

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

*На правах рукописи
УДК 524.7;524.72-4*

КАЙСИНА Елена Ивановна

**БАЗОВЫЕ СВОЙСТВА ГАЛАКТИК
МЕСТНОГО ОБЪЕМА**

(01.03.02 - Астрофизика и звездная астрономия)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико - математических наук

Нижний Архыз - 2014

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Специальной Астрофизической Обсерватории Российской Академии Наук

Научный руководитель: доктор физико-математических наук,
профессор, главный научный сотрудник
лаборатории внегалактической астрофизики и
космологии САО РАН
Караченцев Игорь Дмитриевич

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,
профессор, главный научный сотрудник отдела
изучения Галактики и переменных звёзд
Государственного астрономического института
им. П.К. Штернберга МГУ
Ефремов Юрий Николаевич
г. Москва

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник отдела физики
звездных систем Института астрономии РАН
Торгашин Юрий Михайлович
г. Москва

Ведущая организация: **Южный федеральный университет**
г. Ростов-на-Дону

Защита состоится 17 апреля 2014 г. в 10⁰⁰ часов на открытом заседании Диссертационного совета Д 002.203.01 при Специальной Астрофизической Обсерватории РАН по адресу: 369167, КЧР, Зеленчукский район, пос. Нижний Архыз.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке САО РАН.

Автореферат разослан "___" марта 2014 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета
кандидат физ.-мат. наук _____ Шолухова О.Н.

Общая характеристика работы

Актуальность

Изучение галактик в Местном объеме, ограниченном расстоянием $D = 10$ Мпк, играет особую роль в современной наблюдательной космологии. Только близкие галактики могут быть детально исследованы, что трудно выполнимо на больших расстояниях. В близких галактиках видны индивидуальные звезды, что позволяет детально изучать историю звездообразования и использовать высокоточные методы для определения расстояний; именно в нашей близкой окрестности доступны для детальных наблюдений карликовые галактики, которые составляют основную долю среди звездных систем. Как неоднократно отмечалось Peebles (1993), Peebles et al (2001), Peebles & Nusser (2010), исследование репрезентативной выборки самых близких галактик является источником важных сведений о формировании и эволюции крупномасштабной структуры Вселенной.

За последние 20 лет различными наблюдательными группами предпринято множество усилий по обнаружению близких галактик и систематизации их характеристик. Первый шаг к созданию такой выборки был сделан в 1979 году (Kraan-Korteweg & Tammann 1979), этот список содержит 179 галактик в пределах 10 Мпк. В 1994 Караченцевым (Karachentsev 1994) выборка была расширена до 226 объектов, в 1999 г — до 303 объектов (Karachentsev, Makarov & Huchtmeier 1999a). В 2004 году был опубликован Каталог ближайших галактик — Catalog of Neighboring Galaxies (CNG) (Karachentsev et al. 2004), который содержит 451 объект.

С момента создания первой выборки обнаружился ряд обстоятельств, влияющих на критерии отбора галактик в Местный объем. Прежде всего, необходимо использовать современное значение параметра Хаббла $H_0 = 73$ км/с·Мпк (Spergel et al. 2007). На местное поле лучевых скоростей оказывают влияние вириальные движения у членов близких групп, а также

наличие близкого богатого скопления Virgo и обширного Местного войда (Tully 1988). Согласно некоторым представлениям значительными коллективными движениями могут обладать филаменты и стенки крупномасштабной структуры. По этим причинам лучевая скорость предполагаемой близкой галактики может не быть достаточно надежным индикатором ее расстояния. Следовательно, определение расстояний галактик, независимо от их скорости, остается весьма актуальной и сложной задачей. Учитывая все это, в качестве условий отбора галактик в Местный объем были приняты ограничения по их лучевой скорости $V_{LG} < 600$ км/с или по индивидуально измеренному расстоянию $D < 11.0$ Мпк.

