г., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
10. Малофеев В.М., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
11. Новиков Д.И., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
12. Попов М.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
13. Рудницкий Г.М., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
14. Чашей И.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
15. Шишов В.И., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
16. Щекинов Ю.А., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. 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:

Итак, мы начинаем нашу большую встречу совета. Сегодня у нас три заседания по трем защитам. Первая диссертация – Рудницкий Алексей Георгиевич, «Зондирование космической плазмы гигантскими импульсами пульсара в Крабовидной туманности». Очень приятно, что эта диссертация связана теснейшим образом с нашим проектом «Радиоастрон» и с основными интересными объектами, которые давно изучаются в радиоастрономии и дают много новых неожиданных и интересных вопросов и результатов, с ними связанных. Слово -- секретарю заседания.

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

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Алексей Георгиевич, пожалуйста.

## ДОКЛАД СОИСКАТЕЛЯ

*СОИСКАТЕЛЬ выступает с докладом. В докладе демонстрирует и комментирует слайды 1-32, 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. Здравствуйте, уважаемые коллеги! Цель моей диссертационной работы заключалась в измерении параметров рассеяния и изучении структуры межзвездной среды с помощью наземно-космического интерферометра «Радиоастрон» в направлении на пульсар B0531+21, который располагается в Крабовидной туманности, а также в исследовании свойств индивидуальных гигантских импульсов данного пульсара.

Слайд 3. Структура диссертационной работы отражает перечень исследований и задач, которые решались в рамках достижения поставленных целей работы.

Слайд 4. Пульсар B0531+21 располагается в Крабовидной туманности, которая является остатком взрыва сверхновой SN 1054, расположенной на расстоянии 2 килопарсек от Солнца. Период пульсара составляет 33 миллисекунды. Средний профиль состоит из главного импульса и интеримпульса.

Слайд 5. Отличительной особенностью данного пульсара является то, что он излучает гигантские импульсы. Импульсы, которые возникают спорадически и характеризуются высокой плотностью потока. Величина плотности потока может достигать несколько миллионов янских. При этом на длине волны 18 сантиметров длительность таких импульсов составляет несколько микросекунд. Также стоит отметить, что в последних работах Хэнкинса, которые были посвящены исследованию индивидуальных гигантских импульсов пульсара в Крабовидной туманности на высоких частотах, больше 4 ГГц, было показано наличие временной структуры индивидуальных гигантских импульсов, которая состоит из неразрешенных компонент длительностью несколько наносекунд.

Слайд 6. При распространении радиоизлучения от пульсаров через межзвездную среду возникает дисперсия сигнала и рассеяние. Дисперсия приводит к тому, что сигнал, регистрируемый наблюдателем на низких частотах, приходит с некоторым запаздыванием по сравнению с сигналом, приходящим на более высоких частотах. Что касается рассеяния, то наблюдается ряд эффектов, а именно: изменение углового размера наблюдаемого пульсара, который характеризуется параметром, называемым угловым размером диска рассеяния; увеличение длительности зарегистрированных импульсов -- характеризуется параметром, который называется время рассеяния; эффект мерцаний – усиление или ослабление интенсивности излучения в ограниченной полосе частот, которая называется полосой декорреляции. Временная характеристика данного эффекта определяется параметром, который называется время мерцаний.

Слайд 7. При исследовании структуры межзвездной среды и измерении параметров рассеяния в данной работе использовалась модель тонкого рассеивающего экрана. Суть модели заключается в том, что неоднородная межзвездная среда, которая находится на луче зрения «наблюдатель-пульсар», сконцентрирована в бесконечно тонком слое, расположенном на некотором расстоянии от наблюдателя. С помощью методов радиоинтерферометрии можно измерить угловой размер диска рассеяния, а также время рассеяния и определить расстояние до этого экрана.

Слайд 8. А также измерить характерный масштаб дифракционной картины в плоскости наблюдателя и оценить время мерцаний.

Слайд 9. Все исследования и результаты, полученные в рамках данной работы, основаны на наблюдениях, проводившихся в рамках научной программы наземно-космического интерферометра «Радиоастрон»,

состоящего из 10-метрового космического радиотелескопа и наземных радиотелескопов.

