

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета Д002.203.01

протокол N 150 от 04 октября 2022г.

Председатель:

Заместитель председателя

диссертационного совета

доктор физ.-мат. наук

Клочкова В.Г.

Ученый секретарь:

кандидат физ.-мат. наук

Шолухова Ольга Николаевна

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., Левшаков С.А. 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., Сачков М.Е. 01.03.02

Председатель:

Представлена в совет к защите диссертация А.А. Гроховской «Исследование влияния локальной плотности окружения на физические свойства галактик до $z = 0.8$ на основе среднеполосного фотометрического обзора на 1-метровом телескопе Шмидта». Работа выполнена в Специальной Астрофизической Обсерватории РАН, научный руководитель – Додонов Сергей Николаевич, к.ф.-м.н., заведующий лабораторией СФВО САО РАН, официальные оппоненты – Щекинов Юрий Андреевич, д.ф.-м.н., г.н.с. Астрокосмического центра Учреждения Российской академии наук Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, Марчук Александр Александрович, к.ф.-м.н. н.с. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория Российской академии наук. Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет». Давайте начинать.

Гроховская А.А.:

Здравствуйтесь, коллеги, еще раз доброе утро! Надеюсь, что слышно меня хорошо и в зале, и в интернете.

Сегодня я готова представить результаты своей диссертационной работы, выполненной в нашей обсерватории под руководством С.Н. Додонова.

Предметом моих исследований стало изучение эволюции физических свойств галактик в зависимости от красного смещения и плотности окружения.

Многообразие форм и типов галактик свидетельствует о том, что они эволюционируют под влиянием значительного числа условий: плотность окружения, темпы аккреции внешнего вещества, внутренняя секулярная эволюция, обратный эффект от активных ядер и т.д.

Каждое из этих условий, в конечном счете, влияет на темпы звездообразования в галактике, что оставляет “отпечаток” на истории звездообразования.

Исследования эволюции свойств звездных популяций галактик требуют статистического анализа больших выборок объектов. Для анализа крупномасштабного распределения галактик и эволюции физических свойств в зависимости от красного смещения и локальной плотности окружения наиболее предпочтительно использовать спектроскопические красные смещения. Такие работы широко проводились при исследованиях относительно ярких галактик на малых красных смещениях. Например, в Слоановском обзоре неба. Однако для выборок из десятков и сотен тысяч галактик с далекими красными смещениями, слабее 22 звездной величины при отсутствии сильных эмиссионных линий, это практически невозможно. Для спектроскопии таких слабых объектов требуются самые большие телескопы и времена экспозиции в несколько часов.

Существует всего лишь несколько обзоров достаточной глубины более или менее пригодных для решения задачи анализа крупномасштабного распределения галактик: COMBO-17, ALHAMBRA, COSMOS. Часть из этих обзоров несмотря на значимую суммарную площадь, выполнена на площадках небольшого размера, значительно разнесенных в пространстве, что не позволяет в полной мере восстанавливать крупномасштабное распределение галактик.

Широкополосные обзоры в виду низкой точности определения фотометрических красных смещений и классификации по типам галактик исключаются из рассмотрения.

Наиболее успешный обзор COSMOS, имеет общую площадь 1.95 кв.гр. и представляет собой единую площадку, однородно покрытую наблюдениями в 30 фильтрах. Кроме того, для почти 20 тысяч галактик в этом поле получена спектральная информация. На основе этих данных в работах Сковилля было исследовано крупномасштабное распределение галактик этого поля вплоть до красного смещения тройка, методами диаграмм Вороного и адаптивного сглаживания. Авторы этой работы подтверждают зависимость физических параметров галактик (звездная масса, спектральные распределения энергии, скорость звездообразования) от плотности окружения, а также показывают сильную зависимость для галактик раннего типа от плотных областей крупномасштабного распределения галактик.

Основной мотивацией для наблюдательной части работы было обеспечить достаточно большую площадь, чтобы исследовать ожидаемый диапазон сред крупномасштабной структуры галактик с высокой чувствительностью обнаружения больших выборок объектов до красного смещения 0.8 и минимизировать влияние космической дисперсии с использованием телескопов малого класса.

Несмотря на то, что обзор COSMOS дал нам широкое представление об эволюции галактик с красным смещением в большом диапазоне плотностей, мы все еще далеки от детального понимания процессов формирования и эволюции галактик. В первую очередь потому, что обзор COSMOS охватил лишь небольшой участок неба площадью около 2 кв. градусов, в котором большую значимость имеет влияние космической дисперсии. Поэтому актуальность темы исследования обусловлена следующими пунктами:

- Оценка возможностей малых телескопов для изучения эволюции галактик в зависимости от красного смещения и плотности окружения,

- Оценка зависимостей свойств звездных популяций галактик в зависимости от красного смещения и плотности окружения в большом однородном поле,
- Создание каталога галактик и групп галактик для проведения совместных исследований с данными космического рентгеновского телескопа Спектр-РГ.