Некоторым образом, степень полноты выборки возможно оценить, проанализировав распределение галактик по абсолютной B -величине, линейному диаметру A_{26} и ширине линии W_{50} в зависимости от расстояния и распределения средних поверхностных яркостей галактик Местного объема на разных расстояниях. Детальную оценку полноты выборки провести достаточно сложно в силу влияния многих факторов.

Таким образом, начиная со времени публикации списка 226 галактик, имеющих радиальные скорости меньше чем 500 км/с (Karachentsev 1994), количество кандидатов в члены Местного объема с расстояниями $D \leq 11$ Мпк достигло $N=869$ и продолжает увеличиваться благодаря современным обзорам. Обновленный список галактик Местного объема был представлен в “Updated Nearby Galaxy Catalog” \equiv UNGC (Karachentsev et al. 2013).

Необходимость создания базы данных о галактиках Местного объема, которая содержала бы многочисленную информацию о галактиках, расположенных в пределах 11 Мпк, становилась все более очевидной. Такая база, как совокупность структурированных и взаимосвязанных данных и методов, призвана обеспечить систематизацию, организационное пополнение данных и информационную полноту. С использованием функциональных возможностей базы данных и языка запросов, становится реальным

построение запросов к базе данных для создания различного рода подвыборок, дальнейшее проведение исследований и анализ разнообразных распределений и зависимостей локальных и глобальных параметров объектов.

Цели и задачи исследования

Цели диссертационной работы:

1. Разработка структуры и создание базы данных галактик Местного объема, с учетом дальнейшего расширения и пополнения данных и доступа к данным через Web-интерфейс.
2. Обновление каталога ближайших галактик, включая расширение спектра наблюдательных данных и вычисляемых параметров.
3. Определение и исследование интегральных параметров, характеризующих свойства галактик в Местном Объеме.
4. Изучение особенностей звездообразования в галактиках выборки по H α - и FUV-потокам.
5. Исследование свойств карликовых галактик вокруг близких массивных галактик.

Научная новизна

В настоящей работе впервые была создана база данных галактик Местного объема, включающая в себя 869 галактик северного и южного неба с оценками расстояния $D < 11$ Мpc или с лучевыми скоростями относительно центра Местной группы $V_{LG} < 600$ км/с.

Опубликован каталог “Updated Nearby Galaxy Catalog” \equiv UNGC, который представляет собой уникальную систематизированную сводку наблюдательных данных о расстояниях, лучевых скоростях, звездных величинах, потоках в линиях H α , H I и ультрафиолетовых потоках галактик Местного объема.

Для более полного описания морфологии карликовых галактик предложена двухпараметрическая схема, которая учитывает как поверхностную яркость карликовой системы, так и ее цвет или наличие эмиссии. Новая классификация позволяет более точно отразить структуру галактик со светимостями слабее, чем у LMC (Large Magellanic Cloud).

По измерениям $H\alpha$ - и FUV-потоков обнаружено, что у 99% галактик Местного объема любых морфологических типов имеет место верхний предел удельного темпа звездообразования $\log(SFR/L_K) \cong -9.4$ [год⁻¹], который является важной характеристикой процесса преобразования газа в звезды в современную эпоху.

Впервые обнаружен очаг звездообразования у карликовой сфероидальной галактики DDO 44 со старым звездным населением.

Сформированы и исследованы ассоциации карликовых галактик, находящихся в зоне гравитационного влияния вокруг массивных близких галактик. Для характеристики совокупности физических групп галактик Местного объема предложен новый параметр – аналог индекса Хирша. Его значение $h_g=9$ показывает, что в Местном объеме имеется 9 групп с количеством спутников не менее 9.

