

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(САО РАН)



**Исследование влияния локальной плотности окружения на  
физические свойства галактик до  $z=0.8$  на основе  
среднеполосного фотометрического обзора  
на 1-метровом телескопе Шмидта.**

**Аспирант      Гроховская А.А.  
Научный руководитель к.ф.-м.н. Додонов С.Н.  
Лаборатория спектроскопии и фотометрии  
внегалактических объектов**

Направление 03.06.01 Физика и астрономия  
Профиль 01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия

Нижний Архыз 2021

# Научные исследования

## Название НКР:

Исследование влияния локальной плотности окружения на физические свойства галактик до  $z=0.8$  на основе среднеполосного фотометрического обзора на 1-метровом телескопе Шмидта.

## Цели и задачи:

Основной целью научного исследования является изучение эволюции основных характеристик галактик в зависимости от красного смещения и плотности окружения.

Задачи, которые необходимо было решить для достижения указанной цели:

- На основе наблюдательных данных, полученных на 1-м телескопе Шмидта Бюраканской обсерватории (полная по потоку выборка из  $\sim 19100$  галактик ярче  $R_{AB} = 22.5^m$ ), провести анализ крупномасштабного распределения галактик поля HS47.5-22 площадью 2.386 кв. гр. до  $z \sim 0.8$  и оценку локальной плотности связанной с каждой галактикой.
- С помощью пакета программ CIGALE (Burgarella+, 2005; Voquien+, 2019) оценить основные физические параметры галактик (масса, возраст, темп звездообразования, металличность и т.д.) по наблюдениям с низким спектральным разрешением.
- Проанализировать полученные зависимости основных физических характеристик галактик от красного смещения и плотности окружения.

# Научные исследования

## Научная новизна:

- Впервые были получены наблюдательные данные для однородного поля NS 47.5-22 площадью более 2.38 кв. гр.
- Впервые получена полная по потоку выборка из  $\sim 19100$  галактик ярче  $R_{AB} = 22.5^m$  до  $z = 0.8$  на площадке подобного размера.
- Впервые получен каталог скоплений галактик из более 400 скоплений на площадке подобного размера.
- Впервые для анализа крупномасштабной структуры галактик был использован алгоритм машинного обучения (ML) без учителя OPTICS, проведено его сравнение с работой популярных алгоритмов для выделения групп и скоплений галактик - тесселяциями Вороного и алгоритмом определения поверхностной плотности. Алгоритм ML показал лучшие результаты полноты и чистоты выборки по сравнению с популярными алгоритмами выделения групп и скоплений галактик.
- Впервые был произведен анализ зависимостей физических свойств галактик от красного смещения и локальной плотности окружения в поле площадью более 2.38 кв. гр.

# Научные исследования

**Актуальность исследования** обусловлена тем, что к настоящему времени нет полного понимания как галактики формируются и эволюционируют.

## **Научная и практическая значимость:**

- Полученный в ходе работы каталог галактик с фотометрическими красными смещениями является актуальным для анализа крупномасштабной структуры галактик, барионных осцилляций, а также влияния плотности окружения на физические параметры галактик;
- Значимость аккуратной номенклатуры скоплений галактик возросла с запуском космического телескопа «Спектр-РГ», одним из приоритетных направлений наблюдений которого являются именно скопления галактик;
- Представленный анализ применения методов машинного обучения к нахождению групп и скоплений галактик показывает, что такие методы достигают лучших статистических параметров полноты и чистоты выборок в сравнении с традиционными алгоритмами получения групп и скоплений галактик.

# 1. Получение и редукция данных

1-м телескоп Шмидта: 4 широкополосных фильтра (u, g, r, i SDSS) и 16 средне-полосных фильтров (FWHM=250 Å, с равномерным покрытием спектрального диапазона 4000 - 8000 Å)

Рисунок 1 - Набор среднеполосных фильтров 1-м телескопа Шмидта БАО НАН с учетом спектральной чувствительности CCD.

