



УТВЕРЖДАЮ

Директор САО РАН

Г. Г. Валявин

«03» июня 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Специальной астрофизической обсерватории Российской академии 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», представляемая на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия выполнена в лаборатории спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук (САО РАН).

В период подготовки диссертации соискатель Гроховская Александра Александровна работала в САО РАН в должности стажера-исследователя и младшего научного сотрудника.

В 2018 г. Александра Александровна окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» по направлению «Физика» и ей присвоена квалификация МАГИСТР.

В период подготовки диссертации соискатель обучалась по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре САО РАН по направлению 03.06.01 Физика и астрономия, профиль 01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия, а в 2021 году успешно окончила ее.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Додонов Сергей Николаевич работает в лаборатории спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов САО РАН в должности заведующего лабораторией.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Работа посвящена изучению эволюции физических свойств звездных популяций галактик с красным смещением и плотностью окружения до $z=0.8$. Основной мотивацией для наблюдательной части работы было обеспечение достаточно большой площади для исследования ожидаемого диапазона сред крупномасштабной структуры галактик (LSS) с высокой чувствительностью обнаружения больших выборок объектов до красного смещения $z=0.8$ и минимизирования влияния космической дисперсии (cosmic variance) с использованием телескопов малого класса. Для этого большое внимание уделено развитию методов среднеполосной фотометрии на 1-метровом телескопе Шмидта Бюраканской астрофизической обсерватории национальной академии наук Республики Армения (БАО НАН РА), определяющий вклад в реконструкцию которого внесли сотрудники лаборатории спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов САО РАН в 2013-2015 годах. Наблюдения были проведены в 2017 и 2018 годах и покрыли однородными фотометрическими данными в 16 среднеполосных и 4 широкополосных фильтрах центральную часть поля HS 47.5-22 площадью $2.38 \square^\circ$.

Полученный каталог галактик поля HS 47.5-22 представляет собой значимую публикацию новых среднеполосных фотометрических данных галактик с высокоточными фотометрическими красными смещениями $\sigma_{\text{NMAD}}=0.0043(z+1)$. По данным фотометрии для всех объектов каталога были получены спектральные распределения энергии (SED), которые

использовались для дальнейшего анализа. Для определения фотометрических красных смещений галактик для полной выборки объектов был использован пакет программ ZEBRA, а для последующей аппроксимации SED применялся Python-код CIGALE. Оба программных пакета являются хорошо себя зарекомендовавшими и часто используемыми в работах, посвященных исследованию физических свойств галактик.

Наиболее важным и научно значимым результатом является оценка плотности скорости звездообразования $SFRD = -1.907 \pm 0.2 M_{\odot} \text{ год}^{-1} \text{ Мпк}^{-3}$ для полной по массе (до $M = 10^8 M_{\odot}$) выборки галактик в диапазоне красного смещения $0.05 \leq z \leq 0.15$, который согласуется с результатами известных космологических обзоров (например, обзора COSMOS - The Cosmic Evolution Survey). Примечательно, что эти результаты получены с помощью 1-метрового телескопа и действительно показывают, что среднеполосные обзоры могут внести значительный вклад в изучение эволюции галактик.

Для анализа кластеризации крупномасштабного распределения галактик разработан новый метод на основе машинного обучения. На наборе модельных выборок из светового конуса MICECAT показано, что такие статистические параметры, как чистота и полнота, выборки детектированных групп и скоплений галактик превышают аналогичные характеристики для выборок, полученных чисто математическими методами. Составлен каталог групп и скоплений галактик в исследуемом поле HS 47.5-22.

Заключительным пунктом работы является анализ зависимостей свойств звездных популяций не только от красного смещения, но и от плотности окружения. Показано, что галактики поздних типов с угасшим звездообразованием предпочитают находиться в более плотных средах на протяжении всего диапазона красных смещений ($z=0.8$). Исследована суммарная скорость звездообразования на единицу сопутствующего объема в зависимости от плотности окружения, показано, что SFRD концентрируется в областях повышенной плотности до красного смещения до $z \leq 0.6$. Данный вывод также согласуется с работами, посвященными изучению крупномасштабной структуры обзора COSMOS, и показывает возможности применения телескопов малого класса на больших однородных полях наблюдений для исследований эволюции галактик в зависимости от плотности окружения.

