

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

*На правах рукописи*

УДК 524.7; 524.72; 524.77

Кайсин Серафим Серафимович

**H $\alpha$ -ОБЗОР ГАЛАКТИК И  
ГРУПП ГАЛАКТИК МЕСТНОГО ОБЪЁМА**

(01.03.02 – астрофизика, радиоастрономия)

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико–математических наук

Нижний Архыз – 2008

Работа выполнена в Специальной Астрофизической Обсерватории  
Российской Академии Наук

Научный руководитель: доктор физико-математических наук  
профессор И. Д. Караченцев

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук  
профессор Ю. Н. Ефремов  
Государственный Астрономический Институт  
им. Штернберга

кандидат физико-математических наук  
А. В. Моисеев  
Специальная Астрофизическая Обсерватория

Ведущая организация: Южный Федеральный Университет,  
Ростов-на-Дону

Защита состоится “\_16\_” \_апреля\_ 2008 г. в “\_11<sup>30</sup>\_” часов на заседании  
Диссертационного совета Д 002.203.01 при Специальной Астрофизической  
Обсерватории РАН по адресу: 369167, КЧР, Зеленчукский район, пос. Ниж-  
ний Архыз.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке САО РАН.

Автореферат разослан “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2008 г.

Ученый секретарь  
Диссертационного совета  
кандидат физ.- мат. наук

МАЙОРОВА Е.К.

## Общая характеристика работы

### Актуальность темы

Наши представления о процессах образования звезд в галактиках все еще остаются фрагментарными, несмотря на заметные успехи последних десятилетий. До последних лет исследования были направлены преимущественно на изучение наиболее ярких и массивных объектов. Карликовые системы, особенно низкой поверхностной яркости, оставались вне поля зрения в первую очередь из-за трудностей наблюдения и отсутствия измеренных с хорошей точностью расстояний до этих объектов. Невозможно получить полную картину эволюции галактик, если пренебрегать карликовыми галактиками, которые играют ключевую роль в образовании и эволюции галактик, будучи элементами, из которых путем слияния образовывались крупные системы. Карликовые галактики интересны также тем, что являются самым распространенным типом галактик во Вселенной.

С появлением и широким распространением крупноформатных ПЗС матриц, высокочувствительных к красным лучам, стало возможным проведение  $H\alpha$ -обзоров даже карликовых галактик с низкой поверхностной яркостью. Очевидно, что изучать такие объекты легче всего в Местном Объеме. Наиболее полно выборка Местного Объема представлена в Каталоге близких галактик Karachentsev et al. (2004). В нем содержится 450 галактик, расстояния до которых не превышают 10 Мпк. В последние годы было открыто еще около 50 ранее неизвестных близких карликовых систем. Была проведена огромная работа по уточнению расстояний до этих галактик, в основном по светимости звезд ветви красных гигантов. Для большинства галактик Местного Объема индивидуальные расстояния были измерены с точностью лучше 10%. Для целей изучения звездообразования важно то, что в карликовых галактиках отсутствуют спиральные волны плотности. Тем не менее, иррегулярные галактики имеют темпы звездообразования на единицу светимости примерно такие же, что и спиральные Hunter & Gallagher (1986). Почти 75% галактик Местного Объема показывают эмиссию в линии нейтрального водорода 21 см. Прогресс, достигнутый в последнее десятилетие, позволил построить функцию водородных масс галактик до предела  $1 \times 10^5 M_{\odot}$ . Для понимания эволюции звездных и газовых составляющей галактик важно также иметь систематические данные по потокам, излучаемым галактиками в линии  $H\alpha$ . К сожалению, только малая часть галактик Местного Объема была изучена в  $H\alpha$  до 2000 года. Но последние обзоры, сделанные van Zee (2000), Gil de Paz et al. (2003),

James et al. (2004), Helmboldt et al. (2004), Hunter & Elmegreen (2004) и Meurer et al. (2006) существенно улучшили ситуацию в этой области. Мы поставили задачу получить  $H\alpha$  изображения для всех галактик Местного Объем, которые не наблюдались ранее в линии  $H\alpha$ . В основном, с упором на наблюдение карликовых галактик, чтобы иметь полный набор данных об  $H\alpha$ -потоках членов Местного Объем и создать атлас изображений всех галактик Местного Объем в линии  $H\alpha$ .