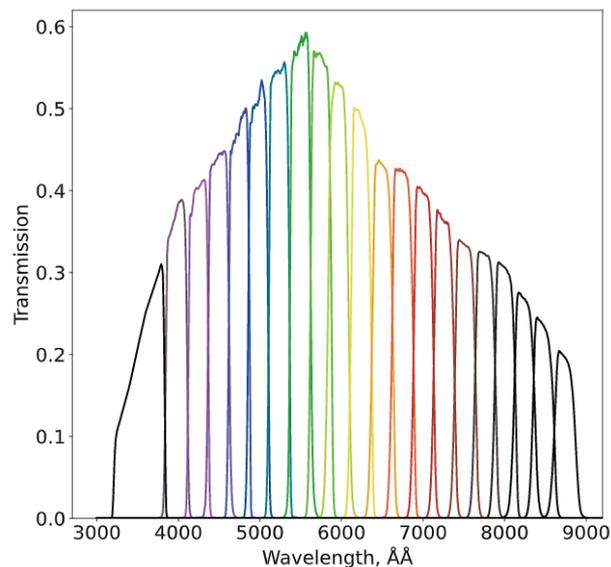
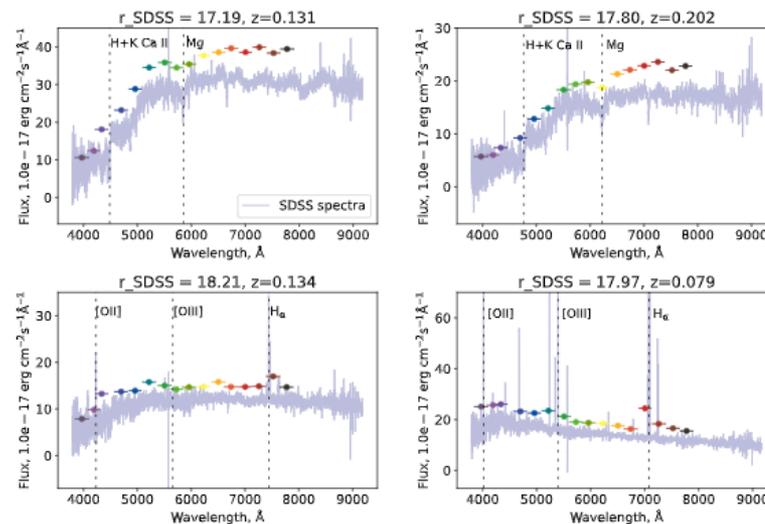


Рисунок 2 - SED для 4 галактик из поля HS47.5 - 22. Горизонтальная полоса - это ширина полосы фильтра, а сплошная линия - спектры этих объектов из обзора SDSS.



# 1. Получение и редукция данных

БТА/SCORPIO-2: гризмы VPHG940@600, VPHG1200@540;

Обработка спектральных данных:

- Удаление следов космических частиц;
- Вычитание тока смещения матрицы (bias);
- Учёт плоского поля (flat);
- Калибровка по длинам волн;
- Учёт атмосферной экстинкции;
- Экстракция одномерных спектров;
- Переход к абсолютным потокам;
- Определение красного смещения объектов.

# 1. Получение и редукция данных

## Определение фотометрических красных смещений галактик

Рисунок 3 - Распределения некоторых наблюдательных свойств выборки галактик поля HS 47.5-22

