

## СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета Д002.203.01

протокол N 154 от 04 октября 2022г.

Председатель:

Заместитель председателя  
диссертационного совета

доктор физ.-мат. наук

Клочкова В.Г.

Ученый секретарь:

кандидат физ.-мат. наук

Шолухова О. Н.

Состав совета – 20 человек, присутствуют – 14:

д.ф.-м.н., Клочкова В.Г. 01.03.02

к.ф.-м.н., Шолухова О.Н. 01.03.02

д.ф.-м.н., Васильев Е.О. 01.03.02

д.ф.-м.н., Глаголевский Ю.В. 01.03.02

д.ф.-м.н., Караченцев И.Д. 01.03.02

д.ф.-м.н., Макаров Д. И. 01.03.02

д.ф.-м.н., Мингалиев М.Г. 01.03.02

д.ф.-м.н., Моисеев А.В. 01.03.02

д.ф.-м.н., Панчук В.Е. 01.03.02

д.ф.-м.н., Романюк И.И. 01.03.02

д.ф.-м.н., Трушкин С.А. 01.03.02

д.ф.-м.н., Фабрика С.Н. 01.03.02

д.ф.-м.н., Левшаков С. А. 01.03.02

д.ф.-м.н., Сачков М. Е. 01.03.02

### **Председатель:**

Представлена в совет к защите диссертация А.В. Антипова «Исследование галактик, видимых с ребра». Работа выполнена в Специальной Астрофизической Обсерватории РАН, научный руководитель — д.ф.-м.н., заведующий лабораторией внегалактической астрофизики и космологии САО РАН Макаров Дмитрий Игоревич, официальные оппоненты – д.ф.-м.н. профессор, зав. кафедрой экспериментальной астрономии физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова Расторгуев Алексей Сергеевич; к.ф.-м.н., доцент кафедры астрофизики СпбГУ Каратаева Гульнара Мирсатовна. Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук. Вопросы нет? Начинаем доклад.

### **Антипова А.В.:**

Здравствуйте, уважаемые коллеги! Я сразу начну с введения. Галактики, видимые с ребра, - это галактики, которые имеют угол наклона, близкий к 90 градусам по отношению к наблюдателю. Систематические исследования галактик с такой ориентацией началось в конце 70-х годов, когда было получено много важных результатов о вертикальном распределении вещества в диске, балдже и

гало галактик. Исследования галактик с ребра позволили обнаружить особый подтип так называемых тонких дисковых галактик, составляющих около 16% от дисковых галактик. Хотя осознание того факта, что они являются подтипом дисковых галактик, произошло позже, их первые упоминания встречаются в работах 50-х годов, в которых им было дано название "игольчатых". Эти объекты представляют собой галактики типа "простой диск" без балджей, видимые с ребра. На слайде показан пример галактик с ребра, с балджем и без балджа. Галактики можно характеризовать по отношению их видимых осей. Так, галактики с отношением большой оси к малой  $a/b > 7$  называют тонкими, галактики с еще большим отношением осей  $a/b > 10$  — ультратонкими галактиками.

Актуальность темы. Несмотря на успехи в изучении как галактик в общем, так и галактик, видимых с ребра, осталось множество нерешенных вопросов. Например, плохо изучены механизмы образования и эволюции безбалджевых галактик позднего типа. При моделировании плохо удаётся воссоздавать их наблюдаемые свойства. При этом галактики, видимые с ребра, обладают рядом преимуществ в решении некоторых задач. Например, это единственные внегалактические объекты, вертикальную структуру которых можно изучать напрямую. Структурные особенности галактик позволяют делать вывод об эволюционных механизмах. Галактики, видимые с ребра, лишены неопределенности, связанной с углом наклона, что упрощает их использование в ряде задач.

Целью данной диссертационной работы является изучение галактик, видимых с ребра, в оптическом диапазоне. Для достижения поставленной цели необходимо было решить ряд задач. Создать базу данных для изучения галактик, видимых с ребра. Провести анализ данных нового каталога видимых с ребра галактик "The Edge-on Galaxies in the Pan-STARRS Survey" (EGIPS). Провести двумерную декомпозицию ультратонких галактик с применением двухкомпонентной модели (диск и балдж) по данным "Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System"

(Pan-STARRS1) и провести поиск зависимостей между различными параметрами. Проанализировать связь между ориентацией спинов тонких галактик из каталога "The Revised Flat Galaxy Catalog" (RFGC) и филаментами крупномасштабной структуры Вселенной.

Структура диссертации состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и приложений.

