

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА

СТЕНОГРАММА
ЗАСЕДАНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 24.1.262.02

23 сентября 2026 года

Защита диссертации

Торопова Максима Олеговича

на соискание учёной степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 1.3.1 «Физика космоса, астрономия»

*«Исследование некоторых сильных пульсаров по
наблюдениям на радиотелескопе БСА ФИАН»*

Присутствовали члены диссертационного совета:

Новиков Игорь Дмитриевич, д.ф.-м.н., член-корреспондент РАН, 1.3.1, физ.-мат. науки, председатель диссертационного совета

Тюльбашев Сергей Анатольевич, д.ф.-м.н., 1.3.1, физ.-мат. науки, заместитель председателя диссертационного совета

Шахворостова Надежда Николаевна, к.ф.-м.н., 1.3.1, техн. науки, учёный секретарь диссертационного совета

Андрианов Андрей Сергеевич, к.ф.-м.н., 1.3.1, техн. науки

Васильев Евгений Олегович, д.ф.-м.н., 1.3.1, физ.-мат. науки

Вибе Дмитрий Зигфридович, д.ф.-м.н., профессор РАН, 1.3.1, физ.-мат. науки

Занин Кирилл Анатольевич, д.т.н., 1.3.1, техн. науки

Каленский Сергей Владимирович, д.ф.-м.н., 1.3.1, техн. науки

Ковалев Юрий Андреевич, д.ф.-м.н., 1.3.1, техн. науки

Малофеев Валерий Михайлович, д.ф.-м.н., 1.3.1, техн. науки

Новиков Дмитрий Игоревич, д.ф.-м.н., профессор РАН, 1.3.1, техн. науки

Попов Михаил Васильевич, д.ф.-м.н., 1.3.1, техн. науки

Пушкарев Александр Борисович, д.ф.-м.н., профессор РАН, 1.3.1, физ.-мат. науки (присутствует удалённо)

Слемзин Владимир Алексеевич, д.ф.-м.н., доцент, 1.3.1, физ.-мат. науки (присутствует удалённо)

Троицкий Сергей Вадимович, д.ф.-м.н., член-корреспондент РАН, 1.3.1, физ.-мат. науки

Председатель заседания – д.ф.-м.н., председатель диссертационного совета Новиков И.Д.

Секретарь заседания – к.ф.-м.н., учёный секретарь диссертационного совета Шахворостова Н.Н.

Заседание проводится с участием членов диссертационного совета в удалённом интерактивном режиме. Распорядительный акт администрации ФИАН о проведении заседания диссертационного совета с участниками в удалённом интерактивном режиме находится в приложении № 2 к стенограмме заседания.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Коллеги, давайте наше очередное заседание совета будем считать открытым. Это у нас сегодня уже третье заседание, да? Я попрошу ученого секретаря, приступите к зачитанию документов.

СЕКРЕТАРЬ: Хорошо, спасибо. Здравствуйте еще раз, уважаемые коллеги. Сегодня 23 сентября 2026 года, 15:06 на часах по московскому времени. Начинаем мы третье заседание, по защите диссертации Торопова Максима Олеговича. Во время заседания ведется аудиовидеозапись, и как обычно я прошу тех членов совета и оппонентов, кто присутствует онлайн, быть с включенными камерами, ну а микрофон включать по мере надобности, на время вашего выступления. Заседание проводится в удаленном интерактивном режиме в соответствии с распоряжением директора ФИАН, которое приложено к аттестационному делу. На заседании присутствуют 15 членов диссертационного совета из 19 по списку, 13 членов совета присутствуют лично, и два члена совета присутствуют онлайн. Также у нас присутствует лично оппонент Пширков Максим Сергеевич и онлайн присутствует оппонент Зюзин Дмитрий Александрович.

Итак, я оглашу основную информацию. Фамилия, имя отчетство соискателя — Торопов Максим Олегович, диссертация называется «Исследование некоторых сильных пульсаров на радиотелескопе БСА ФИАН». Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 — физика космоса, астрономия. Диссертация выполнена в Пушчинской радиоастрономической обсерватории Астрокосмического центра Физического института имени Лебедева Российской академии наук. В период подготовки диссертации Торопов Максим Олегович работал в отделе

плазменной астрофизики ПРАО АКЦ ФИАН в должности лаборанта. Научный руководитель — Тюльбашев Сергей Анатольевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник ПРАО АКЦ ФИАН, заведующий отделом плазменной астрофизики. В качестве ведущей организации по диссертации выступил Институт космических исследований Российской академии наук. Оппоненты: Максим Сергеевич Пширков, доктор физико-математических наук, профессор РАН, заведующий отделом радиоастрономии государственного астрономического института им. Штернберга Московского государственного университета имени Ломоносова, и Зюзин Дмитрий Александрович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории прикладной математики и математической физики Физико-технического института имени Иоффе Российской академии наук, город Санкт-Петербург.

В аттестационном деле Торопова Максима Олеговича присутствуют все необходимые документы, диплом о высшем образовании, справка о кандидатских экзаменах, заключение организации где выполнена работа. Все отзывы оппонентов и ведущей организации поступили в срок, все они положительные и удовлетворяют установленным требованиям.

Торопов Максим Олегович, 1977 года рождения, в 2001 году окончил факультет «Информатика и системы управления» Московского государственного технического университета имени Баумана по специальности «Гироскопические приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации», квалификация — инженер-радиофизик. Максим Олегович был прикреплен к ПРАО АКЦ ФИАН для подготовки диссертации и сдал кандидатские экзамены по иностранному языку, истории и философии науки и специальности «Физика космоса, астрономия».

В настоящее время соискатель работает лаборантом Отдела плазменной астрофизики ПРАО АКЦ ФИАН. Я закончила оглашать основные сведения по аттестационному делу. Игорь Дмитриевич, можно предоставить слово соискателю.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Да, пожалуйста, слово предоставляется диссертанту для доклада по диссертации.

ДОКЛАД СОИСКАТЕЛЯ

На экран выводится демонстрация слайдов презентации доклада соискателя.

Презентация находится в Приложении № 1 к стенограмме заседания.

Слайд 1.

СОИСКАТЕЛЬ: Тема диссертации «Исследование некоторых сильных пульсаров по наблюдениям на радиотелескопе БСА ФИАН». Цель и задачи диссертации – выявление новых деталей средних профилей редко встречающихся пульсаров с уникальными свойствами или пульсаров с особенностями: изучение вариаций интенсивности излучения, статистический анализ большой выборки пульсаров, в том числе с интеримпульсами, на значительном количестве наблюдательных сессий.

Слайд 2.

Для достижения поставленных цели необходимо было решить следующие задачи: получение методики обработки приложения к данным БСАЗ, проверка гипотезы об эволюции соосных и ортогональных ротаторов, исследование отдельных пульсаров и поиск новых компонентов в средних профилях.

Слайд 3.

Наблюдения проводились в метровом диапазоне волн, на частоте 110 МГц, на Большой Синфазной Антенне. Антенна принимает линейно-поляризованное излучение, имеет 128 стационарных лучей, выстроенных в плоскости меридиана, в диапазоне склонений от -9° до $+55^\circ$, снабжена цифровой системой регистрации. Данные каждого канала разбиваются на несколько частотных диапазонов. В данной работе использовались данные с частотой схемы 80 Гц, которые снимались в 32-х канальном режиме.

Слайд 4.

В главе I описана методика наблюдений обработки и калибровки данных на Большой Синфазной Антенне. Исследуемый источник находится не в зените и, как правило, между лучами антенны, направление которых фиксировано на небе, поэтому плотность потока источника будет меньше, чем если бы наблюдения проводились, например, на поворотном телескопе. Поэтому необходимо вводить поправки на плотность потока. То есть поправка за

попадание источника между лучами, поправка на зенитное расстояние. Также необходимо смотреть на состояние ионосферы на сеанс наблюдения.

Слайд 5.

Данные с приёмных каналов пишутся в оцифрованных вольтах, которые необходимо откалибровать и перевести в градусы с помощью калибровочной ступеньки, то есть с помощью генератора шума. Далее данные Кельвинов необходимо перевести в Янские. Калибровка по радиоисточникам с известными постоянными плотностями потока. В качестве таких калибровочных опорных источников использовались сильные источники из 3С и 4С каталогов. В качестве примера график К/Ян для одного из самых сильных радиоисточников – Лебедь А. В случае, если ионосферные помехи были велики в сеансе, то такие данные не использовались.

