

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

СТЕНОГРАММА
ЗАСЕДАНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д002.023.01

9 июня 2021 года

Защита диссертации
Соловьева Дмитрия Игоревича
на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.03.02 “Астрофизика и звездная астрономия”
*“Протяженные объекты и взаимодействие реликтового излучения с
ними”*

Присутствовали члены диссертационного совета:

Новиков И.Д., д.ф.-м.н., член-корр. РАН, 01.03.02, физ.-мат. науки

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

Шахворостова Н.Н., к.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки

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

Вибе Д.З., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки

Дагкесаманский Р.Д., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки

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

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

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

Ковалев Ю.А., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки

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

Лихачев С.Ф., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки

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

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

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

Троицкий С.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки

Тюльбашев С.А., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки

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

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

Председатель заседания – доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, председатель диссертационного совета И.Д. Новиков.

Секретарь заседания – кандидат физико-математических наук, ученый секретарь диссертационного совета Н.Н. Шахворостова.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Дорогие коллеги, давайте начнем наше второе заседание за сегодняшний день. Заседание посвящено защите кандидатской диссертации Соловьева Дмитрия Игоревича. Перед началом нашего заседания я хочу напомнить, что к сожалению руководитель Дмитрия Игоревича отсутствует. Вы знаете, конечно, что Верховданова Олега Васильевича нет с нами. Мне выпало счастье работать долгое время с ним в Дании. Он был замечательным человеком и замечательным ученым. Давайте будем о нем всегда помнить. Приступим к нашему заседанию. Диссертация на соискание степени кандидата физико-математических наук под названием “Протяженные структуры и взаимодействие реликтового излучения с ними” по специальности “астрофизика и звездная астрономия”. Ведущая организация – Санкт-Петербургский государственный университет. Официальные оппоненты – Зинченко Игорь Иванович и Пилипенко Сергей Владимирович.

СЕКРЕТАРЬ: Кворум есть. Присутствуют 19 членов диссертационного совета из 22-х: Новиков Игорь Дмитриевич, Ковалев Юрий Юрьевич, Шахворостова Надежда Николаевна, Бочкарев Николай Геннадьевич, Вибе Дмитрий Зигфридович, Дагкесаманский Рустам Давудович, Дорошкевич Андрей Георгиевич, Иванов Павел Борисович, Каленский Сергей Владимирович, Ковалев Юрий Андреевич, Ларионов Михаил Григорьевич, Лихачев Сергей Федорович, Лукаш Владимир Николаевич, Новиков Дмитрий Игоревич, Попов Михаил Васильевич, Троицкий Сергей Вадимович, Тюльбашев Сергей Анатольевич, Чашей Игорь Владимирович, Щекинов Юрий Андреевич. Присутствуют очно и удаленно. Всего 19 из 22 человек, кворум есть.

В деле соискателя имеются следующие документы, поступившие в диссертационный совет: заявление соискателя с просьбой о принятии к рассмотрению и защите диссертации, заверенная копия диплома о высшем образовании, диплом выдан федеральным государственным образовательным учреждением высшего профессионального образования “Санкт-Петербургский государственный университет”. Диплом удостоверяет, что Соловьев Дмитрий Игоревич освоил основную программу высшего профессионального образования “Астрономия” с присвоением квалификации “Астроном”. После обучения в университете Соловьев Дмитрий Игоревич поступил в аспирантуру Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук, где обучался с 12 октября 2010 года по 11 октября 2014 года. Имеется справка об обучении в аспирантуре и о сдаче экзаменов кандидатского минимума, а именно: экзамен по астрофизике и звездной астрономии “хорошо”, английский язык “отлично”, история и философия науки “отлично”. Далее, поступило заключение организации, где была выполнена работа, а именно заключение Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук. Заключение положительное. Также поступил отзыв научного руководителя о диссертации Соловьева Дмитрия Игоревича. Отзыв составлен доктором физико-математических наук, ведущим научным сотрудником Верховдановым

Олегом Васильевичем и заверен ученым секретарем Специальной астрофизической обсерватории.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Пожалуйста, Дмитрий Игоревич, Вам слово.

ДОКЛАД СОИСКАТЕЛЯ

СОИСКАТЕЛЬ: (Выступает с докладом. В докладе демонстрирует и комментирует слайды 1-23, номера которых даны в начале соответствующих строк ниже. Слайды к докладу приведены в Приложении к стенограмме, а также приложены к аттестационному делу в бумажной и электронной форме).

Слайд 1. Название диссертации. Здравствуйте. Меня зовут Соловьев Дмитрий Игоревич. Темой моей диссертационной работы являются протяженные структуры и взаимодействие реликтового излучения с ними. Работа выполнена под научным руководством Верховданова Олега Васильевича.