Целью данной работы является исследование эволюции характеристик звездных популяций галактик в зависимости от красного смещения и плотности окружения с помощью методов оптической среднеполосной фотометрии на малых телескопах.

1. Построение каталога галактик на основе среднеполосных фотометрических наблюдательных данных поля HS 47.5-22, полученных на 1-м телескопе Шмидта Бюраканской обсерватории, включающего фотометрические красные смещения объектов.

2. Анализ свойств звездных популяций галактик с помощью Python-пакета SIGALE и их зависимостей от красного смещения, получение оценки плотности скорости звездообразования.

3. Разработка нового метода анализа плотности окружения галактик и выделения кластеров галактик с использованием методов машинного обучения. Построение каталога групп галактик поля HS 47.5-22.

4. Анализ свойств полученных звездных популяций галактик от красного смещения и плотности окружения.

Диссертация состоит из введения, 4 глав и заключения

Первая глава посвящена описанию фотометрических и спектроскопических наблюдений, редукции данных, а также методам получения спектральных распределений энергии.

Наблюдения проводились на 1-м телескопе Шмидта Бюраканской астрофизической обсерватории на протяжении нескольких сетов в феврале, марте,

апреле и ноябре 2018 года и в феврале и ноябре 2019. Для наблюдений было выбрано поле HS 47.5-22 - одно из полей с глубоким накоплением рентгеновского спутника ROSAT. Выбор поля для наблюдений обусловлен его расположением в области с очень низкой плотностью нейтрального водорода на луче зрения, что ненамного выше значения поглощения в области "дыры Локмана", где наблюдается самое низкое поглощение на луче зрения для северного неба.

Для поля HS47.5-22 были проведены наблюдения в 4 широкополосных фильтрах и 16 среднеполосных фильтрах до 23 звездной величины. Центральная часть поля, размером более 2 кв. градусов, была покрыта четырьмя наборами экспозиций в широкополосных и среднеполосных фильтрах. Перекрытия соседних наборов составляли около 10 аркминут. Суммарное время экспозиции подбиралось таким образом, чтобы достичь глубины 25 звездной величины с соотношением сигнал-шум 5 в широкополосных и 23m с тем же соотношением сигнал-шум в среднеполосных фильтрах.

Фотометрия галактик выполнена с помощью программы SExtractor в режиме двойных изображений, где в качестве опорного изображения использовался композитный снимок поля, созданный на основе снимков в широкополосных фильтрах g, r и i системы SDSS.

По результатам фотометрии в 17 фильтрах были построены спектральные распределения энергии низкого разрешения для всех галактик выборки. Полученные распределения энергии демонстрируют все спектральные особенности распределения энергии, такие как эмиссионные линии, НК скачок и другие, и были использованы для оценки фотометрического красного смещения и классификации галактик.

Метод определения фотометрического красного смещения и типа SED галактик основан на соответствии спектрального шаблона галактики наблюдаемому распределению энергии. В качестве опорных спектров для

определения фотометрических красных смещений использованы спектры из работы Додонова и Чилингаряна и пакет программ ZEBRA

Мы показали, что с помощью анализа спектральных распределений энергии, полученных их фотометрических измерений в среднеполосных фильтрах, мы можем достигать точности определения фотометрических красных смещений лучше четырех тысячных, что довольно близко к спектроскопической точности определения красных смещений.

Во второй главе рассмотрена аппроксимация спектральных распределений энергии и получение физических свойств звездных популяций галактик Python-кодом SIGALE.

Свойства звездных популяций галактик с помощью кода Python-кодом SIGALE могут быть определены для примерно 95% галактик из полученного каталога с приемлемым значением параметра $\chi^2 \leq 5$. Не аппроксимируемые спектры не соответствуют требованиям кода SIGALE, таким как минимальное отношение сигнал/шум в каждой полосе. Несмотря на то, что общее время экспозиции так, чтобы получить отношение сигнал/шум $\sim 5-10$ для объектов ярче, чем 22 с половиной звездная величина в фильтре r SDSS, для некоторых слабых объектов этого времени может быть недостаточно для достижения требуемого отношения сигнал/шум