Глава первая посвящена базе данных для изучения галактик, видимых с ребра. База данных посвящена систематизации информации, удобства ее визуализации и усовершенствованию работ по изучению галактик, видимых с ребра. База данных предоставляет доступ к астрометрической и фотометрической информации, а также объединяет данные из других каталогов. База данных имеет веб-представление в виде 4 страниц, на которых представлена информация о самой базе данных, текущих проектах, доступ к каталогам и информация об участниках проекта. База данных содержит 4 каталога галактик, видимых с ребра: трех уже известных и одного нового. Создание нового каталога, в том числе проводилось с помощью представляемой базы данных. Так, специально был разработан интерфейс для визуализации и классификации кандидатов в каталог и кодификации галактик каталога с галактиками из базы данных HyperLeda, что показано на слайде.

Глава 2 посвящена статистике каталога галактик, видимых с ребра EGIPS. Галактики в каталог отбирались с помощью искусственной нейронной сети по данным Pan-STARRS. Всего в каталог вошло 16.5 тысяч объектов. Для каждой галактики была проведена фотометрия с помощью SExtractor в 5 фильтрах. Для оценки точности фотометрии было проведено сравнение звездных величин нового каталога и каталога галактик, видимых с ребра EGIS, сравнение звездных величин в фильтре  $r$  показано на слайде. Было найдено хорошее согласие звездных величин

в диапазоне около 3.5 звездных величин, которое на слайде показано вертикальными пунктирными линиями.

Для оценки полноты каталога использовалось интегральное распределение числа галактик по их наблюдаемым угловым размерам. Каталог считается полным до некоторого предельно малого значения углового размера галактик, при котором начинаются значимые отклонения от линейного тренда. Путем сравнения наблюдаемого распределения галактик с аппроксимирующей линейный участок прямой, было обнаружено, что каталог полон на уровне 96 процентов в диапазоне до угловых величин 5.5 угловых секунд.

На слайде представлены диаграммы цвет-звездная величина. Коричневым цветом показано распределение плотности галактик каталога EGIPS, а сплошной линией - галактики из обзора SDSS, которые имеют произвольный угол наклона. На диаграмме заметно разделение галактик на красную последовательность и голубое облако и наблюдается смещение по цвету галактик из двух выборок каталога. При этом галактики "с ребра" на 0.1 звездную величину краснее галактик, ориентированных произвольным образом. Это можно частично объяснить внутренним поглощением в галактиках, видимых с ребра. Распределение по соотношению осей галактик, видимых с ребра, демонстрирует четкую дихотомию на диаграмме цвет-величина показанной на рисунке справа. Красная последовательность населена толстыми  $a/b < 5$  галактиками. Это разделение, вероятно, отражает морфологические различия между этими двумя группами галактик.

На рисунке слева показано распределение галактик EGIPS по соотношению осей. Количество красных галактик падает с увеличением  $a/b$  намного быстрее, чем голубых галактик, которые на графике показаны соответственно красным и синим цветом. Это выражается в том, что ранний тип галактики систематически толще галактик позднего типа. На рисунке справа показана зависимость скорости

падения функции распределения по отношению осей от цвета. Скорость падения уменьшается к более голубым галактикам. Такое поведение может быть объяснено тем, что самые молодые звездные популяции образуют самые тонкие подсистемы в дисках галактик. Однако при показателе цвета, равным 0.6 тренд меняется, и относительная толщина начинает увеличиваться для самых голубых галактик. Такое поведение ожидается для карликовых галактик, которые систематически толще.

Глава 3 посвящена декомпозиции ультратонких галактик. По каталогу RFGC (каталогу тонких галактик) было отобрано около 150 галактик, и для них была проведена двумерная декомпозиция на балдж и диск по данным Pan-STARRS в 5 фильтрах. На слайде показан пример декомпозиции одной из галактик: показано прямое изображение галактики, ее модель балдж плюс диск, разность изображения и модели, а также фотометрический разрез вдоль большой оси с нанесенными на него моделями.

Существуют работы, в которых утверждается, что тонкие галактики являются галактиками низкой поверхностной. Часто такой вывод делают на основе сильной линейной зависимости между поверхностной яркостью и отношением шкал. Однако в работе Мосенкова с соавторами 2014 было показано, что сильная зависимость является эффектом самокорреляции, которая появляется при пересчете поверхностных яркостей из положения с ребра в положение плашмя. На графике зелеными точками показаны галактики с ребра из каталога EGIS, серыми точками — галактики, исследуемые в данной работе. Показатель цвета на диаграмме не пересчитывался в положение плашмя, заметной линейной корреляции найдено не было, однако исследуемые галактики в среднем имеют более низкие поверхностные яркости, чем галактики каталога EGIS. Так же было проведено сравнение поверхностных яркостей и отношения шкал для галактик Sc

и Sd морфологических типов, было найдено, что Sd галактики в среднем тоньше и имеют более низкую поверхностную яркость, чем галактики Sc.

