

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

На правах рукописи  
УДК 524.7-323.3+524.82

МАКАРОВ Дмитрий Игоревич

## Построение карты близкой Вселенной

01.03.02 – астрофизика и звёздная астрономия

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени  
доктора физико-математических наук

Нижний Архыз – 2016

# Содержание

<b>Введение</b>	<b>1</b>
<b>1 TRGB как индикатор расстояния</b>	<b>24</b>
1.1 Краткая история метода . . . . .	26
1.2 Метод максимального правдоподобия . . . . .	32
1.2.1 Алгоритм . . . . .	32
1.2.2 Пример использования . . . . .	34
1.2.3 Тесты . . . . .	36
1.2.4 Пакет TRGBTOOL . . . . .	56
1.3 Калибровка нуль-пункта метода TRGB . . . . .	58
1.3.1 Зависимость TRGB от цвета . . . . .	58
1.3.2 Абсолютная звёздная величина TRGB . . . . .	66
1.4 Влияние неоднородности поглощения . . . . .	70
1.5 Сравнение со шкалой расстояний Цефеид . . . . .	73
1.6 Расстояния до галактик облака Гончих Псов . . . . .	76
1.6.1 Фотометрия звёзд в галактиках . . . . .	78
1.6.2 Диаграммы цвет-звёздная величина . . . . .	79
1.6.3 Определение расстояний . . . . .	86
1.6.4 Обсуждение результатов и выводы . . . . .	91
1.7 Основные результаты главы 1 . . . . .	95
1.8 Список основных работ . . . . .	97
<b>2 Базы данных внегалактических расстояний</b>	<b>98</b>
2.1 NucleiLEDA — база данных физики галактик . . . . .	100
2.1.1 Структура базы данных . . . . .	100
2.1.2 Каталог расстояний в NucleiLEDA . . . . .	107

2.1.3	Единая шкала расстояний . . . . .	121
2.1.4	Заключение . . . . .	125
2.2	EDD — база данных внегалактических расстояний . . . . .	126
2.2.1	Каталоги красных смещений . . . . .	128
2.2.2	Сводка расстояний . . . . .	132
2.2.3	Звёздные расстояния . . . . .	133
2.2.4	Каталоги фотометрии . . . . .	133
2.2.5	Ширины линии H I . . . . .	135
2.3	EDD: CMD/TRGB — база данных диаграмм цвет-величина . . . . .	136
2.3.1	Данные . . . . .	137
2.3.2	Каталог CMD/TRGB . . . . .	138
2.3.3	Положение камер . . . . .	138
2.3.4	Изображения галактик . . . . .	139
2.3.5	Анализ . . . . .	140
2.3.6	Диаграммы цвет-величина . . . . .	141
2.3.7	TRGB расстояния . . . . .	142
2.4	Основные результаты главы 2 . . . . .	142
2.5	Список основных работ . . . . .	143
<b>3</b>	<b>Местный Объём</b> . . . . .	<b>145</b>
3.1	Критерий отбора . . . . .	148
3.2	О полноте выборки . . . . .	151
3.3	Распределение галактик внутри 11 Мпк . . . . .	154
3.4	Морфология и масштабные соотношения . . . . .	157
3.5	Основные H I свойства галактик . . . . .	167
3.6	Связь с окружением . . . . .	171
3.7	Сравнение локальных и глобальных параметров . . . . .	178
3.8	Функция светимости . . . . .	179
3.9	Насколько типичен Местный Объём? . . . . .	183
3.10	Обилие галактик в поле . . . . .	188
3.10.1	Круговые скорости галактик . . . . .	191
3.10.2	Теоретические предсказания функции круговой скорости . . . . .	197
3.10.3	Функция скорости галактик . . . . .	202

3.10.4	Дискуссия . . . . .	207
3.11	Основные результаты главы 3 . . . . .	213
3.12	Список основных работ . . . . .	214
<b>4</b>	<b>Группы галактик в Местном Сверхскоплении и его окрестностях</b>	<b>216</b>
4.1	Исходные наблюдательные данные . . . . .	220
4.2	Два подхода к отбору кратных систем галактик . . . . .	223
4.3	Алгоритм кластеризации . . . . .	225
4.4	Двойные галактики . . . . .	227
4.5	Триплеты галактик . . . . .	238
4.6	Группы и облака галактик . . . . .	248
4.6.1	Каталог групп . . . . .	248
4.6.2	Основные свойства групп . . . . .	249
4.6.3	Сравнение с другими каталогами . . . . .	262
4.7	Группы карликовых галактик в Местном Сверхскоплении . . . . .	267
4.7.1	Построение выборки . . . . .	267
4.7.2	Основные свойства групп карликовых галактик . . . . .	270
4.8	Изолированные галактики . . . . .	277
4.8.1	Исходные данные и критерий изолированности. . . . .	279
4.8.2	Основные характеристики галактик LOG . . . . .	281
4.8.3	Пекулярные изолированные галактики . . . . .	288
4.8.4	Обсуждение и выводы . . . . .	291
4.9	Распределение вещества в Местной Вселенной . . . . .	294
4.10	Основные результаты главы 4 . . . . .	301
4.11	Список основных работ . . . . .	304
	<b>Заключение</b>	<b>307</b>
	<b>А Каталог галактик Местного Объёма</b>	<b>316</b>
A.1	Наблюдательные параметры близких галактик . . . . .	316
A.2	Физические параметры близких галактик . . . . .	345
	<b>В Каталоги групп</b>	<b>373</b>
B.1	509 близких пар галактик . . . . .	373

<i>Содержание</i>	iv
В.2 168 близких триплетов галактик . . . . .	395
В.3 395 групп галактик . . . . .	406
В.4 Группы карликовых галактик . . . . .	414
В.5 520 изолированных галактик (LOG) . . . . .	418
<b>Литература</b>	<b>428</b>
<b>Список сокращений и условных обозначений</b>	<b>464</b>