Мы получили широкий набор физических свойств объектов с помощью кода SIGALE. Цвет $(u-r)$ показывает бимодальное распределение галактик, где максимальная плотность при $(u-r)$ разрешением ~ 1.5 звездных величины для голубых галактик и $(u-r) \sim 2.5$ звездных величины для галактик красной последовательности. Бимодальное распределение становится более четким для объектов с уменьшением значения приведенного параметра хи-квадрат. Взвешенное по массе распределение по возрасту имеет два пика на $\sim 9,0$ и $\sim 9,6$ dex. Экстинкция для выборки галактик распределена в диапазоне от 0 до 1,4

звездной величины, что немного меньше значений, полученных в других работах. Это связано с выбором поля наблюдения, которое находится в области с очень низкой плотностью нейтрального водорода в луче зрения.

На диаграмме Масса – Цвет хорошо показано разделение галактик на более молодые голубые младше 9.4 dex и более старые красные галактики с возрастом старше 9.5 dex.

На протяжении полного диапазона красных смещений галактики красной последовательности массивнее и старше галактик голубого облака.

Для оценки плотности скорости звездообразования была изучена полнота выборки и показано, что в диапазоне красного смещения от 0.05 до 0.15 выборка является полной для галактик с массой, больше $10^8 M_{\odot}$, а более массивные галактики с массой больше 10^{10} детектируются на протяжении всего диапазона красных смещений.

Наиболее важным и научно значимым результатом является оценка плотности скорости звездообразования -1.907 ± 0.2 масс Солнца в год на мегапарсек которая была оценена явно для диапазона красного смещения от 0.05 до 0.15, а затем рассчитана с помощью параметрической функции истории звездообразования с задержкой и опциональной экспоненциальной вспышкой звездообразования, которая была заложена при аппроксимации спектральных распределений энергии в коде CIGALE. Эта оценка явно согласуется с результатами известных космологических обзоров (например, обзора COSMOS).

Кроме того, функция плотности звездной массы, рассчитанная как интеграл от функции плотности звездообразования, также согласуется с предыдущими работами.

Стоит отметить, что результаты этой работы получены с помощью 1-метрового телескопа и действительно показывают, что среднеполосные обзоры могут внести значительный вклад в изучение эволюции галактик.

Для проведения анализа крупномасштабного распределения галактик было исследовано три метода анализа кластеризации. Тесселяции вороного, метод адаптивной апертуры и машинное обучение. Два первых метода являются общепринятыми для анализа крупномасштабного распределения галактик, третий был разработан в ходе исследования.

Показано, что метод детектирования групп и скоплений галактик с помощью машинного обучения показывает лучшие параметры чистоты и полноты выборки по сравнению с традиционными алгоритмами.

В ходе исследования был составлен каталог групп галактик поля NS 47.5-22. Основная часть групп детектируется в диапазоне красного смещения от 0.2 до 0.4. Для части групп мы подтвердили членство галактик в них дополнительными наблюдениями на телескопе БТА.

Несмотря на то, что метод машинного обучения хорошо справляется с задачей детектирования групп и скоплений галактик, аналог плотности окружения объектов, который используется в методе плохо подходит для изучения распределения плотности галактик. Этот результат был показан путем сравнения плотностей, полученных алгоритмом машинного обучения и тесселяциями вороного. Поэтому дальнейшие исследования зависимостей свойств звездных популяций от плотности окружения были проведены с помощью значений, полученных с помощью тесселяций Вороного.

Показано, что на протяжении всего исследуемого диапазона красных смещений красные галактики предпочитают находиться в более плотных средах, а также что скорость звездообразования падает с увеличением плотности

окружающей среды, а характеристическое время звездообразования растет для всего диапазона красных смещений

Основные положения, выносимые на защиту:

На основе среднеполосных фотометрических наблюдательных данных, полученных на 1-метровом телескопе Шмидта БАО НАН, составлен каталог из 16,500 галактик ярче 22.5 звездной величины в фильтре R центральной части поля NS 47.5-22 площадью $2.38 \text{ } \square^\circ$. Продемонстрирована возможность определения фотометрических красных смещений с точностью четыре тысячных с использованием среднеполосных фотометрических данных телескопа метрового класса.

Получены оценки плотности скорости звездообразования равные -1.907 ± 0.2 масс Солнца в год на мегапарсек и плотности звездной массы 8.12 ± 0.18 масс Солнца на мегапарсек для полной по массе (до $M = 10^8 M_\odot$) выборки галактик в диапазоне красного смещения $0.05 \leq z \leq 0.15$, которые согласуются с результатами известных космологических обзоров, и показывают возможности телескопов метрового класса для изучения эволюции галактик.