Глава 4 посвящена ориентации спинов тонких галактик относительно филаментов крупномасштабной структуры Вселенной. Из теории известно, что галактики приобретают свой угловой момент под воздействием приливных сил со стороны элементов крупномасштабной структуры Вселенной. Таким образом, между спином галактики и осью филаментов должна наблюдаться зависимость. Для поиска этой зависимости была составлена выборка, состоящая из 813 тонких галактик, которые принадлежат 706 филаментам. Галактики были отобраны по каталогу RFGC, то есть это тонкие галактики, видимые с ребра. Филаменты были взяты из каталога Tempel. На слайде представлен пример одного из филаментов, его проекции в декартовой системе координат и принадлежащие ему галактики. Зависимости найдено не было, только слабое указание на то, что тонкие галактики стремятся выровнить свои спины с осями филаментов. При этом при отборе галактик по отношению осей  $a/b > 10$  и по красному смещению 0.03 было найдено усиление этой корреляции на уровне 2.4 сигма, что также не является статистически значимым. Нахождение более сильной корреляции для более близких галактик может быть связано с тем, что на больших расстояниях сложнее выделить филамент, правильно оценить угол наклона галактики и определить отношение осей. Согласно моделированию, галактики с массами меньше  $5 \times 10^{12}$  масс Солнца должны иметь сонаправленный спин с осью филамента. Согласно работе Караченцева с соавторами 2016 года, тонкие галактики в среднем имеют массы  $5 \times 10^{11}$  масс Солнца.

Основные положения выносимые на защиту: разработана структура и интерфейс и создана база данных для изучения галактик, видимых с ребра, послужившая основой для нового каталога, включающего 16 551 объектов из обзора неба Pan-STARRS1. Анализ функции полноты показал, что каталог полон

на уровне 96% для объектов со шкалой  $a_r > 5.5''$ , характеризующей размер галактик. Показано, что фотометрия галактик каталога, выполненная по изображениям Pan-STARRS1 с использованием программы SExtractor, обеспечивает надежные результаты в диапазоне видимых звездных величин  $13.8^m < r < 17.4^m$  с точностью  $0.05^m$ . Обнаружено, что «красная последовательность» галактик на диаграмме «цвет – абсолютная звездная величина» населена толстыми галактиками с  $(a/b)_g < 5$ , тогда как в «голубом облаке» преобладают тонкие галактики. Ультратонкие галактики следуют общему распределению объектов в «голубом облаке». Обнаружено, что более тонкие галактики в среднем оказываются более голубыми. Функция распределения галактик по видимому сжатию выстраивается от красных к голубым галактикам, меняя тренд для наиболее голубых объектов. Галактики, видимые с ребра, оказываются систематически краснее,  $(g - r) = 0.1^m$ , общей популяции галактик, видимых под произвольными углами, что связано с внутренним поглощением в галактиках. Измерены фотометрические параметры балджа и диска для 148 ультратонких галактик с  $a/b > 10$  из каталога «The Revised Flat Galaxies Catalogue» (RFGC) по изображениям в пяти фильтрах обзора Pan-STARRS1. Показано, что Sd-галактики имеют более низкую поверхностную яркость и являются систематически более тонкими по сравнению с Sc-галактиками. Выявлено отсутствие значимой корреляции направления оси вращения галактик по отношению к филаментам крупномасштабной структуры Вселенной. Однако, заметна слабая тенденция к выравниванию на уровне 2 сигма. Наибольшая корреляция, на уровне 2.4 сигма, наблюдается для наиболее близких и ультратонких галактик ( $z < 0.03$ ,  $a/b > 10$ ).

Научная новизна: создана специализированная база данных галактик, видимых с ребра, включающая функционал для классификации галактик по широкому набору параметров. На ее основе был создан новый каталог видимых с ребра галактик по данным обзора неба Pan-STARRS1 «The Edge-on Galaxies in the Pan-STARRS survey» (EGIPS), содержащий 16 551 объект. Обнаружена корреляция



между цветом и толщиной галактик, а так же выявлены изменения функции распределения галактик по толщине в зависимости от цвета по данным фотометрии в пяти фильтрах (g, r, i, z, y), проведенной для всех галактик каталога EGIPS. Впервые получены фотометрические параметры 148 ультратонких галактик с отношением осей  $a/b > 10$  на основе двумерной декомпозиции, выполненной по изображениям Pan-STARRS1 в пяти фильтрах (g, r, i, z, y) с использованием двухкомпонентной модели, учитывающей вклады диска и балджа. Впервые исследована корреляция положения осей вращения большой выборки тонких галактик, состоящей из 813 объектов каталога RFGC, по отношению к филаментам крупномасштабной структуры Вселенной.

