

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Специальная астрофизическая обсерватория  
Российской академии наук  
(САО РАН)

УДК 520; 523.3; 523.9; 524  
№ АААА-А18-118012590090-0

УТВЕРЖДАЮ  
Директор САО РАН

В.В. Власюк  
27 декабря 2017 г.



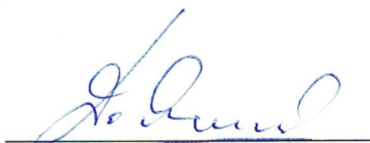
ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ  
по проекту «ОПТИЧЕСКОЕ ОТОЖДЕСТВЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ  
ОБЪЕКТОВ, НАЙДЕННЫХ В РЕНТГЕНОВСКИХ ОБЗОРАХ»  
программы ПРАН П-7 «Экспериментальные и теоретические исследования объектов  
Солнечной системы и планетных систем звезд. Переходные и взрывные процессы в  
астрофизике» подпрограмма 2. «Переходные и взрывные процессы в астрофизике»  
(Заключительный)

Отчет принят на заседании ученого совета САО РАН 26 декабря 2017 года  
(протокол №359).

Нижний Архыз  
2017

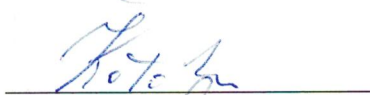
## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы  
зав.лаб., к.ф-м.н.



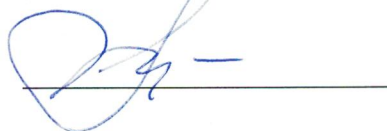
С.Н.Додонов (введение, раздел 1,  
заключение)

Исполнители темы:  
аспирант



С.С. Котов (раздел 1)

аспирант



А.А. Гроховская (раздел 1)

Нормоконтролер



Ш.А. Узденова

## РЕФЕРАТ

Отчет 11 с., 3 рис., 1 прил.

### ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ АСТРОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕЛЕСКОПЫ, ГАЛАКТИКИ, АСТРОСПЕКТРОСКОПИЯ

Цель работы - осуществление научной и научно-технической деятельности, в том числе проведение фундаментальных, поисковых и прикладных исследований, в области астрономии и смежных с ней наук.

В рамках проведения работы «Оптическое отождествление и классификация объектов, найденных в рентгеновских обзорах» мы установили в фокусе 1-м телескопа Шмидта CCD-детектор (4k×4k Apogee 16M CCD с жидкостным охлаждением, RON ~ 11.1 e, производитель Apogee) с элементом разрешения порядка 0.868 arcsec и полем зрения около 1 кв. градуса. Детектор оснащен фильтровыми колесами с установленными в них 20 среднеполосными фильтрами и 5 широкополосными фильтрами (u,g,r,i,z SDSS). Для наблюдений мы используем 20 среднеполосных фильтров с шириной полосы пропускания около 250Å, пропусканием лучше 90%, в диапазоне 4000 – 9000Å. В этом случае за 31 час экспозиции (DQE детектора ~ 60%) при качестве изображений ~2 кв.с., мы получаем отношение сигнал/шум ~ 5 в каждом фильтре для объектов с  $A_B \sim 23^m$ . При заданной глубине обзора в каждом фильтре  $A_B \sim 23^m$  мы считаем, что сможем проследить полностью функцию светимости QSO ( $M_B = -23$ ) до  $Z \sim 3.2$  и до  $Z \sim 5$  для объектов с  $M_B > -24.7$ . В результате наблюдений на 1-м телескопе Шмидта Бюраканской астрофизической обсерватории (Армения) поля HS47.5-22 размером 2.5 кв. градуса с координатами центра  $09^h50^m00^s +47^d35^m00^s$  нами выделено более 1500 кандидатов в квазары с фотометрическими красными смещениями от  $Z_{ph}=0.5$  до  $Z_{ph}=5.1$ . Это поле наблюдалось на рентгеновском спутнике ROSAT – в нём обнаружено 575 рентгеновских источников до уровня  $3.5 \times 10^{-14}$  эрг  $cm^{-2}s^{-1}$ . По результатам обзора FIRST в поле обнаружено 362 радиоисточника. Мы провели оптическое отождествление рентгеновских и радиоисточников, полученные данные мы использовали при построении выборки квазаров.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                            |    |
|----------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....             | 6  |
| 1 ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ..... | 7  |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....            | 10 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А.....          | 11 |
| СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ.....     | 11 |