Обнаружено более 250 значимых крупномасштабных скучеваний галактик, по результатам анализа трехмерного крупномасштабного распределения галактик поля NS 47.5-22 площадью $2.38 \text{ } \square^\circ$ вплоть до красного смещения $z=0.8$

Установлено увеличение доли галактик красной последовательности с ростом плотности окружения до $z=0.6$, увеличение плотности скорости звездообразования (SFRD) и снижение плотности звездной массы (SMD) с увеличением красного смещения. Данные результаты согласуются с предыдущими космологическими обзорами и показывают возможность использования телескопов метрового класса для изучения эволюции свойств звездных популяций галактик

Научная новизна:

Впервые были получены однородные наблюдательные данные для поля NS 47.5-22 площадью ~ 2.38 квадратных градуса.

Впервые получена полная по потоку выборка из более 16,000 галактик ярче 22.5 звездной величины на площадке более ~ 2.38 квадратных градуса.

Впервые для анализа крупномасштабного распределения галактик поля NS47.5-22 площадью 2.38 квадратных градуса с использованием как традиционных математических алгоритмов - диаграмм Вороного и алгоритма определения поверхностной плотности, так и с помощью машинного обучения.

Впервые был произведен анализ зависимостей физических свойств галактик от красного смещения и локальной плотности окружения в поле площадью более 2.38 ° .

Научная и практическая значимость:

1. Каталог галактик с фотометрическими красными смещениями актуален для анализа крупномасштабного распределения галактик, барионных осцилляций, а также оценки влияния плотности окружения на физические параметры галактик.

2. В связи запуском космического телескопа «Спектр-РГ», одним из приоритетных направлений наблюдений которого являются скопления галактик, возросла значимость аккуратной номенклатуры скоплений и групп галактик и сравнения их свойств в разных диапазонах электромагнитного излучения.

3. Применение методов машинного обучения к нахождению групп и скоплений галактик является наиболее современным подходом к изучению кластеризации трехмерного крупномасштабного распределения галактик.

Работа была представлена на семинарах нашей и других обсерваторий, а также более десяти раз на все российских и международных конференциях лично диссертантом.

Результаты, представленные в данной работе, описаны в 4 статьях, опубликованных в рецензируемых российских и зарубежных журналах.

Личный вклад состоял в подготовке программ наблюдений и получении наблюдательного материала на 6-м и 1-м телескопах, обработке и анализе спектроскопических и фотометрических наблюдательных данных, проведении фотометрических измерений; определении физических параметров галактик, анализа зависимостей от красного смещения, разработке алгоритмов выделения групп и скоплений галактик, анализе работы алгоритмов, анализе зависимостей свойств звездных популяций галактик от красного смещения и плотности окружения.

Спасибо за внимание.

Председатель:

Спасибо! Вопросы к докладчику?

Романюк И.И.:

У вас есть конкуренты?

Гроховская А.А.:

Да, у нас есть конкуренты в Испании построили телескоп. У них очень интересный проект, называется JPAS. Они в прошлом году выпустили свой первый мини-обзор, где они пробовали свои силы. У них была площадь, которую они наблюдали, это один квадратный градус.

Трушкин С.А.:

Александра, по поводу площадки выбранной. Вы сказали в начале, что эта площадка выбрана, исходя из рентгеновских наблюдений, но не слова не сказали о рентгеновских каких-то корреляциях, каких-то данных, что-нибудь сделано?

Гроховская А.А.:

Мы занимались корреляциями, просто это не вошло в диссертацию.

Трушкин С.А.:

Хорошо, и второй вопрос. Понятие «сгущение» и скопление галактик, почему вы так разделили? Все-таки сгущение не совсем традиционное в таких исследованиях.

Гроховская А.А.:

Нет, это традиционное с точки зрения то что выделяет нам алгоритм, несмотря на то, какие именно там галактики. А когда мы определяем какие именно там галактики, мы можем назвать это группами галактик.

Макаров Д.И.:

У меня два небольших вопроса. Все-таки два градуса на небе – это достаточно небольшой кусочек, как определяемые свойства галактик, как, вернее, космологические флуктуации, вариации будут сказываться на полученных результатах?

Гроховская А.А.:

Мы рассчитывали это параметр и вариации для космической дисперсии в диапазоне от пяти сотых до пятнадцати сотых порядка 40%.