Слайд 6.

Формирование среднего профиля пульсара проводилось следующим образом. Определялся момент кульминации пульсара на сеансе наблюдения. Дальше вырезался из данных отрезок пульсаром. Источник проходил через диаграмму направленности БСА порядка 5-6 минут. Дальше данные усреднялись с известным периодом пульсара в каждом канале независимо. То есть фактически строился средний профиль поканально. Дальше определялся сигма шумов этого профиля и строилась новая базовая линия. После калибровки во всех каналах каналы складывались с учётом дисперсии пульсара. Дальше делались поправки на плотность потока.

Слайд 7.

Во второй главе описан поиск пульсаров с интеримпульсами из выборки, из выборки 96 пульсаров. Пульсары, у которых за один оборот вокруг своей оси наблюдатель видит два импульса, т.е. помимо основного более сильного главного импульса, виден также дополнительный импульс, называется пульсарами с интеримпульсами. Они делятся на ортогональные ротаторы и соосные ротаторы. У ортогонального ротатора наблюдатель будет видеть при обороте оба магнитных полюса пульсара. Для соосных интеримпульс будет виден, если излучение формируется в двух локальных местах вокруг полярной шапки на разном расстоянии от полярной шапки.

Цель поиска – из статистического анализа пульсаров с интеримпульсами – уточнение модели эволюции угла между магнитной осью и осью вращения.

Статистика интеримпульсных пульсаров поможет понять эволюцию пульсара или к соосности, или к ортогональности, поскольку количество интеримпульсных пульсаров зависит в основном от эволюции угла наклона, то есть эволюции угла между магнитной осью и осью вращения. На текущий момент существуют две основные модели магнитной сферы пульсаров. Это квазианалитическая, так называемая БГИ-модель, в ходе которой магнитная эволюция вращения становятся ортогональной и численная магнитно-гидродинамическая модель, МГД-модель. В ходе эволюции магнитные ось и ось вращения становятся соосными. Оба модели предсказывают одинаковое относительно количество соосных интеримпульсных пульсаров, но различаются в относительном количестве ортогональных интеримпульсных пульсаров.

Для проверки количества наблюдаемых пульсаров с интеримпульсами складывались средние профили за сеансы, тем самым улучшается соотношение сигналов шума в импульсе, и проверялось появление сигналов на разных расстояниях от главного импульса. Критерием включения пульсара в выборку было отношение сигнал/шум в главном импульсе больше 6 за сеанс. Дальше следующее условие: период пульсара больше секунда, то есть это максимальная чувствительность антенны. И отношение сигнала шум в интегральном среднем профиле больше 40. Последнее условие фиксировала как бы полноту выборки, поскольку предыдущие работы по поиску с интеримпульсами выявили, что больше 90% пульсаров имеет отношение интеримпульса к главному импульсу больше, чем одна десятая.

Слайд 8.

В результате поиска из 96 пульсаров интеримпульс был найден у двенадцати пульсаров. Причём девять пульсаров были найдены интеримпульсы впервые. Для анализа, какая модель лучше, были выбраны только те пульсары, у которых отношение интеримпульса к главному импульсу было больше, чем одна сотая, поскольку теоретические работы именно с этим соотношением. Данные наших наблюдений показали, что наиболее нашим данным отвечает модель БГИ, то есть квазианалитическая, в ходе которой магнитная ось и ось вращения становится ортогональными. Также наши данные подтверждаются из других обсерваторий FAST и MeerKAT. То есть были получены результаты, подтверждающие именно так же, как и наши, квазианалитическую БГИ-модель.

Слайд 9.

В третьей главе описано исследование межзвёздной среды в направлении двух сильных пульсаров: J0826+2637 и J0953+0755. Оба этих пульсара изучались в предыдущей, во второй главе, и тоже оба этих пульсара имеют интеримпульсы. Прохождение радиоизлучения через межзвёздную среду. Происходит взаимодействие с этой межзвёздной средой, которая накладывает свой отпечаток на данные и изучение, исследование этих данных позволяет изучать межзвёздную среду, распределение неоднородности в межзвёздной среде. Пульсар J0826+2637 является одним из уникальных пульсаров. Помимо того, что он очень сильный, он ещё обладает рядом интересных свойств. Это интеримпульсы и рентгеновское излучение, переключение мод, нуллинг. На слайде представлены, на верхней половине – это профиль пульсара. На нижней – это тот же профиль, только увеличенный в 16 раз, чтобы было видно посткурс и интеримпульс.

Слайд 10.

Пульсар обладает двумя модами Q-мода, тихая мода, спокойная и В, более яркая мода. В среднем значения сигнал/шум отличается на два порядка. Переключение происходит за один оборот пульсара. На слайде на левом рисунке представлен сеанс наблюдений яркой В-мода и за другой сеанс наблюдений тихая Q-мода.

Слайд 11.

Хорошо видно разделение на две разные моды из графика за 5,5 лет. Здесь показана амплитуда главного импульса. Хорошо видно вот это выше черты разделения – это В-мода. Ниже 10 – это Q-мода или нуллинг. Промежуточные значения – это сеансы, где происходит как раз переключение между В и Q-модами. Красным на рисунке – это сигма шумов.

Слайд 12.

Вариация амплитуд за 5,5 лет наблюдения – это главный импульс, посткурс и интеримпульс. Они хорошо коррелируются и связаны с рефлексивным мерцанием на крупных неоднородностях плазмы.

Слайд 13.

Также были построены автокорреляционные функции для главного импульса, для интеримпульса и кросскорреляционная функция главного импульса и

интеримпульса. Они хорошо коррелируют между собой, обнаружены, в том числе более ранними работами, и подтверждённой нами, рефракционные мерцания в 37 дней, вызванные тоже не собственной вариацией излучения, а рефракцией на одной и той же среде, межзвёздной среде.

Слайд 14.

Вторым пульсаром, который рассматривался в главе II, пульсар J0953+0755, он тоже очень интересный. У него тоже есть интеримпульс, есть рентгеновское излучение, есть гигантские импульсы. И по более ранним работам, и в нашем исследовании подтверждено, что присуще данному пульсару на больших временных и других частотах тоже, изменение интенсивности излучения. Характерным для среднего профиля пульсара является главный импульс, интеримпульс и мост, что характерно для этого пульсара, излучение занимает практически весь период. То есть только вот это место, когда излучение не детектируется.

Слайд 15.

Тоже были построены автокорреляционные функции для главного импульса и кросскорреляционная функция между главным импульсом и интеримпульсом. Временной масштаб вариаций в 1-2 дня, а также в 130 дней, вероятные, возможные в 130 дней связаны с рефракционным мерцанием на крупных масштабах неоднородности.

Слайд 16.

В последней главе рассматривался поиск слабых компонентов излучения пульсаров J1543+0929 и J2234+2114. Из 96 пульсаров, поиск которых был осуществлен для статистического анализа интеримпульсов, в 12 было найдены интеримпульсы, в 82 никаких особенностей в среднем интегральном профиле не было выявлено, а вот в двух пульсарах, которые рассматриваются в этой главе, были найдены новые, не описанные ранее, особенности в среднем профиле. Межимпульсное излучение, которое было обнаружено для этих пульсаров связано с большим количеством сеансов наблюдений, то есть складывание средних профилей повышало отношение сигнал/шум в среднем интегральным профилям, что и позволило выявить новые детали. В частности, для пульсара J2234+2114 был выявлен предимпульс с относительным соотношением к главному импульсу порядка 0,1.

Слайд 17.

Для пульсара J1543+0929 было выявлено наличие компонентов, то есть это предимпульс, также вот тут постимпульс, помимо главного импульса. И тоже выявлено, как и для J0953+0755, что излучение занимает почти весь период, то есть меньше, чем 10% полного периода излучение не детектируется.

Слайд 18.

Основные результаты, выносимые на защиту.

Проведенная статистическая проверка количества наблюдаемых пульсаров с интеримпульсами подтверждает квазианалитическую модель магнитосферы, согласно которой в ходе эволюции магнитная ось и ось вращения пульсаров становятся ортогональными, в отличие от численной магнитогидродинамической модели магнитосферы, по которой магнитная ось и ось вращения становятся соосными.

Обнаружены вариации амплитуд главного импульса и интеримпульса радиопулсара J0826+2637 на нескольких временных масштабах, вызванных, соответственно: рефракцией на неоднородностях межзвездной плазмы, рефракцией радиоволн в межзвездной среде и наличием рассеивающего слоя на близком экране.