Научная и практическая ценность работы

1. Впервые создана и поддерживается систематизированная и общедоступная база данных галактик Местного Объема — LVG. Количество посещений Web – страницы LVG с момента опубликования работы со ссылкой (20.03.2013) составляет более 27 000.
2. Создана обновленная и дополненная выборка галактик Местного объема с расстояниями $D \leq 11$ Мпк, количество объектов которой превышает 800.
3. В Местном объеме, где относительное число карликовых галактик

составляет около 75%, прослежены зависимости между параметрами галактик: размером, амплитудой вращения, массой, светимостью, поверхностной яркостью, количеством водорода, морфологией и плотностью окружения в рекордно широком диапазоне их значений. Такие исследования, с упором на карликовые системы, позволяют лучше понять эволюцию как карликовых, так и нормальных галактик.

4. Определены темпы звездообразования галактик по их H α - и FUV-потокам. Показано, что у большинства карликовых и спиральных галактик типов Sa–Sm преобразование газа в звезды происходит с приблизительно постоянным темпом, который определяется в основном внутренними процессами, а не внешним воздействием. Популяция E, S0 и dSph галактик имеет очень малые современные темпы звездообразования, которые на 2 – 3 порядка ниже средних в прошлом. Установлено, что у большинства галактик Местного объема удельный темп звездообразования не превышает верхнего предела $\log(SFR/L_K) \cong -9.4$ [год $^{-1}$].
5. Показано, что Местная группа, состоящая из двух динамически обособленных свит карликовых галактик вокруг Млечного пути и Андромеды (M31), по ряду признаков не является типичной среди близких групп. Это обстоятельство необходимо учитывать при сравнении результатов численного космологического моделирования с наблюдательными данными.

Полученная обновленная выборка галактик Местного объема может быть в дальнейшем использована в качестве эталонной для сравнения с нею других выборок, ограниченных по расстоянию, видимой величине, HI-потоку или другим параметрам галактик.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах

1. Karachentsev I.D., Kaisina E.I., Kaisin S.S., Makarova L.N., Emission sparks around M 81 and in some dwarf spheroidal galaxies, 2011, MNRAS, 415L, 31-34
2. Kaisina E.I., Makarov D.I., Karachentsev, I.D., Kaisin S.S., Observational database for studies of nearby universe, 2012, AstBu, 67, 115-122
3. Karachentsev I.D., Makarov D.I., Kaisina E.I., Updated Nearby Galaxy Catalog, 2013, AJ, 145, 101-123
4. Karachentsev I.D. & Kaisina E.I., Star Formation Properties in the Local Volume Galaxies via $H\alpha$ and Far-ultraviolet Fluxes, 2013, AJ, 146, 46-56
5. Karachentsev I.D., Kaisina E.I., Makarov D.I., Suites of dwarfs around nearby giant galaxies, 2014, AJ, 147, 13-21

Основные результаты, выносимые на защиту

1. Разработка, создание и поддержание в актуальном состоянии общедоступной базы наблюдательных данных галактик Местного объема – LVG (<http://www.sao.ru/lv/lvgdb>).
2. Создание каталога галактик Местного объема, включающего в себя 869 галактик северного и южного неба с оценками расстояния $D < 11$ Мpc или с лучевыми скоростями относительно центроида Местной группы $V_{LG} < 600$ км/с. Каталог является обновленной и расширенной версией Каталога ближайших галактик (Catalog of Neighboring Galaxies (Karachentsev et al. 2004)).
3. Двухпараметрическая схема морфологической классификации карликовых галактик, которая учитывает как поверхностную яркость карликовой системы, так и ее цвет.
4. Обнаружение верхнего предела удельного темпа звездообразования $\log(SFR/L_K) \cong -9.4$ [год⁻¹] для 99% галактик Местного объема.

5. Обнаружение очага звездообразования у карликовой сфероидальной галактики DDO 44 со старым звездным населением.
6. Выделение свит вокруг массивных галактик, состоящих из карликовых спутников. Определение их свойств в зависимости от характеристик главной галактики и ее окружения.