Макаров Д.И.:

И второй такой, скажем качественный вопрос. Вы использовали алгоритмы машинного обучения для выделения скоплений. В принципе это некий такой черный ящик, на чем его учить, то он и будет выдавать. Соответственно, насколько я понимаю, обучение шло на mock-каталогах и это вносит такое априорное наше знание о том, как должны выглядеть скопления. То есть мы вносим некий такой наше внутреннее ощущение о полученных результатах. И вот

понятно, что алгоритм работает, выделяя хорошо заметные для него параметры. Но вот ваше ощущение насколько адекватно в применении в изучении скоплений.

Гроховская А.А.:

Да, там аналог плотности не совсем понятный. Дело в том, что он не в тех величинах, которые приняты для изучения локальной плотности окружения, поэтому мы были вынуждены от него отказаться. Потому что не очень понятно, как функцию перехода построить для того, чтобы локальная плотность окружения была в тех же единицах, что и в принятых методах, таких как тесселяции Вороного. Но в целом для определения именно групп галактик алгоритм, который мы использовали, это OPTICS и HDBSCAN, они очень хорошо себя показывают. Они могут определять, как именно объекты, принадлежащие группе, так и объекты поля или шум, так называемый в алгоритме. Поэтому я думаю, это довольно перспективный метод, и насколько я знаю, им занималась не только наша группа.

Председатель:

Еще вопросы?

Караченцев И.Д.:

У меня короткий вопрос по поводу десятого слайда и шестнадцатого. Темпа звездообразования в звездных массах в год на мегапарсек у вас отрицательная величина. На шестнадцатом слайде тоже такое значение.

Гроховская А.А.:

Это логарифм.

Караченцев И.Д.:

Это логарифм.

Левшаков С.А.:

Если я правильно понял один из ваших шагов. Результат указывает на то, что звездная компонента убывает с красным смещением, а газовая растет. В связи с этим новые исследования на телескопе Вебба галактика на $z=18$, где в галактиках разрешена структура дисковая. Не противоречит ли это вашим результатам и как их можно экстраполировать на такие большие красные z ?

Гроховская А.А.:

Я думаю, что это интересный вопрос и он требует дополнительного изучения как с моей стороны, так и в целом. Поэтому я скажу, что я не смогу на него ответить.

Председатель:

Вопросов больше нет. И мы переходим к отзывам. Отзыв научного руководителя.

Додонов С.Н.:

(отзыв научного руководителя Додонова С.Н.)

Председатель:

Хорошо. Заключение с места выполнения работы.

Секретарь:

(заключение с места выполнения работы)

Председатель:

Тогда переходим к отзыву ведущей организации.

Секретарь:

(отзыв ведущей организации)

Гроховская А.А.:

Кратко отвечу на замечания. Благодарю Владимира Александровича Гаген-Торна, автора этого отзыва. Действительно, в работе не указаны дальнейшие планы для наблюдательных исследований, отчасти от того, что часть из них велась параллельно работе над диссертацией, это определение спектроскопического красного смещения для галактик-членов групп, выделенных алгоритмом.

Председатель:

Спасибо! Переходим к отзывам официальных оппонентов.

Щекинов Ю.А.:

(отзыв оппонента Ю.А. Щекинова)

Гроховская А.А.:

Я благодарю Ю.А. Щекинова за действительно ценные замечания в отношении методики аппроксимации спектров галактик. Оба замечания рецензента связаны с методом оптимизации хи-квадрата, к сожалению, используемые в программе модули, несмотря на то, что они отражают современный взгляд на моделирование физических параметров галактик, не позволяют учесть предположение о существовании зависимости между металличностью звезд, газа и концентрацией пыли.

Марчук А.А.:

(отзыв оппонента А.А. Марчука)

Гроховская А.А.:

Я благодарю оппонента за отзыв на проделанную работу. Отвечу на некоторые из замечаний. Относительно замечаний. Отмечу, что искажение фотометрии близкими объектами в нашей работе – это искажение не галактик в плотных полях, а звездами, поэтому оно носит случайный характер, поэтому не

может вносить систематику в результаты исследований. Некоторое отличие результатов от работы Гонзалеса обусловлено прежде всего лучшим соотношением сигнал-шум в их работе, поскольку они использовали четырехметровый телескоп и большой набор фильтров, и, как следствие, могли более точно определять физические параметры. Содержание третьего вопроса заслуживает того, чтобы быть отраженным в последующих исследованиях. Касаемо четвертого пункта – кросс-отождествление найденных скоплений с работами других было проделано и размещено в каталоге групп галактик. И последний, самый интересный для меня вопрос, это касемо машинного обучения. Дело в том, что классический алгоритм KNN, к сожалению, не выделяет шум. Поэтому все галактики, которые в него попадают они будут классифицированы как члены какого-то кластера. Именно поэтому мы его и не использовали, а HDBSCAN позволяет определять галактики поля. Собственно, этим был обусловлен выбор алгоритма машинного обучения.