## ВВЕДЕНИЕ

Основные экспериментальные сведения о росте сверхмассивных черных дыр во Вселенной получают из исследования функции светимости активных ядер галактик в различных диапазонах длин волн. За последнее время удалось достичь существенного продвижения в понимании космологической эволюции функции светимости AGN. По наблюдениям в оптическом и рентгеновском диапазонах стало ясно, что их пространственная плотность быстро растет от  $z=0$  до  $z \sim 2$ , а на более высоких красных смещениях,  $z > 3$ , начинает падать (Уеда и др., 2003, Барджер и др., 2005). Однако данные о поведении пространственной плотности AGN на высоких красных смещениях не являются вполне надежными. Уменьшение числа квазаров, отобранных в оптическом диапазоне, может быть вызвано увеличением доли поглощенных объектов среди полного числа AGN и селекционными эффектами. Имеющиеся выборки AGN на высоких красных смещениях, отобранные по данным рентгеновских обзоров, содержат всего несколько десятков объектов на  $z > 3$ . Выборки AGN на высоких  $z$ , полученные по данным обзоров, страдают от неполноты (Сильверман и др., 2008). Кроме того, глубокие рентгеновские обзоры практически не дают сведений о AGN высокой светимости  $10^{45}$  эрг  $\text{с}^{-1}$  и выше, тогда как именно такие объекты соответствуют квазарам, наблюдаемым на высоких  $z$  в оптических обзорах. Снижение числа QSO за  $Z > 3.6$  было обнаружено в SDSS (Fan et al., 2001), но только для объектов с высокой светимостью. Обзор COMBO-17 по методике аналогичной использованной нами был проведен на относительно малой площади (0.89 кв. градуса) впервые позволил даже по небольшой выборке 189 QSO проследить поведение функции светимости квазаров в диапазоне красных смещений  $1.1 < Z < 4$ . Несмотря на невысокую статистическую значимость, эта выборка до сих пор остается единственной однородно полученной в оптическом диапазоне выборкой QSO. Современный обзор ALHAMBRA проводимый на 3.5-м телескопе Calar Alto к настоящему времени не закончен и его результаты пока не известны (Matute et al., 2012). Основной проблемой выборок AGN созданных на основе цветовых критериев является низкая полнота выборки объектов и большие трудности при попытках учесть селекционные эффекты. Так полнота выборки AGN в SDSS для  $Z < 2.2$  составляет около 80 %, а для  $Z > 2.2$  не превосходит 30% (Котов, Додонов, 2016), что не позволяет делать значимые оценки об их эволюции даже при общем числе объектов превосходящем миллион. В ходе проекта предполагается изучение космологической эволюции AGN, что даст возможность восстановить историю роста сверхмассивных черных дыр во Вселенной, понять механизмы их образования и роста в ядрах галактик, исследовать роль сверхмассивных черных дыр в формировании и эволюции

звездного населения галактик. Изучение пространственного распределения AGN на различных красных смещениях даст возможность уточнить теорию формирования структур во Вселенной из первичных возмущений плотности и получить дополнительные ограничения на космологические параметры. Проект направлен на создание больших и хорошо определенных выборок активных ядер галактик (AGN) на различных космологических красных смещениях по результатам наблюдений в среднеполосных фильтрах на 1-м телескопе Шмидта Бюраканской астрофизической обсерватории (Армения).

## 1 ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1.1 В 2017 году мы провели 6 сетов наблюдений на 1-м телескопе Шмидта Бюраканской обсерватории, общее число наблюдательных ночей достигло 80. В результате наблюдений мы получили данные в для поля HS47.5-22 размером 2.2 кв. градуса в 20 фильтрах в диапазоне длин волн 4000 -8000 и для поля SA68 размером 1.2 кв. градуса в 19 фильтрах в диапазоне длин волн 4000 -7750 АА. Наблюдательные данные обработаны. Созданы выборки квазаров и галактик поля HS47.5-22 на основе глубоких ( $AB \sim 25^m$ ) снимков в широкополосных фильтрах  $g_{SDSS}$ ,  $r_{SDSS}$  и  $i_{SDSS}$ . Выборки объектов ограничены предельной звездной величиной  $R_{AB}=23^m$  до которой получены снимки в среднеполосных фильтрах с отношением сигнал/шум  $\sim 5$ .