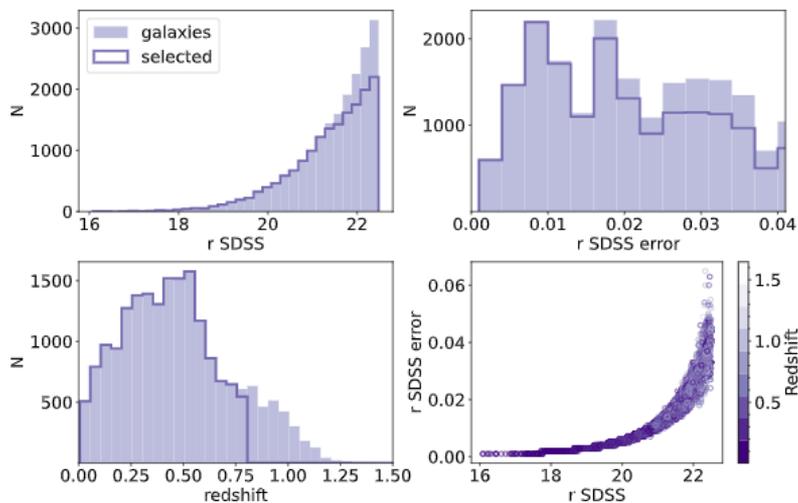
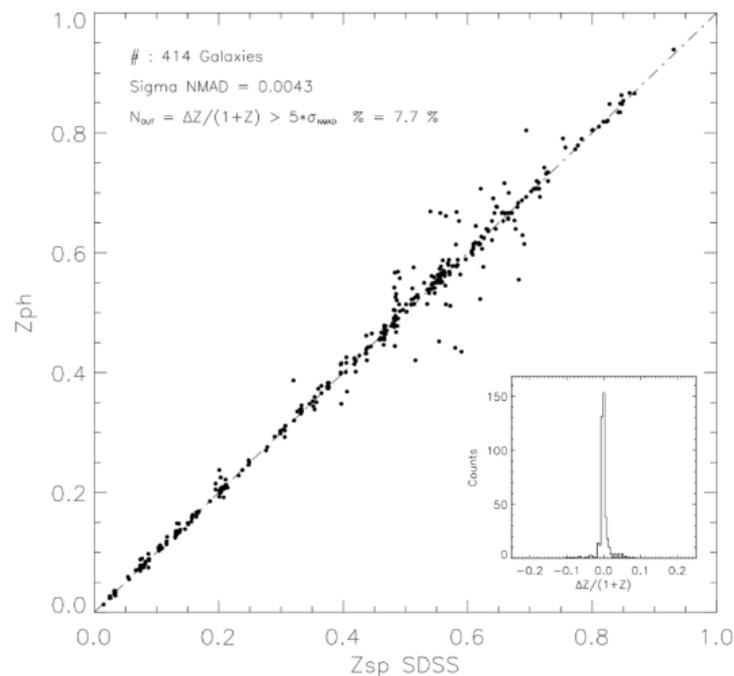


Рисунок 4 - Сравнение фотометрических красных смещений галактик  $z_{ph}$ , полученных с помощью программы ZEBRA режиме Maximum Likelihood со спектроскопическими красными смещениями галактик  $z_{sp}$ , взятыми из SDSS с распределением ошибок  $\Delta z/(1+z)$  для 414 галактик с известными спектроскопическими красными смещениями.



## 2. Трехмерное крупномасштабное распределение галактик

### Методы анализа крупномасштабной структуры

Рисунок 5 – Нахождение кластеров в тонком срезе по лучу зрения методом тесселяций Вороного.

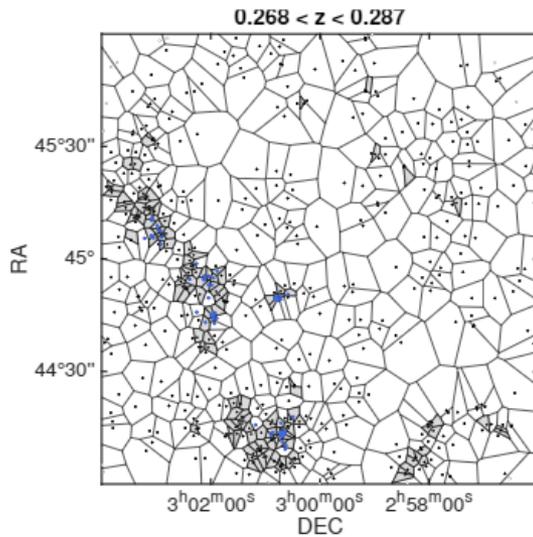


Рисунок 6 – Нахождение кластеров в тонком срезе по лучу зрения методом адаптивной апертуры.