Слайд 2. О центральном объекте исследования. Центральный объект исследования – это гигантские радиогалактики. Это специфическая подгруппа радиогалактик с размерами от одного мегапарсека. В некоторых работах гигантская радиогалактика оценивается от половины мегапарсека. Как правило, гигантские радиогалактики отождествляются в оптике с гигантскими эллиптическими галактиками и имеют морфологический тип FR II. Исследованиями гигантских радиогалактик занимаются несколько групп исследователей по всему миру, в том числе и мы. Общее число гигантских радиогалактик сравнительно невелико, это довольно редкие объекты. На момент работы над диссертацией их было всего четыреста штук, на данный момент их уже больше, конечно, и число продолжает увеличиваться. Также можно отметить, что до сих пор нет однозначной теории происхождения структуры этих объектов. Наиболее распространены две гипотезы, это, в первую очередь, объяснение размеров долгоживущего радиоисточника, и специфическая внешняя среда объекта. Есть указания на то, что существование этих объектов не может быть объяснено лишь одной из этих причин.

Слайд 3. Теперь я поясню, как проводилось наше исследование. В первую очередь для исследования гигантских радиогалактик мы поставили задачу максимально возможного расширения известных объектов этого типа. Для этого мы разработали метод поиска гигантских радиогалактик, который был успешно применен, список объектов был расширен, о чем я подробнее расскажу. И также метод был апробирован в том числе и другими авторами. После составления списка мы решили посмотреть, как эти объекты ведут себя в миллиметровом и субмиллиметровом диапазоне. С чем связан интерес именно к субмиллиметровому и миллиметровому диапазону? Дело в том, что существует

предсказание, что на радиоструктурах гигантских радиогалактик должен наблюдаться эффект Сюняева-Зельдовича, который обычно наблюдается на скоплениях галактик. По результатам проекта мы не смогли обнаружить на данный момент наблюдательных данных эффекта Сюняева-Зельдовича. Мы только обнаружили специфическое поведение выборки гигантских радиогалактик, т.е. имеется некое отклонение от теоретически предсказанного поведения. Для того, чтобы посмотреть, в чем может быть загвоздка, была разработана модель распределения гигантских радиогалактик на сфере, чтобы оценить спектр мощности, который эти объекты дают на сфере. Следует отметить, что модель достаточно гибкая и впоследствии может быть применена и к другим задачам. Мы получили оценки спектра мощности для наших объектов, и, таким образом, было показано, что гигантские радиогалактики могут давать искажения в спектр мощности. Как мы можем определить эффект Сюняева-Зельдовича в направлении на другие радиоисточники? Мы разработали метод поиска кандидатов в объекты с эффектом Сюняева-Зельдовича в направлении на радиоисточники.

Слайд 4. Актуальность работы. В первую очередь это малое количество объектов этого типа. Неясная природа размеров гигантских радиогалактик. Размеры сопоставимы со скоплениями галактик, что может влиять на формирование крупномасштабной структуры Вселенной. Исследование вклада излучения гигантских радиогалактик в угловой спектр мощности, обусловленный эффектом Сюняева-Зельдовича.

Слайд 5. О целях и задачах данной работы. Центральная цель – это исследование гигантских радиогалактик в миллиметровом диапазоне длин волн. Имеется в виду, как их найти, как они могут проявлять себя, и как можно оценить их вклад в фоновое излучение неба. Оценка спектральных плотностей потоков гигантских радиогалактик в данных Планка (*прим.: имеется в виду спутник Planck*). Проверка отличий от других галактик по данным Планка. Разработка метода быстрой селекции кандидатов в скопления галактик с эффектом Сюняева-Зельдовича.

Слайд 6. О научной новизне работы. Это, в первую очередь, новый метод поиска гигантских радиогалактик, основанный на автоматической процедуре и последующем дополнительном визуальном контроле. Метод позволяет находить кандидаты в радиогалактики с заданными параметрами (угловые размеры, радиопотоки и др.) на основании морфологической классификации Фонарофф-Райли. Результаты исследования новых гигантских радиогалактик. Полученный описанным ранее методом список кандидатов в гигантские радиогалактики был совмещён с уже известными гигантскими радиогалактиками, а также проведено отождествление в оптике, инфракрасном и радио диапазонах. Новые сведения о гигантских радиогалактиках в миллиметровом и субмиллиметровом диапазоне по наблюдательным данным Планка. Новая модель распределения гигантских радиогалактик по сфере. На

основании дополненного списка гигантских радиогалактик была составлена модель распределения протяженных радиоисточников по небесной сфере. Новый метод селекции кандидатов в объекты с эффектом Сюняева-Зельдовича в направлении на радиоисточники.

Слайд 7. О содержании работы. Общий объем диссертации составляет 121 страницы; диссертация содержит 50 рисунков, 7 таблиц и библиографию из 258 наименований. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. О личном вкладе автора. Это равный вклад при обсуждении и постановке задачи равный вклад при подготовке публикаций. Обработка наблюдательных и смоделированных данных в пакетах GLESP и Sextractor. Разработка необходимого программного обеспечения. Основной вклад в моделирование обзоров неба.