Слайд 10. Всего в период с 2011 по 2015 года включительно было проведено 9 сеансов, 8 из них были успешными. Наблюдения проводились на длине волны 18 см и 92 см. Интерференционный отклик на наземно-космических базах был получен в 6 сеансах и только на длине волны 18 см.

Слайд 11. Первичная обработка всех данных – корреляция – была выполнена на корреляторе АКЦ с применением метода некогерентной компенсации дисперсии. Для этого дополнительно мной был разработан модуль, который позволяет в потоковом режиме производить поиск и корреляцию гигантских импульсов. В отдельных случаях использовался метод когерентной компенсации дисперсии. А также, после корреляции, выполнялась амплитудная калибровка данных.

Слайд 12. При обработке данных наблюдений любых пульсаров необходимо учитывать эффект дисперсии и компенсировать его. Для этого существует два основных метода, которые называются когерентная и некогерентная компенсация дисперсии. Когерентная компенсация дисперсии позволяет получить наилучшее возможное временное разрешение, однако данный метод очень требователен к вычислительным ресурсам. Некогерентная компенсация дисперсии позволяет в ущерб временному разрешению выполнять компенсацию гораздо быстрее. Как я уже сказал, оба эти метода использовались в данной работе.

Слайд 13. Первая часть диссертационной работы посвящена исследованию свойств индивидуальных гигантских импульсов, а именно: исследование влияния собственной временной структуры гигантских импульсов на наблюдаемые параметры рассеяния, изучение распределения гигантских импульсов по энергиям, а также анализ структурных функций фазы функций видности гигантских импульсов.

Слайд 14. При исследовании влияния собственной временной структуры гигантских импульсов на измеряемые параметры рассеяния выполнялось моделирование прохождения гигантских импульсов с заданной структурой через рассеивающую среду с характерным параметром полосы декорреляции, соответствующим реальным измерениям. Затем результаты моделирования сравнивались с экспериментальными наблюдениями, которые проводились на длине волны 18 см. Было показано, что форма корреляционной функции от спектров в одной поляризации, которая используется для вычисления

полосы декорреляции, содержит две компоненты. Первая компонента – узкая центральная, находящаяся при нулевом сдвиге частоты, соответствует спектру самого импульса, в то время как широкая компонента соответствует спектру мерцания. Предполагая, что структура индивидуального гигантского импульса различна в различных поляризационных каналах, корреляционная функция для спектров из разных поляризационных каналов должна иметь лишь одну широкую деталь, что подтверждается результатом экспериментальных измерений. Таким образом, при измерении полосы декорреляции с помощью анализа корреляционных функций, полученных между спектрами в одном поляризационном канале, следует учитывать влияние собственной структуры гигантских импульсов.

Слайд 15. Дальше анализировались функции видности, которые были получены с помощью моделирования и в реальных наблюдений. Анализ их формы показал наличие квазипериодических структур, которые соответствуют интерференции отдельных идентичных волновых пакетов, то есть тех самых неразрешенных временных компонент, которые содержатся в структуре гигантских импульсов. Оценки временного масштаба таких неразрешенных компонент составили менее 30 нс. Для этого значения временного масштаба нижний предел оценки яркостной температуры составил более 10 в 38-ой степени градусов Кельвина. Стоит отметить, что на длине волны 18 см данные компоненты обнаружены впервые.

Слайд 16. Были измерены также показатели спектра распределения гигантских импульсов по энергиям для каждого наблюдения.

Слайд 17. Показано, что данный параметр меняется в зависимости от эпохи.

Слайд 18. Далее анализировались структурные функции фазы функций видности гигантских импульсов. Было показано, что величина фазовых флуктуаций на малых временах, 20 секунд и меньше, определяется мерцаниями. При этом также предполагалось измерить угловой размер диска рассеяния с помощью геометрической задержки, которая определяется величиной этих фазовых флуктуаций.

Слайд 19. Однако, величина фазовых флуктуаций для пульсара B0531+21, как оказалось, не зависит от проекции базы в том случае, когда проекция базы меньше, чем характерный масштаб дифракционной картины в плоскости наблюдателя.

Слайд 20. Во второй части диссертационной работы измерялись параметры рассеяния гигантских импульсов, указанные на слайде, а также исследовалась структура межзвездной среды в направлении на пульсар в Крабовидной туманности.