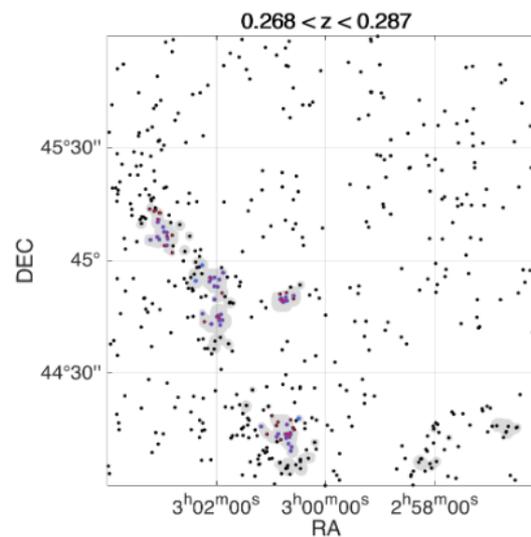
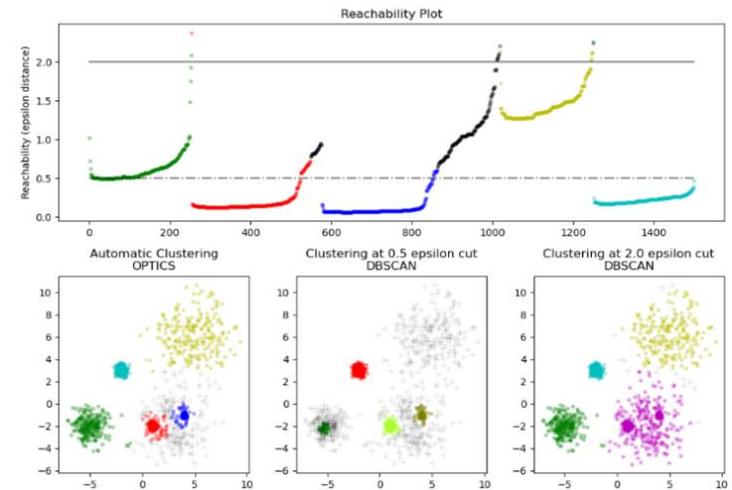


Рисунок 7 – Нахождение кластеров алгоритмом машинного обучения OPTICS



## 2. Трехмерное крупномасштабное распределение галактик

Тестирование методов анализа крупномасштабной структуры на моск-каталоге

Рисунок 8 – Статические параметры выборки групп, скоплений и галактик в них, полученные методами фильтрующего алгоритма с адаптивной апертурой и диаграмм Вороного.