Изучение галактик Местного объема в линии  $H\alpha$  дает нам важную информацию об истории звездообразования, его темпах в прошлом и настоящем. В последнее время интерес к таким данным особенно повысился в связи с исследованием процессов звездообразования на разных красных смещениях и в связи с новыми идеями формирования начальной функции масс звезд.

#### **Цели и задачи исследования:**

1. Получение наиболее полного наблюдательного материала в линии  $H\alpha$  для галактик Местного Объем.
2. Составление атласа  $H\alpha$  изображений галактик Местного Объем.
3. Определение современных темпов звездообразования для галактик в пределах 10 Мпк.
4. Изучение влияния окружения галактики на темп звездообразования в ней для населения вириализированной группы M81 и рассеянного облака CVnI.
5. Анализ структуры и кинематики нейтрального и ионизированного водорода в предельно слабых ( $-12.5 < M_B < -9.5$ ) карликовых галактиках.

#### **Научная новизна**

- В данной работе получены наблюдательные данные в линии  $H\alpha$  для 109 галактик Местного Объем, причем для 83 из них — впервые. Основную часть в этом обзоре составляют карликовые галактики разных морфологических типов, что является особенно важным для полноты картины звездообразования в Местном Объем.

- Впервые измерены  $H\alpha$ -потоки и определены темпы звездообразования для всех известных (на момент наблюдения) членов самых близких групп вокруг M 31, M 81, NGC 6946, в ближайшем рассеянном облаке CVnI,

а также ряде южных галактик поля с абсолютными величинами  $M_B$  от  $-21^m$  до  $-8^m$ .

- Полученные из наших наблюдений и собранные из литературы с единообразной редукицией данные составили сводку темпов звездообразования у 264 галактик Местного Объемы (58% всей выборки МО).

- Для эволюционного статуса галактик впервые предложена диаграмма  $\{p_*, f_*\}$ , которая основывается на значениях глобального темпа звездообразования, интегральной светимости и водородной массы галактик.

- Приведен атлас  $H\alpha$  изображений для всех 109 наблюдавшихся нами галактик Местного Объемы, воспроизводящий детали недавнего звездообразования в них с характерным разрешением  $\sim 30$  пк.

### Научная и практическая ценность работы

Приведенные в диссертации данные  $H\alpha$  наблюдений галактик Местного Объемы могут быть в дальнейшем использованы для:

- изучения механизмов звездообразования в галактиках;
- оценки глобального темпа звездообразования в Местном Объемы;
- изучения зависимости звездообразования от морфологического типа галактик;
- проверки современных сценариев эволюции галактик;
- изучения зависимости глобального темпа звездообразования от красного смещения галактик;
- изучения групповых свойств карликовых галактик;
- уточнений теорий формирования начальной функции звездных масс.

### Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. I.D. Karachentsev, S.S.Kajsin, Z. Tsvetanov, H. Ford, "H $\alpha$  imaging of the Local Volume galaxies. I. The NGC 6946 galaxy group" // 2005, A&A, Vol.434, PP.935–938

2. С.С. Кайсин, И.Д. Караченцев, "Обзор галактик Местного Объемы в линии  $H\alpha$ : Слабые спутники М31" // 2006, Астрофизика, Том 49, стр. 337–349

3. С.С. Кайсин, А.В. Каспарова, А.Ю. Князев, И.Д. Караченцев, "H $\alpha$  обзор Местного Объемы: изолированные южные галактики" // 2007, Письма в Астрономический Журнал (ПАЖ) Том 33, Стр. 323–331

4. D. Karachentsev and S. Kaisin, "A view of the M81 galaxy group via the  $H\alpha$  window" // AJ, 2007, Vol.133, PP.1883–1902

5. S.S. Kaisin and I.D. Karachentsev, "Canes Venatici I cloud of galaxies seen in the  $H\alpha$  line" // A&A, 2008, Vol.479, PP.603–624