Личный вклад автора

Разработка структуры базы данных галактик Местного объема проводилась совместно с Макаровым Д. И. Создание базы данных и работа с данными в рамках базы данных PostgreSQL проводились автором. Разработка, написание и развертывание интерфейса Web-доступа к базе данных проводились автором. Составление атласа изображений галактик с угловыми диаметрами $\alpha < 6$ угл. мин. из цифровых обзоров неба в широкополосных фильтрах и фильтре $H\alpha$ проводилось автором. Сводка $H\alpha$ -поток, FUV-поток и других наблюдательных параметров проводилась совместно с соавторами. Обработка спектральных данных, полученных на приборе SCORPIO с длинной щелью, и измерение гелиоцентрических скоростей V_h по линии $H\alpha$ проводились автором. Вклад автора в анализ и обсуждение результатов равноправен с другими соавторами.

Апробация результатов

Основные результаты диссертации докладывались на общем семинаре CAO РАН, конкурсе-конференции научных работ CAO РАН в 2012 и в 2013 годах, а также на российских и международных конференциях:

1. VI рабочее совещание-семинар “Информационные системы в фундаментальной науке”, CAO РАН, Нижний Архыз, 27-31 июля 2009
2. Международная конференция “Nearby Dwarf Galaxies”, NDG-2009, CAO РАН, Нижний Архыз, 14-18 сентября 2009

3. Всероссийская астрономическая конференция «От эпохи Галилея до наших дней» - ВАК-2010, САО РАН, Нижний Архыз, 12-19 сентября 2010
4. Всероссийская конференция «Галактики привычные и неожиданные», ЮФУ, Ростов-на-Дону, 6-8 мая 2013
5. Всероссийская конференция "Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра", НЕА-2013, ИКИ РАН, Москва, 23-26 декабря 2013

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из Введения, пяти Глав, Заключения, Списка цитируемой литературы, содержащего 177 наименований, и 2-х Приложений. Общий объем диссертации составляет 221 страницу, в том числе 39 Рисунков и 14 Таблиц. Представленная диссертация является результатом работ, выполненных в течение 2007-2013 гг.

Во **Введении** приводится обоснование актуальности работы, цели и задачи исследования, научная новизна, научная и практическая значимость диссертации. Формулируются положения, выносимые на защиту, а также приводится список работ, в которых опубликованы результаты данного исследования. Кратко представлено содержание диссертации.

Первая глава диссертации посвящена созданию базы данных галактик Местного Объем (LVG). Обоснована актуальность создания подобной базы данных, приводятся критерии выбора системы управления базы данных (СУБД) и основные функциональные возможности выбранной СУБД PostgreSQL. Детально описывается структура базы данных LVG. Приводится описание построения модели и диаграммы Entity-Relationship (ER) базы данных методом семантического моделирования. Приведена схема физической ER-модели базы данных LVG и дается ее подробное описание.

Возможности реализованного программного Web-доступа к базе данных и его сервисы описываются здесь же.

Во **Второй главе** диссертации представлено описание Каталога и Атласа галактик Местного Объема. Проводится краткий исторический обзор создания списка галактик Местного объема. Определены критерии выбора объектов с учетом ряда обстоятельств, влияющих на них. В выборку Местного объема включались галактики с лучевыми скоростями относительно центра Местной группы $V_{LG} < 600$ км/с или же с оценками расстояния $D < 11.0$ Мпк.

При наполнении Каталога предложена следующая последовательность представления данных: сперва наблюдательные параметры галактик, затем глобальные и эволюционные параметры. Приводится детальное описание характеристик галактики в таблицах, соответствующих данному представлению. Предложена двухпараметрическая классификация карликовых систем, учитывающая поверхностную яркость галактики: H - High, N - Normal, L - Low, X - xtre mely low, и ее цвет (или наличие эмиссии): Ir, Im, BCD – blue, Tr, dS0e, dEe – mixed, и Sph, dE – red. Приводятся результаты статистического анализа распределения близких галактик по оценкам их расстояния, полученным различными методами.

В **Третьей главе** диссертации исследуются интегральные параметры галактик Местного Объема.