Измерен частотный масштаб дифракционных межзвездных мерцаний интеримпульсов радиопулсара J0953+0755, и показано, что формы спектра для интеримпульса и главного импульса хорошо коррелируют и имеют одинаковый частотный масштаб. Обнаружена модуляция излучения, связанная с рефракционными мерцаниями. Измерена относительная амплитуда излучения между главным импульсом и интеримпульсом.

Выявлены ранее не обнаруженные детали средних профилей радиопулсаров J1543+0929 и J2234+2114.

Слайд 19.

Статьи в журналах, которые были опубликованы, результаты работы.

Слайд 20.

Спасибо за внимание.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Какие будут вопросы? Да, пожалуйста.

ПОПОВ М.В.: Прослушал, старался не пропустить, но что-то не заметил. Все-таки, какую же тенденцию поведение оси вращения и магнитной оси имеются

в эволюции к расхождению? К ортогональности, как у Василия Семеновича Бескина и других моделей?

СОИСКАТЕЛЬ: Да, то есть соосные у нас получились, они же одинаковые, у нас приблизительно так получилось, как предсказывает эта модель, а ортогональные как раз вот больше, что у этой модели.

ПОПОВ М.В.: Да, спасибо.

СОИСКАТЕЛЬ: То есть четыре, ну все это есть там на слайде четыре получилось ортогональные, три соосных.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Еще? Какие вопросы?

МАЛОФЕЕВ В.М.: Первое хочу вам сказать, что J0953+0755 пульсар, вы сказали, что 90% излучения. Мы недавно обнаружили, что нет там никакого тихого места, излучение есть на всем периоде.

СОИСКАТЕЛЬ: Это зависит, видимо, от чувствительности.

МАЛОФЕЕВ В.М.: Ну, чувствительность. Важно, что есть факт, что есть излучение. Это недавно мы доложили на семинаре и сейчас готовится публикация к этому. То есть действительно уникальный пульсар. У меня два вопроса к вам. Первое. Значит, статистика, которую вы использовали для того, чтобы сделать заключение, какая модель верна, сколько всего объектов?

СОИСКАТЕЛЬ: Всего мы обнаружили 12 пульсаров.

МАЛОФЕЕВ В.М.: А кроме вас вы же добавили и чужие данные?

СОИСКАТЕЛЬ: Нет, мы рассматривали только свои.

МАЛОФЕЕВ В.М.: По этой статистике вы хотите сделать заключение?

СОИСКАТЕЛЬ: Да.

МАЛОФЕЕВ В.М.: Дальше тогда вопрос, как вы отделили, какой критерий был у вас перевода в ортогональные или соосные пульсары? Поляризационных измерений не делали?

СОИСКАТЕЛЬ: Поляризационными измерениями действительно не делали, потом будет ответ на замечание ведущей организации, там все это будет написано.

МАЛОФЕЕВ В.М.: То есть такого типа уже было, замечание.

СОИСКАТЕЛЬ: Мы основывались на расстоянии в 180 градусов, мы таким образом относили. Действительно мы не проводили эти поляризационные измерения и относили в основном с ортогональными, те, которые были неизвестны, мы по положению импульсов в 180 градусов. Но проведенные на FAST наблюдения подтвердили наши выводы.

МАЛОФЕЕВ В.М.: То, что они 180 подтвердили, но вообще считается, что нужно обязательно поляризационные.

СОИСКАТЕЛЬ: Да, да, то есть потом провели FAST, они подтвердили что они действительно являются ортогональными.

МАЛОФЕЕВ В.М.: В этом смысле у меня тогда вопрос, а почему вы не использовали все имеющиеся данные? Около 60 пульсаров имеют интеримпульсы. Это гораздо больше, чем 12, и там ситуация может быть другая.

СОИСКАТЕЛЬ: Мы рассматривали только те, которые мы нашли.

МАЛОФЕЕВ В.М.: Ну только в мире существует еще, кроме вашего. Вы же заключение делаете по этим данным.

СОИСКАТЕЛЬ: Мы заключение делаем только на основании своих данных.

МАЛОФЕЕВ В.М.: Ну тогда это заключение такое очень... Понимаете, не очень доказательное. Статистика 12 пульсаров.

СОИСКАТЕЛЬ: Подтверждены были и FAST, и MeerKAT.

ТЮЛЬБАШЕВ С.А.: Если можно, я вмешаюсь. Как руководитель вмешаюсь. Дело в том, что для того, чтобы эти модели подтверждать, нужно обеспечить полноту. Полноту вы можете обеспечить только на одном телескопе. Мы на БСА обеспечили, FAST себе обеспечил полноту, но они тоже не брали чужие данные, только свои.

МАЛОФЕЕВ В.М.: Ну, так использовать эти данные... Сопоставить...

ТЮЛЬБАШЕВ С.А.: Нет, не получается, не получается, потому что чувствительности разные.

МАЛОФЕЕВ В.М.: Серёжа, вопрос не в этом. Вопрос в том, что, если такой эффект существует, независимо от того, на каком телескопе вы наблюдали, так выборка и ваша выборка должна подтверждаться. Если действительно преобладают соосные, то есть эти ортогональные, их больше, чем надо, второй

модель, то и на другом телескопе в другой выборке это должно подтверждаться, или что, получается, что результат зависит от телескопа?

СОИСКАТЕЛЬ: Нет, и FAST, и MeerKAT, они на своей выборке тоже подтвердили, как и мы.

МАЛОФЕЕВ В.М.: Я про это у вас и спрашиваю.

МАЛОФЕЕВ В.М.: А там по какому количеству?

СОИСКАТЕЛЬ: Нет, к сожалению, не помню.

МАЛОФЕЕВ В.М.: У меня вопрос был в том, что. Если общее что-то?

СОИСКАТЕЛЬ: То есть на трех телескопах были подтверждены наши цифры, совпали с наблюдениями на других радиообсерваториях, на других частотах.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Еще вопросы? Пожалуйста.

КОВАЛЕВ Ю.А.: У вас в целях и задачах написано, что исследовались пульсары с особенностями.

СОИСКАТЕЛЬ: С особенностями. Это вот два последних пульсара. Ну, интеримпульсы тоже.

КОВАЛЕВ Ю.А.: Я о другом. Существуют очень интересные пульсары, по крайней мере, уже 50 лет как модель существует, но никем до сих пор практически не признаны. Это джозефсоновские пульсары. Особенность у этой модели, особенность у джозефсоновских пульсаров, этим они отличаются от других многих пульсаров. Тем, что существует тонкая структура спектра, потому что джозефсоновских пульсары – это гармонический спектр. И я припоминаю, что первые лет 10 назад и лет 10 после того, как пульсары были открыты, исследования тонкой структуры спектра в литературе были очень часто, но их объясняли межзвездной средой. Ну, я понял, что вы этим не занимались, то не планируете ли вы, коль вы редкие и особенности пульсаров ищите, не планируете ли вы или, может быть, запланируете исследовать тонкую структуру спектра вот на БСА? Или там полоса маленькая, поэтому бессмысленно?

СОИСКАТЕЛЬ: Ну, надо будет посмотреть, оценить, учту.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Еще вопросы?

ВАСИЛЬЕВ Е.О.: Короткий вопрос. Вот время переключения между спокойной и яркой модой и сколько времени проводит в каждой из этой в среднем.

Соискатель выводит на экран слайд 10.

СОИСКАТЕЛЬ: Вот здесь в тихой моде сколько проводит, это сколько нуллинг занимает, вот соотношение амплитуд.

ВАСИЛЬЕВ Е.О.: Спасибо.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Ещё вопросы есть, замечания? Пожалуйста.

ЗАНИН К.А.: Скажите, пожалуйста, вот у вас в автореферате и в докладе говорится про амплитуду, а на графиках поток в Янских, который мощности меряется. И третья у вас формула кардинального синуса, она тоже для мощности. Так вы мощности или амплитуды исследовали?

СОИСКАТЕЛЬ: Мы исследовали вариации амплитуд, то есть амплитуды главного импульса, интеримпульса и их соотношения. Просто профиль приведен качестве примера. А это соотношение, если сеансы смотрелось, если, например, превышали вот это значение, они отбрасывались, там больше 20%, был разбег между теоретическим коэффициентом вот этой поправки и сколько должно быть, тогда такие выбрасывались. Использовались для технических целей.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Еще, пожалуйста. Замечания? Нет больше. Так, теперь мы должны передать слово научному руководителю. Пожалуйста.