6. Karachentsev I.D., Karachentseva V.E., Huchtmeier W., Makarov D., Kaisin S., Sharina M., Makarova L., "Mining the Local Volume"; in "Galaxies in the Local Volume" // (Eds.) Koribalski, B.S., Jerjen, H., Springer, 2008, astro-ph/0710.0520

7. A. Begum, J. N.Chengalur, I. D. Karachentsev, S. S. Kaisin, M. E. Sharina, "Gas distribution, kinematics and star formation in faint dwarf galaxies" // MNRAS, 2006, Vol.365, PP.1220–1234

### **Основные результаты, выносимые на защиту:**

1. Проведен систематический обзор галактик Местного Объем с расстояниями  $D < 10$  Мпк. Получены  $H\alpha$  изображения, измерены  $H\alpha$ -потoki и определены глобальные темпы звездообразования у 109 галактик, из них для 83 галактик — впервые.

2. В четырех ближайших группах: М 31, М 81, CVnI и NGC 6946 изучена структура  $H\alpha$  областей для всех галактик, входящих в эти группы. Для членов компактной группы М 81 и рассеянного облака CVnI измерен глобальный темп звездообразования и сделан вывод, что темп звездообразования в основном зависит от внутренних факторов галактики и лишь в слабой степени — от ее внешнего окружения.

3. Предложена диагностическая диаграмма  $\{p_*, f_*\}$ , которая характеризует эволюционный статус, т.е. историю прошлого и будущего процесса звездообразования. Для Irr и BCD галактик с помощью этой диаграммы получено свидетельство о вспышечном характере звездообразования в этой популяции галактик.

4. В процессе обзора впервые обнаружен ряд пекулярных объектов с необычными эмиссионными свойствами: Гирлянда — приливная цепочка  $HII$ -областей около галактики NGC 3077, NGC 4460 — изолированная линзовидная галактика с мощной вспышкой звездообразования в околоядерной области, NGC 4605 — Sd галактика с мощной эмиссией по всему диску.

### **Личный вклад автора**

Все наблюдательные данные на 6-м телескопе БТА получены и обработаны лично автором. Обработка данных, полученных на 2.2-м MPG телескопе

ESO, выполнена автором при участии А.В. Каспаровой. Для анализа  $H\alpha$  изображений использованы программы, написанные автором. Вклад автора в анализ и обсуждение результатов равноправен с другими соавторами. Составление атласа  $H\alpha$  изображений галактик Местного Объема проводилось непосредственно автором.

### **Апробация результатов**

Основные результаты диссертации докладывались на общем семинаре САО РАН, конкурсе – конференции научных работ САО РАН, а также на 2-х международных конференциях:

1. VII International Conference “Relativistic Astrophysics, Gravitation and Cosmology”, Kiev, Ukraine, 2007
2. The international conference “Galaxies in the Local Volume”, Sydney, 2007

### **Краткое содержание диссертации**

Диссертация состоит из Введения, семи Глав, Заключения, Списка цитируемой литературы, содержащего 154 наименования и Приложения. Общий объем диссертации составляет 159 страниц, в том числе 20 рисунков и 18 таблиц. Представленная диссертация является результатом работ, выполненных в течение 2001–2007 гг.

Во **Введении** приводится обоснование актуальности работы. Сформулированы цели и задачи, научная новизна, научная и практическая ценность результатов. Сформулированы основные результаты, выносимые на защиту, и приводится список работ, в которых опубликованы результаты данной диссертации. В конце кратко представлено содержание диссертации.

**Первая глава** диссертации посвящена описанию процедуры  $H\alpha$  наблюдений, редукции наблюдательных данных, полученных в основном на 6-м телескопе БТА, а также 2.2-м MPG телескопе ESO с применением современных высокочувствительных светоприемников — ПЗС матриц и фотометрии наблюдательных данных. Глава носит обзорный характер, в ней дано краткое описание использовавшегося прибора SCORPIO (Spectral Camera with Optical Reducer for Photometrical and Interferometrical Observations), Афанасьев и Моисеев (2005). Приведены основные его параметры: кривые

чувствительности, спектральный диапазон, светосила. Приведены основные характеристики светоприемников на приборе SCORPIO, характеристики узкополосного интерференционного  $H\alpha$  фильтра и среднеполосных светофильтров для континуума SED607 и SED707. Так как диапазон лучевых скоростей наблюдавшихся галактик был небольшой, то для всех наблюдавшихся объектов мы использовали один и тот же  $H\alpha$  фильтр.