# Введение

## Актуальность темы исследования

Начиная с 2000 года, в наблюдательной космологии и внегалактической астрофизике происходят фундаментальные изменения, вызванные обнаружением новых субстанций: “тёмной материи” и “тёмной энергии”. Выяснилось, что примерно 73% плотности Вселенной приходится на равномерно распределённую тёмную энергию, которая проявляет себя как универсальная сила антигравитации (так называемый “лямбда-член” в уравнениях поля Эйнштейна). Около 22% средней плотности Вселенной обусловлено наличием тёмной материи, природа которой остаётся неизвестной. Привычные формы вещества — барионы составляют всего 5% от средней космологической плотности. Однако, менее пятой части барионов проявили себя в наблюдениях в оптическом, рентгеновском и радиодиапазонах. Таким образом, современная Вселенная XXI века выглядит исключительно скрытой, где видимое, светящееся вещество звёзд в галактиках составляет ничтожную (менее 1%) компоненту. Изучение природы и эволюции тёмной Вселенной по характеристикам её малой доли в виде светлой материи является очень серьёзным вызовом для наблюдательной астрономии.

Современная стандартная космология базируется на модели образования структур и галактик из холодного тёмного вещества (CDM). Гало тёмного вещества растёт в ходе иерархических процессов поглощения и аккреции. В этой модели галактики возникают в процессе охлаждения и конденсации газа в гало тёмной материи. Стандартная  $\Lambda$ CDM-модель даёт очень точное описание эволюции Вселенной, формирования крупномасштабной структуры и галактик. Она хорошо согласуется с наблюдениями в области больших масштабов и масс. Однако, основные проблемы проявляются при сравнении теории и наблюдений как раз на

малых масштабах и в области карликовых галактик. К примеру, расхождения теории и наблюдений проявляются в проблеме “потерянных спутников” вокруг гигантских галактик: современное космологическое моделирование предсказывает на один-два порядка больше гало малых масс, чем наблюдается карликовых галактик. Несмотря на значительный прогресс в современной наблюдательной и теоретической космологии, проблема “потерянных спутников” до конца не решена.

В наблюдаемом распределении галактик закодирована динамическая история развития Вселенной под воздействием тёмной энергии, тёмной материи и обычного вещества. Как неоднократно отмечалось исследователями (см. к примеру, Peebles and Nusser 2010), репрезентативная выборка самых близких галактик является источником важных сведений о формировании и эволюции крупномасштабной структуры Вселенной. Создание больших реперных выборок галактик с хорошо известными свойствами и пространственными скоростями, с классификацией их скучивания, является весьма актуальным с точки зрения возможности сравнения разнообразных численных космологических моделей, использующих весь спектр допустимых гипотез (с холодной и/или тёплой тёмной материей, лямбда-членом или модифицированной ньютоновской динамикой) с реально наблюдаемой Вселенной. Роль таких выборок в ближайшей Вселенной ( $D = 10\text{--}40$  Мпк) особенно велика, поскольку позволяет провести сравнение предсказаний и реальных данных намного более детально, чем выборки галактик на расстояниях в сотни или тысячи Мпк. Тем самым такие выборки имеют большую ценность для проверки основных конкурирующих моделей, а также оценки основных параметров моделей, претендующих на верное описание реального мира (к примеру, Sorice et al. 2014). Выгодные стороны такой глубокой и детальной выборки являются и главными проблемами с точки зрения её создания, так как требуют очень больших наблюдательных и аналитических усилий.

До конца 90-х годов развитие наблюдательной космологии Местной Вселенной сдерживалось скудностью данных о расстояниях даже до самых близких галактик. В рамках проекта по картографированию Местного Объёма было получено более 350 орбит наблюдательного времени на космическом телескопе им. Хаббла по 10 программам (PI: Karachentsev, Tully, Seitzer). Исследование звёздного населения близких галактик позволило произвести массовые высокоточные измерения фотометрических расстояний для примерно 400 соседних галактик. Изучение

непосредственных окрестностей Местной Группы на шкале до 10 Мпк позволяет исследовать множество карликовых галактик, недоступных наблюдениям на больших расстояниях. Эти “пробные частицы” с измеренными лучевыми скоростями и расстояниями трассируют хаббловский поток с беспрецедентно высокой точностью. Измерение расстояний и лучевых скоростей галактик в Местном Объёме радиусом 10 Мпк составляет центральную задачу коллектива лаборатории Внегалактической астрофизики и космологии Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук на протяжении последних 20 лет.

Для определения таких космологических параметров, как постоянная Хаббла, плотность барионной и тёмной материи, необходимо развивать методы определения расстояний до галактик, не зависящие от красного смещения. Под воздействием гравитации окружающего вещества наблюдаемые скорости галактик могут существенно отличаться от линейного хаббловского закона. В линейном приближении существует прямая связь между крупномасштабными неоднородностями в распределении вещества и крупномасштабным полем пекулярных скоростей. Существенное развитие за последние десятилетия методов определения расстояний до галактик независимо от красного смещения позволяет нам измерить поле пекулярных скоростей. Анализ пекулярных движений галактик является ключевым методом для решения проблемы происхождения и эволюции крупномасштабной структуры Вселенной, оценки массы групп и скоплений галактик, картографирования распределения материи на шкале 100–200 Мпк.

## **Цели и задачи диссертационной работы**

Основной целью данной работы является изучение распределения вещества в локальной Вселенной, что неразрывно связано с вопросами построения единой шкалы расстояний во Вселенной. Для решения этой задачи необходимо улучшить точность и надёжность методов массового определения расстояний, провести их калибровку и привязку друг к другу. Наиболее перспективным методом для построения трёхмерной карты Местного Объёма по наблюдениям большого числа близких галактик на космическом телескопе им. Хаббла является использование вершины ветви красных гигантов в качестве стандартной свечи. С другой стороны, анализ иерархии распределения структур во Вселенной чрезвычайно важен

для решения вопросов о формировании и эволюции галактик. Для этого требуется развитие методов кластеризации и получение надёжных оценок параметров систем. Отдельной задачей является систематизация, организации хранения и анализ большого объёма информации.