Результаты докладывались на 8 российских и международных конференциях.

Основные результаты были опубликованы в 4 рецензируемых журналах.

Личный вклад автора: определена ориентации спинов ультратонких галактик относительно осей филаментов крупномасштабной структуры Вселенной. Проведена фотометрия и декомпозиция  $\sim 150$  ультратонких галактик в 5 фильтрах (g, r, i, z, y) по данным Pan-STARRS, проведен анализ полученных данных. Выполнен статистический анализ для каталога «The Edge-on Galaxies in the Pan-STARRS survey», построены диаграммы «цвет-величина», выявлены зависимости между различными параметрами галактик, выполнен их анализ. Внесен равноценный с соавторами вклад в разработку и создания структуры и интерфейса базы данных "The Edge-on Galaxy Database". Обсуждение результатов и написание статей осуществлялось наравне с соавторами.

Спасибо за внимание.

**Председатель:**

Спасибо! Прошу вопросы.

**Левшаков С.А.:**

Вот эти статистические исследования обширные, они приводят к каким-то принципиально новым физическим параметрам, характеристикам галактического населения или они указывают на то, что мы видим в других галактиках. Из ваших измерений можно что-либо сказать о вкладе темной материи в тонкие галактики?

**Антипова А.В.:**

Насчет вклада темной материи, данная работа будет проводиться в дальнейшем. Имеется декомпозиция, набор кривых вращений, и совместно с этими данными будет проводиться анализ вклада темной материи. Что открыто нового - отражено в пункте "новизна". Как пример, подтверждены результаты наличия зависимости толщины галактик от показателя цвета. Полнота каталога может демонстрировать однородность распределения.

**Председатель:**

Вопросы есть еще?

**Васильев Е.О.:**

Скажите, масса этих объектов определяется как-нибудь в базе данных?

**Антипова А. В.:**

В базе данных пока этой информации нет, массы не определялись.

**Сачков М. Е.:**

А ультрафиолетовые данные GALEX не использовались?

**Антипова А. В.:**

Только оптический диапазон.

**Сачков М. Е.:**

Уточняющий вопрос: близко к 90 градусам — это насколько близко? Есть точное определение, 85 градусов - это достаточно близко?

**Антипова А. В.:**

Это совсем край. Плюс — минус 3 градуса.

**Председатель:**

Молчание в зале, значит. Спасибо! Мы переходим к отзывам. Отзыв научного руководителя, Дмитрий, прошу Вас.

**Макаров Д. И.:**

Добрый день. Я, наверное, не буду очень формально эти вещи рассказывать. Я отмечу только, что эти галактики - это нормальные галактики, они мало чем отличаются от других. Их особенность именно в том, что благодаря тому, что они повернуты с ребра, мы можем увидеть то, что невидно никаким другим способом, а именно вертикальную структуру диска. И на самом деле таких работ очень мало. Люди пытаются понять толщины дисков галактик, изучая глобальные распределения по разному повернутых галактик, сопоставляя распределения, но там точность гораздо меньше. И именно изучая галактики близко с ребра, мы можем существенно лучше продвинуться в этом направлении - понять вертикальную структуру дисков. Я обращаю внимание на то, что Саша по своей скромности умолчала. Она принимала очень активное участие в создании каталога. Там, конечно, была достаточно большая команда, но без ее участия этот каталог тоже не был бы сделан. И при создании мы столкнулись с одной интересной проблемой, что, несмотря на разные автоматические методы, которые придуманы, в том числе методы искусственного интеллекта для выделения и классификации галактики, все же визуальные, просмотр остается лучшим способом выделения нужных объектов. Вот сегодня у нас была иллюстрация такого подхода. Игорь Дмитриевич не даст соврать - находит то, что ни один

автоматический алгоритм на небе не может выделить, и находит новые, близкие, интересные галактики. И эта работа была выполнена. Саша просмотрела несколько десятков тысяч галактик глазом, провела классификацию, отметила плохие и хорошие случаи. И это была одна из самых тяжелых и важных работ по составлению каталога галактик, свойства которых можно изучать. Саша показала себя прекрасным исследователем, очень устремленным, умеющим сконцентрироваться на задаче и ее очень аккуратно и вовремя решить. Я очень доволен и рекомендую Сашу со своей стороны.