ВЫСТУПЛЕНИЕ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

ТЮЛЬБАШЕВ С.А.: У нас в астрономии, не знаю, как в других науках, но у меня такое чувство, что сложилась странная вещь, когда люди, которые занимаются каким-то совершенно другими предметами, вдруг приходят в астрономию. Неожиданно. Вот, к сожалению, отсутствие правильного образования очень мешает этим людям продолжить. Поэтому вот ко мне приходило очень много народу, которые говорили, вот давайте мы что-нибудь хорошее сделаем. И так вот даешь одну задачу и все, люди сломались, потому что это есть основная работа, на которой надо работать, а тут еще что-то дополнительное. Максим Олегович редкое исключение из этого правила.

Человек, который поработал сначала с одними людьми, там, к сожалению, не так хорошо им удалось проявить свои качества, потом он пришел ко мне. За 4 года, наверное, мы написали семь статей, или за пять лет уже. Семь статей, работа у нас продолжается. По специальности он программист. Работает в газовой компании, да, в газовой?

СОИСКАТЕЛЬ: Газпром, внучка Газпрома.

ТЮЛЬБАШЕВ С.А.: Вот, работает во внучке Газпром и там зарабатывает деньги, а для души занимается астрономией. То есть, был вынужден освоить и курс астрономии, сдать экзамены. И в связи с тем, что он живет в Чехове, а мы живем в Пущино, то у нас с ним сейчас пятая, наверное, встреча или шестая за все эти годы. То есть человек, который работает абсолютно самостоятельно. Главное поставить задачу и дальше уже по ходу дела беседовать, что, где, как можно исправить. То есть эта работа и для человека, который находится на удаленке, тоже очень тяжелая. Тем не менее, Максим Олегович со всеми работами справился. Целиком и полностью написал все программы обработки, которые у нас есть. Сам и обработал все это дело. И мы там со своими коллегами подключались уже на стадии, когда надо обсуждать результат, что же мы все-таки получили в результате этой работы. Поэтому, с моей точки зрения, показалось все очень хорошо. Наши работы все еще продолжаются. Я призываю членов диссертационного совета голосовать за предсуждение степени кандидата физмат наук.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Спасибо. К научному руководителю есть вопросы? Нет вопросов. Тогда мы переходим к зачитыванию отзывов организации, в котором выполнена работа, и также ведущей организацией. Пожалуйста, учёный секретарь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ, ГДЕ ВЫПОЛНЕНА РАБОТА

СЕКРЕТАРЬ: Итак, я зачитываю полностью заключение Физического Института имени Лебедева Российской академии наук. (*Заключение положительное, прилагается*).

Диссертация и исследование некоторых сильных пульсаров по наблюдениям на радиотелескопе БСА ФИАН выполнена в Пущинской радиоастрономической обсерватории Астрокосмического центра Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физический

институт имени Лебедева Российской академии наук. В период подготовки диссертации соискатель Торопов Максим Олегович работал в ПРАО АКЦ ФИАН в отделе плазменной астрофизики в должности лаборанта. В 2001 году Торопов Максим Олегович окончил факультет информатика и системы управления Московского государственного технического университета имени Баумана по специальности «Гироскопические приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации». Максим Олегович прикреплен право КЦФИАН для подготовки диссертации по специальности 1.3.1 физика, космос и астрономия на соискание ученой степени кандидата наук и сдачи кандидатских экзаменов. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2022 году. Это справка о сдаче иностранного языка немецкий в Московском государственном техническом университете имени Баумана и в 2025 году справка о сдаче предмета «История и философия науки» в ФИАНе и в 2026 году справка о сдаче экзамена по специальности «Физика, космос и астрономия» в Пущинском филиале Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Российский биотехнологический университет, Росбиотех. Научный руководитель Тюльбашев Сергей Анатольевич, главный научный сотрудник ПРАО АКЦ ФИАН, заведующий отделом плазменной астрофизики, доктор физико-математических наук. Рецензентом выступил Андрианов Андрей Сергеевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник АКЦ ФИАН, исполняющий обязанности заведующего лабораторией математических методов обработки. По итогам обсуждения диссертационной работы и рассмотрения диссертации на семинаре АКЦ ФИАН, а также на заседании ученого совета АКЦ ФИАН 14 мая 2026 года было принято следующее решение.

Актуальность темы. Несмотря на прошедшие после открытия радиопульсаров в 1967 году почти 60 лет, остается ряд задач, которые так и остались не до конца решенными. Существует много проблем в понимании физических процессов, происходящих в магнитосфере нейтронных звезд. Также открытым вопросом является направление эволюции угла наклона между осью вращения и магнитной осью пульсара. Средний профиль, представляющий собой своеобразный отпечаток пальца конкретного пульсара, отражает процессы, идущие в магнитосфере. Изучение деталей среднего профиля требует высокой чувствительности радиотелескопа в сочетании с длительным периодом наблюдения.

Наличие в спектрах большинства пульсаров, наблюдаемых низкочастотных завалов, начинающихся в районе частоты 100 МГц, обуславливает появление максимума в спектрах в метровом диапазоне длин волн. Меридианный телескоп «Большая синфазная антенна» БСА «ФИАНГ» в силу высокой чувствительности позволяет решать много разных задач, требующих в том числе и высокой чувствительностью на длительном периоде наблюдений. Накопление данных в режиме 24/7 на протяжении более 10 лет позволяет для каждого пульсара, попадающего в покрываемую площадку, получать несколько тысяч наблюдательных сессий. Учитывая, что в метровом диапазоне эффективная площадь радиотелескопа БСА самая высокая в мире, рост отношения сигнала к шуму приводит к выявлению новых деталей в средних профилях, давно известных и хорошо исследованных пульсарах, а также повышает эффективность исследований межзвездных мерцаний и позволяет широко использовать статистический анализ для проверки теоретических моделей.

Цель данной работы заключалась в выявлении новых деталей средних профилей редко встречающихся пульсаров с уникальными свойствами или пульсаров с особенностями, вращающиеся радиотранзиенты пульсары с уникальными чертами в среднем профиле. Изучение вариации интенсивности излучения в статистическом анализе большой выборки пульсаров, в том числе с интеримпульсами, на значительном количестве наблюдаемых сессий. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: создание методики обработки данных БСА-3, исследование отдельных пульсаров, исследование межзвездной среды, проверка гипотезы об эволюции соосных и ортогональных ротаторов, поиск новых компонентов в средних профилях.

Личный вклад диссертанта во всех результатах, выносимых на защиту, является определяющим. Методика обработки данных наблюдений пульсаров разрабатывалась автором совместно с научным руководителем. Все расчеты выполнялись с помощью программ, написанных лично автором, с использованием сторонних библиотек на языках С и С++. Результаты анализировались совместно с научным руководителем. Все публикации по теме диссертации выполнены в соавторстве, в двух статьях соискатель является первым автором. Достоверность результатов проведенных исследований и обоснованность выводов, сформулированных в диссертации, определяются использованием известных в мире апробированных методов наблюдений и обработки данных. Достоверность результатов также

подтверждается их соответствием с современным представлением о механизме излучения в магнитосфере пульсара и распространении излучения пульсара в межзвездной среде, а также качественным и количественным согласием с результатами, полученными другими исследователями использованием данных других радиотелескопов. Все основные результаты, представленные в диссертации, опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах и докладывались на всероссийских и международных конференциях.

Научная новизна, практическая значимость и ценность научных работ соискателя. В диссертации получен ряд новых результатов. На 25% увеличена выборка пульсаров, имеющих интеримпульсы. Проведена статистическая проверка количества наблюдаемых пульсаров с интеримпульсами, подтверждающая квазианалитическую модель, разработанную Бескиным, Гуревичем и Истоминим, согласно которой в ходе эволюции магнитная ось и ось вращения становятся ортогональными, в отличие от численной магнитогидродинамической модели магнитосферы, в рамках которой магнитная ось и ось вращения становятся соосными.