## Научная новизна

Одним из основных направлений исследований, ведущихся нашим коллективом, является изучение галактик на шкале 10 Мпк, в так называемом Местном Объёме (Karachentsev et al. 2004, 2013). В ходе этой работы был развит метод определения высокоточных фотометрических расстояний до близких, разрешаемых на звезды, галактик по вершине ветви звёзд-красных гигантов. Была проведена новая калибровка светимости вершины ветви красных гигантов. Использование метода максимального правдоподобия и оценки фотометрической точности с применением развёрнутого статистического моделирования густых звёздных полей позволило приблизить точность оценки расстояний по вершине ветви красных гигантов к 3–5%, что сопоставимо по точности с цефеидным индикатором расстояния (Makarov et al. 2006; Rizzi et al. 2007). Разработанный TRGB-метод был использован для определения расстояния до 384 галактик Местного Объёма, что является самой большой и однородной выборкой измерений высокоточных расстояний. Эти галактики наблюдались в рамках оригинальных программ исследования трёхмерного распределения близких галактик на космическом телескопе им. Хаббла.

Были созданы база данных и обновленный каталог Местного Объёма Вселенной (Kaisina et al. 2012; Karachentsev et al. 2013). На данный момент количество галактик Местного Объёма, большинство из которых являются карликовыми системами, приближается к 1000. Эта база данных является основой для изучения свойств и физических процессов в близких галактиках. В частности, было показано, что стандартная  $\Lambda$ CDM-модель чрезвычайно точно описывает функцию распределения круговой скорости галактик для массивных объектов ( $V_{\text{circ}} \gtrsim 70$  км с<sup>-1</sup> и  $\mathcal{M}_{\text{vir}} \gtrsim 5 \times 10^{10} \mathcal{M}_{\odot}$ ), но завышает в 6 раз количество карликовых галактик с круговыми скоростями  $V_{\text{circ}} \sim 30\text{--}40$  км с<sup>-1</sup>. Столь большой избыток предсказанных крупных карликовых галактик с массами  $\mathcal{M}_{\text{vir}} \approx 10^{10} \mathcal{M}_{\odot}$  в поле создаёт сложную проблему: чтобы оказаться потерянными — эти галактики

должны быть экстремально низкой поверхностной яркости, без звездообразования и нейтрального водорода. К настоящему моменту, не обнаружено ни одной подобной галактики.

Каталоги систем галактик различной кратности (Karachentsev and Makarov 2008; Makarov and Karachentsev 2009, 2011), созданные в рамках изучения распределения галактик в ближней Вселенной, выявили проблему “потерянной массы”: средняя плотность вещества локальной Вселенной, связанного с распределением галактик и групп, оказалась в 2.5–3 раза ниже глобального космологического значения  $\Omega_M = 0.28$ , полученного из космологических экспериментов по изучению реликтового фона. Это различие выходит далеко за пределы случайных погрешностей. Чтобы устранить это противоречие, необходимо предположить наличие значительных масс скрытой материи за пределами вириализованных областей групп и скоплений галактик. Такая рассредоточенная компонента тёмной материи, если она существует, превосходит в два раза суммарную массу тёмных гало, в которые погружены видимые галактики.

В ходе работы над каталогами была обнаружена интересная популяция групп, в которой отсутствуют массивные, гигантские галактики (Makarov and Uklein 2012). Подобные структуры, состоящие исключительно из галактик низкой светимости, имеют очень высокое содержание тёмной материи. Это указывает на то, что, возможно, значительная часть тёмной материи не связана со светящимся веществом и “теряется” при исследовании близких групп. Природа и происхождение таких групп остаются пока загадочными.

## Научная и практическая значимость

Представленная в диссертации методика определения положения вершины ветви красных гигантов активно применяется для определения расстояний галактик, разрешаемых на индивидуальные звезды, различными группами исследователей как в CAO РАН, так и в других учреждениях (Institute for Astronomy, University of Hawaii; University of Texas at Austin; University of Minnesota).

Полученная в работе калибровка абсолютной величины обрыва функции светимости звёзд ветви красных гигантов легла в основу массового, единообразного и однородного определения расстояний до галактик Местного Объёма, наблюдав-

шихся на космическом телескопе им. Хаббла. На данный момент этим методом оценено расстояние примерно для 400 галактик.

Результаты, полученные с использованием разработанной методики, являются неотъемлемой составляющей баз данных, которые были созданы и поддерживаются в рамках проекта по исследованию близкой Вселенной. База данных HyperLEDA и каталог расстояний в ней, база данных галактик Местного Объёма и база данных внегалактических расстояний (the Extragalactic Distance Database) активно используются как профессиональными астрономами, так и любителями. На основе собранных данных о галактиках проводится анализ их свойств и физических характеристик. Эти информационные ресурсы играют важную роль для изучения распределения вещества и космических потоков в ближней Вселенной. Они представляют интерес и активно используются для сравнений теории и результатов численного моделирования эволюции Вселенной с наблюдениями.

На основе баз данных были созданы каталоги групп и изолированных галактик внутри сферы диаметром 40–50 Мпк. Эти каталоги являются важными источниками данных для изучения концентраций галактик, оценки массы групп галактик, исследования населённости систем и связи свойств галактик с окружением. Каталоги могут использоваться для выделения объектов и их систем для дальнейшего, более подробного изучения. Характеристики структур местной Вселенной важны для сравнения наблюдений с численными моделями.

