

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-А18-118012490215-8

УТВЕРЖДАЮ  
Директор САО РАН

В.В. Власюк  
«27» декабря 2017 г.

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ  
по проекту «КАРЛИКОВЫЕ ГАЛАКТИКИ В ГРУППАХ И В ПОЛЕ: ВЛИЯНИЕ  
ОКРУЖЕНИЯ НА ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЕ И МЕЖЗВЕЗДНУЮ СРЕДУ»  
программы ОФН-17 «Межзвездная и межгалактическая среда: активные и  
протяженные объекты»  
(Заключительный)

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

Нижний Архыз  
2017

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы  
с.н.с., к.ф.-м.н.

Л.Н. Макарова (введение, раздел 1,  
заключение)

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

Д.И. Макаров (раздел 1)  
И.Д. Караченцев (раздел 1)

в.н.с., д.ф.-м.н.  
Нормоконтролер

Узденова Ш.А.

## РЕФЕРАТ

Отчет 11 с., 2 рис., 1 прил.

### ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ АСТРОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, КОСМОЛОГИЯ, ГАЛАКТИКИ

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 программы «Карликовые галактики в группах и в поле: влияние окружения на звездообразование и межзвездную среду» выполнены исследования эволюции и звездообразования близких (в пределах 10-15 Мпк) карликовых галактик в условиях изоляции и изучение связи структуры с условиями звездообразования в близких карликовых галактиках.

Используя данные, полученные на космическом телескопе Хаббла, мы определили точное фотометрическое расстояние до изолированных карликовых галактик Андромеда IV и Андромеда XVIII, а также рассмотрели связь истории звездообразования, эволюции этих галактик и окружающей структуры пространства. Определено расстояние до необычной изолированной карликовой иррегулярной галактики DDO 68 (UGC 5340) и количественная история звездообразования, рассмотрена связь истории звездообразования и эволюционного статуса этой галактики. Полученные нами результаты важны для развития современной космологической теории и согласования ее с наблюдательными данными.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1 ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ .....	7
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	9
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	10
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ .....	10

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

HST — Hubble Space Telescope, космический телескоп Хаббла

ACS — Advanced Camera for Surveys, улучшенная обзорная камера

GMRT - the Giant Metrewave Radio Telescope — гигантский радиотелескоп метрового диапазона

NFW — Navarro–Frenk–White, Наварро-Френк-Вайт

MOND - Modified Newtonian Dynamics — модифицированная ньютонова динамика

RGB – red giant branch, ветвь звезд-красных гигантов

Мпк — мегапарсек

кпк — килопарсек

## ВВЕДЕНИЕ

Ближние карликовые галактики являются идеальными объектами для поиска свидетельств влияния внешних факторов на процессы звездообразования и эволюции галактик, поскольку их структура сравнительно проста, а звездное население и межзвездная среда могут быть изучены во всех деталях. Вопросы формирования групп и скоплений галактик, определение периода начала и окончания звездообразования в карликовых галактиках чрезвычайно важны для решения многих задач современной космологии. В последние годы исследователям стало ясно, что карликовые галактики являются ключом к пониманию космологической проблемы формирования близкой Вселенной. Наши исследования позволяют уточнить процессы иерархического формирования групп и отдельных галактик в ближайшей Вселенной.

## 1 ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1.1 На космическом телескопе Хаббла с помощью камеры ACS выполнены наблюдения карликовой иррегулярной галактики Андромеда IV. Мы определили точное фотометрическое расстояние до галактики  $7.17 \pm 0.31$  Мпк. Используя данные, полученные на телескопе GMRT, мы измерили кривую вращения Андромеды IV и выполнили приближение этой кривой различными моделями массы. Было найдено, что данные значительно лучше приближаются моделью изо-термального темного гало, чем NFW-гало. Было также обнаружено, что кривая вращения в рамках MOND крайне плохо приближает наблюдаемую кривую вращения. Тот факт, что изо-термальное темное гало лучше всего приближает наблюдательные данные, поддерживает модель, в которой обратная связь в процессах звездообразования вызывает формирование ядра, состоящего из темной материи в карликовых галактиках. Соотношение полной массы и интегральной и звездной величины, равное  $162 M_{\text{sun}}/L_{\text{sun}}$ , делает Андромеду IV одной из самых «темных» карликовых галактик. Однако, отношение барионной и темной материи, равное 0.11, близко к средней космической барионной фракции, равной 0.15.