Для J0953+0755 впервые измерен частотный масштаб дифракционных межзвездных мерцаний интеримпульсов и показано, что формы спектра для интеримпульса и главного импульса хорошо коррелируют и имеют одинаковый частотный масштаб. Обнаружена модуляция излучения с характерным масштабом порядка 130 дней, которая, по-видимому, связана с рефракционными мерцаниями. Впервые измерена относительная амплитуда излучения между главным импульсом и интеримпульсом, мост излучения. У J0826+2637 обнаружены вариации амплитуд главного импульса и интеримпульса на нескольких временных масштабах, вызванных соответственно рефракцией на неоднородностях межзвездной плазмы, рефракции радиоволн в межзвёздной среде и наличием рассеивающего слоя на близком экране, находящимся на расстоянии порядка 50 парсек от Земли. Выявлены новые детали средних профилей. У J1543+0929 было обнаружено излучение на протяжении практически всего периода, а у J2234+2114 был открыт предимпульс. Результаты, выносимые на защиту, являются новыми и получены впервые.

Диссертация соответствует всем требованиям, установленным пунктами 9-14, положения порядка присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года, № 842.

Диссертация соответствует специальности «Физика, космоса, астрономия» по физико-математическим наукам. Материалы диссертации и результаты, выносимые на защиту, представлены соискателям в семи научных статьях, опубликованных в рецензируемых журналах из списка ВАК. Содержание диссертации изложено доступно, корректно и полно.

Диссертация Торопова Максима Олеговича «Исследование некоторых сильных пульсаров по наблюдениям на радиотелескопе БСА ФИАН» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности физика, космоса, астрономия. Заключение принято на заседание ученого совета АКЦ ФИАН единогласно. Присутствовало на заседании 11 человек. Протокол №426 от 14 мая 2026 года. Подписано руководителем АКЦ ФИАН Сергеем Федоровичем Лихачевым утверждено, исполняющим обязанности директора ФИАН, академиком РАН, Николаем Николаевичем Колачевским.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

СЕКРЕТАРЬ: Теперь я должна полностью огласить отзыв ведущей организации. Отзыв ведущей организации Института космических исследований Российской академии наук. *(Отзыв положительный, прилагается).*

Существование пульсаров, источников когерентного излучения, было теоретически предсказано еще в 30-х годах 20-го века, а первый пульсар был открыт в радиодиапазоне в 1967 году. С тех пор накопилась громадная наблюдательная база таких объектов, причем в широком диапазоне электромагнитного спектра – пульсары различных типов наблюдаются от радиодиапазона до ТэВ-ных энергий. Несмотря на более чем полувековую историю наблюдений, далеко не все аспекты формирования излучения в пульсарных системах могут быть однозначно интерпретированы. Более того, даже эволюция этого класса объектов со временем также до сих пор вызывает дебаты. В частности, существуют альтернативные модели эволюции угла наклона между осью вращения и магнитной осью пульсара. Одни теории утверждают, что данный угол со временем стремится к нулю, а другие — что оси стремятся занять взаимно перпендикулярное положение. Поэтому необходимо продолжать набирать статистический материал для проверки различных гипотез.

Одной из наблюдаемых характеристик пульсара, в том числе в радиодиапазоне, является средний профиль пульсирующего сигнала, который является отражением процессов, идущих в магнитосфере нейтронной звезды. Изучение деталей среднего профиля дает информацию о том, как меняются свойства излучения в зависимости от фазы вращения, а значит может дать дополнительные сведения как о геометрических параметрах системы, так и о физических свойствах нейтронной звезды и процессов, протекающих в ее окрестности. Качество наблюдательных данных зависит от чувствительности принимающей аппаратуры и от длительности наблюдений. К сожалению, крайне редко удается создать высокочувствительные инструменты, способные непрерывно работать над одной задачей длительное время. Телескопы, обладающие высокой собирающей способностью, позволяют получать лишь короткие экспозиции для отдельных мишеней, а приборы с относительно малой чувствительностью — чаще всего это широкоугольные инструменты, имеют возможность накапливать большие экспозиции. И те и другие крайне важны, так как подходят к решению задач с разных направлений и дополняют друг друга на разных временных масштабах. Радиотелескоп БСА ФИАН скорее относится к телескопам второй группы, и диссертант умело использует уникальные возможности телескопа по накоплению многолетних временных рядов множества пульсаров и для нахождения сигналов от транзиентов. В частности, в диссертации исследуются средние профили пульсаров, полученные сложением за сотни и тысячи дней. Такое сложение позволяет получить высокое отношение сигнала к шуму для профилей импульса, при свертке кривых блеска с эфемеридами пульсаров и позволяет исследовать тонкие детали.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, двух приложений, списка цитируемой литературы и списка использованных сокращений.

Первая глава описывает методику наблюдений радиопулсаров на радиотелескопе БСА ФИАН, процедуру калибровки и обработки данных, методику поиска радиотранзиентов и способ формирования среднего профиля пульсаров. Здесь диссертантом проделана большая техническая работа, без которой дальнейшие исследования были бы невозможны. Кроме того, было продемонстрировано, что радиотелескоп БСА прекрасно подходит для поиска коротких диспергированных сигналов. В частности, удалось открыть 6 новых вращающихся радиотранзиентов, что примерно на 5% увеличивает число

известных объектов данного типа. При продолжении работы в данном направлении БСА может существенно расширить список вращающихся радиотранзиентов и увеличить статистику по регистрации импульсов от них.

Вторая глава посвящена поиску интеримпульсов пульсаров по наблюдениям на радиотелескопе БСА ФИАН. Статистика интеримпульсных пульсаров может дать ключ к решению проблемы эволюции взаимного расположения оси вращения и магнитной оси пульсаров. Проведен статистический анализ выборки 96 пульсаров, наблюдаемых на радиотелескопе в течении нескольких лет. У 12 из этих объектов удалось обнаружить интеримпульсы. Для 9 из них интеримпульсы найдены впервые. Таким образом, общее количество пульсаров, имеющих интеримпульсы, увеличилось на четверть. Проведена статистическая проверка ожидаемого и наблюдаемого количества пульсаров с интеримпульсами в разных диапазонах периодов. По результатам исследования отдано предпочтение разработанной Бескиным, Гуревичем и Истоминим квазианалитической модели БГИ (BGI), согласно которой в ходе эволюции магнитная ось и ось вращения становятся ортогональными.

Третья глава посвящена исследованию межзвездной среды в направлении двух сильных пульсаров J0826+2637 и J0953+0755. Прохождение излучения от пульсаров через неоднородности межзвездной плазмы, вызванной флуктуациями плотности электронов, приводит к целому ряду наблюдаемых эффектов: угловому уширению источника, временному уширению импульсов, модуляции интенсивности излучения по частоте и времени (мерцания). Изучение этих эффектов позволяет исследовать пространственную структуру неоднородностей межзвездной плазмы. Проведенный структурный и корреляционный анализ амплитуд главного импульса, интеримпульса и посткурсор для пульсара J0826+26 позволил обнаружить временные масштабы переменности, которые не были известны ранее. В частности, найдены вариации амплитуд главного импульса и интеримпульса на нескольких временных масштабах, вызванных: рефракцией на неоднородностях межзвездной плазмы, рефракцией радиоволн в межзвездной среде и наличием рассеивающего слоя на близком экране, находящемся на расстоянии порядка 50 пк от Земли. Для пульсара J0953+0755 впервые измерен частотный масштаб дифракционных межзвездных мерцаний интеримпульсов и показано, что формы спектров интеримпульса и главного импульса скоррелированы и имеют одинаковый частотный масштаб. Обнаружена модуляция излучения с характерным масштабом порядка 130

дней, которая связана с рефракционными мерцаниями. Впервые измерена относительная амплитуда излучения между главным импульсом и интеримпульсом (мост излучения).

Четвертая глава посвящена поиску слабых компонент в средних профилях двух радиопульсаров: J1543+0929 и J2234+2114. На низких радиочастотах наблюдений, где излучение сосредоточено на больших высотах от поверхности нейтронной звезды, конус открытых силовых линий широкий и излучение может наблюдаться в значительной диапозоне фаз вращения, даже при большом угле между осью вращения и магнитной осью. Протяжённая компонента на низких частотах может наблюдаться практически в течении всего периода, при этом ее интенсивность растёт с уменьшением частоты, и энергия может сравняться с энергией главного импульса или даже превысить её. Для обнаружения возможного интеримпульсного излучения необходимы наблюдения с высоким отношением сигнал/шум. В диссертации представлен анализ данных наблюдений пульсаров за 10 лет. Выявлены новые детали на средних профилях импульса: J1543+0929 демонстрирует излучение на протяжении практически всего периода, на профиле импульса J2234+2114 обнаружен предимпульс.