## Основные результаты, выносимые на защиту

1. Методика и пакет программ определения вершины ветви красных гигантов на основе анализа фотометрии звёзд в галактиках. Новая калибровка нуля шкалы расстояний TRGB и зависимости от цвета. Показано, что данный нуль-пункт TRGB находится в отличном согласии со шкалой расстояния Цефеид. Внутренняя точность метода составляет 0.02 mag, что сопоставимо с точностью определения расстояний по зависимости период-светимость Цефеид. С использованием метода на космическом телескопе им. Хаббла оценены расстояния до 384 близких галактик.
2. Фотометрические расстояния до 30 галактик в облаке Гончих Псов, оценен-

ные по архивным данным HST. Новая методика позволила повысить точность определения расстояний, выделить зону хаотических движений вокруг центра системы, галактики M 94. Оценка отношения масса-светимость для этой группы галактик,  $\mathfrak{M}/L_B = (120\text{--}159) \mathfrak{M}_\odot/L_\odot$  существенно превышает типичное отношение  $M/L_B \sim 30$  для близких групп галактик.

3. Структура базы данных Местного Объёма. Результаты статистического анализа полноты и свойств выборки галактик Местного Объёма. Реферативный каталог внегалактических расстояний, независимых от красного смещения, интегрированный в HyperLEDA. Структура базы данных EDD и её взаимосвязь с HyperLEDA.
4. Результаты сравнения наблюдаемой функции скоростей с предсказанием стандартной  $\Lambda$ CDM-модели. Функция скорости вращения галактик в Местном Объёме построена с точностью  $\sim 10\%$  для всех типов галактик в диапазоне круговых скоростей  $V = (10\text{--}200) \text{ км с}^{-1}$ . Теория даёт хорошее описание наблюдаемого обилия галактик промежуточных размеров ( $V_{\text{los}} \gtrsim 70 \text{ км с}^{-1}$ ,  $\mathfrak{M}_{\text{vir}} \gtrsim 3 \times 10^{10} \mathfrak{M}_\odot$ ), однако, категорически расходится с функцией скорости для меньших объектов. Для галактик с  $V_{\text{max}} = 40 \text{ км с}^{-1}$  ( $M_B \approx -16$ ) теория предсказывает в 6 раз большее число гало, чем известно галактик.
5. Критерий и алгоритм выделения систем галактик, основанные на требовании отрицательности полной энергии у физической пары галактик. Калибровка метода по галактикам в близких группах с известными высокоточными оценками расстояния, что позволило надёжно идентифицировать принадлежность галактик к системам.
6. Каталоги пар, триплетов, групп, изолированных галактик, а также систем карликовых галактик, созданные по выборке галактик в объёме пространства радиусом 48 Мпк, включающим Местное Сверхскопление с его окрестностями. В системы разной кратности вошло 54% всех галактик или 82% полной светимости Местной Вселенной. Результаты исследования глобальных свойств групп галактик. Обнаружение существования большого количества систем, состоящих исключительно из карликовых галактик.

7. Оценка средней плотности вещества Местной Вселенной, заключённой внутри вириализованных областей систем галактик. Внутри сферы диаметром 80–90 Мпк она равна  $\Omega_M = 0.08 \pm 0.02$ . Это в 3–4 раза меньше глобальной космологической плотности  $\Omega_M = 0.28 \pm 0.03$  в стандартной  $\Lambda$ CDM-модели.

## Степень достоверности и апробация результатов

Методы и алгоритмы, развитые в данной работе, приводят к непротиворечивым и хорошо согласующимся результатам, полученным другими авторами с применением иных подходов. Важным свидетельством достоверности полученных результатов является их апробация на национальных и международных симпозиумах и конференциях, их публикация в ведущих астрофизических журналах.

Основные результаты диссертации докладывались соискателем на семинарах и конкурсах научных работ САО РАН; на научной сессии Общего собрания Отделения физических наук; семинарах ГАИШ МГУ, ИНАСАН и АКЦ ФИАН; семинаре Кубанского государственного университета; семинарах обсерватории и университета Лиона, обсерватории Ниццы (Франция); института астрономии Гавайев (США), а также на всероссийских и международных конференциях:

- “The Zeldovich Universe: Genesis and Growth of the Cosmic Web”, IAU Symposium 308, Tallinn, Estonia, 23–28 June, 2014
- “European Week of Astronomy and Space Science”, EWASS 2014, Geneva, Switzerland, 30 June – 4 July, 2014
- “Cosmic Flows — Observations and Simulations”, Marseille, France, 3–7 June, 2013
- “Advancing the Physics of Cosmic Distances”, IAU Symposium 289, Beijing, China, 2012
- “Star Formation and Gas Reservoirs in Nearby Groups and Clusters”, Union College, USA, 8–11 July, 2012
- “Star Formation in Dwarf Galaxies”, Lowell Observatory, Flagstaff, Arizona, 9–22 June, 2012

- “Galaxy formation”, Durham, UK, 18–22 July, 2011
- “Актуальные проблемы внегалактической астрономии”, XXVIII конференция, Пушино, Россия, 19-21 апреля, 2011
- “Joint European and National Astronomy Meeting”, JENAM 2011, Saint-Peterburg, Russia, 4–8 June, 2011
- “A Universe of dwarf galaxies”, Lyon, France, 14–18 June, 2010
- “Nearby Dwarf Galaxies”, Nizhnij Arkhyz, Russia, 14–18 September, 2009
- “Galaxies in Isolation: Exploring Nature vs Nurture”, Granada, Spain, 12–15 May, 2009
- “Актуальные проблемы внегалактической астрономии”, XXVI конференция, Пушино, Россия, 21–23 апреля, 2009
- “Problems of Practical Cosmology”, St. Petersburg, Russia, 23–27 June, 2008
- “Актуальные проблемы внегалактической астрономии”, XXV конференция, Пушино, Россия, 22–24 апреля, 2008
- “Dark Galaxies & Lost Baryons”, Cardiff, UK, IAU Symposium 244, 25–29 June, 2007
- “Cosmic Physics”, SAO RAS, Nizhnij Arkhyz, Russia, 27–31 May, 2007
- “Актуальные проблемы внегалактической астрономии”, XXIV конференция, Пушино, Россия, 24–26 апреля, 2007
- “Юбилейная конференция, совмещенная с осенним заседанием Комитета по тематике больших телескопов”, SAO РАН, Россия, 9–12 октября, 2006
- “Galaxy Evolution Across the Hubble Time”, IAU Symposium 235, Prague, Czech Republic, 14–17 August, 2006
- “Актуальные проблемы внегалактической астрономии”, XXIII конференция, Пушино, Россия, 24-27 апреля, 2006