1.2 Мы выделили 1420 квазаров в диапазоне красных смещений  $0.5 < Z < 5$ . Нами построены распределение числа квазаров по красному смещению (Рис.1), дифференциальные функции светимости для полученной нами выборки квазаров в диапазоне красных смещений 0.5 -4.2 (Рис.2). Нами обнаружено плоское распределение объемной плотности квазаров по красному смещению до  $Z \sim 3.5-4$ . Завал в дифференциальной функции светимости (как было обнаружено обзором COMBO-17, Wolf et al 2003) сместился с  $Z=2.1$  на  $Z=2.8-3.2$ , что соответствует полноте нашей выборки по звёздным величинам ( $AB=23^m$ ).

1.3 Мы исследовали свойства выборки галактик поля в диапазоне 4000 – 7000 А (от  $z=0$  до  $z=0.7$ ). Общее число галактик поля HS47.5-22 до  $R_{AB}=23^m$  составляет более 70000, в выборку галактик, предназначенную для изучения, вошли галактики с неискаженной соседними объектами фотометрией всего 37539 галактик. Определение спектральных типов галактик и определение их фотометрических красных смещений выполнено с помощью программы ZEBRA (Feldman et al. 2006). В качестве опорных спектров для определения спектрального типа галактик и их красных смещений мы использовали спектры из работы Dodonov & Chilingarian 2008. Точность определения фотометрических красных смещений всех типов галактик составила  $\Delta z=0.005$ , а для галактик ранних типов  $\Delta z=0.002$ . Мы построили распределение галактик по красному смещению для всех галактик поля и отдельно для галактик ранних и поздних типов, (Рис.3). Полученная нами точность определения фотометрических красных смещений для галактик ранних типов позволила нам уточнить красные смещения рентгеновских скоплений галактик обнаруженных в этом поле Holden et al. 1997.

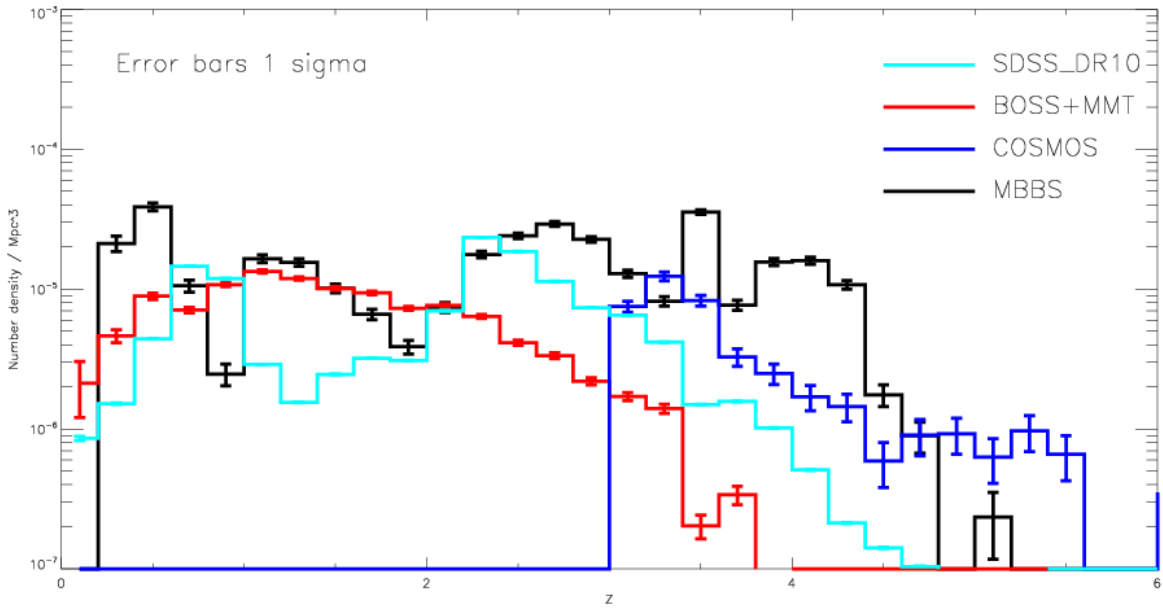


Рис. 1. Объемная плотность квазаров поля HS47.5-22 в зависимости от красного смещения, для сравнения приведены данные обзоров SDSS DR-10, BOSS+MMT, COSMOS.