Рассмотрены соотношения между параметрами $\{M_B, A_{26}, V_m\}$. Наиболее четкая зависимость прослеживается между линейным диаметром и абсолютной величиной галактик; в первом приближении галактики следуют прямой линии $\log A_{26} \propto -(2/15)M_B$, соответствующей постоянной объемной светимости в пределах Холмберговской изофоты. Рассмотренные распределения светимости, линейного диаметра и амплитуды внутренних движений галактик по шкале их морфологических типов T имеют

приблизительно параболический вид с максимумом на типе $T \cong 4$ или Sbc. Распределение карликовых галактик по визуальным градациям поверхностной яркости характеризуются медианными значениями SB: 22.6 (H), 24.1 (N), 25.2 (L) и 27.5 (X) в единицах [зв.вел./кв.сек.].

Представленное распределение отношения индикативной массы галактик в пределах Холмбергской изофоты к полной светимости в K-полосе показывает тенденцию роста от ранних морфологических типов к поздним. Но, при переходе от спиральных галактик (Sd, Sm) к иррегулярным (BCD, Im, Ir), наблюдается скачкообразное уменьшение среднего отношения M_{26}/L примерно в 4 раза. Этот эффект очевидно может быть вызван различием в структуре и кинематике галактик этих типов.

Далее рассмотрены основные HI свойства галактик Местного объема. В настоящее время около 70% галактик Местного объема детектированы в линии HI, а для ~10% других известны только верхние значения их HI-потока. Анализ данной выборки демонстрирует известный эффект, что при переходе от нормальных спиральных галактик к карликовым с $V_m < 50$ км/с среднее отношение M_{HI}/L_B возрастает от $\sim 0.1 M_{sun}/L_{sun}$ до $\sim 0.7 M_{sun}/L_{sun}$. Эта особенность объясняется тем, что карликовые галактики имеют более низкие темпы звездообразования с учетом их турбулентных движений по сравнению с дисковыми галактиками, где регулярные движения и волны плотности ускоряют темпы звездообразования.

Так как отношение M_{HI}/L_K фактически выражает отношение массы газа и звезд у галактик, M_{HI}/M_* , то для карликовых галактик с $V_m < 50$ км/с среднее отношение M_{HI}/L_K соответствует $0.7 M_{sun}/L_{sun}$, с учетом поправки за содержание гелия получаем $M_{gas}/M_*=1.3$. Следовательно, более половины барионной массы у карликовых галактик остается пока не переработанной в звездную компоненту.

Средняя поверхностная плотность водорода, M_{HI} / A_{26}^2 ,

характеризует условия звездообразования в галактике. Для галактик с морфологическими типами $T \geq 0$ средняя плотность M_{HI} / A_{26}^2 растет в сторону поздних типов, показывая минимальную дисперсию при $T = 4$ (Sbc). Большой разброс значений поверхностной плотности водородной массы на обоих краях морфологической шкалы легко объясняется особенностями их эволюции: истощением запасов газа у E, S0-галактик, выметанием газа из карликовых систем при вспышках звездообразования и/или прохождении их через гало массивных галактик. Для самых слабых карликовых галактик со скоростями вращения $V_m < 6$ км/с отмечено некоторое уменьшение средней поверхностной плотности водородной массы по сравнению с дисками нормальных галактик.

Рассмотрено влияние плотности окружения галактики на процесс преобразования газа в звезды.

Для количественного описания плотности окружения галактики введены понятия приливного индекса, который выражает приливное воздействие одного Θ_1 (Karachentsev&Makarov 1999b) или пяти Θ_5 значимых соседей галактики, а также контраст локальной средней звездной плотности Θ_j по отношению к глобальной (Karachentsev et al. 2013). Вид распределений галактик по водородной массе, удельному темпу звездообразования на единицу K – светимости в зависимости от приливных индексов (Θ_1 , Θ_5 , Θ_j) в значительной степени сходен. Отмечено наличие в этих распределениях примерно одинаковой верхней границы значений, как у галактик поля, так и у членов группы, и крутого завала средних значений в сторону высокой плотности окружения. Возрастающая дисперсия значений, как M_{HI}/L_K , так и SFR/L_K , от изолированных галактик к членам групп свидетельствует о том, что близкое окружение галактик существенно влияет на процесс преобразования газа в звезды.