- “Annual meeting of the French Society of Astronomy and Astrophysics”, Lyon, France, 2006
- “Nonlinear Cosmology Workshop”, Observatoire de la Cote d’Azur, Nice, 25–27 January, 2006
- “Near-fields cosmology with dwarf elliptical galaxies”, IAU Colloquium 198, Switzerland, 14–18 March, 2005
- “Stellar Content and Distances of Nearby Galaxies 2004”, Observatoire de la Cote d’Azur, Nice, France, August 23–27, 2004
- “Релятивістська астрофізика, гравітація та космологія”, 3 конференція, Київ, Україна, 21–23 мая, 2003
- “Актуальные Проблемы Внегалактической Астрономии”, 20 конференция, Пушино, Россия, 22–25 апреля, 2003
- “Peculiar velocity of nearby galaxies”, All-russian astronomical conference, Saint Petersburg, Russia, 6–12 August, 2001
- “Актуальные Проблемы Внегалактической Астрономии”, XVIII пушинская конференция, Пушино, Россия, 23–26 апреля, 2001
- “Joint European and National Astronomical Meeting”, JENAM-2000, Moscow, Russia, 2000
- “Small Galaxy Groups”, IAU Colloquium 174, Turku, Finland, 13–18 June, 1999.

## Личный вклад автора

Основные результаты диссертации опубликованы в 37 работах общим объёмом 425 страниц, 35 работ написаны совместно с другими авторами.

Разработка методологии определения TRGB проводилась совместно с Макаровой Л.Н. Алгоритм и его реализация в виде пакета программ TRGBTOOL были созданы автором. Тестирование метода проводилось совместно с Макаровой Л.Н.

и Rizzi L. Калибровка метода определения TRGB-расстояния проводилась совместно с соавторами. Определение расстояний галактик проводилось совместно с соавторами.

Разработка, создание и наполнение базы данных расстояний в HyperLEDA были сделаны полностью соискателем. Работа с данными в HyperLEDA ведётся автором, программная поддержка обеспечивается Prugniel Ph. Разработка структуры и создание EDD велись совместно с соавторами. Автором была реализована система кросс-идентификации объектов в EDD и их привязка к HyperLEDA, и взаимодействие между различными системами хранения данных в EDD. Структура базы данных галактик Местного Объёма формировалась совместно с Кайсиной Е.И. Сбор данных и их анализ производились совместно с соавторами. Построение и анализ функции скорости галактик Местного Объёма и сравнение с теорией велось совместно с соавторами (теоретическая часть сделана Клыпиным А.А.).

Идея критерия выделения групп принадлежит Караченцеву И.Д. Развитие подхода, разработка алгоритма, его настройка по близким группам сделана автором. Для анализа окружения автором предложены параметры: приливной индекс и индекс изолированности. Выборка галактик внутри  $V_{LG} < 3500 \text{ км с}^{-1}$  и её очистка от “загрязнений” сделана автором. Создание каталогов пар, триплетов и групп проведено автором, анализ свойств систем велся совместно и Караченцевым И.Д. Список групп карликовых галактик был подготовлен совместно с Уклеиным Р.И. Список изолированных, “сиротских” галактик был создан совместно с Караченцевым И.Д.

## Статьи в рецензируемых журналах

H. M. Courtois, R. B. Tully, D. I. Makarov, S. Mitronova, B. Koribalski, I. D. Karachentsev, and J. R. Fisher. Cosmic Flows: Green Bank Telescope and Parkes H I observations. *MNRAS*, **414**, 2005–2016, July 2011.

B. A. Jacobs, L. Rizzi, R. B. Tully, E. J. Shaya, D. I. Makarov, and L. Makarova. The Extragalactic Distance Database: Color-Magnitude Diagrams. *AJ*, **138**, 332–337, August 2009.

E. I. Kaisina, D. I. Makarov, I. D. Karachentsev, and S. S. Kaisin. Observational

- database for studies of nearby universe. *Astrophysical Bulletin*, **67**, 115–122, January 2012.
- I. D. Karachentsev and D. I. Makarov. Binary galaxies in the local supercluster and its neighborhood. *Astrophysical Bulletin*, **63**, 299–345, December 2008.
- I. D. Karachentsev, V. E. Karachentseva, W. K. Huchtmeier, and D. I. Makarov. A Catalog of Neighboring Galaxies. *AJ*, **127**, 2031–2068, April 2004.
- I. D. Karachentsev, D. I. Makarov, V. E. Karachentseva, and O. V. Melnik. Optical identifications of 230 HIPASS radio sources. *Astronomy Letters*, **34**, 832–838, December 2008.
- I. D. Karachentsev, D. I. Makarov, V. E. Karachentseva, and O. V. Melnyk. Catalog of nearby isolated galaxies in the volume  $z < 0.01$ . *Astrophysical Bulletin*, **66**, 1–27, January 2011.
- I. D. Karachentsev, D. I. Makarov, and E. I. Kaisina. Updated Nearby Galaxy Catalog. *AJ*, **145**, 101, April 2013.
- V. E. Karachentseva, O. V. Melnyk, I. B. Vavilova, and D. I. Makarov. Virial and total masses of galaxy triplets in the Local Supercluster. *Astronomische Nachrichten*, **326**, 502–502, August 2005.
- A. Klypin, I. Karachentsev, D. Makarov, and O. Nasonova. Abundance of field galaxies. *MNRAS*, **454**, 1798–1810, December 2015.
- D. Makarov and I. Karachentsev. Galaxy groups and clouds in the local ( $z \sim 0.01$ ) Universe. *MNRAS*, **412**, 2498–2520, April 2011.
- D. Makarov, L. Makarova, L. Rizzi, R. B. Tully, A. E. Dolphin, S. Sakai, and E. J. Shaya. Tip of the Red Giant Branch Distances. I. Optimization of a Maximum Likelihood Algorithm. *AJ*, **132**, 2729–2742, December 2006.
- D. Makarov, P. Prugniel, N. Terekhova, H. Courtois, and I. Vauglin. HyperLEDA. III. The catalogue of extragalactic distances. *A&A*, **570**, A13, October 2014.
- D. I. Makarov and I. D. Karachentsev. Galaxy triplets in the local supercluster. *Astrophysical Bulletin*, **64**, 24–49, January 2009.