*(отзыв научного руководителя Макарова Д.И.)*

**Председатель:**

Спасибо! Ольга Николаевна прочитает заключение нашей организации.

**Секретарь:**

*(заключение с места выполнения работы)*

**Председатель:**

Спасибо! Сразу отзыв ведущей организации.

**Секретарь:**

*(отзыв ведущей организации)*

**Председатель:**

Вам необходимо ответить на замечания.

**Антипова А.В.:**

Спасибо за замечания. Со всеми замечаниями я согласна. По поводу сравнения звездных величин, возможно, действительно стоило ограничить апертуру нашей модели для сравнения звездных величин, что не было сделано, хотя разница между звездными величинами все равно получилась небольшая. Относительно

филаментов, действительно, часть галактик находится на расстоянии больше, чем между точками филамента. Возможно, действительно это отчасти влияет на то, что не было выявлено значимой зависимости между направлением оси филаментов и спинами галактик.

**Председатель:**

Замечаний было побольше немножко.

**Антипова А В.:**

Действительно, был невнимательно написан текст и кое-где пропущены единицы измерения. В статье Tempel et al. 2014 я не нашла точность построения филамента. Там эта информация не приводится, поэтому я не могу ответить на этот вопрос.

**Председатель:**

Хорошо. У нас присутствует оппонент Алексей Сергеевич.

**Расторгуев А. С.:**

Я хотел сказать, что я с удовольствием познакомился с этой работой, и она мне очень понравилась. Тем более, что подобные работы ведутся и в других учреждениях, в том числе и у нас в ГАИШ. У нас защищалась диссертация Екатерины Чудаковой под руководством Ольги Касьяновны Сильчинко. Был разработан интересный метод анализа галактик, которые были не такие тонкие, с которыми имел дело Вы, но я рекомендую ознакомиться с этими работами для дальнейших исследований. Я зачитаю отзыв.

*(отзыв оппонента А.С. Расторгуев)*

**Председатель:**

Спасибо! Вопросов, особых замечаний нет. Если вы хотите что-нибудь сказать по поводу отзыва...

**Антипова А.В.:**

Я хотела бы выразить большую благодарность за такой замечательный отзыв и ценные замечания.

**Председатель:**

Оппонент, Каратаева Гульнара Мирсатовна.

**Каратаева Г.М.:**

Я здесь. Меня не очень хорошо слышно, поэтому отзыв лучше зачитать.

**Секретарь:**

*(отзыв оппонента Г.М. Каратаевой)*

**Председатель:**

Спасибо, Ольга Николаевна. Пожалуйста, комментируйте.

**Антипова А.В.:**

Большое спасибо за отзыв и все замечания. Да, в тексте встречались неточности и кое-где не описаны некоторые величины. Красные и синие размеры - это размеры, измеренные по изображениям в фильтре R и B. Показатели цвета с ноликом и без нолика - это показатели цвета с учетом поглощения и без учета поглощения в работе мы использовали показатели цвета с учетом поглощения. Влияние поглощения. Нужно отметить, что если рассматривать работу по декомпозиции 150 галактик, то влияние пыли там частично невиллировалось. То есть заметные пылевые полосы маскировались. и модель, которой описывалась галактика, она учитывала эту пылевую полосу. Для 16.5 тысяч измерений были попытки даже оценить влияние пыли. Вот эта вот разница по показателю цвета -

разница в 0.1 звездную величину. В других выводах показатели цвета не участвовали.  $a/b_0$  — это отношение осей в фильтре В. обозначение было использовано из оригинальной работы. Оформление списка литературы оно было представлено в соответствии с требованиями. То есть так требовали оформить список литературы.

**Председатель:**

Спросим оппонента ее устраивают ответы ваши, Гульнара Мирсатовна, пожалуйста.

**Каратаева Г.М.:**

Устраивает, конечно. Единственное, что со списком литературы немножечко не соглашусь. Такое впечатление, что литература была скопирована из различных статей, которые опубликовали. Там, конечно, в разных журналах разные требования. Если вы публикуете уже в одной работе, то здесь нужно придерживаться одного стиля. А по поводу внутреннего поглощения, да, я согласна, что в некоторых моментах это мало влияет, но все таки нужно аккуратно относиться к этим моментам, особенно при изучении галактик с ребра, и не делать строгих выводов, и писать показатели цвета с тысячными долями.

**Председатель:**

Спасибо большое, мы завершили отзывы и теперь переходим к общей дискуссии. Прошу высказываться. Пожалуйста, Игорь Дмитриевич.