Марчук А.А.:

Если можно я уточню. Четвертый вопрос был посвящен сравнению сколько именно галактик получается в среднем в скоплении и отличию у вас и других работ. Есть понимание, почему такое могло получиться?

Гроховская А.А.:

Тут дело действительно в алгоритмах, как вы сами заметили, то есть HDBSCAN позволяет детектировать более мелкие скопления плюс у нас получилось так, что в нашей выборке есть так же менее массивные галактики, которые не учитывались в других исследованиях. Этим все и объясняется.

Председатель:

Александра, вы завершили свою дискуссию. Хорошо, спасибо. Мы пришли к последнему этапу. Переходим к дискуссии.

Моисеев А.В.:

Данная работа, она вызывает у российских астрономов вызывает то, что принято называть «взрыв шаблона». Потому что принято считать, что обзоры галактик, изучение их распределения на умеренных красных смещениях – это то, чем мы заниматься просто не можем, потому что ресурсы не те, силы не те, посмотрите, есть обзор 6DF, SDSS, LAMOST явно еще больше, чем SDSS. Но когда начинаешь на этот материал смотреть, видишь, что это действительно большие хорошие проекты, с огромным количеством участников, но они снимают какую-то вершинку айсберга. Волоконная спектроскопия, однако, не может спуститься серьезно слабее ниже 19 звездной величины и дальше нужны уже серьезные усилия. И когда оказывается, что все-таки надо посмотреть, как эволюционируют галактики. Все, что мы можем увидеть в поле зрения телескопа, какие там красные смещения, какие там темпы звездообразования, какие там звездные населения, оказывается сделано всего лишь буквально обзор COMBO-17, там один квадратный градус, великолепный обзор COSMOS, куча наземных телескопов работали, но это тоже крохотное поле, и новый проект J-PAS, который только набирает обороты. В этом плане проделанная работа показывает, что в общем-то можно действительно, если использовать по сути дела хитрую фотометрию – мы уходим в среднеполосные фильтры, по сути дела спектры низкого разрешения, строятся огромные каталоги, и можно с ними уже работать на значительно слабых звездных величинах, чем в популярных обзорах типа SDSS. В этой работе, которая показывает, во-первых, что это возможно делать. Здесь говорилось об актуальности, в том числе это то, что весь материал получен силами сотрудников нашей обсерватории, пусть даже иногда и на телескопах в Бюракане. Маркарянский Шмидт был восстановлен тоже силами сотрудников нашей лаборатории. Так что это очень важный момент в диссертации. В самой работе так немножко проходя сказано, но мы еще и спектры тут обработали, и занимались программой обработки фотометрии и спектров, и алгоритмами

машинного обучения, и все это сделано внутри одной работы. То есть от серьезного эксперимента на телескопе до довольно глубокого анализа, такое мало кто делает один внутри отдельно взятой работы. Тут были вопросы, а почему вот здесь какие-то перспективы не сказаны? Тут, видимо, просто диссертант устал об этом писать, поскольку эта работа уже ведется. Я специально посмотрел в ADS – за время аспирантуры сколько сделано работ у Саши. Только треть вошла в диссертацию. У меня половина входила, и я думал, что это рекорд, оказалось, что можно еще меньше себе взять небольшую часть. Потому что параллельно идет работа с группой ИКИ по рентгеновским скоплениям галактик, по линзированию галактик, которые наблюдаются в скоплениях. Это все тоже делает Саша. Здесь показан такой емкая красивая, но только часть работы, которая была выполнена диссертантом. То есть это действительно огромная работа, это на мой взгляд, действительно, серьезные перспективы и методика, и эти подходы дают различным группам. Прежде всего группам, связанным с рентгеновскими обзорами у нас в стране. В общем-то я и сам буду голосовать «за», и призываю членов диссовета поддержать данную работу.

Васильев Е.О.:

Небольшое дополнение. Иногда большое количество вопросов и замечаний к наблюдательной работе означает, что эта работа очень актуальная, важная и необходимая. Собственно, поэтому я призываю поэтому голосовать «за».