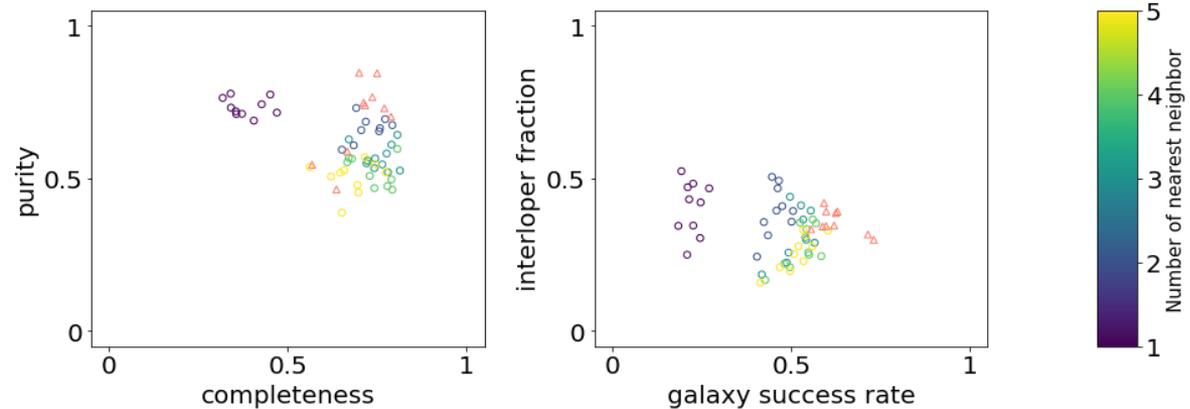
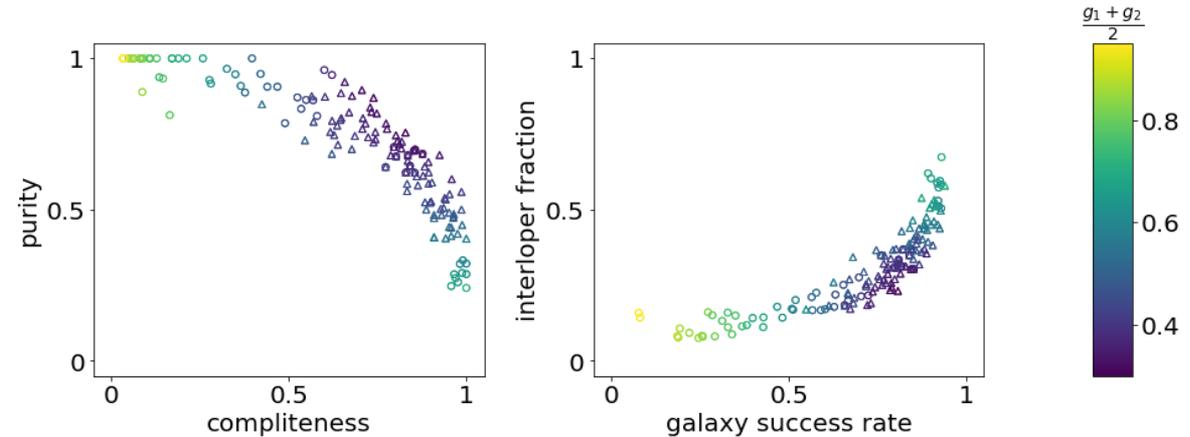


Рисунок 9 – Статические параметры выборки групп, скоплений и галактик в них, полученные алгоритмом машинного обучения OPTICS.



## 2. Трехмерное крупномасштабное распределение галактик

### Группы и кластеры поля HS47.5-22

Рисунок 10 – Примеры четырех кластеров, обнаруженных в поле HS 47.5-22

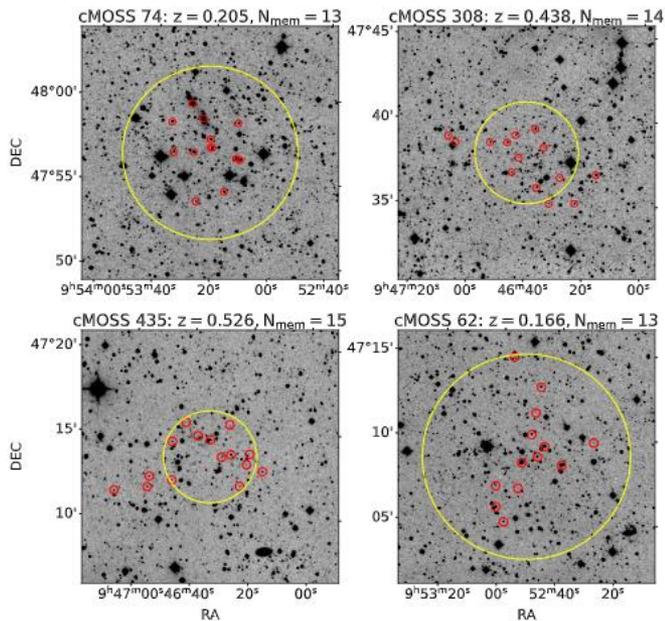


Рисунок 11 – Распределение скоплений галактик по красному смещению.