Исследовано поведение локальной средней плотности светимости в B – и K – полосе, а также плотности водородной массы и среднего темпа

звездообразования в сферах радиусом от 1 до 10 Мпк по отношению к их глобальным значениям.

В **Четвертой** главе диссертации исследуются свойства звездообразования в галактиках по их $H\alpha$ - и FUV-потокам. Сейчас определены темпы звездообразования SFR по потокам в линии $H\alpha$ для 461 галактики Местного объема, и еще для 41 галактики известны верхние пределы интегрального $H\alpha$ -потока. Всего в исследуемой выборке имеется 619 галактик со значениями SFR по FUV-потокам, а также 98 галактик с верхним его пределом, соответствующим $m_{FUV} \approx 23.0^m$. Среди обеих подвыборок имеется 415 галактик, у которых темп звездообразования было возможно оценить двумя независимыми способами.

Распределение отношения темпов звездообразования, определенных по потокам в $H\alpha$ и FUV, в зависимости от различных глобальных параметров галактик демонстрирует ожидаемый эффект - дисперсия отношения темпов звездообразования по $H\alpha$ - и по FUV-потокам возрастает с уменьшением светимости или массы галактики. Данный разброс галактик обусловлен разными причинами. Одной из причин несоответствия между оценками SFR по $H\alpha$ - и по FUV-потокам может быть неправильный учет внутреннего поглощения в галактиках. Сопоставление отношения оценок SFR по $H\alpha$ и FUV-потокам с видимым отношением осей галактик a/b показывает, что дисковые спиральные галактики морфологических типов Sa - Sdm, имеют сравнительно небольшую дисперсию значений $\log[SFR]_{H\alpha} - \log[SFR]_{FUV}$ со средним вблизи нуля. Следовательно, полуэмпирические зависимости для расчета SFR хорошо взаимно прокалиброваны для нормальных дисковых галактик. Некоторая тенденция к уменьшению $[SFR]_{H\alpha}/[SFR]_{FUV}$ в сторону галактик с большим углом наклона оси диска к лучу зрения указывает на возможную переоценку величины внутреннего поглощения в дисках по соотношениям, принятым для его расчета.

Для карликовых галактик морфологических типов BCD, Im, Ir логарифмическая разность оценок темпа звездообразования характеризуется заметно большей дисперсией. В среднем, значение $[SFR]_{FUV}$ оказывается в два раза выше, чем $[SFR]_{HI}$, и практически не зависит от угла наклона галактики.

Распределение галактик Местного объема по удельному темпу звездообразования ($SSFR$) на единицу их светимости в K_S -полосе (или единицу звездной массы M_*), демонстрирует горизонтальную "главную последовательность" для дисковых галактик. При этом галактики самой высокой светимости, большинство из которых спиральные галактики раннего типа (Sa-Sb) с преобладающим балджем со старым населением, показывают разброс значений SFR/L_K в виде вертикального "столба". Существующее различие в отношении балджа к диску в них по-видимому и приводит к наблюдаемому разбросу их по вертикальной шкале. Еще большие различия по удельному темпу звездообразования видны у карликовых галактик, что, главным образом, обусловлено выметанием газа из карликовых галактик при вспышках звездообразования, а также прохождением карликовых спутников через гало гигантских галактик. Горизонтальная "главная последовательность" более отчетлива на распределении $\{SFR/L_K, M_{26}\}$ (здесь мало представлены галактики бедные нейтральным водородом). Распределение показывает наличие верхнего предела $\log(SFR/L_K)_{\max} \approx -9.4$, выше которого располагаются всего несколько пекулярных экстремально голубых галактик: Garland, Mrk 209, Mrk 36, NGC 1592, UGCA 292. Как следует из зависимости темпа звездообразования от полной водородной массы галактики M_{HI} , наиболее быстрое преобразование газа в звезды происходит в галактиках, обладающих большими запасами нейтрального водорода. Наклон логарифмической зависимости между $SSFR$ и M_{HI} в области $\log(M_{HI}/M_{sun}) < 7$ выглядит гораздо более крутым, чем у галактик с большими водородными массами. Зависимость интегрального темпа