Макаров Д.И.:

После того как Алексей такое замечательное представление и продвижение работы сказал, очень сложно что-то добавить. Я обращаю внимание на такой маленький нюанс, наверное, на моей памяти работы в SAO постоянно велись дискуссии можно ли использовать фотометрические красные смещения, как к ним относиться, и постоянно был некий скепсис. Вот сейчас этот скепсис пропал. Нужно понимать, конечно, что фотометрическое красное смещение не может дать

той точности, чтобы быть уверенным, что данная галактика входит в данную группу, в данное скопление, но оно позволяет построить очень широкий диапазон красных смещений и изменения свойств галактик на большом диапазоне красных смещений и заглянуть гораздо глубже в космос и изучить свойства галактик, и изучить свойства галактик. Что и было проделано в данной работе. Я тоже только «за» буду голосовать.

Панчук В.Е.:

Ну если специалисты все уже высказались, тогда я. Я уже в вдогонку тому, что сказал Моисеев. Меня приятно удивила скромность. Я посмотрел по публикациям. То есть у нас последнее время публикации – это последнее время, кто больше, тот и выше. Во здесь то чувство меры, которое нам многим часто изменяет. Второе. Недавно у нас тут проводилась конференция, правда, не все почувствовали. Где открыли перспективы нам на ближайшие годы, когда мы еще проживем. И там по оптике очень скромно, а именно ничего. Там есть субмиллиметры, там есть телескоп, который строят еще со времен Максудова и так далее. То есть оптика сейчас, если серьезно относиться к перспективам, она в ауте. Это статус САО, как оптической обсерватории, потому что по радио защищается очень мало. У нас совет, извините, оптический. И здесь очень большой парадокс. Я немножко шире диссертации, но это позволяет мне дискуссия. Специалисты есть по оптике, и вот какие. А горизонты у нас – субмиллиметры, где наши специалисты по субмиллиметрам, где наши инструменты по субмиллиметрам? Мы этого не увидим. Поэтому я призываю членов ученого совета проголосовать «за», потому что тем самым мы показываем, чем мы сильны не в России, а в мире вообще-то. И это здесь было показано, очень скромненько, но показано. И для нас в той ситуации, в которой мы оказались сейчас есть астрономические высокие верхушки и персонажи, которые нас будут ускорять, помогать, но они оказались при своих интересах. То есть только наши

специалисты, только наши инструменты, только телескопы полутрофейные, Шмидт, его начали строить в другой стране для другой страны, и все. И надо спуститься на землю и поддерживать такие работы и развивать. Я не хочу никого обидеть, но это одна из лучших работ, которые мне довелось, как говорится, прослушать. А то что там благодарности, да бывает. Но знаете, у нас тут была защищена диссертация, где благодарность выражалась членам совета и кассиру экскурсионного бюро. Я- за. Все.

Председатель:

Я бы хотела только один момент обратить внимание присутствующих. Вот то, что поднял в своем отзыве Юрий Андреевич проблема экстинкции, связи экстинкции с металличностью – это вещь очень неоднозначная, это проблема сложная. И тут она, конечно, слишком. Для данной работы тем более, тут она избыточна. Я работу тоже поддерживаю, буду голосовать «за», не скрываю этого никогда. Все.

Председатель:

Предлагаю утвердить счетную комиссию в составе Левшакова С.А., Макарова Д.И., Мингалиева М.Е. Единогласно?

Председатель:

Заключительное слово соискателя.

Гроховская А.А.:

Благодарю диссертационный совет за проделанную работу. Также выражаю благодарность авторам отзывов на мою работу – Ю.А. Щекинову, А.А. Марчуку; Санкт-Петербургскому университету; администрацию САО в лице Е.И. Кайсиной, А.В. Панчук, В.В. Власюка; соавторов – С.С. Котова и Т.А. Мовсисяна; коллег по лаборатории СФВО; отдельная благодарность –научному руководителю: С.Н. Додонову.

Председатель:

Члены совета, переходим к голосованию.

(проводится процедура тайного голосования)

Председатель:

Слово председателю счетной комиссии Трушкину С.А.

Трушкин С.А.:

Протокол номер 149 от 4 октября 2022 года. Заседание счетной комиссии, избранной диссертационным советом Д 002.203.01. Состав избранной комиссии: Левшаков, Макаров, Мингалиев. Мингалиев – председатель. Комиссия избрана для подсчета голосов при тайном голосовании по диссертации Гроховской А.А. на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

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 Гроховской А.А.: за – 14, против – 0, недействительных – 0.

Председатель:

Спасибо большое, надо проголосовать. Кто за, кто против, кто воздержался? Единогласно.

Председатель:

Александра, поздравляем вас с прекрасной защитой, все очень рады. Коллеги, нам предстоит еще поработать над заключением.