Слайд 21. Первое, что было обнаружено при анализе прокоррелированных данных, это существенное изменение формы функции видности для наземно-космических баз по сравнению с наземными базами. На наземных базах четко выделяется узкая деталь при нулевом сдвиге. В то время как на наземно-космических базах присутствует множество таких деталей.

Слайд 22. Этот результат, а также анализ распределения амплитуды функции видности от проекции базы для наземно-космических баз, где амплитуда функции видности наземно-космических баз сохраняется практически постоянной, позволяет сделать вывод о том, что благодаря высокому угловому разрешению наземно-космического интерферометра «Радиоастрон», впервые для пульсара в Крабовидной туманности на длине волны 18 см была обнаружена структура диска рассеяния.

Слайд 23. Затем измерялись параметры рассеяния. Было измерено время рассеяния прямым методом путем анализа средних кросскорреляционных функций, полученных на наземно-космических базах. Таким образом, удалось измерить прямым методом время рассеяния.

Слайд 24. А также -- путем анализа средних кросскорреляционных функций, полученных на наземных базах.

Слайд 25. Двумя независимыми методами измерялась полоса декорреляции: с помощью анализа корреляционных функций, полученных от спектров двух разных телескопов, а также из анализа корреляционных функций, полученных от спектров двух разных поляризационных каналов одиночного телескопа. Результаты измерений времени рассеяния и полосы декорреляции двумя независимыми способами достаточно хорошо согласуются между собой.

Слайд 26. Из анализа зависимости амплитуды функции видности от проекции базы был измерен угловой размер диска рассеяния для каждой эпохи наблюдений.

Слайд 27. На основе измеренных значений времени рассеяния и углового размера диска рассеяния, для каждой эпохи наблюдений было определено

расстояние до рассеивающего экрана. Оказалось, что в период сильного рассеяния экран находился ближе к туманности, что позволяет сделать вывод о том, что Крабовидная туманность играет доминирующую роль в рассеянии излучения пульсара B0531+21.

Слайд 28. В таблице приведены все измеренные параметры для каждого из сеансов наблюдений пульсара в Крабовидной туманности. Следует еще раз отметить, что видно, как менялась оценка расстояния до рассеивающего экрана в зависимости от степени рассеяния излучения пульсара.

Слайд 29. Резюмируя, на защиту выносятся следующие результаты:

1. Впервые для пульсара в Крабовидной туманности на длине волны 18 см с помощью наземно-космического интерферометра «Радиоастрон» была обнаружена структура в диске рассеяния.
2. Для восьми эпох наблюдений измерены параметры рассеяния. Прямым методом с помощью наземно-космического интерферометра «Радиоастрон» было измерено время рассеяния.
3. Для каждой эпохи наблюдений была выполнена оценка расстояний до эффективного рассеивающего экрана. Показано, что Крабовидная туманность часто играет доминирующую роль в рассеянии излучения данного пульсара.
4. Обнаружены вариации показателя спектра распределения гигантских импульсов по энергиям.
5. Впервые на длине волны 18 см была обнаружена в индивидуальных гигантских импульсах временная неразрешенная структура с характерной длительностью менее 30 нс и яркостной температурой более 10 в 38-ой степени Кельвина.
6. Анализ структурных функций фазы функций видности показал, что на малых временах величина фазовых флуктуаций определяется мерцаниями. При этом величина этих флуктуаций не зависит от проекции базы в том случае, когда проекция базы меньше характерного размера дифракционной картины в плоскости наблюдателя.

Слайд 30. Результаты диссертационной работы докладывались на восьми конференциях и семинарах в России и за рубежом, указанных на данном слайде.

Слайд 31. Основные результаты, выносимые на защиту были опубликованы в четырех статьях журналов, рекомендованных ВАК.



Слайд 32. На этом всё. Благодарю за внимание!

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Вопросы, пожалуйста.