звездообразования и общей массы водорода показывает, что галактики разных морфологических типов достаточно хорошо следуют известному степенному закону Шмидта - Кенникатта с показателем $3/2$.

Отмечено, что удельный темп звездообразования почти не зависит от поверхностной яркости галактики, вплоть до значения $SB \sim 26.5 \text{ mag arcsec}^{-2}$. Сравнение распределений $\{SSFR_{H\alpha}, SB\}$ и $\{SSFR_{FUV}, SB\}$ показывает, что граница максимальных значений SFR/L_B выглядит более резкой для FUV-потоков. Это объясняется тем обстоятельством, что $H\alpha$ -поток характеризует активность звездообразования на короткой шкале времени $\sim 10^7$ лет, и поэтому он реагирует на вспышки звездообразования сильнее, чем FUV-поток.

Определены средние показатели цвета $\langle m_{FUV} - B \rangle$, $\langle B - m_{H\alpha} \rangle$, $\langle B - m_{21} \rangle$, исправленные за Галактическое и внутреннее поглощение, а также их дисперсия для галактик с различными признаками. Согласно двумерной классификации карликовых галактик, представленной во *Второй главе*, проведен первичный анализ полученных данных.

Для карликовых галактик со звездными массами $\log M_*/M_{sun} < 9$, наименьший разброс значений удельного темпа звездообразования наблюдается у самых обособленных карликовых галактик. В областях высокой плотности, $\Theta_i > 0$ или $\Theta_j > 1$, появляется заметное количество карликовых объектов с угнетенным темпом звездообразования. При этом, в области максимально высоких значений $SSFR$ практически не видно карликовых галактик, у которых усиление темпа звездообразования было бы спровоцировано плотным окружением соседей.

Представлены и анализируются диагностические диаграммы «past – future» для разных морфологических типов галактик. Приводится список наиболее активных галактик Местного объема.

Измерены лучевые скорости эмиссионных узлов, обнаруженных на далекой периферии спиральной галактики M 81, а также в сфероидальной

карликовой галактике DDO44. Показано, что эти эмиссионные “искры” имеют двоякую природу. Это могут быть или компактные НII-области, проектирующиеся на dSph галактику с далекой периферии соседних спиральных галактик (случай KDG61), или же мелкие очаги звездообразования в самих dSph галактиках (случай DDO44).

В **Пятой главе** диссертации исследуются совокупности галактик с одной общей главной галактикой, которые названы ее ”свитой”, свойства доминирующих галактик (Main Disturber = MD) и галактик в их свитах. Распределение свит по числу галактик в них хорошо представляется степенной зависимостью $N(n) \propto n^{-2}$. Часть членов свиты со значениями $\Theta_l \geq 0$ определены как физическая группа. Свиты были ранжированы по числу членов свиты n_s : от максимального значения $n_s=53$ для свиты вокруг M81 до $n_s=1$. Выделено 20 наиболее населенных свит, содержащих в себе 468 галактик, т.е. 59% всего населения Местного объема. Распределение членов этих свит по приливному индексу Θ_l демонстрирует, что около 60% членов этих свит имеют значения $\Theta_l \geq 0$, т.е. являются физически связанными с главной галактикой.