Перечисленные выше результаты являются новыми и несомненно представляют научную ценность, а разработанные методы калибровки и анализа данных послужат подспорьем для продолжения систематического анализа наблюдений на радиотелескопе БСА ФИАН и увеличения статистики как по вращающимся радиотранзиентам, так и по радиопульсарам с интеримпульсами. Достоверность представленных результатов доказывается публикациями в высокорейтинговых журналах.

Отметим недостатки данной работы.

1) Все результаты работы были получены по многолетним наблюдениям радиопульсаров на БСА ФИАН. Для увеличения статистики использовался метод сложения профилей импульса. Однако в работе недостаточно подробно описан алгоритм сложения. Из текста не до конца понятно, каким образом выравнивались по фазе профили импульса, полученные в разные эпохи. Использовались ли значения эфемерид вращения пульсаров из каталогов или же были применены дополнительные действия для выравнивания импульсов? В первом случае, при абсолютном сложении, надо быть уверенным, что эфемериды актуальны на момент наблюдений; например, во многих пульсарах

наблюдаются глитчи, что может приводить к скачкам фазы и возникновению артефактных особенностей на суммарном профиле импульса. Во втором случае следовало бы полностью описать алгоритм. Также, полученные результаты сопровождаются доверительными интервалами, но каким образом оценены ошибки, практически опускается. Ошибки измерений также не представлены на большинстве графиков (в частности, когда приводятся профили импульса), что также не позволяет читателю оценить качество наблюдательных данных.

2) В третьей главе диссертации исследуются свойства межзвездной среды в направлении двух радиопульсаров. Эта работа, несомненно, подпадает под специальность «Физика космоса, астрономия», и получены новые интересные результаты. Однако в данном случае пульсары использовались как инструмент, а именно как источники зондового излучения. В названии же диссертации «Исследование некоторых сильных пульсаров по наблюдениям на радиотелескопе БСА ФИАН» межзвездная среда не упоминается, то есть название диссертации не полностью соответствует ее содержанию.

3) Нельзя не отметить множество огрехов в тексте диссертации. Особенно это касается «Введения». Например, в первом же абзаце очень неудачно используется словосочетание «массивных нейтронных звезд». Вероятно, имеется в виду, что нейтронные звезды имеют большую массу, но читатель может подумать, что речь идет о самых массивных представителях класса нейтронных звезд. Но в любом случае, большая масса (инерция) не дает гарантии равномерного вращения, так у некоторых нейтронных звезд наблюдаются глитчи. В тексте много опечаток. Одна из самых заметных — это единицы измерения производной периода: где-то это секунды «с» (как на странице 5), где-то «с/с-1» (как на рис. 04, 05 и др.). На странице 26 в тексте остались редакторские правки.

Вышеуказанные замечания относятся к оформлению диссертации и обращают внимание на то, что материал мог бы быть раскрыт шире, однако не ставят под сомнение вынесенные на защиту научные результаты. Автореферат соответствует содержанию диссертации. По теме диссертации опубликованы семь научных работ в отечественных и зарубежных рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Результаты диссертационной работы апробированы на научных семинарах и конференциях. Диссертационная работа «Исследование некоторых сильных пульсаров по наблюдениям на радиотелескопе БСА ФИАН» является законченным научно-

исследовательским трудом и удовлетворяет всем требованиям положения о порядке присуждения учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Максим Олегович Торопов, безусловно, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании НТС отдела астрофизики высоких энергий ИКИ РАН 24 августа 2026 г. Отзыв подготовил старший научный сотрудник ИКИ РАН, кандидат физико-математических наук Мальков. Подпись Малькова заверена. Отзыв утвержден директором ИКИ РАН, академиком Российской Академии Наук Петруковичем 3 сентября 2026 года.

Я закончила оглашать отзыв.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Вопрос к диссертанту, будете сразу отвечать?

СОИСКАТЕЛЬ: Я отвечу, когда будут все отзывы оппонентов, в конце отвечу.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: В конце, да? Хорошо, спасибо. Так. Теперь у нас надо переходить...

СЕКРЕТАРЬ: К оппонентам.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Да, к оппонентам... Значит, пожалуйста, слово учёному секретарю.

СЕКРЕТАРЬ: Хорошо. Первый оппонент. Первый оппонент у нас присутствует здесь. Максим Сергеевич Пширков, пожалуйста, вам слово.

ВЫСТУПЛЕНИЕ ПЕРВОГО ОППОНЕНТА ПШИРКОВА МАКСИМА ОЛЕГОВИЧА

ПШИРКОВ М.С.: Еще раз добрый день. Эта работа в каком смысле является второй частью наследия предыдущего. В каком смысле? Если предыдущая была работа посвящена использованию экстенсивному этого инструмента, то есть большие объемы данных, открытие новых объектов, новых пульсаров, новых транзиентов, то здесь эта чувствительность была использована для более глубокого исследования уже известных объектов, потому что понятно, что чем более высокая чувствительность, тем более интересные вещи можно, в принципе, обнаружить, если они там есть. И тут как раз вот эта чувствительность телескопа БСА была использована для поиска особенностей,

а эти особенности успешно, то есть анализ этих особенностей был уже успешно для каких-то выводов о модели изучения пульсара эволюции его магнитного поля, ориентации магнитного поле. Я опять не буду говорить повторять о сделанном, потому что только что был зачитан отзыв, где прекрасно полностью было кратко суммировано.

Раскладка по главам. Только хочу сказать, что мне очень понравилась первая глава. Единственное, что мне понравилось, что краткое содержание работы изложено не после введения, а после первой главы. То есть уже прошло что-то, и тут уже идет. Зато в первой главе очень хорошо изложена сама процедура получения результатов, калибровки. Обычно этого очень сильно не хватает и это будет иметь очень большую ценность при дальнейшей работе, потому что БСА – инструмент достаточно капризный и хитрый. Показано пошагово, как было решено, какие проблемы возникали, как они были решены и в каком уровне точно мы можем доверять этим результатам. То есть очень интересный показан процесс получения, очень подробно все изложено. И, конечно, это будет иметь большую ценность в дальнейшем, в дальнейших работах.

А что еще понравилось? Во второй главе мне очень понравилось, что Вопрос есть, при этом поиске не было обнаружено пульсаров с интеримпульсами с яркостью больше, чем 10% от главного импульса. И это действительно некая проблема. В принципе, можно бы, конечно, какую-нибудь придумать, сляпать на коленки какое-нибудь объяснение, которое не прошло бы более-менее вдумчивого анализа, но тем не менее как бы заплатку поставить. Диссертант не стал это делать, он просто написал, что действительно эта проблема есть и будем думать, что с этим делать. Пока объяснений нет. Честность тоже очень хорошо. Не стали придумывать никакого, на первый взгляд, естественного объяснения, которое по-настоящему неправильное. И теперь новизна и актуальность возникают естественным образом, когда настроен такой инструмент, то результаты, полученные им, будут новыми, а если хорошо выбрана цель, она выбрана хорошо, они будут актуальны.

Теперь к замечаниям. У меня основное замечание как раз относится к главе II и как раз уже озвучивался вопрос об анализе разделения пульсаров с интеримпульсами на ортогональные соосные. Везде принималось, критерием ортогональности, принимался интеримпульсы, ортогональным ротатором, если интеримпульса на расстоянии 180 градусов, если только обратные установлены поляриметрически. И есть в списке вот этих пульсаров с интеримпульсом на расстоянии 180 градусов, но который поляриметрический,