1.2 Выполнены наблюдения и фотометрические исследования карликовой сфероидальной галактики Андромеда XVIII, расположенную на дальней периферии ближайшей к нам подгруппы галактик возле M31. Галактика была разрешена на отдельные звезды на космическом телескопе Хаббла с использованием камеры ACS. Измеренное по новым наблюдательным данным расстояние до галактики равно  $1.33 \pm 0.08$  Мпк. Мы измерили детальную историю звездообразования, используя данные звездной фотометрии Андромеды XVIII и набор Падуанских теоретических звездных изохрон. Судя по нашим данным, первая вспышка звездообразования произошла 12 — 14 млрд. лет назад. В то же время никаких признаков недавнего и современного (в течении последних 1.5 млрд. лет) не обнаружено. Соотношение по массе древнейших звезд и звезд среднего возраста равно 34% и 66%, соответственно. Интегральная звездная масса галактики Андромеда XVIII равна  $4.2 \times 10^6 M_{\text{sun}}$ . Скорее всего, эта карликовая сфероидальная галактика не испытала какого-либо взаимодействия с гигантской спиралью M31 в прошлом.

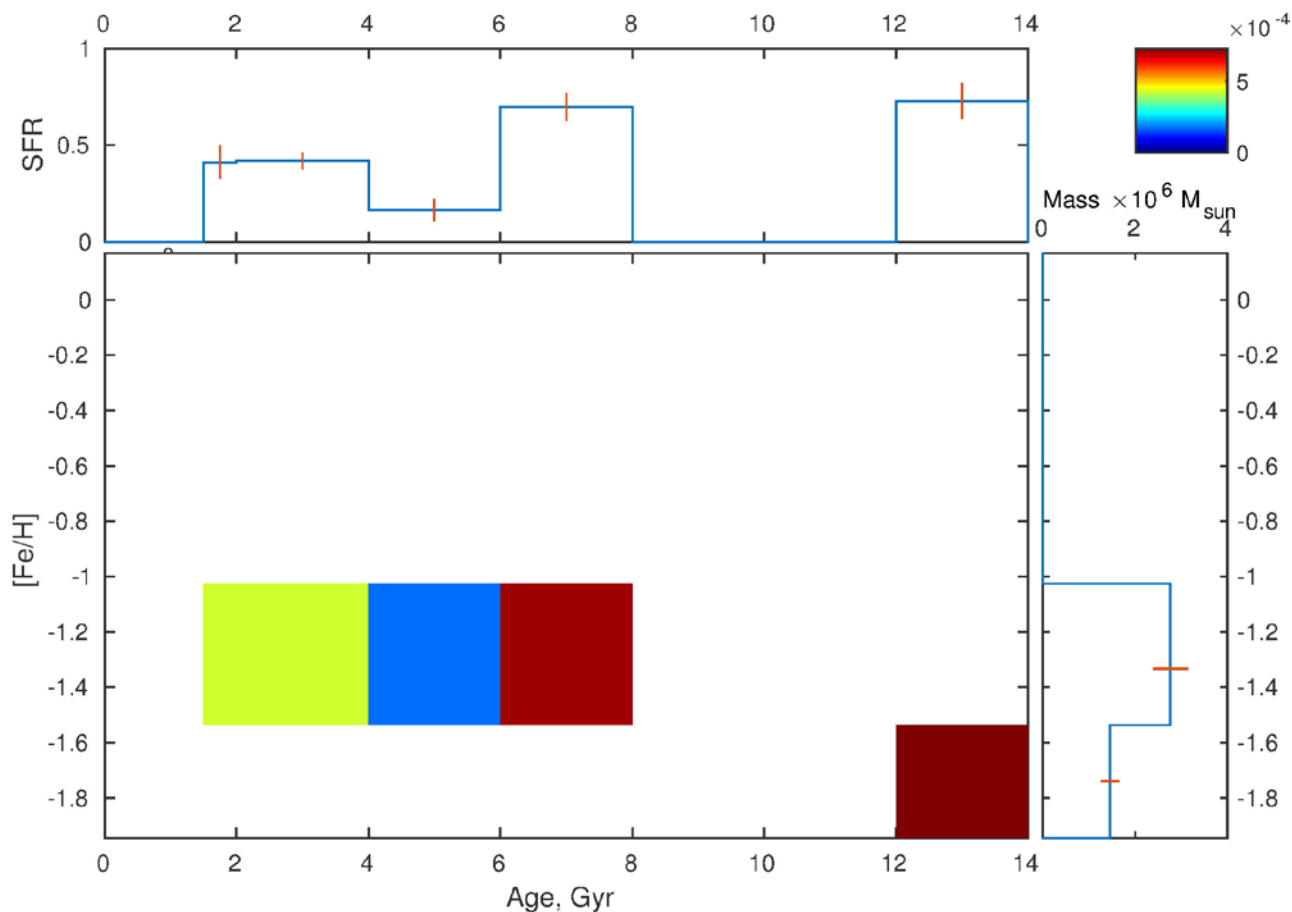


Рис. 1. История звездообразования карликовой сфероидальной галактики Андромеда XVIII. На рисунке обозначена зависимость темпа звездообразования (верхняя панель) и металличности (правая панель) от времени.