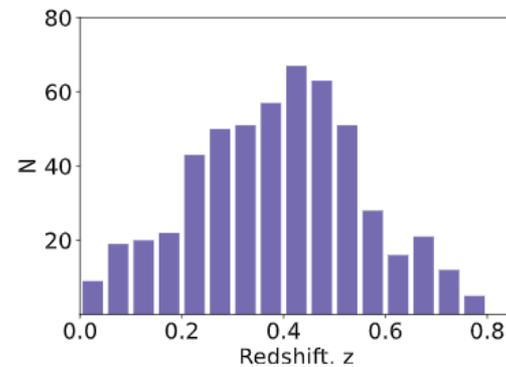
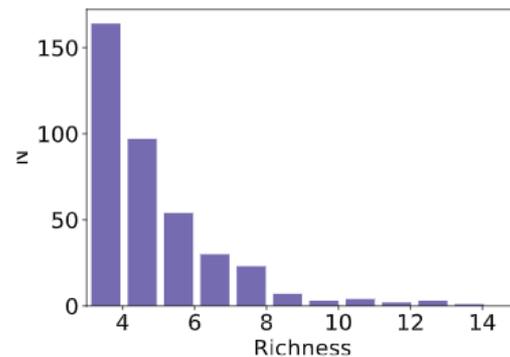


Рисунок 12 – Распределение скоплений галактик по богатству.



### 3. Оценка физических параметров галактик и влияния крупномасштабного распределения галактик на них

Рисунок 13 – Контраст плотности, полученный методом с адаптивной апертурой и сглаживанием галактик и методом диаграмм.

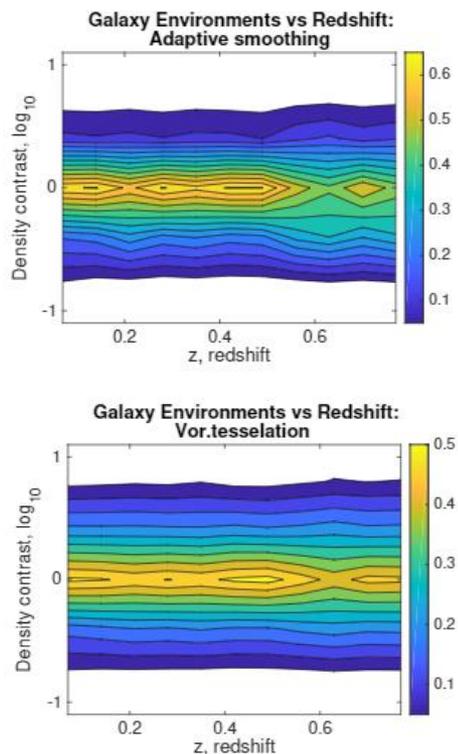


Рисунок 14 – Процент площади поля в зависимости от значения контраста плотности окружения, для трех диапазонов красного смещения для двух методов восстановления карт контраста плотности.