показывает, что он соосный. Его относят к группе соосных, но все остальные, тем не менее, для которых поляриметрических нет, относят к ортогональным. Понятно, что это разбиение, его невозможно защитить. Если у нас есть пульсар, где интеримпульс на расстоянии 180 градусов находится, но тем не менее он соосный, значит мы не можем говорить, что достаточно это все. Этот критерий не работает. То есть без дополнительных поляриметрических измерений мы не можем делать статистические выводы. И то же самое, я согласен с тем, что слишком мало пульсаров, чтобы делать очень большой доверительный интервал, там обе будут проходить, пока 12 – это не очень много. Есть мелкие замечания, как раз по опечаткам, по не очень удачным формулировкам. Единственное, что цветовая гамма соответствует диапазону амплитуды индивидуальных импульсов от белого цвета до черного цвета. Оттенки серого, это не цветовая гамма. И вот вопрос чуть-чуть по существу. На странице 97 было сказано для какого-то отдельного пульсара, что угол между магнитной осью и осью вращения мал, а там угол 60 градусов. Это маленький, вот это имелось маленький угол, просто это как бы непонятно. И еще вопрос такой. Пульсар J0953+0755, у которого тоже долго есть изучение, весь период. Мало сказано, что это единственный пульсар, кроме уже обнаруженных, где есть такое изучение, но как бы мало сказано, кем это обнаружено, когда это было обнаружено, то есть это тоже было бы интересно знать. И вот, наверное, последнее. В результатах обнаружено, что J1543+0929 имеет излучение практически весь период, профиль является трехкомпонентным. Для J2234+2114 обнаружен предимпульс, отстающий от главного импульса на 53 градуса. И значит ли это, что у других пульсаров, десятка рассмотрит, ничего, никаких особенностей вообще нет на этом уровне? Наверное, это значит, что это хорошо проговорить прямым текстом, что с нашего уровня чувствительности мы не смогли обнаружить никаких особенностей у других пульсаров. Это, конечно, все замечания, ну кроме интеримпульса, где там требуется, конечно, более серьезная статистика интеримпульсов, более серьезная доработка. Остальные замечания это достаточно мелкие и просто можно было бы прояснить, чтобы еще больше улучшить качество диссертации. Я вот формально хочу, то есть это не уменьшает качество, не умаляет значимости диссертационного исследования. Я считаю, что диссертация Торопова Максима Олеговича на соискании ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, удовлетворяющей всем требованиям и критериям положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденных

постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.1 «Физика космоса и астрономия» по физико-математическим наукам. Считаю, что соискатель Торопов Максим Олегович заслуживает присуждение ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 «Физика космоса и астрономия». Автореферат тоже хороший и отражает содержание диссертации. Призываю тоже поддержать диссертанта. Спасибо.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Как с ответами?

СЕКРЕТАРЬ: Ответы на все замечания будут в конце. Максим Олегович уже сказал, что хотел бы на все замечания ответить в конце. Мы сейчас предоставляем слово второму оппоненту Зюзину Дмитрию Александровичу. Он присутствует удаленно. Дмитрий Александрович, вам слово.

ВЫСТУПЛЕНИЕ ВТОРОГО ОППОНЕНТА ЗЮЗИНА ДМИТРИЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА

ЗЮЗИН Д.А.: Здравствуйте. Меня хорошо слышно?

СЕКРЕТАРЬ: Да, вас слышно хорошо.

ЗЮЗИН Д.А.: Но я не буду повторять тут многое уже сказанное. Хочу сказать, что действительно проделан анализ, я так понимаю, колоссального количества данных, то есть там чуть ли не за 10 лет наблюдения длились, чуть ли не 10 лет. Было очень много всего интересного обнаружено. Многие мои замечания повторяют предыдущие замечания. Главное, опять-таки, про эту самую эволюцию угла-наклона. Вроде как, в диссертации сказано, что это подтверждает квазианалитическую модель магнитосферы, согласно которой в ходе эволюции магнитная ось и ось вращения становятся ортогональными но с другой стороны, посмотрев на статью и, посмотрев на количество, что в общем-то получилось, что поровну где-то найдено ортогональных и соосных, и посмотрев на статью, увидел что написано что там более мягкая формулировка, что статистика не противоречит этой модели, то есть вот тут главный вопрос, и я так понимаю что у всех он возник, и интересно было бы послушать ответ. Также в диссертации сказано, что было найдено несколько новых рад, но почему-то они не были включены в положение выносимых на защиту. Также на одном рисунке, где сказано, что пульсар вроде как излучает

практически везде там на графике сигнал к шуму, вот для меня лично непонятно, что значит сигнал к шуму меньше единицы, то есть это все-таки не считается шумом, то есть было бы здорово на некоторых графиках привести линию, где показывается, что сигнал есть, а где его нету, но также еще много маленьких опечаток, но все это в принципе не умаляет ценности полученных результатов, ну и не влияет на результаты, вносимые на защиту. Вот, я считаю, что Торопов Максим Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физмат-наук по специальности 1.3.1 «Физика космоса и астрономия». Ну и надеюсь, что он получит много новых интересных результатов. Вот, собственно, вот у меня такой вот небольшой отзыв.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Вот теперь надо отвечать на все вопросы вместе.

ОТВЕТЫ СОИСКАТЕЛЯ НА ЗАМЕЧАНИЯ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ И ОППОНЕНТОВ

СОИСКАТЕЛЬ: (Представляет ответы на замечания из отзыва ведущей организации и оппонентов. Демонстрируются слайды с ответами на замечания, см. приложение 1 к стенограмме).

Слайд 21.

СОИСКАТЕЛЬ: Первым отзыв ведущей организации. Тайминг при сложении профилей не использовался. Для надежности брались профили с сигнал/шум больше 6. То есть там четыре-пять тоже видны, но возникали артефакты в интегрированном профиле, поэтому было именно такое соотношение сигнал/шум. Формирование суммарного итогового профиля за выбранный период наблюдений проводилось следующим образом. Использовались эфемериды, которые разработаны в Институте прикладной астрономии РАН. По межлучевому коэффициенту, формула, которая была по плотности потока, контролировалось состояние ионосферы, для того чтобы корректные данные использовались в анализе. Сдвиг производился таким образом, что главный импульс находился на расстоянии четверти фазы от периода, от начала среднего профиля. То есть положение главного импульса определялось путем поиска глобального максимума по априори известным среднему профилю импульса, и дополнительно проводилось визуальная проверка полученных результатов. Для оценки ошибок среднего профиля следует использовать вот такую формулу, т.е. в данном случае можно было оценить средний профиль. С

оставшимися двумя замечаниями полностью согласен, спасибо за внимательное прочтение диссертации, т.е. в следующий раз буду использовать вот эту формулу, чтобы оценить в среднем профиле. Следующее...

Слайд 22.

Действительно, что отнесение пульсаров к категории соосных или ортогональных возможно только после проведения поляриметрических наблюдений, на антенне БСА, принимающей только линейно-поляризованное излучение, такие измерения провести невозможно. Однако на обсерватории FAST была опубликована похожая работа, и они провели поляриметрические измерения и получили тот же самый результат, аналогичный нашим результатам. Ссылка на статью.

Еще был вопрос по максимальной чувствительности на 12,5 миллисекунд. Вот здесь более подробно это указано.

На счет средних профилей, то есть 82 пульсаров, которые не вошли ни в третью главу, ни в четвертую главу. Тем базы данных средних профилей, которые есть, соотносились ни с каких новыми деталями, не было выведено. Только по этим вот двум пульсарам было обнаружено что-то новое, что не было или расходилось с банком базы данных пульсаров. Тем более, что они были на других частотах, там 300 МГц.

Дальше вот эта опечатка была действительно, была допущена опечатка, здесь правильно написано. С остальными замечаниями согласен. Спасибо Максиму Сергеевичу за тщательно прочтение диссертации.

Слайд 23.

Действительно здесь была ошибка в таблице, то есть в одной строчке, к сожалению, пропущен знак меньше. И вот вопрос, тут был не угол между магнитной осью и осью вращения, а импакт угол, то есть наблюдатель видит весь период. В поиске транзиентов я не участвовал. И спасибо за замечания, согласен и использую в дальнейшей работе.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Теперь диссертация открыта для общей дискуссии. Какие будут вопросы, замечания, пожелания?