ВОПРОСЫ ПОСЛЕ ДОКЛАДА

БУРДЮЖА В.В.: У вас конечно фантастические результаты,  $10^{38}$  Кельвина. Но я не это хочу спросить. Вот Вы получили неразрешенный гигантский импульс на временном масштабе наносекунды. Что же дальше? Следующий порядок  $10^{-12}$ , а это уже размеры сантиметровые. То есть сейчас у нас хватает чувствительности смотреть в небе объекты, размеры которых порядка сантиметров, я правильно понимаю? Я сейчас просто прикинул: это же фотон, что там может быть, это же сантиметровые размеры при временах порядка наносекунд?

СОИСКАТЕЛЬ: Немного не понял вопрос.

БУРДЮЖА В.В.: Вопрос такой: у вас длительность неразрешенных импульсов -- порядка наносекунд. У вас они неразрешенные, значит если идти дальше, то будут уже не наносекунды, а доли наносекунд, тогда размер будет еще меньше.

СЕКРЕТАРЬ: Размер чего?

БУРДЮЖА В.В.: Размер того участка, где генерируется излучение и формируется этот гигантский импульс. Вопрос в том, что это уже похоже на какой-то "беспредел"? (Оживление в зале.)

СОИСКАТЕЛЬ: Я могу ответить, что только дальнейшие исследования в этом направлении позволят ответить на этот вопрос.

БУРДЮЖА В.В.: А вы не ожидаете, что будет дальше? Пока импульс не разрешен, но что дальше, какой запас?

СОИСКАТЕЛЬ: Как я уже говорил, Хэнкинс производил наблюдения в широкой полосе на высоких частотах, где эффекты рассеяния влияют гораздо меньше на структуру импульса, там временное разрешение составляло 4 наносекунды. И в том случае компоненты – изолированные пики в структуре гигантских импульсов – они оставались неразрешенные.

ДОРОШКЕВИЧ А.Г: Он же измерял на 18 см, почему мы про сантиметры говорим?

БУРДЮЖА В.В.: Я просто прикинул, это фотон получается.

ДОРОШКЕВИЧ А.Г: Ну хорошо, 18 см.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Длина волны 18 см.

ШИШОВ В.И.: Я все-таки хочу пояснить, ведь речь идет о когерентном излучении. Если некогерентное, то вы правы. А если когерентное, то я напомню, что есть лазеры, которые дают импульсы длительностью до фемтосекунд.

БУРДЮЖА В.В.: Это я понимаю, конечно.

ШИШОВ В.И.: Это все -- за счет когерентности.

КОВАЛЕВ Ю.Ю.: Вот-вот, это за счет когерентности, а оценку, о которой Вы говорите (предполагая некогерентное излучение), проводить нельзя, будет неправильно.

БУРДЮЖА В.В.: Я поэтому и спросил.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так, еще вопросы, пожалуйста.

МАЛОФЕЕВ В.М.: Скажите пожалуйста, этот объект очень много и тщательно исследовался, в том числе и Хэнкинсом, который всю жизнь его изучал. Что принципиально нового дали наблюдения на «Радиоастроне» -- не в смысле ситуации с межзвездной средой, это понятно, много, чего нового нашли, а для собственного излучения, т.е. для пульсара в Крабовидной туманности?

СОИСКАТЕЛЬ: Здесь, наверное, я отмечу два результата: первое -- это то, что мы смогли обнаружить вариацию показателя спектра распределения гигантских импульсов по энергиями, второе -- это как раз обнаружение тонкой временной структуры в индивидуальных гигантских импульсах на достаточно низких частотах.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так, еще вопросы, пожалуйста.

ЧАШЕЙ И.В.: Скажите пожалуйста, можно ли точно сказать об относительном вкладе в рассеяние турбулентности внутри Крабовидной туманности и межзвездной среды ?

СОИСКАТЕЛЬ: В данной работе этот вопрос не рассматривался. Необходимо использовать модели более сложные, чем модель одиночного тонкого рассеивающего экрана. Возможно, тогда мы сможем ответить на данный вопрос.

ЧАШЕЙ И.В.: То, что вы считаете, что слой расположен близко к туманности, означает, что её внутренняя турбулентность будет вносить какой-то существенный вклад?

СОИСКАТЕЛЬ: Да, естественно.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Еще вопросы, пожалуйста.