**Караченцев И.Д.:**

На первый взгляд может показаться немножко блажю заниматься таким типом спиральных галактик с ребра. Но на самом деле в этом занятии есть много интересных задач. Вот Джон Корманди обратил внимание на то, что таких тонких галактик без балджа (что они видны без балджа выгодно смотрится с положения с

ребра), что их слишком много. Вот если взять теотральный бинокль и посмотреть поискать по небу, то мы найдем: M101 - галактика почти без балджа, чистая дисковая структура; NGC6946 - очень яркая галактика; NGC628, которая видна анфас. Таких галактик довольно много. Джеймс Пиблс обращает на это особое внимание, что здесь имеется парадоксальная ситуация. В современной парадигме яркие крупные галактики, к которым относятся такие сверхтонкие галактики, они испытывали неоднакратное слияние. Видно все эти следы в виде потоков вокруг Андромеды и нашей Галактики. Все эти события раздувают диск, и непонятно, почему таких объектов слишком много - порядка 10 или 15 процентов среди спиральных галактик. Так что вот эта парадоксальная ситуация, на которую обращают внимание видные космологи, она почему-то остается на прежней точке, никто ею активно не занимается. И наблюдательный материал, который получила Александра Антипова, является плодородной почвой. Я думаю, что это обстоятельство подчеркивает важность работы со спиральными галактиками, видимыми с ребра. Ну и второй момент - то, что именно эти галактики являются самыми крупными носителями углового момента. Эта величина весьма консервативная: как стоит спин галактики, так он и будет стоять десятки миллиардов лет. То есть в ориентации спинов законсервирована очень важная космологическая информация о первоначальных процессах на ранней стадии Вселенной. Вот эта методика, которая разрабатывала диссертантка, в ближайшие годы, когда появятся (я думаю, на шкале лет 5) у нас ожидаются обзоры всего неба. Заатмосферные обзоры, у которых угловое разрешение порядка выше 0.1 секунды дуги. Они дадут очень большой вклад в пополнение базы данных таких галактик, видимых с ребра. Потому что галактика с ребра тонкая, которая на расстоянии 100 Мпк всего лишь. Ее отношение осей ограничено разрешением наших наземных обзоров. У этой деятельности большая перспектива на будущее. И методика, которая разрабатывалась, она будет востребована.

**Председатель:**



Тесная связь между тонкостью и вращением — это совершенно не случайная вещь.

**Караченцев И.Д.:**

И к этому следует добавить. Вот такие сверхтонкие диски встречаются в основном в областях сверхнизкой пространственной плотности.

**Моисеев А.В.:**

Меня слишком подробно и обильно процитировали в заключении организации, поэтому мне слишком сложно что-то добавить, потому что там полтора абзаца. Игорь Дмитриевич рассказал о галактиках. Я расскажу о методе. Потому что вот сейчас, слушая диссертацию, я вспомнил, что я, собственно, был первым отечественным ученым, кто стал использовать двумерную декомпозицию галактик. Я это делал в своей дипломной работе. И даже публиковал в САО. К сожалению, все это дальше не пошло. Но потом, вот примерно через 10 лет, все это начало активно развиваться. Вот, например, Савченко, Мосенков, разрабатывая различные методики и адаптируя стандартные пакеты и строя что-то свое, и очень здорово в какой-то момент в данной диссертации, вот этот мощный информативный способ забрать всю информацию из изображения. Потому что традиционно там с древних времен с фотографических бралось изображение галактик, резался фотометрический или усреднялся в колечках, и это анализировалось: диск, балдж. Вот здесь вот представлена вся информация, которая есть в Галактике. И вот в этот вот развитие методов очень удачно собралось вместе с вот той школой изучения объектов с ребра - школой И. Д. Караченцева, которая была у нас в САО. И вот здесь вот, это первая работа, где эти два направления объединились. Там еще представитель Московской школы, школы Дмитрия Бизяева, вот попал в этот поток. Очень здорово, что в этой работе мы видим синтез этих вещей. Я прекрасно знаю, наблюдая, как Саша наблюдает на телескопе, что там готовится еще динамический кусок. Но не вошел он в

диссертацию. Будет следующая работа, здесь законченное исследование, более чем много всего сделано. Повторюсь то, что говорилось в заключении САО, поскольку я Сашу наблюдаю с момента защиты ее диплома, я был председателем ГЭК в Казанском университете, когда она защищалась. Я замечаю постоянный прогресс в представлении данных и хорошую восприимчивость на критику. То есть мы действительно на предзащите накидали кучу замечаний и вот сейчас, честно говоря, кинуть то и нечего. Учла просто все, скорость вот можно было чуть-чуть подкрутить, но это тоже уже неважно. Я рекомендую всем членам ученого совета поддержать данную диссертацию. Сам буду голосовать за. И это очень хорошая, сильная работа.