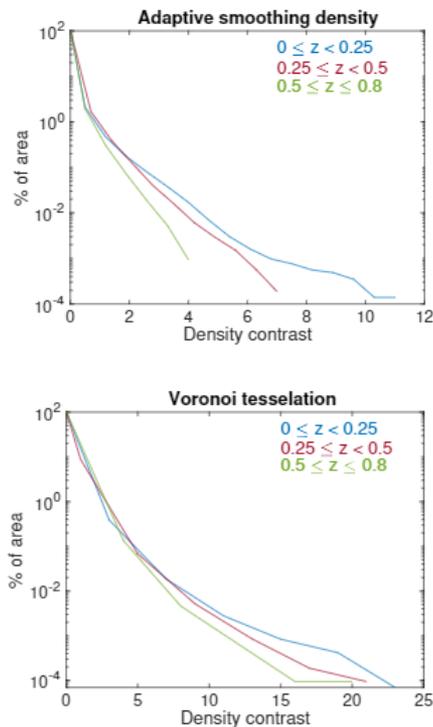
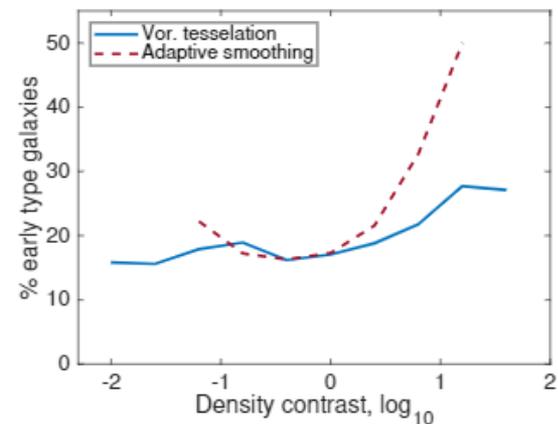
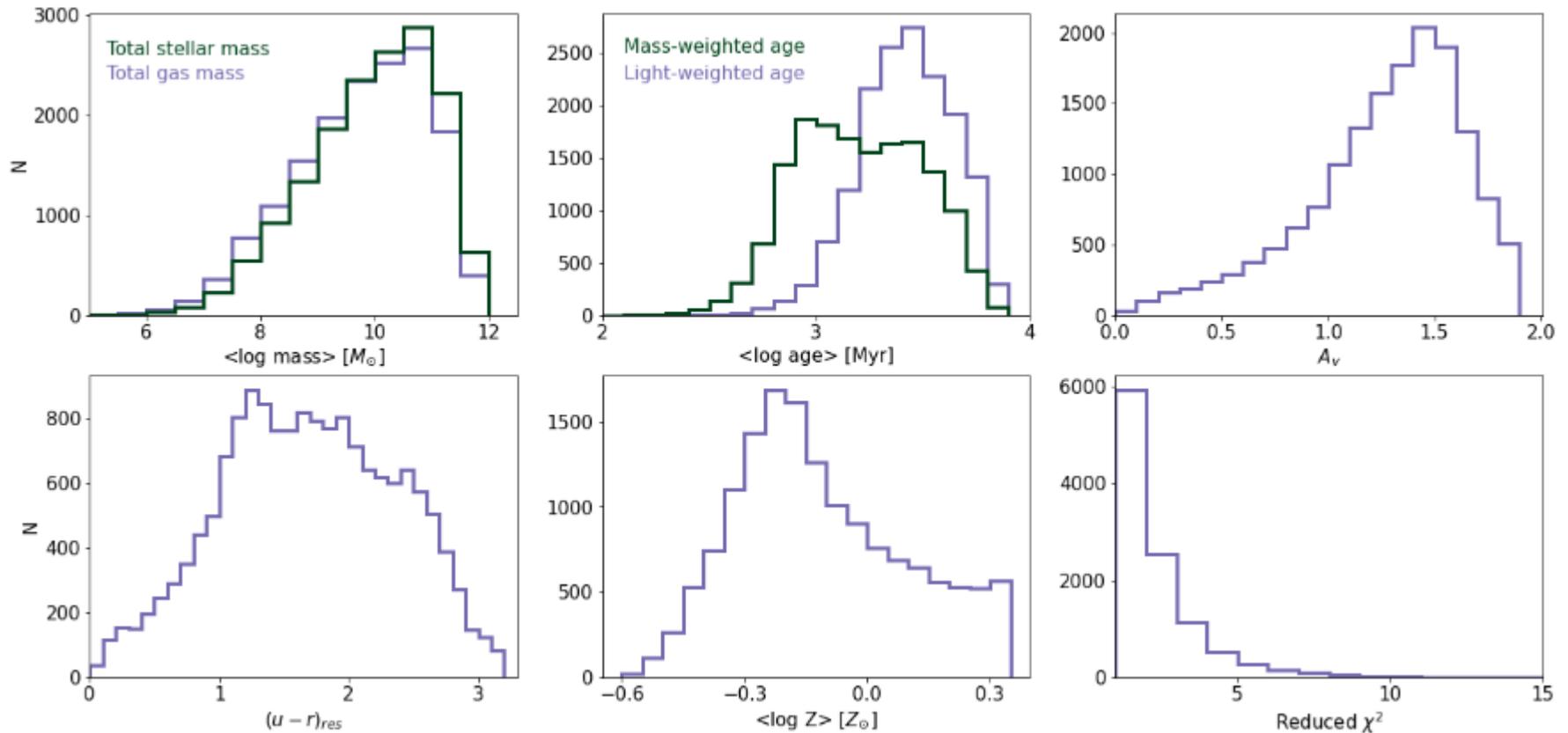


Рисунок 15 – Показано относительное число галактик ранних типов (согласно классификации по SED галактик E-Sa) в зависимости от контраста плотности окружения для двух методов восстановления карт контраста плотности.