1.3 На космическом телескопе Хаббла с помощью камеры ACS выполнены наблюдения карликовой иррегулярной галактики DDO 68 (UGC 5340). Мы измерили детальную историю звездообразования, используя результаты звездной фотометрии и набор Падуанских теоретических звездных изохрон. Существует четкое различие звездного содержания DDO 68 между ярким основным центральным телом и периферийными областями. Помимо большой доли молодого населения, «тело» также показывает существенную долю звезд RGB. Внешние области показывают менее значительную долю старых звезд. Более того, эти старые звезды, вероятно, вторглись из внешних частей основного тела. В рамках этой интерпретации внешние части DDO 68 представляют собой разрушенную, меньшую, богатую газом галактику очень низкой металличности в процессе почти полного слияния с более массивным и более типичным карликом.

1.4 Анализ истории звездообразования DDO68 показывает, что 61% всей звездной массы сформировалось во время первоначального всплеска звездообразования в эпоху 12-14 млрд. лет назад. Имеются только слабые следы звездообразования в период между 1 и 10 млрд. лет назад. Современный и продолжающийся эпизод звездообразования начался около 300 миллионов лет назад. Он характеризуется высокой средней скоростью образования звезд  $SFR=0.15 M_{\text{sun}}/\text{год}$ .



Подавляющее большинство (80-88%) звезд в системе бедны металлами,  $Z=Z/50-Z/20$ . Только около 20 процентов звезд или менее имеют  $Z\approx Z/5$ .