**Председатель:**

Спасибо большое. Теперь дадим слово нашей соискательнице.

**Антипова А.В.:**

Я хотела бы выразить большую благодарность своему научному руководителю, лаборатории внегалактической астрофизики и космологии, всем научным сотрудникам, оппонентам за проведенную работу, диссертационному совету, коллективу, поддерживающему работу телескопов, и всем тем, кто занимается документами, делающие тоже очень важную работу. Всем большое спасибо. Спасибо, Кто сейчас выступал с отзывами.

**Председатель:**

Хорошо. Предлагаю утвердить счетную комиссию в составе Панчук В. Е., Сачков М.Е., Трушкина С.А. Единогласно? Члены совета, переходим к голосованию.

*(проводится процедура тайного голосования)*

**Сачков М.Е.:**

Протокол номер 153 от 4 октября 2022 года. Заседание счетной комиссии, избранной диссертационным советом Д 002.203.01. Состав избранной комиссии: Сачков, Панчук, Трушкин. Комиссия избрана для подсчета голосов при тайном голосовании по диссертации Антиповой А.В. на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 20 человек на срок действия номенклатуры специальностей научных работников приказом Минобрнауки России от 2.11.2012 г. №174/нк. Состав совета изменен приказом Минобрнауки РФ № 486/нк от 26 мая 2021 г.

Присутствовало на заседании 14 членов совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации 13. Роздано бюллетеней 14. Оказалось в урне бюллетеней 14. Результаты голосования по вопросу о присуждении ученой степени кандидата физ.-мат. наук Антиповой А.В.: за – 14, против – 0, недействительных – 0.

**Председатель:**

Нам надо утвердить протокол. Кто за то, чтобы утвердить протокол, прошу голосовать. Принимается. Таким образом, можно поздравить!

*(члены совета обсуждают проект заключения)*

**Председатель:**

Коллеги! Есть еще замечания? Нет? Тогда эти замечания принимаются и учитываются. Утверждаем открытым голосованием это заключение. Нет возражений коллеги? Нет, единогласно. Все, спасибо большое всем за работу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.203.01 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ  
СПЕЦИАЛЬНОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ  
НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

**решение диссертационного совета от 4 октября 2022 г. № 154**

О присуждении Антиповой Александре Викторовне, Российская Федерация, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование галактик, видимых с ребра» по специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия» принята к защите 28 июля 2022 г., протокол № 140, диссертационным советом Д002.203.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук, Российская академия наук, 369167, КЧР, Зеленчукский район, п. Нижний Архыз.

Соискатель, Антипова Александра Викторовна, 1992 года рождения, в 2016 году окончила Казанский (Приволжский) Федеральный Университет по специальности 03.05.01 «Астрономия», с 01.09.2017 г. по 31.08.2022 г. проходила обучение в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук, на данный момент работает в должности стажера-исследователя в лаборатории внегалактической астрофизики и космологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук.

**Научный руководитель** – доктор физико-математических наук, профессор РАН, заведующий лабораторией внегалактической астрофизики и космологии САО РАН, Макаров Дмитрий Игоревич.

**Официальные оппоненты:**

1. Расторгуев Алексей Сергеевич, доктор физико-математических наук, профессор,

заведующий кафедрой экспериментальной астрономии физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова;

2. Каратаева Гульнара Мирсатовна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры астрофизики СпбГУ;

дали положительные отзывы о диссертации.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, г. Москва, в своем положительном заключении, подготовленном кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником лаборатории теоретической и наблюдательной космологии ФИАН Пилипенко Сергеем Владимировичем, одобренном на семинаре Астрокосмического центра ФИАН 05 сентября 2022 года, утвержденном директором физического института им. П.Н. Лебедева, доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом РАН, Н.Н. Колачевским, указала, что диссертация является завершённым научным исследованием, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия», а её автор Антипова А.В. безусловно заслуживает присуждения ей искомой степени.