### 3. Оценка физических параметров галактик и влияния крупномасштабного распределения галактик на них

Рисунок 16 – Сравнение распределений свойств звездных популяций, полученных с помощью CIGALE, путем спектральной аппроксимации для массы звезд и газа в галактиках, показателя цвета  $(u-r)_{res}$  в собственной системе координат, взвешенного по массе и светимости возраста, межзвездного поглощения, металличности и  $\chi^2$



## Список публикаций:

- Aleksandra Grokhovskaya, Sergei N. Dodonov, T. A. Movsessian Large Scale Distribution of Galaxies in The Field HS 47.5-22. II. Observational Data Analysis // Astrophysical Bulletin. – 2020. – Vol.75, No. 3 - P.219-233 ADS: 2020AstBu..75..219G
- S. N. Dodonov and A. A. Grokhovskaya Study environmental dependence of galaxy properties // Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso (CAOSP). – 2020. – Vol.50, No. 1 - P.257-269 ADS: 2020CoSka..50..257D
- Grokhovskaya and S.N. Dodonov Large Scale Distribution of Galaxies in the Field HS 47.5-22. I. Method of Data Analysis // Astrophysical Bulletin. – 2019. – Vol. 74, No. 4. – P.379-387. ADS: 2019AstBu..74..379G

## **Личный вклад автора:**

- Участие автора в подготовке программ наблюдений (БТА, 1-м телескоп Шмидта БАО НАН) и наблюдениях на телескопах САО РАН и БАО НАН;
- Первичная обработка спектроскопических и фотометрических наблюдательных данных, проведение фотометрических измерений;
- Определение физических параметров галактик, участие в обсуждении и интерпретации результатов наравне с соавторами;
- Выделение групп и скоплений галактик, анализ работы алгоритмов, участие в обсуждении и интерпретации результатов наравне с соавторами;
- Определяющий вклад автора в подготовке статей.

# Апробация работы

Дата проведения	Название конференции, место проведения, организация	Статус конференции	Участие
18.12 - 21.12.2017	"Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра", Москва, ИКИ РАН	Всероссийская	Стендовый доклад
24.04 – 27.04.2018	"Актуальные проблемы внегалактической астрономии", Пушино, ПРАО РАН	Всероссийская	Устный доклад
28.05 - 31.05.2018	"VII Пулковская молодежная астрономическая конференция", Пулково, ГАО РАН	Всероссийская	Устный доклад
03.09 – 07.09.2018	"The role of feedback in galaxy formation: from small-scale winds to largescale outflows", Германия, Потсдам	Международная	Стендовый доклад
17.10 – 21.10.2018	"Instability Phenomena and Evolution of the Universe", Армения, Бюракан	Международная	Устный доклад
18.12 - 21.12.2018	"Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра", Москва, ИКИ РАН	Всероссийская	Стендовый доклад

# Апробация работы

Дата проведения	Название конференции, место проведения, организация	Статус конференции	Участие
24.04 – 26.04.2019	"Актуальные проблемы внегалактической астрономии", Пушкино, ПРАО РАН	Всероссийская	Устный доклад
03.06 – 07.06.2019	"12th Serbian Conference on Spectral Line Shapes in Astrophysics", Сербия, Врдник	Международная	Устный доклад
24.06 – 28.06.2019	"European Week of Astronomy and Space Science", Лион, Франция	Международная	Стендовый доклад
17.12 - 20.12.2019	"Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра", Москва, ИКИ РАН	Всероссийская	Стендовый доклад
17.05 - 20.05.2021	"Multi-object Spectroscopy for Statistical Measures of Galaxy Evolution Workshop", Online	Международная	Стендовый доклад

Спасибо за внимание!