Кратко описаны основные параметры прибора WFI, установленного в Кассегреновском фокусе 2.2 метрового телескопа MPG в ESO, приведены характеристики установленного на нем светоприемника и кривые пропускания использовавшихся светофильтров.

Далее описывается методика наблюдений галактик в линии  $H\alpha$ . Дается порядок проведения первичной редукиции наблюдательных данных и детально описываются понятия электронного нуля <BIAS>, “темнового тока” <DARK>, “плоского поля” <FLAT>, описывается процедура их получения и использования при редукиции данных. Рассматривается процедура удаления космических частиц с изображений и исправление за косметические дефекты матрицы. Также кратко уделено внимание методике устранения интерференционного узора FRINGES на изображениях. Описывается процедура вычитания фона неба вокруг галактик и вычитания континуального изображения галактики из снимка в линии  $H\alpha$ . Рассмотрены основные ошибки, которые возникают при фотометрии, и причины, влияющие на точность измерения и предел фотометрических данных; приводится формула для расчета глобального темпа звездообразования в галактиках согласно Gallagher et al. (1984).

Во **Второй главе** диссертации представлены результаты наблюдений 10 карликовых спутников ближайшей к Млечному Пути группы вокруг Андромеды (M 31) и одной галактики поля And IV. Рассматриваются индивидуальные свойства наблюдавшихся галактик и обсуждаются полученные результаты. Подтверждено, что для сфероидальных (dSph) спутников Андромеды, как и для dSph спутников Млечного Пути,  $H\alpha$ -поток этих карликовых систем находится ниже порога детектирования. Были собраны из литературы оценки темпа звездообразования и для остальных спутников Андромеды и, таким образом, получена сводка данных для всех известных на момент исследования членов группы M 31. Показано, что карликовые dSph и dE спутники Андромеды, в соответствии с ожиданиями, имеют экстремально низкие значения как содержания нейтрального водорода, так и современных темпов звездообразования, выступая аналогами



сфероидальных спутников Млечного Пути (Mateo, 1998). Две спиральные галактики группы М 31 (сама М 31 и М 33) и три иррегулярных ее члена (IC 10, IC 1613, WLM) выглядят как типичные объекты Местного Объема по их темпам звездообразования и массам нейтрального водорода  $HI$ . Отношение детектированной массы нейтрального водорода к светимости у 10 спутников заключено в интервале от 1 до  $10^{-3}$  в единицах массы и светимости Солнца; у других недетектированных в  $HI$  спутников (NGC 147, NGC 221) это отношение может быть даже ниже значения  $3 \times 10^{-5} M_{\odot}/L_{\odot}$ . Все dSph и dE спутники М 31 имеют современные темпы звездообразования ( $SFR$ ) порядка или менее  $10^{-6} M_{\odot}/\text{год}$ . Было обнаружено, что одиночная галактика дальнего фона And IV имеет рекордно высокое отношение  $M(HI)/L_B = 12 M_{\odot}/L_{\odot}$ , обладая громадными запасами газа для дальнейшего звездообразования.