- D. I. Makarov and R. I. Uklein. A list of groups of dwarf galaxies in the local supercluster. *Astrophysical Bulletin*, **67**, 135–146, April 2012.
- D. I. Makarov, L. N. Makarova, and R. I. Uklein. Distances to dwarf galaxies of the Canes Venatici I cloud. *Astrophysical Bulletin*, **68**, 125–138, April 2013.
- O. V. Melnyk, V. E. Karachentseva, I. D. Karachentsev, D. I. Makarov, and I. V. Chilingarian. Search for companions of nearby isolated galaxies. *Astrophysics*, **52**, 184–191, April 2009.
- L. Rizzi, R. B. Tully, D. Makarov, L. Makarova, A. E. Dolphin, S. Sakai, and E. J. Shaya. Tip of the Red Giant Branch Distances. II. Zero-Point Calibration. *ApJ*, **661**, 815–829, June 2007.
- A. V. Tikhonov and D. I. Makarov. Correlation Properties of the Galaxies in the Local Supercluster. *Astronomy Letters*, **29**, 289–297, May 2003.
- A. V. Tikhonov, D. I. Makarov, and A. I. Kopylov. Investigation of clustering of galaxies, clusters and superclusters by the method of correlation Gamma-function. *Bulletin of the Special Astrophysics Observatory*, **50**, 39–50, 2000.
- R. B. Tully, L. Rizzi, E. J. Shaya, H. M. Courtois, D. I. Makarov, and B. A. Jacobs. The Extragalactic Distance Database. *AJ*, **138**, 323–331, August 2009.
- R. B. Tully, H. M. Courtois, A. E. Dolphin, J. R. Fisher, P. Héraudeau, B. A. Jacobs, I. D. Karachentsev, D. Makarov, L. Makarova, S. Mitronova, L. Rizzi, E. J. Shaya, J. G. Sorce, and P.-F. Wu. Cosmicflows-2: The Data. *AJ*, **146**, 86, October 2013.

## Статьи в сборниках трудов конференций

- I. D. Karachentsev, D. I. Makarov, V. E. Karachentseva, and W. K. Huchtmeier. Catalogue of Nearby Galaxies and the Local Cosmic Web. In A. P. Fairall and P. A. Woudt, editors, *Nearby Large-Scale Structures and the Zone of Avoidance*, volume 329 of *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, pages 255–264, June 2005.

- I. D. Karachentsev, V. Karachentseva, W. Huchtmeier, D. Makarov, S. Kaisin, M. Sharina, and L. Makarova. Mining the Local Volume. *Astrophysics and Space Science Proceedings*, **5**, 21, 2008.
- I. D. Karachentsev, D. I. Makarov, V. E. Karachentseva, and O. V. Melnyk. Properties of 513 Isolated Galaxies in the Local Supercluster. In L. Verdes-Montenegro, A. Del Olmo, and J. Sulentic, editors, *Galaxies in Isolation: Exploring Nature Versus Nurture*, volume 421 of *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, pages 69–72, October 2010.
- D. Makarov. Maximum-likelihood implementation of the tip-of-the-red-giant-branch method. In R. de Grijs, editor, *IAU Symposium*, volume 289 of *IAU Symposium*, pages 218–221, February 2013.
- D. Makarov and I. Karachentsev. Dark Matter Problem in the Local Supercluster. In J. I. Davies and M. J. Disney, editors, *IAU Symposium*, volume 244 of *IAU Symposium*, pages 370–371, May 2008.
- D. Makarov and I. Karachentsev. Galaxies and Groups in the Local Supercluster. In L. Verdes-Montenegro, A. Del Olmo, and J. Sulentic, editors, *Galaxies in Isolation: Exploring Nature Versus Nurture*, volume 421 of *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, page 264, October 2010.
- D. Makarov and R. Uklein. Groups of dwarfs. In *Galaxy Formation*, page P118, July 2011.
- D. Makarov, I. Karachentsev, and R. Uklein. Groups of Dwarf Galaxies in the Local Supercluster. In M. Koleva, P. Prugniel, and I. Vauglin, editors, *EAS Publications Series*, volume 48 of *EAS Publications Series*, pages 289–294, July 2011.
- D. I. Makarov. Velocity Field in the Local Volume. In Y. V. Baryshev, I. N. Taganov, and P. Teerikorpi, editors, *Problems of Practical Cosmology, Volume 1*, volume 1, pages 106–109, 2008.
- D. I. Makarov and I. D. Karachentsev. A new catalogue of multiple galaxies in the Local Supercluster. In M. J. Valtonen and C. Flynn, editors, *IAU Colloq. 174: Small Galaxy Groups*, volume 209 of *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, pages 40–45, 2000.