Слайд 8. Теперь подробнее о каждой из глав. В первой главе подробно описывается метод поиска гигантских радиогалактик, а также его применение. На первом этапе осуществлялась автоматическая селекция обзора NVSS. Делалось предположение о морфологическом типе гигантских радиогалактик как FR II, либо как имеющем две различные радиокомпоненты в источнике. Каждый источник из NVSS представлялся как отдельная компонента гигантской радиогалактики и накладывались следующие ограничения на радиоисточники. Угловое расстояние между компонентами от 4 до 6 минут дуги. Четыре минуты дуги – это ограничение наложено в нашей задаче в миллиметровом диапазоне диаграммой направленности Планка, а шесть минут дуги – определяется лавинообразным ростом ложных срабатываний алгоритма при увеличении искомой площадки. Угловые размеры компонента выше одной минуты дуги. Это связано со спецификой автоматической обработки источников из NVSS. Угол между осями компонентов в пределах десяти градусов. Это просто указывает на связь этих радиокомпонент. Они взаимонаправлены. Также накладывалось ограничение на плотность спектрального потока излучения от суммы компонент, что также связано с ложным срабатыванием алгоритма. Полученные в результате автоматической селекции кандидаты подвергались дополнительному визуальному контролю, чтобы исключить ложные срабатывания алгоритма. Следует отметить, что ложные срабатывания практически всегда связаны с галактикой и классифицируются. Полученные кандидаты подвергаются отождествлению в обзорах 2MASS, DSS2 и в радиодиапазоне с помощью каталога CATS. По результатам этой работы было найдено 50 кандидатов, из них для 16 подтвердили статус гигантских радиогалактик, т.е. для них были получены оценки линейных размеров, где они превышают пол мегапарсека.

Слайды 9-10. На следующих слайдах я привожу список новых, не обнаруженных ранее объектов. Первый и второй слайд. Соответственно, тут имя, морфологический тип, суммарный поток, размеры угловые, наличие

отождествления в других диапазонах, их красное смещение и аппроксимация радиоспектров.

Слайд 11. Во второй главе описываются галактики с признаками слияния из списка кандидатов в гигантские радиогалактики. Результатом работы метода, который был описан в первой главе, явилось обнаружение с признаками слияния в списках кандидатов. Что это такое. На данном изображении приведен пример X-образной морфологии радиогалактики. Мы можем видеть две перпендикулярно расположенных радиоструктуры, которые объясняются прецессией джета в результате процессов, происходящих в центральной машине радиоисточника. Было обнаружено восемь галактик с признаками слияния, из них четыре имеют S-морфологию, три X-морфологию, и один объект демонстрирует специфическую парную активность. Две галактики имеют подтвержденный статус гигантской радиогалактики и три из них проявляются на картах Планка. Важно отметить, что галактики с признаками слияния сами по себе являются достаточно редкими объектами и они обнаружены внутри другого класса достаточно редких объектов – гигантских радиогалактик.

Слайд 12. В третьей главе подробно описывается исследование подвыборки гигантских радиогалактик и ее сравнение с выборками других радиоисточников. В качестве гигантских радиогалактик мы рассматривали галактики с линейными размерами свыше одного мегапарсека и угловыми размерами свыше четырех минут дуги. А в качестве выборок сравнения была выбрана подгруппа источников из WENSS в промежутке прямых восхождений от нуля до двух часов. Также подгруппа гигантских эллиптических галактик и далекие радиогалактики и гамма-всплески. Сплошными линиями с полыми кружками отмечена основная выборка гигантских радиогалактик. Выборки сравнения – это, соответственно, остальные графики.

Слайд 13. По результатам этой части работы было обнаружено, что гигантские радиогалактики имеют положительный сигнал в миллиметровом диапазоне. Спектр в миллиметровом диапазоне практически плоский. Сигнал в субмиллиметровом диапазоне отсутствует. И нам не удалось обнаружить предсказываемый эффект Сюняева-Зельдовича.

Слайд 14. В четвертой главе описывается модель построения гигантских радиогалактик на сфере. В первую очередь для построения модели гигантских радиогалактик на сфере мы провели тест на морфологию радиоисточников из WENSS. Делалось предположение о гигантской радиогалактике как источнике одного из двух типов: FRI или FRII. FRI моделируется двумерной структурой с параметрами большой и малой полуоси и соответствующей ориентацией. А FRII моделировался двухкомпонентной структурой. Каждый компонент имеет свою большую и малую полуоси, а также учитывалась корреляция между этими параметрами.

Слайд 15. На следующем слайде приведем частный пример того, как выглядит модель сравнения с данными, на которые мы опирались для построения морфологии из WENSS. В данном случае это большая ось для двойных источников. Модельные данные – это штрихованная линия. А данные WENSS – показаны сплошной линией. Как видно, модельные данные достаточно хорошо огибают кривую WENSS.