**Третья глава** посвящена изучению относительно компактной вириализованной группы галактик вокруг М 81. Излагается краткая история изучения галактик вокруг М 81 и звездообразования некоторых ее ярких членов. Описываются условия наблюдений. Приводятся основные характеристики наблюдавшихся галактик: интегральные потоки в линии  $H\alpha$  и темпы звездообразования, описывается введение двух безразмерных параметров  $p_*$  и  $f_*$ , характеризующих прошлое и будущее процесса звездообразования в галактике:  $p_* = \lg[(SFR)T_0/L_B]$  и  $f_* = \lg[M_{HI}/(SFR)T_0]$ , где  $T_0$  — возраст Вселенной, принятый равным 13.7 млрд. лет согласно Spergel et al. (2003). Приводится описание особенностей структуры эмиссионных областей у всех наблюдавшихся галактик. Обсуждаются общие результаты исследования группы М 81. Показано, что процессы звездообразования в галактиках одной и той же группы характеризуются громадным разнообразием. У некоторых относительно ярких галактик (NGC 3077, М 82) основная эмиссия исходит из центральной области. В других ярких дискообразных галактиках (NGC 2976, NGC 4605, NGC 2403, М 81)  $H\alpha$ -эмиссия распределена более-менее равномерно по всему диску. У иррегулярных галактик с типичной светимостью Магеллановых облаков (Holm II, IC 2574, NGC 2366) наблюдается наличие мощных очагов звездообразования, причем довольно часто такие очаги (сверхассоциации) располагаются на окраинах этих галактик. Для dIr и BCD галактик низкой светимости характерной особенностью являются мелкие компактные  $HII$ -области (Holm I, DDO 87, UGC 4483, DDO 165) или же отдельные диффузные эмиссионные уплотнения (ККН 34, ККН 37). Наконец, отметим случаи, когда dIr галактики

очень низкой ( $M_B = -10^m - 11^m$ ) светимости (KDG 52, KDG 73, BK3N) не показывают признаков  $H\alpha$ -эмиссии, хотя содержат голубое звездное население, судя по снимкам, полученным на телескопе Хаббла (HST).

Из анализа результатов вытекает, что глобальный темп звездообразования в галактиках хорошо коррелирует с их светимостью, линейным диаметром и массой нейтрального водорода. Из полученных данных следует, что окружение спиральных и неправильных галактик очень слабо влияет на темпы звездообразования в них. Например, восемь галактик, находящихся на далекой периферии группы, т.е. будучи практически изолированными, имеют почти такие же средние темпы звездообразования, что и галактики тех же типов S, Im, BCD и dIr, но с близкими массивными соседями. Имеется явное свидетельство в пользу того, что звездообразование в dIr и BCD галактиках группы происходит скорее в режиме бурной вспышечной активности, чем в виде вялотекущего процесса. Принимая в качестве “зоны ответственности” M 81 сферу радиуса 2 Мпк, мы получили суммарный темп звездообразования  $\Sigma[SFR] = (5.5 \pm 0.1)M_{\odot}/\text{год}$ , который приходится на объем около 34 Мпк<sup>3</sup>. Следовательно, средний темп звездообразования в этой зоне составляет  $\dot{\rho}_{SFR} = 0.16M_{\odot}/\text{год}$  на Мпк<sup>3</sup>. Согласно данным Nakamura et al. (2004), Martin et al. (2005), Hanish et al. (2006), средний темп звездообразования в единичном объеме в настоящую эпоху, т.е. при красном смещении ( $Z = 0$ ) лежит в интервале  $(0.02 - 0.03)M_{\odot}/\text{год}$  на Мпк<sup>3</sup>. Следовательно, группа M 81 демонстрирует в 5–8 раз более высокую активность звездообразования, чем средний местный объем. Заметим, что половина суммарного  $H\alpha$ -потока группы приходится на одну сверхактивную галактику M 82. Однако, даже после ее исключения избыток в  $\dot{\rho}_{SFR}$  для группы M 81 и ее окрестностей сохраняется. В этом смысле, утверждение Miller (1996) о высокой активности процесса звездообразования в группе M 81 сохраняет свою силу. Возможно, что у бурной активности этой группы есть две причины: тесное сближение массивных галактик M 81 и M 82 и наблюдаемое обилие волокон нейтрального водорода в центральной области группы (Yun et al., 1994).

**Четвертая глава** посвящена изучению рассеянного облака галактик Гончие Псы I (CVnI).

Кратко описывается история изучения этой аморфной группы. Отмечается, что около трех дюжин галактик этого комплекса были ранее исследованы в линии  $H\alpha$ : Kennicutt et al. (1989), Hoopes et al. (1999), van Zee(2000), Gil de Paz et al. (2003), James et al. (2004) и Hunter & Elmegreen (2004), од-