- L. Makarova and D. Makarov. The tip-of-the-red-giant-branch distance indicator and the structure of the nearest galaxy groups. In R. de Grijs, editor, IAU Symposium, volume 289 of IAU Symposium, pages 240–243, February 2013.
- L. Rizzi, R. B. Tully, D. Makarov, L. Makarova, S. Sakai, and E. J. Shaya. Optimizing the tip of the red giant branch distance estimator. In H. Jerjen and B. Binggeli, editors, IAU Colloq. 198: Near-fields cosmology with dwarf elliptical galaxies, pages 342–345, 2005.
- R. Uklein and D. Makarov. Groups of Dwarf Galaxies in the Local Supercluster. In A. M. Mickaelian, O. Y. Malkov, and N. N. Samus, editors, Fifty years of Cosmic Era: Real and Virtual Studies of the Sky. Conference of Young Scientists of CIS Countries, pages 216–220, May 2012.
- R. I. Uklein, D. I. Makarov, and S. Roychowdhury. Rendez-Vous of Dwarfs. In M. Koleva, P. Prugniel, and I. Vauglin, editors, EAS Publications Series, volume 48 of EAS Publications Series, pages 159–160, July 2011.
- I. Vauglin, P. Prugniel, H. Courtois, D. Makarov, C. Petit, G. Mamon, and G. Paturel. Capabilities of the HYPERLEDA database. In D. Barret, F. Casoli, G. Lagache, A. Lecavelier, and L. Pagani, editors, SF2A-2006: Semaine de l’Astrophysique Francaise, pages 365–366, June 2006.

## Структура и объём диссертации

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и двух приложений; содержит 128 иллюстраций, 13 таблиц и 6 каталогов. Список цитируемой литературы включает 413 ссылок. Общий объём диссертации 465 страниц (315 без учёта приложений). В конце каждой главы перечисляются основные результаты и приводится список статей, в которых они были представлены.

## Краткое содержание диссертации

Во **введении** обсуждается актуальность работы, цели и задачи исследования; научная новизна; научная и практическая значимость полученных результатов;

формулируются положения, выносимые на защиту; а также приводится список работ, в которых опубликованы результаты данного исследования, с указанием личного вклада автора в совместных публикациях. Кратко представлено содержание диссертации.

**Глава 1** посвящена разработке методики определения расстояний до близких галактик по светимости звёзд вершины ветви красных гигантов (TRGB). В §1.1 изложена краткая история развития метода. Методология определения звёздной величины TRGB подробно описана в §1.2. Данная методика является развитием подхода, основанного на подгонке наблюдаемой функции светимости звёзд методом максимального правдоподобия. Наш алгоритм использует эмпирическое описание функции полноты, ошибок и систематики звёздной фотометрии для более качественного описания наблюдаемой функции светимости звёзд ветви красных гигантов. Для наиболее точной оценки наблюдательных эффектов используется фотометрия искусственных звёзд, которая имитирует реальные наблюдения. Интенсивное тестирование метода показало его надёжность и хорошую внутреннюю точность. Метод максимального правдоподобия даёт лучшую точность по сравнению с методами выделения границ для большинства реальных звёздных популяций и любых условий наблюдений. Метод максимального правдоподобия способен давать достаточно надёжные результаты даже в случае слабой населённости ветви красных гигантов и вблизи фотометрического предела наблюдений. Получена взаимосвязь между количеством звёзд, участвующих в анализе, точностью фотометрии звёзд в области скачка и точностью оценки положения TRGB. Раздел §1.3 посвящён калибровке метода TRGB. Боллометрическая светимость TRGB имеет сильную зависимость от металличности, даже в наиболее “удачном” *I*-фильтре существует слабая зависимость от цвета. Наклон этой зависимости был однозначно определён по CMD индивидуальных галактик, показывающих большой разброс звёздных популяций по металличности. В §1.3.2 получена новая калибровка светимости ярчайших звёзд RGB по пяти галактикам Местной Группы (IC 1613, NGC 185, Sculptor, Fornax, M 33), расстояния до которых были оценены нами по светимости звёзд горизонтальной ветви. Это позволило получить калибровку шкалы расстояний независимо от шкалы расстояний Цефеид. В §1.5 проведено сравнение оценок расстояний пятнадцати галактик, полученных по зависимости период-светимость Цефеид и разработанной нами вариацией метода TRGB. По-

казано, что новый нуль-пункт метода TRGB находится в отличном согласии со шкалой расстояния Цефеид,  $\mu_{\text{Ceph}} - \mu_{\text{TRGB}} = -0.01 \pm 0.03$ . В разделе §1.6 проведено уточнение расстояний для 30 галактик в рассеянной концентрации галактик в созвездии Гончих Псов. Применение новой методики повысило точность определения расстояний и позволило выделить зону хаотических движений вокруг центра системы, галактики М 94. Полученная нами оценка отношения масса-светимость для этой группы галактик  $\mathfrak{M}/L = (120 - 159) \mathfrak{M}_{\odot}/L_{\odot}$ , существенно превышает типичное отношение  $\mathfrak{M}/L \sim 30$  для близких групп галактик.

В **главе 2** описана структура баз данных оценок расстояний до галактик. Базы данных были созданы в рамках исследования структуры и кинематики близкой Вселенной. Реферативный каталог оценок расстояний до галактик, интегрированный в базу данных HyperLEDA, является её составной частью и описан в разделе §2.1.1. Все оценки расстояния приведены в единую шкалу, основанную на аккуратной выборке измерений высокого качества. В базе данных внегалактических расстояний (EDD), §2.2, воедино собраны разнообразные коллекции данных, связанные с задачей определения расстояний до галактик. Её составной частью является каталог CMD и оценок TRGB-расстояний галактик Местного Объёма, §2.3. Он содержит информацию о звёздном населении и оценках расстояния до галактик, наблюдавшихся на космическом телескопе, и имеющих достаточно глубокую CMD для обнаружения ветви красных гигантов, с последующим измерением величины TRGB.