Соискателем опубликовано 4 работы по теме диссертации (общим объемом 43 страницы) в рецензируемых журналах. Наиболее значимые научные результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. Antipova A.V., Makarov D.I., Bizyaev D.V. «Orientation of the Spins of Flat Galaxies Relative to Filaments of a Large-Scale Structure of the Universe», *Astrophysical Bulletin*, Volume 76, Issue 3, p. 248-254 (2021)
2. Antipova A.V., Mosenkov A.V., Makarov D.I., Reshetnikov V.P. «Decomposition of Images of Ultra-Flat Galaxies», *Astrophysical Bulletin*, Volume 76, Issue 4, p. 358-366 (2021)
3. Makarov D.I., Antipova A.V. «Database for Studying Edge-on Galaxies», *Astrophysical Bulletin*, Volume 76, Issue 2, p. 218-227 (2021)
4. Makarov D., Savchenko S., Mosenkov A., Bizyaev D., Reshetnikov V., Antipova A.,

Tikhonenko I., Usachev P., Borisov S., Makarova L., Kautsch S., Marchuk A., Rubtsov E. «The edge-on Galaxies in the PanSTARRS survey (EGIPS)», Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 511, Issue 2, p. 3063-3075 (2022)

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается темой исследования и их высокой компетентностью в вопросах, рассматриваемых в диссертационной работе.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

1. Разработана структура и интерфейс и создана база данных для изучения галактик, видимых с ребра, послужившая основой для нового каталога «The Edge-on Galaxies in the Pan-STARRS survey» (EGIPS), включающего 16 551 объектов из обзора неба Pan-STARRS1. Показано, что автоматическая SExtractor фотометрия, выполненная в проекте, обеспечивает надежные результаты. Определена полнота каталога для объектов со шкалой  $a_r > 5.5''$ , характеризующей размер галактик.

2. Обнаружена корреляция между цветом и толщиной галактик, а также выявлены изменения функции распределения галактик по толщине в зависимости от цвета по данным фотометрии в пяти фильтрах (g, r, i, z, y), проведенной для всех галактик каталога EGIPS. Обнаружена систематическая разница между цветом галактик, видимых с ребра и ориентированных произвольным образом.

3. Впервые получены фотометрические параметры 148 ультратонких галактик с отношением осей  $a/b > 10$  на основе двумерной декомпозиции, выполненной по изображениям Pan-STARRS1 обзора в пяти фильтрах (g, r, i, z, y) с использованием двухкомпонентной модели, учитывающей вклады диска и балджа. Найдено, что галактики Sc и Sd имеют различие в центральной поверхностной яркости и относительной толщине диска.

4. Впервые исследована корреляция положения осей вращения большой выборки тонких галактик, состоящей из 813 объектов каталога RFGC, по отношению к филаментам крупномасштабной структуры Вселенной.

**Теоретическая значимость диссертационной работы** обоснована тем, что распределения галактик, видимых с ребра, полученные в диссертации могут быть

использованы для сравнения наблюдаемых свойств дисковых галактик с предсказаниями теории и численными расчетами.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что:

1. Создана база данных и интерфейс к ней, позволяющих упростить и значительно ускорить процесс систематизации информации о галактиках, верификации и визуальной классификации их свойств.
2. При создании базы данных в рамках диссертационного исследования был собран большой объем информации о галактиках, видимых с ребра. Анализ этой информации позволит получить важнейшие результаты, необходимые для понимания физических процессов, происходящих в галактиках;
3. Определены структурные параметры 148 галактик, видимых с ребра, по результатам фотометрии и двумерной декомпозиции. Совместно с данными о кинематике они позволяют изучать распределение светящейся и темной материи в галактиках.

#### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

Достоверность опубликованных результатов обусловлена применением стандартных, хорошо зарекомендовавших себя методов обработки наблюдательных данных, сопоставлением их результатов с независимыми измерениями, выполненными другими авторами. Результаты работы апробированы на международных и всероссийских конференциях. Все основные результаты опубликованы в рецензируемых журналах.

#### **Личный вклад :**

Выполнены все работы по определению ориентации галактик относительно филаментов крупномасштабной структуры Вселенной и анализу корреляций, а также фотометрия и декомпозиция  $\approx 150$  ультратонких галактик по изображениям Pan-STARRS в пяти фильтрах. Проведены анализ полученных данных и поиск зависимостей между параметрами. Автором проведен статистический анализ данных каталога «The Edge-on Galaxies in the Pan-STARRS survey», построены диаграммы «цвет – абсолютная звездная величина», выявлены зависимости между различными параметрами галактик. Наравне с соавторами принималось участие в проверке и классификации кандидатов при создании вышеупомянутого нового каталога видимых с ребра галактик. Внесен равноценный с

соавторами вклад в разработку и создание структуры и интерфейса базы данных «The Edge-on Galaxy Database». Обсуждение результатов и написание статей осуществлялось наравне с соавторами.

На заседании 04 октября 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Антиповой Александре Викторовне ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 13 докторов наук по специальности 01.03.02, участвовавших в голосовании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за - 14, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Заместитель председателя  
диссертационного совета



*[Signature]*  
Клочкова В.Г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
к.ф.-м.н

*[Signature]*  
Шолухова О.Н.

04 октября 2022 г.