Вычислены коэффициенты корреляции разных параметров главной галактики с общим числом галактик свиты n_s , числом физических членов n_g и числом ”ярких” физических спутников n_b ($M_B > -11.0^m$). Принимая во внимание коэффициенты корреляции, которые больше по модулю, чем 0.25, можно сделать следующие выводы: а) Линейные размеры главной галактики в свите, ее водородная масса и морфологический тип практически не влияют на обилие галактик в свите; б) Общее число членов свиты n_s и число физических спутников n_g показывают положительную корреляцию со светимостью главной галактики, с ее динамической массой M_{26} и со всеми тремя приливными индексами Θ_l , Θ_s , Θ_j ; однако, наличие значимой корреляции n_s и n_g с расстоянием указывает на эффект наблюдательной селекции, как причину отмеченных корреляций; в) Для ярких физических

членов групп, n_b , корреляция с расстоянием D практически исчезает. На число n_b значимым образом влияют величина звездной и динамической массы главной галактики, а также контраст звездной плотности окружения Θ_j .

Карликовые галактики в свитах главных галактик проявляют хорошо известные эффекты сегрегации: на далеких окраинах свит расположены богатые газом галактики поздних типов, демонстрирующие более высокий темп звездообразования. Тем не менее, наблюдаются некоторые интересные случаи, когда карликовые сфероидальные галактики встречаются на далекой периферии свиты, а некоторые карликовые галактики позднего типа – вблизи главной галактики.

Ансамбль свит вокруг доминирующей галактики в фиксированном объеме можно характеризовать индексом Хирша h . Игнорируя члены свит с $\Theta_j < 0$ как галактики общего поля, получаем для физических групп галактик Местного объема индекс $h_g=9$.

В Заключении сформулированы основные результаты диссертации.

В Приложении А диссертации представлена общая структура таблиц базы данных LVG.

В Приложении В диссертации приводится 5 таблиц, содержащих список пользовательских функций базы данных LVG, каталог ближайших 869 галактик (включенных в UNGC), интегральные параметры ближайших галактик, перечень карликовых галактик, входящих в «свиты». Описания таблиц даются в Главе 2, Главе 4, Главе 5.

Список литературы

- Kaisina E.I., Makarov D.I., Karachentsev, I.D., Kaisin S.S., 2012, *AstBu*, 67, 115, (LVG)
- Karachentsev I. D., 1994, *Astron. Astrophys. Trans.*, 6, 1
- Karachentsev I. D., Makarov D.I., Huchtmeier W.K., 1999a, *A&AS*, 139, 97
- Karachentsev, I. D. & Makarov, D. I. 1999b, in *IAU Symp. 186, Galaxy Interactions at Low and High Redshift*, ed. J. E. Barnes & D. B. Sanders (Cambridge: Cambridge Univ. Press), 109
- Karachentsev I. D., Karachentseva V. G., Huchtmeier W.K., Makarov D. I., *AJ*, 2004, 2031-2068
- Karachentsev I.D., Kaisina E.I., Kaisin S.S., Makarova L.N., 2011, *MNRAS*, 415L, 31
- Karachentsev I.D., Makarov D.I., Kaisina E.I., 2013, *AJ*, 145, 101
- Karachentsev I.D., Kaisina E.I., 2013, *AJ*, 146, 46
- Karachentsev I. D., Kaisina E. I., Makarov D. I., *AJ*, 2014, 147, 13
- Kraan-Korteweg R. C., Tammann G. A., 1979, *Astron. Nachr.*, 300, 181
- Peebles P.J.E., Nusser, A., 2010, *Nature*, 465, 565
- Peebles P.J.E., Phelps S.D., Shaya E.J., Tully R.B., 2001, *ApJ*, 554, 104
- Peebles P.J.E., 1993, *Principles of Physical Cosmology*, Princeton, University Press
- Spergel D.N. et al., 2007, *ApJS*, 170, 377
- Tully R.B., 1988, *Nearby Galaxies Catalog*, Cambridge University Press

Бесплатно

Кайсина Елена Ивановна

Базовые свойства галактик Местного Объема

Зак. № 193с

Уч. изд. л.–2.0

Тираж 100

САО РАН