Слайд 16. Спектральная плотность потока основана на классической работе Кондона. На данном графике данные Кондона обозначены сплошной линией и модельные данные – штрихованной линией. Разница объясняется тем, что модельные массы ниже, чем у источников из Кондона. Поэтому наблюдается меньшее число общих объектов. И при увеличении требований к потокам происходит обрыв, потому что источник либо есть, либо его нет.

Слайд 17. По результатам была построена модель распределения гигантских радиогалактик на сфере. Была построена карта. Эти данные были пересчитаны для миллиметрового диапазона и построен угловой спектр мощности для трех миллиметров. Было показано, что теоретически гигантские радиогалактики могут давать в миллиметровом диапазоне вклад в фоновое излучение неба.

Слайд 18. В пятой главе описывается метод поиска кандидатов в объекты с эффектом Сюняева-Зельдовича в направлении на радиоисточники. Во-первых, что мы ищем? За счет эффекта Сюняева-Зельдовича (это на самом деле обратный Комптон-эффект для фотонов реликтового излучения) мы должны наблюдать недостаток фотонов реликтового излучения на низкочастотной части спектра реликтового излучения и относительное увеличение числа фотонов в высокочастотной части спектра. Что связано с тем, что фотоны получают некоторую энергию и переходят в высокочастотную часть спектра. Мы взяли подгруппу радиоисточников из WENSS, которая в том числе исследовалась в предыдущих главах, и в направлении на эти радиоисточники мы взяли площадки на картах миссии Планк размером 30 на 30 минут дуги, и искали на этих площадках минимумы на низкочастотной половине и максимумы на высокочастотной части карт Планка. Получили кандидаты, которые подвергли визуальному контролю, чтобы отсеять ложное срабатывание алгоритма.

Слайд 19. На следующем слайде приведен пример работы алгоритма. В верхней половине слайда – это фактические кандидаты в эффект Сюняева-Зельдовича в направлении на радиоисточники. В нижней части – это сохранившийся фоновый источник, отсеянный в результате визуального контроля. Для сравнения приведена очищенная карта реликтового фона SMICA.

Слайд 20. По результатам этой работы был отобран 381 кандидат в объекты с эффектом Сюняева-Зельдовича, и было показано, что после того, как мы рассматривали объекты для узкой области неба от нуля до двух часов по

прямому восхождению, при распространении этого метода на полную сферу может быть теоретически убрано некоторое несоответствие между ожидаемым числом радиогалактик с эффектом Сюняева-Зельдовича и наблюдаемым.

Слайд 21. По публикациям автора. Здесь приведен список публикаций по материалам данной работы, в том числе метариалы конференций.

Слайд 22. Апробация. Здесь приведен список апробации на конференциях.

Слайд 23. О выносимых на защиту результатах. На защиту выносятся новый метод обнаружения гигантских радиогалактик, каталог новых гигантских радиогалактик и результаты их отождествления. Метод основан на морфологии радиоисточников и позволяет искать кандидаты в гигантские радиогалактики с заданными параметрами. Метод был нами успешно использован, позволив найти 16 новых гигантских радиогалактик, а также нашёл применение в работах других авторов. Результаты исследования различных популяций радиогалактик по данным Планк. Выявлены особенности гигантских радиогалактик: плоский спектр в миллиметровом и отсутствие сигнала в субмиллиметровом диапазонах. Гигантские радиогалактики заметны на картах микроволнового фона, однако иначе, чем предполагалось из-за эффекта Сюняева-Зельдовича. Новый метод селекции кандидатов в объекты с эффектом Сюняева-Зельдовича. В результате поиска был обнаружен 381 кандидат в объекты с эффектом Сюняева-Зельдовича на заданной области неба. Метод позволяет находить кандидаты в объекты со слабым эффектом, благодаря чему было показано, что при тщательном анализе полной сферы может быть устранено несоответствие между теоретически предсказанным и наблюдаемым числом объектов с эффектом Сюняева-Зельдовича. Результаты построения и применения новой модели распределения протяженных радиоисточников на полной сфере и программное обеспечение, реализованное в общедоступном коде. Программное обеспечение может быть использовано в широком спектре задач благодаря гибкой модели параметров.

Слайд 24. Благодарю за внимание.

ВОПРОСЫ ПОСЛЕ ДОКЛАДА СОИСКАТЕЛЯ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Спасибо! Какие будут вопросы к диссертанту? Пожалуйста.

КОВАЛЕВ Ю.Ю. У меня два вопроса. Давайте вернемся к предыдущему слайду, если Вы не против, с основными результатами, выносимыми на защиту, чтобы было понятно по каким блокам я задаю вопрос. Спасибо. По Вашему анализу каталогов и отбору из них гигантских радиогалактик. У меня здесь первый вопрос, очень конкретный. Вы говорили, например, про анализ каталога WENSS. Про анализ галактик двойных с одной деталью, с двумя деталями. У меня очень простой вопрос, скажите, а когда у Вас галактики состояли больше,

чем из одной детали, скажем из двух, откуда Вы знаете, что это одна и та же галактика?