Научная новизна работы заключается в построении каталога галактик из полной по потоку выборки из ~ 19000 галактик ярче $R_{AB} = 22.5^m$ на площадке подобного размера (центральная часть поля HS 47.5-22 площадью $\sim 2.38 \text{ } \square^{\circ}$) с высокоточными фотометрическими красными смещениями $\sigma_{NMAD} = 0.0043(z+1)$ по данным среднеполосного фотометрического обзора, проведенного на 1-метровом телескопе Шмидта БАО НАН РА. Также для анализа крупномасштабной структуры галактик был разработан новый метод с использованием машинного обучения, проведено его сравнение с работой традиционных математических алгоритмов для выделения групп и скоплений галактик - осцилляциями Вороного и алгоритмом определения поверхностной плотности. Использование машинного обучения показало лучшие статистические результаты по сравнению с уже известными методами. По результатам работы с использованием данного метода составлен каталог групп галактик.

Научная и практическая значимость работы состоит в построении каталога галактик с высокоточными фотометрическими красными смещениями, актуального для анализа крупномасштабного распределения галактик, барионных осцилляций, оценки влияния плотности окружения на физические параметры галактик, а также выделения групп и скоплений галактик. Применение методов машинного обучения к нахождению групп галактик является новой задачей, решение которой обеспечивает лучшие параметры полноты и чистоты выборок в сравнении с традиционными алгоритмами получения групп галактик. Значимость аккуратной номенклатуры скоплений и групп галактик возросла с началом работы научного

космического аппарата «Спектр-Рентген-Гамма» (одним из приоритетных направлений наблюдений которого являются скопления галактик). Используемые в работе методы анализа крупномасштабной структуры галактик позволяют проводить совместный анализ свойств галактик, скоплений и групп галактик объектов в оптическом и рентгеновском диапазонах.

Личный вклад автора заключается в получении наблюдательного материала на 1-м телескопе БАО НАН РА и 6-м телескопе БТА САО РАН, обработке и анализе фотометрических и спектроскопических данных, построении каталога галактик, анализе свойств звездных популяций галактик каталога, исследовании методов детектирования групп и скоплений галактик и анализе крупномасштабной структуры галактик, изучении зависимостей свойств звездных популяций галактик от красного смещения и плотности окружения.

Все результаты, выносимые на защиту, аргументированы и подробно изложены в 4 статьях соискателя, опубликованных в рецензируемых журналах списка ВАК. Представленные результаты и выводы обсуждались на международных и всероссийских конференциях, а также на семинарах САО РАН.

По докладу соискателя на Ученом совете САО РАН были заданы вопросы, на которые докладчик исчерпывающе ответил.

В выступлениях Макаров Д.И., Романюк И.И., Пустильник С.А., Шолухова О.Н. отметили высокий уровень работы и хорошее представление результатов работы в докладе. Власюк В.В. порекомендовал внести изменения в формулировки в цели и задачи исследования и полученные результаты. Шолухова О.Н. и Кайсина Е.И. высказали мнение о внесении изменений в положения, выносимые на защиту. Додонов С.Н. отметил профессиональный рост соискателя как наблюдателя на различных телескопах, хороший уровень самостоятельной работы соискателя. Он также высказал мнение, что диссертация Гроховской А.А. соответствует требованиям к кандидатским диссертациям. Его мнение было поддержано также другими членами Ученого совета.

Ученый совет пришел к заключению, что представляемая диссертация является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой. Выполненная работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, паспорту научной специальности, а соискатель заслуживает присвоения ему 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» Гроховской Александры Александровны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия.

Заключение принято на заседании Ученого совета САО РАН 30 мая 2022 года.

Присутствовало на заседании 13 членов Ученого совета.

Результаты голосования: "за" – единогласно, протокол № 403 от 30 мая 2022 г.

Председатель Ученого совета,
директор САО РАН,
кандидат физ.-мат. наук

Ученый секретарь САО РАН,
кандидат физ.-мат. наук



/Валявин Г.Г./

/Кайсина Е.И./