ОБЩАЯ ДИСКУССИЯ

МАЛОФЕЕВ В.М.: Работа была выполнена, конечно, на нашем стареньком, но очень эффективном телескопе, за большой промежуток времени накопленные данные. Вот правильно было сделано, что удалось обработать их, используя вот такую мощную базу данных, и полученный очень, конечно, интересный результат. Я хочу сказать, что вот то, что они нашли 9 пульсаров с интеримпульсами, это вообще штучные. Вообще, представляете, у 4000 с половиной сейчас почти пульсаров, порядка только у 60 есть интеримпульсы. То есть это очень такие редкие события и очень сложно их найти. Вы видите, что в основном где-то полтора-два процента амплитуда интеримпульса от главного. Редкие случаи, когда они сопоставимы. Мы сейчас в последнее время этим занимались. Хочу сказать, что, по-моему, всего 15 объектов, где интеримпульс составляет примерно 0,4 от главного. То есть это очень редкое событие. В данном случае очень хороший, интересный результат получили. Предпоследний пульсар у вас, где профили. Пульсар, который 2305 [J2305+3100]. Там у вас интеримпульс состоит из нескольких компонентов. Это тоже редкий случай. Его, видимо, отнесли к ортогональным. На самом деле, когда есть компоненты в профиле, дополнительная особенно, то нужно быть очень осторожным, потому что это скорее даже свидетельствует о том, что это соосный все-таки ротатор. Вот Максим привел пример, что есть пульсар, который популяционным данным показывает, что такие случаи могут быть. Поэтому вот это действительно статистика. То, что FAST подтвердил, это очень важно, потому что они действительно традиционные данные делают. Ваших данных 12, конечно, это маловато, чтобы делать такой глобальный вывод. Это старая история. Прекрасно знаем Василия Семеновича Бескина, он давно-давно этим занимается и пытается доказать свою теорию. Это старый вопрос, очень важный и актуальный. Я считаю, что работа действительно сделана очень хорошая, важная, нужная, тем более человек все это делал в основном сам. Но вот у меня есть, например, такое замечание, которое может вперед немножко, когда я залезаю, когда мы будем решение диссертационного совета обсуждать. Вот третий пункт ваших результатов. Вот где идет речь о пульсаре 0953 [J0953+0755]. Это тоже старый пульсар, по нему десятки работ написаны. Это не просто какой-то рядовой, это один из первых четырех кембриджских пульсаров и очень уникальный. У него есть интеримпульс, прекурсор, бридж и так далее. Это очень сложный комплекс. Он занимает весь период. И по нему много было исследований, в том числе и межзвездное

мерцание, и дифракционные, рефракционное исследование. И вот у вас здесь написано, что впервые обнаружен рефракционный масштаб мерцания 1-2 дня, выявленная модуляция с характерным масштабом около 130 дней. Я недавно только этим пульсаром занимался, у нас большая работа тоже вышла. Эти данные уже были 1-2 дня и 130 дней. Я сейчас не могу дать ссылки, но они были. Странно, почему Татьяна Васильевна Смирнова, она большой специалист в этом деле, она автор нескольких работ по этому пульсару. Почему она это как-то пропустила? И уж совсем нельзя писать, что это впервые измерено относительно амплитуды излучения между главным импульсом и интерпульсом. В первой же работе, очень мощной, Хемпкинс и Корц, прекрасная, проведена, так сказать, средний профиль, и там отлично можно посчитать, какая величина этого излучения. Если интеримпульс там менее 2%, то это в районе 1,5%, то что и у вас получилось. То есть я бы заменил все-таки... Да, вы все это обнаружили, померили их очень хорошо. Убрать слово впервые. Просто обнаруженное, это действительно вы обнаружили на низких частотах, это тоже важно подчеркнуть. Но впервые нельзя в данном случае говорить о пульсаре, который очень хорошо изучен. А в принципе, конечно, работа очень важная, хорошая и я предлагаю поддержать ее.

СЕКРЕТАРЬ: Можно туда добавлю, Валерий Михайлович, просто про «впервые». Дело в том, что действительно в работе написано «обнаружено». Ну, я еще проверю по автореферату, может быть, и не было слова «впервые». Вы же читаете заключение, которое я составляла. А я, когда пишу про новизну, я пишу, что впервые. И вот хорошо, что вы это отметили. Потому что эта новизна, понимаете, этот пункт, он в новизне диссертации. А как бы в новизне, Он, значит, впервые. Ну, логично?

МАЛОФЕЕВ В.М.: Ну, как-то здесь осторожнее надо, потому что...

СЕКРЕТАРЬ: Ну, в общем, нужно формулировку тогда выбрать.

МАЛОФЕЕВ В.М.: Убрать слово «впервые».

СЕКРЕТАРЬ: Да, уберем.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Все у вас?

МАЛОФЕЕВ В.М.: У меня все-все. Я только за, но работа очень хорошая и важная.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Какие еще замечания?

МАЛОФФЕВ В.М.: А еще у меня такое, очень жалко это, наверное, уже к руководителю, что мы на семинаре у себя в обсерватории мало вас слушали, а многие бы вещи там, может быть, выявились и подкорректировались. Почаще приезжайте.

ТЮЛЬБАШЕВ С.А.: Прошу прощения, семинар практически заглох. Это, конечно, надо опять возобновлять. И от меня маленький комментарий, вот когда говорят про большой объем данных. Вот на данный момент с БСА накоплено 500 терабайт информации. Максим там кусочки использовал, там пульсары сами сидят. А вот когда мы поиском занимаемся, раз за разом эти 500 терабайт переобрабатываем. Уже, по-моему, раза четыре переобработали. Так что это, да, реально, это очень много данных. И самое главное, что что называется, ко всем членам ученого совета, если кто этим занимается, что там должна быть масса результатов, которые мы не можем оценить, потому что у нас просто физически нет ни времени делать.

МАЛОФЕЕВ В.М.: Обратите внимание на то, что...

ТЮЛЬБАШЕВ С.А.: Эффект Джозефсона, я запомнил.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Есть еще пожелание выступить? Нет, да? Ну тогда будем считать законченное обсуждение. Заключительное слово сказать. Пожалуйста, диссертант.

СОИСКАТЕЛЬ: Спасибо семье, которая меня поддерживала при написании диссертации, научному руководителю. Интересно было работать, и интересные работы, надеюсь, впереди будут, потому что объем данных очень большой и много интересных задач. Спасибо.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Спасибо. Тогда перейдем к тайному голосованию. Это будет перерыв в 15 минут.

СЕКРЕТАРЬ: Да, ну я давайте, так сказать, для стенограммы озвучу. Стандартные вещи о том, что у нас тайное голосование проводится. В удаленном режиме с помощью системы Криптовече. Всем членам совета уже пришли индивидуальные ссылки для голосования по адресам электронной почты, которые указаны в явочном листе. Как обычно, чтобы проголосовать, надо перейти по ссылке в личный кабинет голосующего, нажать кнопку «Зарегистрироваться», так вы получите свой электронный бюллетень. Вот, в электронном бюллетене нужно выбрать один из вариантов «за» или «против». Если будут выбраны оба варианта или ни одного не будет выбрано, то такой

электронный бюллетень будет учтен в системе как недействительный. Значит, все голосуют со своих устройств, у кого они есть, либо голосуют со специального компьютера здесь, в зале заседаний. Вот, теперь объявляется перерыв, да, Игорь Дмитриевич?

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Я спрашиваю, всё?

СЕКРЕТАРЬ: Да, всё.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так, объявляется перерыв на 15 минут. А нет, еще надо выбрать комиссию, да?

СЕКРЕТАРЬ: Нет, нет. Нет, нам не надо.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Извините.

СЕКРЕТАРЬ: Мы, поскольку онлайн голосуем, то без комиссии.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Понятно.

ТАЙНОЕ ГОЛОСОВАНИЕ

Объявляется перерыв на тайное голосование (15 минут). Во время перерыва все члены диссовета, присутствующие на заседании, голосуют с помощью системы онлайн-голосования “Криптовече”.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Коллеги, перерыв уже закончен. У нас осталось, во-первых, утвердить это голосование, правильно?

СЕКРЕТАРЬ: Ну да, нам нужно объявить итоги голосования. *(Выводит на экран отчет о результатах тайного голосования в системе Криптовече).*

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Да, итоги голосования вы видите на экране. Все в порядке.

СЕКРЕТАРЬ: Да, у нас было всего 15 голосующих, ЗА — 15 голосов, ПРОТИВ — ноль, недействительных бюллетеней — ноль. Таким образом, единогласно все проголосовали за присуждение степени. Теперь нам нужно утвердить.

Члены совета голосуют поднятием руки за утверждение результатов тайного голосования.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Так, кто за итоги голосования? Кто против? Значит, подтверждаются итоги голосования. Теперь нужно утвердить заключение диссертационного совета по защите диссертации. Было разослано всё всем членам совета, и здесь лежит. Посмотрите, пожалуйста.

СЕКРЕТАРЬ: Да, я учту все замечания, в том числе от Дмитрия Зигфридовича.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Кто за то, чтобы утвердить заключение совета?

Члены совета голосуют поднятием руки за утверждение заключения диссертационного совета.

СЕКРЕТАРЬ: Так, голосуем... Все подняли руки.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Тогда все, утверждаем. Заседание у нас заканчивается и мы поздравим соискателя.

СЕКРЕТАРЬ: Поздравляем!

(Аплодисменты)

Председатель заседания,
председатель диссертационного совета,
д.ф.-м.н., член-корр. РАН

Новиков И.Д.

Секретарь заседания, учёный секретарь
диссертационного совета, к.ф.-м.н.

Шахворостова Н.Н.

23 сентября 2026 г.