СОИСКАТЕЛЬ. Я, возможно, не очень понял. Давайте отмотаем на другой слайд, с более художественным, так сказать, изображением (*показывает слайд 2*). Как выглядела эта процедура. Это, конечно, изображение искусственное. Это пример радиогалактики. То есть у нас есть некоторое оптическое изображение, на которое наложено искусственное изображение радиоструктуры гигантской радиогалактики в данном случае. Мы основывались на NVSS, там представляется автоматически список радиоисточников. При этом автоматический алгоритм выявления радиоисточников таков, что каждая из радиоструктур определяется как отдельный радиоисточник. Они могут быть связаны друг с другом, а могут быть не связаны. Чтобы выяснить, что это в действительности астрофизически один и тот же объект, была разработана следующая модель (*показывает слайд 8*). Автоматическая селекция может теоретически захватить не связанные друг с другом источники. Но при визуальном контроле очень хорошо в подавляющем числе случаев видно, что это один и тот же объект, в центре которого сидит гигантская эллиптическая галактика.

КОВАЛЕВ Ю.Ю. Видно визуально?

СОИСКАТЕЛЬ. Видно визуально. Насколько велика вероятность ложного срабатывания алгоритма, т.е. того, что два не связанных друг с другом радиоисточника будут захвачены алгоритмом автоматической селекции? Это сильно зависит от параметров, которые задаются в автоматической селекции. При тех параметрах, которые мы задавали (*демонстрируется слайд 8*), ложных срабатываний практически не было, если исключить несколько градусов от плоскости галактики, поскольку там области НII, которые радиогалактиками не являются, но вызывают срабатывание. Поэтому либо вручную отсеивать плоскость диска, либо можно просто исключить плоскость диска с такими параметрами. Я точную цифру не назову, несколько процентов буквально.

КОВАЛЕВ Ю.Ю. Спасибо большое. Ну то есть фактически у вас была автоматическая реализация алгоритма с визуальным контролем. Спасибо. Второй мой вопрос касается последнего блока и, соответственно, последнего пункта положений, выносимых на защиту, где Вы утверждаете о нахождении более трехсот..

СОИСКАТЕЛЬ. Триста восемьдесят один.

КОВАЛЕВ Ю.Ю. Совершенно верно. И есть утверждение о том, что фактически этот метод, если его на всю сферу распространить, то у вас получится примерно такое количество объектов, которое ожидается. Правильно ли я понимаю, что Вы это оценивали для того уровня глубины обзоров, с

которым вы работаете? И что делать, если появятся обзоры в радиодиапазоне еще глубже? Фактически вопрос на будущее. Сейчас будут новые данные обзора VLASS примерно в том же диапазоне, что NVSS, только он будет в разы глубже. Как это повлияет на количество объектов с эффектом Сюняева-Зельдовича?

СОИСКАТЕЛЬ. (*Демонстрирует слайд 23*). Никак не повлияет, потому что, во-первых, этот метод был апробирован на некоторой области неба, в направлении на радиоисточники от нуля до двух часов по прямому восхождению. Соответственно, если его распространить на полную сферу, то мы просто получим ожидаемое количество объектов. По поводу новых обзоров, то тоже никак не повлияет, потому что в данном случае от источников нам нужно только наличие. А дальше вся методика основана на анализе Планковских данных. То есть от источника нам нужны только его координаты.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Все, да?

КОВАЛЕВ Ю.Ю. Да, закончил, спасибо.

НОВИКОВ Д.И. Можно мне вопрос?

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Да, пожалуйста.

НОВИКОВ Д.И. Вы искали кандидатов на небе в эффект Сюняева-Зельдовича. А сам эффект Сюняева-Зельдовича в ваших кандидатах Вы не обнаружили. Я правильно понял?

СОИСКАТЕЛЬ. Нет, не совсем так. Мне нужен был наблюдаемый эффект Сюняева-Зельдовича для ожидаемой подвыборки источников гигантских радиогалактик, а кандидаты – это значительно более широкая область. У меня в том числе и для радиогалактик.

НОВИКОВ Д.И. Секундочку. Вы где не нашли эффект Сюняева-Зельдовича?

СОИСКАТЕЛЬ. На гигантских радиогалактиках.

НОВИКОВ Д.И. Я понял. По Вашему мнению, почему этого не случилось? Чисто физически.

СОИСКАТЕЛЬ. Чисто физически я затрудняюсь давать однозначную оценку, но, на мой взгляд, надо расширять выборку. Поскольку мы искали методом стэкинга и у нас изначально малая выборка.

НОВИКОВ Д.И. При чем тут выборка? Вы видите некий объект на небе, почему там не проявляется этот эффект?