ЩЕКИНОВ Ю.А.: У меня вопрос. Вот у вас в положении четвертом, которое выносятся на защиту, – временные вариации показателя спектрального индекса. Каковы характерные времена? Можно ли какое-то характерное время изменения этого показателя определить? И -- Вы не пробовали связывать эти характерные времена, если таковые есть, с физическими параметрами самого пульсара или рассеивающего экрана?

СОИСКАТЕЛЬ: Отвечаю на первую часть вопроса: дело в том, что, к сожалению, наблюдения, которые у нас проводились (*соискатель демонстрирует слайд 17*), были достаточно неравномерно распределены во времени, поэтому оценить какой-то характерный временной масштаб изменения данного параметра не представлялось возможным. Что касается второго вопроса, исследование в области влияния механизмов излучения пульсара, связанных с изменением данного показателя, не рассматривались. Попытки связать это с изменением рассеяния, то есть связать это с периодами сильного или слабого рассеяния были, но не удалось найти никакой связи. В работе это не обсуждалось.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Пожалуйста.

МАЛОФЕЕВ В.М.: Какое количество гигантских импульсов попадало в один сеанс наблюдений? Сколько импульсов вы анализировали?

СОИСКАТЕЛЬ: Вы можете посмотреть (*соискатель демонстрирует слайд 28*). Так как у нас был относительно жесткий критерий в программе поиска и корреляции гигантских импульсов, их количество достаточно скромное. Вот, например, в сеансе, который длился шесть часов, было обнаружено 1034 гигантских импульсов. В общей сложности, если просуммировать все наблюдения, получилось где-то около 6500 гигантских импульсов.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Я хотел спросить, какая наиболее оптимальная программа дальнейших исследований?

СОИСКАТЕЛЬ: Если можно, я хотел бы ответить на этот вопрос чуть позже -- в ответе на замечания официального оппонента Бескина Григория Мееровича.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Хорошо, еще вопросы есть? Нет. Тогда слово научному руководителю.

### **ОТЗЫВЫ И ОТВЕТЫ НА ЗАМЕЧАНИЯ**

ПОПОВ М.В. (научный руководитель): Выступает (отзыв прилагается).

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо, теперь слово секретарю заседания.

СЕКРЕТАРЬ: Я должен огласить два заключения: заключение организации, где выполнена работа (ФИАН), и заключение ведущей организации (ИКИ РАН). *Зачитывает отзывы (оба отзывы положительные, прилагаются).* Других отзывов не поступало.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Алексей Георгиевич, пожалуйста Ваши ответы на замечания в отзывах.

### **Ответ СОИСКАТЕЛЯ на замечания ведущей организации:**

Если говорить о степенной зависимости угла рассеяния и времени рассеяния от частоты, то данный факт упоминается в работе. Что касается пульсара в Крабовидной туманности, были измерены показатели степени частотной зависимости для угла рассеяния и времени рассеяния. Оказалось, что для угла рассеяния данный показатель составил меньше двойки, а именно 1.66. Для времени рассеяния показатель равен примерно 3.58. Что может говорить о том, что среда, которая находится на луче зрения «наблюдатель-пульсар», является анизотропной. С остальными замечаниями я согласен.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Теперь переходим к отзывам оппонентов. Постнов Константин Александрович, пожалуйста.

ПОСТНОВ К.А. (официальный оппонент): *Выступает (отзыв прилагается).*

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Алексей Георгиевич, пожалуйста.

### **Ответ СОИСКАТЕЛЯ на замечания официального оппонента Постнова К.А.:**

В первую очередь, отвечая на замечания официального оппонента Константина Александровича Постнова, хотелось бы принести извинения за