нако, более половины других членов облака осталось вне поля зрения этих авторов. Отмечаются условия наблюдений и приводится журнал наблюдений. Приведены основные параметры 78 галактик, расположенных в облаке CVnI, в том числе и глобальные темпы звездообразования. Описываются индивидуальные особенности наблюдавшихся галактик, в частности структура их *HII* областей. Обсуждаются полученные результаты. Приведено распределение 78 галактик в облаке CVnI по значениям  $SFR$  и абсолютной синей звездной величины  $M_B$  в сравнении с 41 галактикой из группы M 81. Показано, что яркие члены облака и группы M 81 следуют линейной зависимости  $SFR \propto L_B$ , а слабые карликовые галактики в обеих этих группах с  $M_B > -13^m$  демонстрируют систематический сдвиг относительно главной последовательности. Однако их смещение вниз по шкале  $SFR$  может быть существенно уменьшено при учете новых сценариев звездной эволюции, предложенных Weidner & Kroupa (2005).

В соотношении между  $SFR$  и водородной массой галактики  $M_{HI}$  спиральные и иррегулярные галактики показывают более крутую зависимость  $SFR$  от  $M_{HI}$ , чем от светимости  $L_B$ , а именно,  $SFR \propto M_{HI}^{1.5}$ . Это свидетельствует о том, что карликовые dIrr галактики сохраняют относительно большие запасы газа для поддержания звездообразования (с наблюдаемыми сейчас темпами), чем спиральные галактики. Приведено распределение галактик групп CVnI и M 81 на диагностической диаграмме  $\{p_*, f_*\}$  “прошлое-будущее”, характеризующей прошлое и будущее процесса звездообразования в галактике при предположении о постоянстве наблюдаемого сейчас темпа звездообразования.

Члены облака CVnI в целом располагаются довольно симметрично относительно начала координат, имея медианные значения  $p_* = +0.02$  и  $f_* = -0.03$ . Это означает, что наблюдаемые темпы звездообразования у галактик облака оказались вполне достаточными для воспроизводства их наблюдаемой светимости (барионной массы). При этом галактики CVnI обладают запасами газа, достаточными для поддержания наблюдаемых темпов звездообразования на протяжении еще одного Хаббловского времени  $T_0$ , т.е. они находятся как раз на середине своего эволюционного пути. Для сравнения, медианные значения  $p_*$  и  $f_*$  у членов группы M 81 составляют, соответственно,  $-0.30$  и  $+0.12$ , т.е. типичная величина  $SFR$ , взятая на единицу светимости у них в два раза ниже, чем у галактик CVnI. Но это различие легко объяснимо наличием в группе M 81 большого числа карликовых сфероидальных галактик, у которых современный темп звездообра-

зования может быть подавлен приливным “обдиранием” газа. В отличие от спиральных, у иррегулярных галактик низкой светимости процесс звездообразования происходит скорее всего в виде вспышек, чем в режиме равномерного “тления” (Dohm-Palmer et al. 2002, Dolphin et al. 2003, Skillman 2005, McConnachie et al. 2005, Young et al. 2007). Наиболее выразительным представителем карликовой галактики в стадии вспышки являются UGCA 281=Mkn 209 и UGC 6541=Mkn 178, у которых удельный темп звездообразования на единицу светимости в 20 раз и, соответственно, в 7 раз выше среднего значения. Аналогичным чуть меньшим избытком удельного  $SFR$  обладает известная “взрывающаяся” галактика M 82 в группе M 81.

Исследована зависимость между активностью звездообразования в галактике и близостью ее к другим соседям, которая характеризуется так называемым “приливным индексом”  $TI$ . Наши данные не показывают зависимости между  $SFR$  и  $TI$ . Hunter & Elmegreen (2004) и Noeske et al. (2001) также не обнаружили связи между  $SFR$  у галактики и ее окружением. На окраине облака был обнаружен весьма интересный объект — изолированная ( $TI = -0.7$ ) линзовидная галактика NGC 4460. В центре ее имеет место мощная вспышка звездообразования, которая способна исчерпать наличный запас газа галактики всего за 170 Млн. лет. Вероятно, здесь мы наблюдаем редкое событие — взаимодействие S0 галактики с межгалактическим  $HI$  облаком.