СОИСКАТЕЛЬ. Эти источники довольно слабые относительно фона. Как мы искали эффект Сюняева-Зельдовича. (*Демонстрирует слайд 19*). Чем у нас больше объектов в выборке, тем четче, однозначнее можем сказать о точности нашей кривой.

НОВИКОВ Д.И. Я понимаю, Вы сейчас говорите о статистике. Но в принципе у Планка в каталоге довольно много Сюняева-Зельдовича источников. Почему они там есть, а ваши объекты, которые вы исследуете, никак себя в этом эффекте не проявляют? В чем их отличие от тех источников, которые Планк обнаружил? Там есть скопления галактик. А почему не светят ваши источники, не искажают спектр?

СОИСКАТЕЛЬ. Я не считаю, что то, что мы не нашли эффект Сюняева-Зельдовича, обусловлено физикой гигантских радиогалактик. Я предполагаю, что это обусловлено недостаточной статистикой этих объектов. Отдельные гигантские радиогалактики могут демонстрировать эффект Сюняева-Зельдовича. Но поскольку мы искали статистический эффект Сюняева-Зельдовича, чтобы на всем классе гигантских радиогалактик он себя как-то проявлял, то мы его не обнаружили.

НОВИКОВ Д.И. Я понял. Еще можно посмотреть картинку с вкладом в спектр угловой. (*Демонстрируется слайд 17*). Вы говорите, что это как-то может повлиять на угловой спектр мощности по всему небу, если я правильно понял. Просто из этой картинке не виден вклад ваших радиоисточников в общий спектр угловой реликтового излучения. Вот если бы рядом нарисовать, то можно было бы объяснить, повлияет ли. Так он у вас в одиночестве нарисован, не с чем сравнивать.

СОИСКАТЕЛЬ. Я согласен, что это не лучшее изображение.

НОВИКОВ Д.И. Все, у меня нет больше вопросов.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Спасибо! Еще вопросы. Нет больше. Тогда зачитайте нам отзыв научного руководителя.

СЕКРЕТАРЬ. (*Зачитывает Отзыв научного руководителя. Прилагается. Отзыв положительный.*)

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Спасибо. Вопросов тут не предвидится. Пожалуйста, следующие отзывы какие у нас?

СЕКРЕТАРЬ. Следующий отзыв – это заключение организации, где выполнена диссертационная работа. *(Зачитывает Отзыв организации, где выполнена работа (САО РАН). Отзыв положительный, прилагается.)*

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Спасибо! Еще есть отзывы?

СЕКРЕТАРЬ. Поступил отзыв ведущей организации. *(Зачитывает Отзыв ведущей организации. Отзыв положительный. Прилагается.)*

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Спасибо. Еще есть отзывы?

СЕКРЕТАРЬ. Других отзывов не поступало.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. *(Соискателю)*. Так, Вы хотите ответить на замечания?

ОТВЕТЫ НА ЗАМЕЧАНИЯ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

– Замечания к оформлению текста диссертации и источнике формулы 10.2.

СОИСКАТЕЛЬ. Да. Касательно текста диссертации, я полностью согласен. Мне следовало более внимательно подойти к оформлению диссертации. Далее, о источнике формулы 10.2. Это взято также из работы Кондона восемьдесят шестого года. Все, больше замечаний не было.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Так, теперь предоставляем слово первому официальному оппоненту. Игорь Иванович Зинченко, пожалуйста.

ВЫСТУПЛЕНИЕ ПЕРВОГО ОППОНЕНТА

ЗИНЧЕНКО И.И. *(Официальный оппонент, выступает)*. Я выведу на экран отзыв, если это поможет.

КОВАЛЕВ Ю.Ю. Как Вам удобнее.

КОВАЛЕВ Ю.А. Можно зачитывать.

ЗИНЧЕНКО И.И. Я понимаю. Я не буду полностью зачитывать. Я остановлюсь на основных плюсах и минусах этой работы. *(Озвучивает основные моменты отзыва. Отзыв положительный, прилагается.)*

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Спасибо. *(Соискателю)* Вы хотите сразу ответить на замечания?

ОТВЕТЫ НА ЗАМЕЧАНИЯ ПЕРВОГО ОППОНЕНТА

– Информация о линейных размерах объектов в таблицах 1.1. и 1.2 отсутствует.

СОИСКАТЕЛЬ. Да. Касательно таблицы 1.1 и 1.2. Да, к сожалению, там не указаны линейные размеры, поскольку эти таблицы с кандидатами отобраны из NVSS до их подтверждения как гигантских радиогалактик. Итоговый список гигантских радиогалактик меньше и, увы, приводится в виде таблицы только в презентации. Было еще замечание о размерах. Размеры определяются через красное смещение эллиптической радиогалактики.

– Следовало бы указать относительную величину вклада гигантских радиогалактик в фоновое излучение неба.

СОИСКАТЕЛЬ: Я согласен с тем, что надо было указать численные критерии оценки вклада фонового излучения неба.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Все?