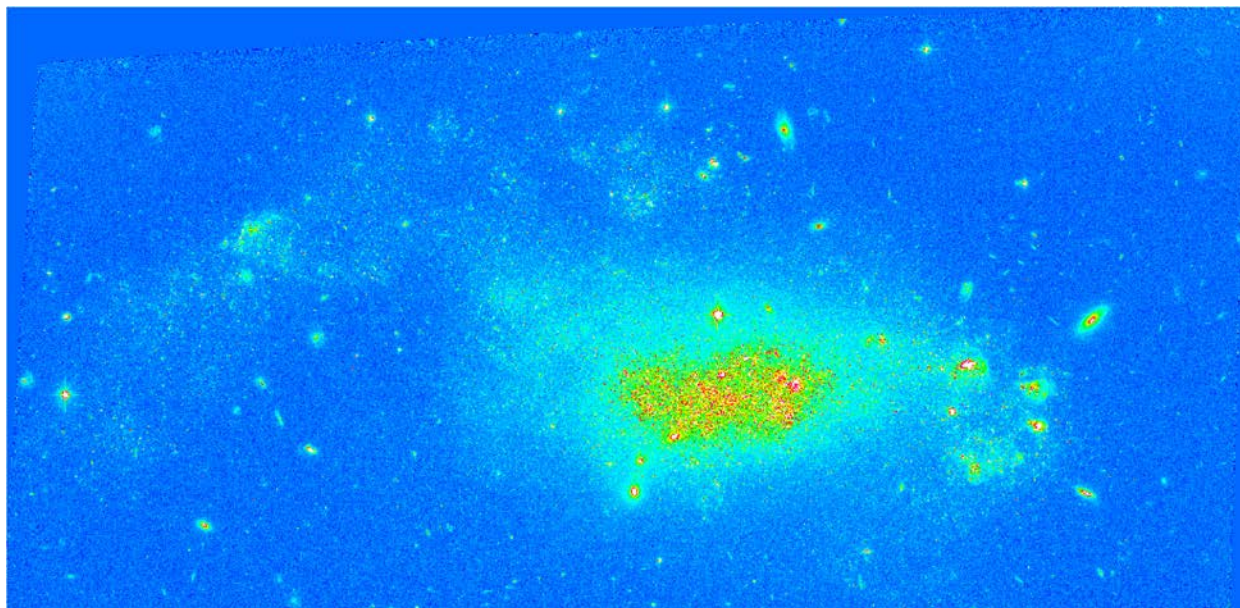


Рис. 2. Изображение HST/ACS DDO68 в фильтре F606W. Отображается только поле датчика WFC1. Размер изображения — 3.4x1.7 кв.мин.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках исследования структуры и эволюции близкой Вселенной мы определили точное фотометрическое расстояние до двух близких достаточно изолированных галактик Андромеда IV и Андромеда XVIII, а также выполнили звездную фотометрию необычной изолированной карликовой иррегулярной галактики DDO68. Мы измерили детальную историю звездообразования и ряд основных параметров этих галактики. Было найдено, что свойства периферии DDO68 могут быть объяснены продолжающимся всплеском звездообразования, вызванным малым слиянием небольшой, богатой газом, крайне бедной металлом галактики с более типичной карликовой галактикой. Наши результаты позволяют внести вклад в понимание формирования и эволюции таких галактик с точки зрения современной космологической теории.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

#### В ИНОСТРАННЫХ РЕФЕРИРУЕМЫХ НАУЧНЫХ ЖУРНАЛАХ

1. Karachentsev, I. D.; Chengalur, J. N.; Tully, R. B.; Makarova, L. N.; Sharina, M. E.; Begum, A.; Rizzi, L.: “Andromeda IV, a solitary gas-rich dwarf galaxy”, 2016, AN, 337, 306
2. Makarov, D. I.; Makarova, L. N.; Pustilnik, S. A.; Borisov, S. B. : “Unusual void galaxy DDO 68: implications of the HST-resolved photometry”, 2017, MNRAS, 466, 556
3. Makarova, L. N.; Makarov, D. I.; Karachentsev, I. D.; Tully, R. B.; Rizzi, L.: “Star formation history of And XVIII: a dwarf spheroidal galaxy in isolation”, 2017, MNRAS, 464, 2281

#### В МАТЕРИАЛАХ КОНФЕРЕНЦИЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЯ

1. Makarov, Dmitry I.; Makarova, Lidia N.; Uklein, Roman I.: «Structure of the Canes Venatici I cloud of galaxies», 2016, IAUS, 308, 209