Дается сравнение значений  $SFR$  по нашим данным с оценками других авторов. Приведена оценка средней плотности звездообразования  $SFR$  в облаке CVnI:  $\dot{\rho}_{SFR} = 0.12 M_{\odot} \text{год}^{-1} \text{Мпк}^{-3}$ .

**Пятая глава** диссертации посвящена наблюдениям в линии  $H\alpha$  небольшой группы галактик вокруг гигантской спирали NGC 6946, расположенной на низкой галактической широте  $B = 12^{\circ}$ , в зоне сильного поглощения. Центральная галактика группы, NGC 6946, выделяется мощными очагами звездообразования вдоль спиральных ветвей и наличием пекулярного изолированного молодого звездного комплекса на окраине одного из рукавов (Efremov, 2007). Кратко описывается история обнаружения этой группы. Описываются условия наблюдений галактик группы. Приводятся основные параметры галактик-спутников NGC 6946 и отмечаются их индивидуальные свойства. Обсуждаются результаты наблюдений. Сделан вывод о том, что по интегральному темпу звездообразования спутники NGC 6946 располагаются в интервале  $0.002 - 0.052 M_{\odot}/\text{год}$ , что, в общем-то, является типичным для иррегулярных и BCD галактик (Hunter & Elmegreen, 2004).

Наличные запасы газа в dIr спутниках галактики NGC 6946 обеспечивают современные темпы звездообразования в них еще в течении (6 – 86) млрд.лет, что на порядок больше, чем для самой NGC 6946. Время исчерпания газа  $T_{gas}$  для членов группы является типичным для dIr галактик поля (Hunter & Elmegreen, 2004).

В **Шестой главе** приводятся результаты определения  $H\alpha$ -потоков у изолированных южных галактик, наблюдавшихся на 2.2 метровом телескопе MPG в ESO. Дается краткое описание состояния дел по  $H\alpha$ -обзору галактик южного неба, упоминается о двух цифровых обзорах SHASSA (The Southern H-Alpha Sky Survey Atlas) и SINGG (Survey for Ionization in Neutral Gas Galaxies). Дается краткое описание условий наблюдения, характеристик светоприемников и применявшихся светофильтров. Приводятся характеристики 11 наблюдавшихся галактик и отмечаются некоторые особенности распределения их  $HII$  областей. По результатам наших наблюдений и с учетом всех доступных данных из литературы, приводятся положения 264 галактик на диаграммах  $\{SFR, M_B\}$  и  $\{SFR, M_{HI}\}$ , а также диагностической диаграмме  $\{p_*, f_*\}$ .

**Седьмая глава** посвящена изучению распределения газа и звездообразованию в очень слабых ( $-12.5 < M_B < -9.5$ ) карликовых галактиках, которые наблюдались как в линии  $H\alpha$  на БТА, так и с высоким разрешением ( $\sim 1.6$  км/с) в линии 21-см на Индийском радиотелескопе GMRT. Кратко описывается актуальность изучения физического состояния газовой среды и звездообразования в ней. Приводится краткое описание наблюдений на БТА и GMRT. Рассмотрена кинематика и крупномасштабное распределение  $HI$  в галактиках KDG 52, CGCG 269–049, UGC 7298 и КК 230. Приводятся глобальные  $HI$  профили для рассматриваемых галактик и параметры галактик, полученные по глобальным профилям в  $HI$ . Далее более подробно рассматривается распределение и кинематика газа в линии  $HI$  для изучаемых галактик и приводятся карты распределения нейтрального водорода, наложенные на оптические изображения галактик. Делается вывод о том, что все галактики показывают измеримые поля скоростей с упорядоченной структурой вопреки принятой ранее точке зрения, что поля скоростей у слабых карликовых галактик являются хаотическими (Lo et al., 1993). Показана важность высокого разрешения  $\sim 1.6$  км/с и высокой чувствительности при изучении поля скоростей. Рассматривается зависимость звездообразования от плотности  $HI$ . Для исследования этой связи были