СОИСКАТЕЛЬ. Да.

ВЫСТУПЛЕНИЕ ВТОРОГО ОППОНЕНТА

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Спасибо. Слово предоставляется второму официальному оппоненту. Сергей Владимирович, пожалуйста.

ПИЛИПЕНКО С.В. (*Второй официальный оппонент*). Я тоже не буду полностью зачитывать отзыв, а остановлюсь только на основных плюсах и минусах работы. (*Озвучивает основные моменты отзыва. Отзыв положительный, прилагается*).

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Спасибо! Дмитрий Игоревич, пожалуйста.

ОТВЕТЫ НА ЗАМЕЧАНИЯ ВТОРОГО ОППОНЕНТА

СОИСКАТЕЛЬ. Поскольку по поводу оформления диссертации уже было много раз проговорено, я пропущу этот момент и сразу перейду к рисунку 3.2. Я согласен с тем, что не стоило на одном графике приводить разнородные данные. Далее, о разнице в подсчетах радиоисточников у Кондона и в модельных данных. Это связано с тем, что количество источников в WENSS, на которых основаны данные по морфологии меньше, чем количество источников у Кондона. И поскольку количество источников модели одно и то же и для морфологии и для потоков, то соответственно мы наблюдаем недостаток по сравнению с Кондоном. Так. Радиоисточники от нуля до двух часов дуги были выбраны по той лишь причине, что их исследование проводилось в

(неразборчиво)... других факторов. Также я согласен с тем, что следовало включить в таблицу кандидатов некоторые критерии, хотя само выделение объекта осуществляется по множеству параметров, главным из которых является отношение сигнала к шуму.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Спасибо. Теперь открываем общую дискуссию по этой работе. Кто хотел бы либо задать вопрос, либо выступить? Пожалуйста.

ОБЩАЯ ДИСКУССИЯ

ЛУКАШ В.Н. Зинченко сказал, что немного информации об этих галактиках, больших гигантских. Но я не услышал, может быть, Вы объясните. У Вас нет связи со свойствами этих галактик, например, с активными ядрами, с черными дырами, с джетами. Вообще слова не сказано. Имеет ли это отношение или не имеет? Не сказано о физической связи радиоизлучения, как они образуются вообще. Я бы хотел услышать, как свойства этих гигантских радиогалактик связаны с их образованием. Почему надо их изучать, таким образом? Вот вопросы, которые были заданы Зинченко, я бы хотел услышать ответ.

СОИСКАТЕЛЬ. Непосредственно о физике формирования радиоисточника, это не являлось предметом исследования, поэтому я не делал на этом акцент. Я в общих словах могу пояснить, как она формируется. Т.е. у нас есть некая галактика, внутри центральный объект находится, массивный, который формирует, как правило, два джета, выстреливающие в межгалактическое пространство. Эти джеты подогревают межгалактический газ, который светится в радиодиапазоне.

ЛУКАШ В.Н. Джеты – это тоже их свойства. Вы ни слова не сказали о джетах. Только сейчас об этом стали говорить.

СОИСКАТЕЛЬ. Потому что это не являлось темой исследования. Гипотеза о том, как зажигаются радиоисточники является более-менее общепринятой в радиоастрономии. Это общее место, на котором я не посчитал нужным заострять внимание.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Спасибо! Еще вопросы. Пожалуйста.

ИВАНОВ П.Б. Мне скорее просто интересно, вот Вы сказали, что из 16 найденных Вами гигантских радиогалактик большой процент обладает признаками слияния. Насколько я понял, треть или даже половина. Правильно? У меня вопрос. Вот для общих нескольких сотен галактик, процент галактик, обладающих признаками слияния, такой же или меньше?

СОИСКАТЕЛЬ. Я предполагаю, что меньше, потому что мы искали гигантские радиогалактики, в первую очередь, по морфологии, и неудивительно, что галактики со специфической морфологией составляют аномально высокую долю.

ИВАНОВ П.Б. То есть ваш метод чувствителен к галактикам, обладающим признаками слияния?

СОИСКАТЕЛЬ. В том числе, во всей видимости, да. Поскольку метод основан на морфологии, а S и X структуры с большей вероятностью сработают.

ИВАНОВ П.Б. А какой все-таки процент по общей выборке? Сколько примерно галактик из этих четырехсот обладают такими признаками? Вы знаете?

СОИСКАТЕЛЬ. Я затрудняюсь ответить. Я считаю, у нас всего 16 и что некорректно давать оценку на таком малом количестве.

ИВАНОВ П.Б. Я понимаю, я думал, что может Вы из литературы знаете.

СОИСКАТЕЛЬ. Нет, я затрудняюсь.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Спасибо. Да, Юрий Андреевич, пожалуйста.

ЩЕКИНОВ Ю.А. Вопрос вот какой. Я не понял, либо пропустил просто это. Когда вы говорите о том, что эти гигантские радиогалактики не дают вклада в эффект Сюняева-Зельдовича, то имеется в виду что? Что у вас стековая процедура? Т.е. вы накапливаете, суммируете весь сигнал и потом сравниваете?