те ошибки, неточности и опечатки, которые не удалось исправить в тексте диссертационной работы и в некоторых формулах, а также за неполное описание некоторых параметров в отдельных формулах. По поводу замечаний к разделу, который связан с обсуждением темы возможности генерации гигантских пульсара в Крабовидной туманности как сильных электромагнитных волн. В диссертации этот раздел носил несколько дискуссионный характер, поэтому в целом не уделялось внимание всем деталям, но предполагается, что можно будет использовать полученную информацию в последующих исследованиях по данной тематике. По величине фазовых флуктуаций. Изначально предполагается, что они возникают в результате наблюдаемого эффекта мерцаний. Такие эффекты наблюдаются только для очень компактных источников, точечных, которыми являются пульсары. Поэтому мы заведомо ожидаем, что величина фазовых флуктуаций будет больше, так как мы знаем, что у пульсаров наблюдается эффект мерцаний. Однако можно добавить, что для некоторых активных ядер галактик с плоским спектром, например для источника 1257-326, наблюдается (быстрая) переменность в течение наблюдательного дня, которая называется «intra-day variability». В принципе, не только у пульсаров может наблюдаться данный эффект. Что касается перепутанных страниц, мне хотелось бы еще раз принести свои извинения -- это досадная ошибка, которая была допущена в брошюровальной при сшивании данного экземпляра диссертационной работы. Другие экземпляры имеют страницы в правильном порядке. Спасибо большое за отзыв.

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬ:** Спасибо. Второй официальный оппонент – Бескин Григорий Меерович.

**СЕКРЕТАРЬ:** Бескин Г.М. отсутствует, причина уважительная – зарубежная командировка. Я зачитаю его отзыв. *Зачитывает отзыв официального оппонента Бескина Г.М. (отзыв положительный, прилагается).*

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬ:** Пожалуйста, ответ диссертанта.

**Ответ СОИСКАТЕЛЯ на замечания официального оппонента Бескина Г.М.:**

По первому замечанию. Дополнительно к той части работы, которая была посвящена собственно исследованиям, большое внимание было уделено процедуре обработки данных. Дело в том, что на наземно-космическом интерферометре «Радиоастрон» такие наблюдения проводились впервые.

Мы столкнулись с необходимостью разработки специализированных средств для обработки данных, полученных на наземно-космическом интерферометре. Поэтому и этой части работы уделено достаточно много внимания. Теперь -- по замечаниям, указанных оппонентом с пункта 2 по пункт 5 Отзыва включительно, а также его комментария по поводу синхронных наблюдений на 6-метровом телескопе БТА и наземно-космическом интерферометре «Радиоастрон». На мой взгляд, данные замечания и комментарий можно выделить в отдельные самостоятельные, научно-исследовательские задачи, которые в принципе, отвечая и на вопрос Николая Семеновича, могут определить план дальнейших исследований пульсара в Крабовидной туманности: это задачи исследований как гигантских импульсов, механизмов излучения, так и эффектов рассеяния данного пульсара. С остальными замечаниями я согласен.

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬ:** Спасибо. Переходим к общей дискуссии. Кто хочет выступить – пожалуйста.

## **ОБЩАЯ ДИСКУССИЯ**

**ИВАНОВ П.Б.:** Хочу сказать, что Алексей Рудницкий и Андрей Андрианов (про Андрея я расскажу позже), в дополнение к тем задачам, которые вошли в их диссертационные работы, очень активно сотрудничали с нашим теоретическим отделом, были самыми активными из людей, которые с нами работали, и мы их работой крайне довольны.

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬ:** Так, еще кто? Пожалуйста.

**КОВАЛЕВ Ю.Ю.:** Спасибо, Николай Семенович. Я хотел бы высказаться не как научный руководитель и не как оппонент о двух моментах, которые уже затрагивались, но может быть недостаточно четко, а я хотел бы их подчеркнуть. Первое, я как раз отношусь позитивно к тому факту, что значительная часть диссертации была посвящена методологии, потому что это означает, что диссертация, которая сделана, не закончит свою жизнь в момент защиты, то есть сегодня. Фактически она будет полезна и тем, кто после Алексея Георгиевича будет заниматься этой тематикой и, честно говоря, именно это и отличает полезные и важные диссертационные работы, которые остаются на долгое время. Мне кажется это очень здорово и тут Алексея Георгиевича, скорее, можно поблагодарить, чем покритиковать. И второй момент. Я хотел бы высказать благодарность от лица всех научных групп проекта «Радиоастрон». Я буду говорить об этом сегодня и на третьей защите. Мы знаем, что Алексей Георгиевич, кроме научной работы, о