использованы изображения, полученные на БТА в линии  $H\alpha$  и карты  $HI$  изображений, полученные на GMRT с угловым разрешением, соответствующим линейному разрешению  $\sim 300$  пк. Приводятся результаты сравнения  $HI$  и  $H\alpha$  данных. Из сравнения следует, что если и есть скачки в плотности распределения  $HI$ , то они не всегда совпадают с  $H\alpha$ -эмиссией, более того, морфология  $H\alpha$ -эмиссии и плотных  $HI$  областей довольно сильно различается. При исследовании распределения газа  $HI$  на малых масштабах ( $\sim 20 - 100$  пк) было обнаружено, что в эмиссии видны разнообразные оболочки, сгущения и нити. Эмиссия в  $H\alpha$  иногда ассоциируется с особо плотными  $HI$  сгущениями, как в галактике CGCG 269-049, иногда  $H\alpha$ -эмиссия лежит внутри особо плотных оболочек, а иногда вообще нет связи между  $H\alpha$ -эмиссией и  $HI$  сгущениями, как в случае галактики UGC 7298. На этом основании сделан вывод, что взаимосвязь между звездообразованием и плотностью газа в карликовых галактиках не показывает тех простых крупномасштабных закономерностей, которые наблюдаются в ярких спиральных галактиках.

В **Заключении** формулируются основные результаты диссертации.

В **Приложении А** приводится таблица со списком 264 галактик Местного Объемы с известными на данный момент глобальными темпами звездообразования  $SFR$  и водородными массами  $M_{HI}$ .

В **Приложении Б** представлен атлас изображений 109 галактик в линии  $H\alpha$  и в континууме.

## Список литературы

- Афанасьев В.Л., Моисеев А.В., 2005, Письма в Астрон. журн., 31, 214  
 Dohm-Palmer R.C. et al., 2002, AJ, 123, 813  
 Dolphin A.E. et al., 2003, AJ, 126, 187  
 Efremov Yu.N. et al., 2007, MNRAS, 382, 481  
 Gallagher J.S., Hunter D.A., Tutukov A.V., 1984, ApJ, 284, 544  
 Gil de Paz, Madore B.F., Pevunova O., 2003, ApJS, 147, 29  
 Hanish D.J., Meurer G.R., Ferguson H.C. et al., 2006, ApJ, 649, 150  
 Helmboldt J.F., Walterbos R.A., Bothun G.D. et al., 2004, ApJ, 613, 914  
 Hoopes C.G., Walterbos R.A.M. & Rand R.J., 1999, ApJ, 522, 669  
 Hunter D.A., Gallagher J.S., 1986, PASP, 98, 5  
 Hunter D.A., Elmegreen B.G., 2004, AJ, 128, 2170  
 James P.A., Shane N.S., Beckman J.E. et al., 2004, A&A, 414, 23

- Karachentsev I.D., Karachentseva V.E., Huchtmeier W.K., Makarov D.I., 2004, AJ, 127, 2031
- Kennicutt R.C., 1989, ApJ, 344, 685
- Lo, K. Y., Sargent, W. L. W. & Young, K., 1993, Ap.J., 106,507
- Martin D.C., Seibert M., Buat V., et al., 2005, ApJ, 619, 59
- Mateo M., 1998, Annu. Rev. Astron. Astrophys., 36, 435
- McConnachie A.W., Arimoto N., Irwin M., Tolstoy E., 2006, MNRAS, 373, 715
- Meurer et al., 2006, ApJS, 165, 307
- Miller B.W., 1996, AJ, 112, 991
- Nakamura O., Fukugita M., Brinkmann J., Schneider D.P., 2004, AJ, 127, 2511
- Noeske, K.G., Iglesias-Paramo, J., Vilchez, J.M., Papaderos, P. Fricke, K.J., 2001, A& A, 371, 806
- Skillman E.D., 2005, New Astronomy Review, 49, 453
- Spergel D.N., Verde L., Peiris H.V., et al., 2003, ApJS, 148, 175
- van Zee L., 2000, AJ, 119, 2757
- Weidner C. & Kroupa P., 2005, ApJ, 625, 754
- Young L.M., Skillman E.D., Weisz D.R. & Dolphin A.E., 2007, ApJ, 659, 331
- Yun M.S., Ho P.T., Lo K.Y., 1994, Nature, 372, 530

Бесплатно

Кайсин Серафим Серафимович

H $\alpha$ -обзор галактик и групп галактик Местного Объёма