СОИСКАТЕЛЬ. Да.

ЩЕКИНОВ Ю.А. Хорошо, я понял. А если говорить об индивидуальной радиогалактике каждой, то там сигнал насколько мал или велик по сравнению с чувствительностью Планка? То есть, если бы Вы один к одному сравнивали, не стековой процедурой. Когда Вы делаете стек, вы усредняете, теряете вклад, он осредняется.

СОИСКАТЕЛЬ. Не должен осредняться, поскольку эффект Сюняева-Зельдовича должен проявлять себя схожим образом на всех этих объектах, т.е. минимумы складываются с минимумами, а максимумы с максимумами на частотах. Почему они должны усредняться? Возможно, я не понял.

ЩЕКИНОВ Ю.А. Но все-таки если говорить об индивидуальных вкладах, то они по сравнению с чувствительностью Планка каковы? Они различимы? От каждого отдельного источника.

СОИСКАТЕЛЬ. Вы говорите о вкладе эффекта Сюняева-Зельдовича от каждого источника?

ЩЕКИНОВ Ю.А. Нет, наоборот, о вкладе каждого источника индивидуального в эффект. Т.е. по сравнению с сигналом.

СОИСКАТЕЛЬ. Ну, сам поток значительно превосходит ожидаемый эффект Сюняева-Зельдовича. Вообще сам эффект Сюняева-Зельдовича, его особенности, для отдельных объектов значительно ниже, чем излучение самого объекта.

ЩЕКИНОВ Ю.А. Все, спасибо.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Еще вопросы?

ДОРОШКЕВИЧ А.Г. Скажите, вот Вы интересуетесь гигантскими радиогалактиками. А в последнее время появилось совершенно бешеное количество, чуть ли не до миллиона штук, гигантских красных галактик, которые используются для изучения барионных осцилляций. Общее то, что у вас гигантские и там тоже гигантские. Только у вас радио, а там красные. Как вы думаете, это похожие объекты? Или совершенно разные? Если это совершенно разные объекты, то опять же это представляет определенный интерес. Те расположены, насколько я знаю, при сравнительно больших красных смещениях, за пределами каталога SDSS. Вы не пытались изучать этот вопрос? Кстати, это было бы вполне любопытно.

СОИСКАТЕЛЬ. Нет, я не занимался этим. Нужно отметить, что гигантские радиогалактики – это сравнительно близкие объекты. Из тех объектов, которые мы получили – это вообще близкие объекты. А по тем данным, которые я относительно недавно смотрел, там за единицу z только процентов 5 заходят. Т.е. это близкие объекты.

ДОРОШКЕВИЧ А.Г. Так может быть это недостаток наблюдений? А не физический недостаток.

СОИСКАТЕЛЬ. Вероятно. Нужно получить линейную оценку размеров. Но я не могу прокомментировать взаимосвязь этих объектов.

ДОРОШКЕВИЧ А.Г. У меня к Вам просьба. При случае обратите внимание на этот вопрос.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Еще вопросы. Замечания? Нет. Спасибо! Никто не хочет выступить? Нет. Тогда Вам заключительное слово. Пожалуйста.

СОИСКАТЕЛЬ. Я бы хотел выразить благодарность всем, кто принимал участие в этой работе. В первую очередь это, конечно же, мой научный руководитель, без которого я бы наверное не связал свою жизнь с астрономией, я его еще со школы знал. Я благодарен всем присутствующим за проявленное внимание и высказанные замечания и вопросы. Благодарю всех.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Спасибо. Переходим к процедуре голосования. Голосование открытое. Давайте голосовать. Кто за то, чтобы присудить соискателю степень кандидата физико-математических наук? Кто за?

Все присутствующие голосуют поднятием руки. Секретарь производит подсчет голосов “за”.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Опустите руки. Кто против? Нет. Воздержался? Спасибо. Пожалуйста, объявите результаты голосования.

СЕКРЕТАРЬ. Результаты открытого голосования: ЗА – семнадцать. ПРОТИВ – ноль. ВОЗДЕРЖАВШИХСЯ – два.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Спасибо. Мы теперь должны утвердить итоги голосования. Кто за то, чтобы утвердить итоги голосования?

Все присутствующие голосуют поднятием руки.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. Единогласно. Давайте поздравим. (*Аплодисменты*). Теперь нам надо принять заключение. Заключение все смотрели. Есть ли замечания? Нет. Тогда давайте проголосуем за принятие заключения.

Все голосуют поднятием руки.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ. *Единогласно.* Тогда утверждаем. На этом заседание закрываем. Спасибо всем.

Председатель диссертационного совета,
доктор физико-математических наук,
член-корреспондент РАН

И.Д. Новиков

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат физико-математических наук

Н.Н. Шахворостова

9 июня 2021 года.