(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. Спасибо 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. № 150

О присуждении Гроховской Александре Александровне, Российская Федерация, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование влияния локальной плотности окружения на физические свойства галактик до $z = 0.8$ на основе среднеполосного фотометрического обзора на 1-метровом телескопе Шмидта» по специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия» принята к защите 28 июля 2022 г., протокол № 138, 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, Гроховская Александра Александровна, 1989 года рождения, в 2017 году окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», с 01.09.2017 г. по 31.08.2021 г. проходила обучение в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной Астрофизической Обсерватории Российской академии наук, на данный момент работает в должности младшего научного сотрудника в лаборатории спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов 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 – кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов САО РАН, Додонов Сергей Николаевич.

Официальные оппоненты:

1. Щекинов Юрий Андреевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Физический институт имени П. Н. Лебедева Российской академии наук»;

2. Марчук Александр Александрович, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория Российской академии наук»;

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, в своем положительном заключении, подготовленном доктором физико-математических наук, заведующим кафедрой астрофизики математико-механического факультета Санкт-Петербургского Государственного Университета Гаген-Торном В. А., одобренном на семинаре кафедры астрофизики 06 сентября 2022 года, утвержденном проректором по научной работе Санкт-Петербургского Государственного Университета кандидатом физико-математических наук С. В. Микушевым, указала, что диссертация является законченным научным исследованием, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия», а ее автор Гроховская А.А. безусловно заслуживает присуждения ей искомой степени.

Соискатель имеет 4 опубликованные работы по теме диссертации (общим объемом 56 страниц), напечатанных в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК. Наиболее значимые научные результаты по теме диссертации опубликованы в работах:

1. Grokhovskaya A., Dodonov S.N., Movsessian T.A., Kotov S.S; "The gMOSS: the galaxy survey and galaxy populations of the large homogeneous field", MNRAS, Vol. 513, Issue 4, pp.5973-5987 (2022)

2. Гроховская А., Додонов С.Н., Мовсесян Т.А.; "Крупномасштабное распределение галактик поля HS 47.5-22. II. Анализ наблюдательных данных", Астрофиз.Бюл., том 75, 3, с. 219–233 (2020)

3. Dodonov S.N., Grokhovskaya A.; "Study environmental dependence of galaxy properties“, CAOSP, Vol. 50, Issue 1, pp. 257-269 (2020)

4. Гроховская А., Додонов С.Н.; "Крупномасштабное распределение галактик поля HS 47.5-22. I. Методика анализа данных", Астрофиз.Бюл., том 74, 4, с. 379–387 (2019)

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

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Впервые были получены однородные наблюдательные данные для поля HS47.5-22 площадью более 2.38 кв. град.;
2. Впервые получена полная по потоку выборка из более 16000 галактик ярче $R_{AB}=25^m$ на площадке более 2.38 кв. град.;
3. Впервые произведен анализ крупномасштабного распределения галактик поля площадью более 2.38 кв. град. с использованием как традиционных математических алгоритмов – диаграммами Вороного и алгоритмом определения поверхностной плотности, так и с помощью машинного обучения;
4. Впервые произведен анализ зависимостей физических свойств галактик от красного смещения и локальной плотности окружения в поле площадью более 2.38 кв. град.;

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

1. Каталог галактик с фотометрическими красными смещениями актуален для анализа крупномасштабного распределения галактик, барионных осцилляций, а также оценки влияния плотности окружения на физические параметры галактик.
2. В связи с запуском космического телескопа «Спектр-РГ», одним из приоритетных направлений наблюдений которого являются скопления галактик, возросла значимость аккуратной номенклатуры скоплений и групп галактик и сравнения их свойств в разных диапазонах электромагнитного излучения.
3. Применение методов машинного обучения к нахождению групп и скоплений галактик является наиболее современным подходом к изучению кластеризации трехмерного крупномасштабного распределения галактик.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Достоверность опубликованных результатов обусловлена применением различных методов обработки наблюдательных данных и сопоставлением их результатов, учётом выводов других авторов при интерпретации данных. Все основные результаты опубликованы в рецензируемых журналах.

Личный вклад автора во всех статьях равен вкладу других соавторов. Автор участвовал в первичной обработке данных, полученных со спектрографом SCORPIO-2 в различных наблюдательных режимах с помощью пакетов программ в программной среде IDL; проводил наблюдения с поляриметром StoP на 1-м телескопе Цейсс САО РАН, принимал активное участие в обсуждении и формулировке полученных результатов.

На заседании 04 октября 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Гроховской Александре Александровне 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 заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 14, против — 0 , недействительных бюллетеней - 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета



[Signature]
Клочкова В.Г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

[Signature]

Шолухова О.Н.

04 октября 2022 г.