которой сегодня уже было сказано, участвует в фактически ежедневной работе по сопровождению проекта «Радиоастрон», и научные группы выносят ему глубокую благодарность. Кроме этого, подчеркну, что эта работа, в дополнение к тому, что уже отмечалось, проводится действительно на самом высоком уровне качества. Спасибо большое.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Еще вопросы? Я бы хотел поддержать предложения, которые были выдвинуты относительно дальнейшего развития тематики изучения гигантских импульсов пульсара в Крабовидной туманности. Внимательно надо подумать, с кем еще лучше кооперироваться -- не только с нашим 6-метровым телескопом. В принципе, можно подать заявку на совместные наблюдения с космическим телескопом Хаббл, для которого будет потрясающе интересно, если это можно будет сделать вместе с «Радиоастроном». Можно подумать и насчет наблюдений в более жестких диапазонах. Это было бы очень и очень интересно. Мы видим по изображению Крабовидной туманности, что там нейтронная звезда продолжает свою активность. Все это надо бы связать в единую систему, изучить, как это соотносится с активностью светового цилиндра. Сейчас, наверное, будет оптимальное время для «Радиоастроны» для проведения наблюдений на 18 см. Может быть, что-то можно будет получить и в диапазоне 92 см, хоть там рассеяние будет очень сильным. Это очень важные вопросы. У меня мнение тоже очень положительное по этой работе. Есть ли еще желающие выступить?

ЩЕКИНОВ Ю.А.: Хочу пару слов сказать относительно возможности продолжения тех результатов, которые получены в диссертации Алексея Георгиевича. А именно то, что связано с моим вопросом по поводу вариации спектрального индекса. Мне кажется, здесь есть, по-видимому, возможность, в рамках данного большого проекта исследования гигантских импульсов, проследить эти вариации на более коротких временах, чтобы получить временные статистические характеристики, которые явно связывают динамические характеристики, морфологические характеристики всей этой области с характеристиками формирования спектра как такового. Мне кажется, эта задача и то обстоятельство, что эти результаты получены в рамках диссертации, могут дать начало довольно интересному направлению.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Еще есть желающие выступить? Если нет, то мы заканчиваем обсуждение. Тогда заключительное слово.

СОИСКАТЕЛЬ: В заключении я хотел бы поблагодарить Попова Михаила Васильевича за чуткое руководство и поддержку при выполнении исследования в рамках выполнения диссертационной работы, поблагодарить за поддержку руководителя отдела обработки астрофизических наблюдений Лихачева Сергея Федоровича и весь коллектив данного отдела, в частности Костенко Владимира Ивановича, поблагодарить Согласнова Владимира Анатольевича за ценные рекомендации и замечания по работе, оппонентов и сотрудников ведущей организации за отзывы по данной диссертационной работе, а также весь коллектив, который участвовал в создании проекта «Радиоастрон», тех, кто занимался и продолжает заниматься поддержкой этого проекта. Спасибо.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Пожалуйста, Юрий Андреевич.

СЕКРЕТАРЬ: Предлагается избрать в счетную комиссию: Малофеев В.М., Чашей И.В., Ковалев Ю.Ю.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Голосуем. Кто ЗА? Кто ПРОТИВ? Кто ВОЗДЕРЖАЛСЯ? Единогласно. Объявляется перерыв для проведения тайного голосования по диссертации.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ (после перерыва): Продолжаем наше заседание. Пожалуйста, Юрий Юрьевич.

КОВАЛЕВ Ю.Ю. (ПРЕДСЕДАТЕЛЬ СЧЕТНОЙ КОМИССИИ)  
(зачитывает протокол счетной комиссии по вопросу о присуждении ученой степени кандидата физико-математических наук Рудницкому Алексею Георгиевичу.):

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

Состав совета: 21 чел.

Дополнительно введены – 0 человек.

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: Есть предложение утвердить протокол счетной комиссии? Кто за? Кто против? Кто воздержался? Утверждаем единогласно. (Аплодисменты.)

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Обсуждаем заключение диссертационного совета. (Текст проекта обсуждается и редактируется).

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Замечания есть еще? Нет замечаний. Надо проголосовать. Кто за то, чтобы утвердить? Кто против? Кто воздержался? Принято единогласно. Заседание окончено.

Председатель диссертационного совета,  
д.ф.-м.н., академик РАН

Н.С. Кардашев

Ученый секретарь диссертационного совета,  
д.ф.-м.н.

Ю.А. Ковалев

10 ноября 2017 г.