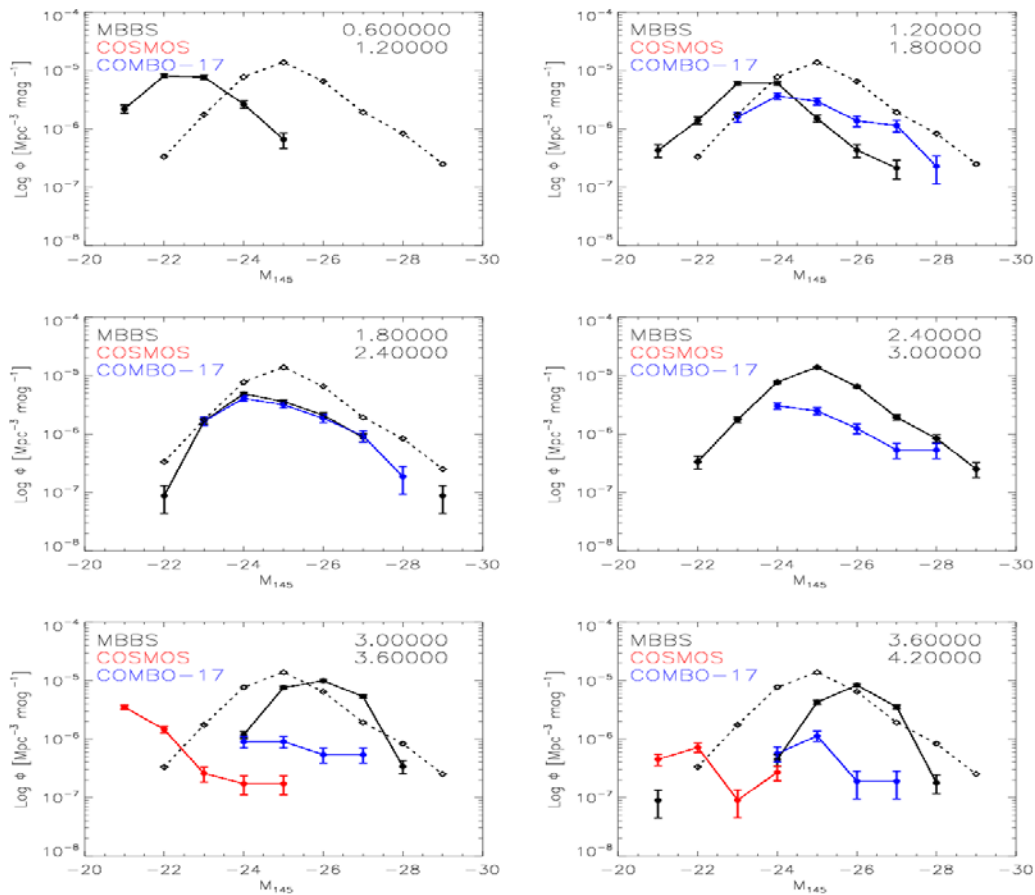


Рис.2. Дифференциальная функция светимости квазаров поля HS47.5-22, для сравнения приведены данные обзоров COMBO-17 и COSMOS.

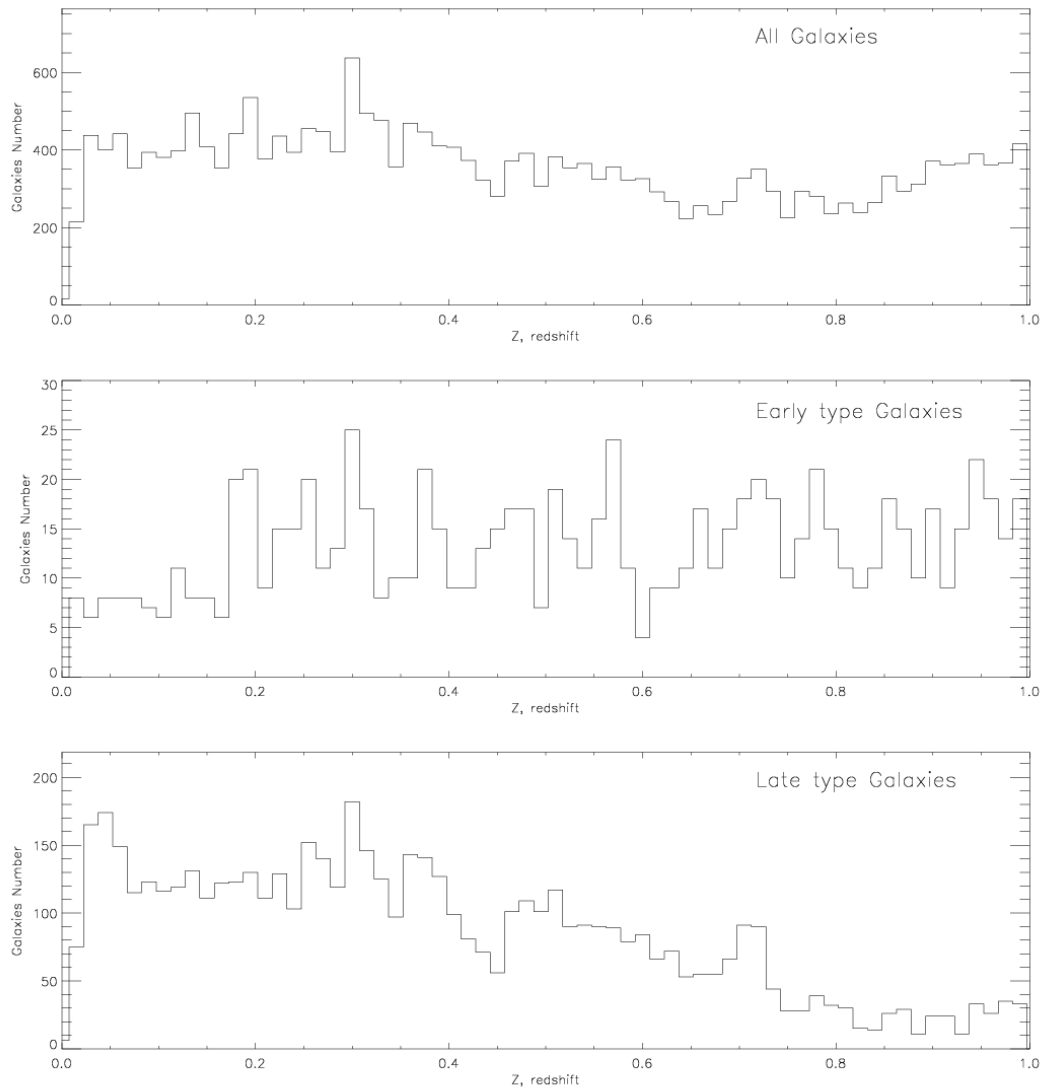


Рис. 3. Распределение галактик поля HS47.5-22 по красному смещению. Верхний рисунок – все галактики поля, средний – галактики ранних типов, нижний – галактики поздних типов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ результатов данных полученных на 1-м телескопе Шмидта позволил нам построить выборку квазаров с красными смещениями в диапазоне  $0.5 < Z < 5$ . Квазары с красными смещениями  $3 < Z < 5$  будут наблюдаться спектрально на 6-м телескопе БТА САО РАН, что позволит уточнить эффекты селекции при отборе объектов и скорректировать функцию светимости квазаров на больших красных смещениях.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

#### ИНОСТРАННЫЕ РЕФЕРИРУЕМЫЕ НАУЧНЫЕ ЖУРНАЛЫ

1. Kotov S.S., Dodonov S.N. *Active Galactic Nuclei Search // Atoms.* — 2017. — Vol. 5. — N. 4. — P. 45-53

#### СПИСОК ДОКЛАДОВ НА КОНФЕРЕНЦИЯХ

1. Додонов С.Н., Котов С.С., Мовсисян Т.А., Геворкян М. “Выборка квазаров поля HS47.5-22”, конференция High Energy Astrophysics, Москва, 17-22 декабря 2017 г.
2. Гроховская А.А., Додонов С.Н. «Фотометрические свойства выборки галактик поля HS47.5-22», конференция High Energy Astrophysics, Москва, 17-22 декабря 2017 г.