**Глава 3** посвящена исследованию близкой Вселенной, так называемому Местному Объёму. Отмечена важность создания репрезентативной выборки близких галактик для исследования их статистических свойств и сравнения с современными теоретическими моделями. Вкратце описана история создания и расширения выборки галактик Местного Объёма. В разделе §3.1 описывается критерий отбора кандидатов в обновленный каталог близких галактик. На начало 2013 года он содержал 869 близких галактик. Этот каталог охватывает все небо и содержит галактики с индивидуальными оценками расстояния менее 11 Мпк, либо лучевыми скоростями, приведёнными к центроиду Местной Группы,  $V_{LG} < 600 \text{ км с}^{-1}$ . В каталоге содержатся наблюдательные данные об угловом диаметре; видимой величине в  $FUV$ ,  $B$  и  $K_s$  фильтрах; потоке в линиях  $H\alpha$  и  $H\text{I}$ ; морфологических типах; ширине линии  $H\text{I}$ ; радиальной скорости и оценке расстояния. 108

карликовых галактик выборки до сих пор остаются без измерений лучевых скоростей. Кроме того, каталог предоставляет информацию о физических параметрах галактик и их окружении: линейном холмберговском диаметре; абсолютной величине в  $B$ -фильтре; поверхностной яркости; водородной, звёздной и индикативной массах; скорости вращения, скорректированной за наклон галактики; и трёх индикаторах, характеризующих плотность их локального окружения. Каталог создан на основе базы данных галактик Местного Объёма<sup>1</sup>. База данных содержит наиболее свежую информацию об объектах. Кроме таблиц, суммирующих наблюдательные и физические характеристики галактик, база данных предоставляет доступ к  $H\alpha$ -изображениям, полученным в ходе обзора на телескопе БТА. В разделе §3.3 кратко обсуждены распределение и движения галактик внутри LV. Галактики концентрируются вокруг хорошо известных близких групп галактик, таких как M 81, Centaurus A, M 83, IC 342, NGC 253, M 101, NGC 6946, Leo I. Примерно половину Местного Объёма занимает Местный Войд, тянущийся далеко за пределы Местного Объёма. Показано, что характер движений галактик далёк от невозмущенного хаббловского потока: галактики с большими отрицательными пекулярными скоростями располагаются вдали от сверхгалактической плоскости, а галактики, лежащие вблизи сверхгалактической плоскости, демонстрируют тенденцию “падения” в направлении скопления в Деве. В §3.4 построены различные масштабные соотношения, характеризующие галактики выборки. Галактики формируют фундаментальную плоскость в пространстве параметров светимость-размер-амплитуда внутренних движений. Из диаграммы абсолютная звёздная величина-диаметр видно, что галактики в первом приближении следуют зависимости, соответствующей постоянству средней объёмной плотности светимости. Светимость, размер и амплитуда вращения различаются для галактик различных морфологических типов, образуя максимум в районе Sbc-галактик. Отмечено, что классическая морфологическая классификация Хаббла плохо подходит для описания карликовых галактик. В разделе §3.4 предложена двухпараметрическая схема, характеризующая карлики по поверхностной яркости и цвету. Отношение индикативной массы к полной светимости для галактик Местного Объёма растёт от ранних типов к поздним. Однако, при переходе от спиральных галактик (Sd, Sm) к иррегулярным (BCD, Im, Ir), заметно существенное (около 4-х раз)

---

<sup>1</sup><http://www.sao.ru/lv/lvgdb>

падение среднего отношения  $\mathcal{M}_{26.5}/L$ . Основные HI-свойства галактик Местного Объёма обсуждаются в разделе §3.5. Выборка близких галактик демонстрирует хорошо известный эффект, что среднее отношение  $\mathcal{M}_{\text{HI}}/L_B$  возрастает от  $\sim 0.1$  до  $\sim 0.7 \mathcal{M}_{\odot}/L_{\odot}$  при переходе от нормальных спиральных галактик к карликовым системам с  $V_{\text{max}} < 50 \text{ км с}^{-1}$ . Эта особенность, как правило, приписывается более низкой скорости звездообразования в карликовых галактиках. Оценка среднего отношения массы газа к массе звёзд для карликовых галактик равна  $\mathcal{M}_{\text{gas}}/\mathcal{M}_{\text{star}} = 1.3$ . Следовательно, более половины массы барионов в карликовых галактиках, детектируемых в HI, остаётся переработанной в звёздную компоненту. Для нормальных галактик,  $V_{\text{max}} > 100 \text{ км с}^{-1}$ , медианное значение отношения массы водорода к динамической массе равно  $\mathcal{M}_{\text{HI}}/\mathcal{M}_{26.5} \sim 0.03$ , в то время как у карликовых галактик с  $V_{\text{max}} < 20 \text{ км с}^{-1}$  оно возрастает до  $\mathcal{M}_{\text{HI}}/\mathcal{M}_{26.5} \sim 1$ , в некоторых случаях достигая значения  $\mathcal{M}_{\text{HI}}/\mathcal{M}_{26.5} > 10$ . Индикаторы окружения — приливной индекс наиболее значимого и пяти наиболее значимых соседей, контраст средней плотности светимости внутри 1 Мпк — описаны в разделе §3.6. Максимальное значение отношения водородной массы к  $K_s$ -светимости,  $\mathcal{M}_{\text{HI}}/L_K$ , остаётся примерно постоянным как для галактик поля, так и для членов групп. При этом, существует резкое падение минимального значения  $\mathcal{M}_{\text{HI}}/L_K$  с повышением плотности окружения. Очевидно, что наблюдаемое увеличение дефицита HI в сторону роста плотности связано с выметанием газа из галактик при их тесном взаимодействии. Отмечено, что удельный темп звездообразования практически не зависит от средней поверхностной яркости галактик на шкале примерно пяти величин. При этом содержание водорода  $\mathcal{M}_{\text{HI}}/L$  растёт в сторону слабой поверхностной яркости. В разделе §3.7 показано, что средние параметры Местного Объёма близки к глобальным средним значениям. Так, средняя плотность светимости в фильтре  $B$  превышает глобальную в 2.2 раза, средняя плотность  $K_s$ -светимости — 1.4 раза, при этом средняя плотность нейтрального водорода, как и средняя плотность скорости звездообразования, фактически совпадает с их глобальными аналогами. Следовательно, выборка галактик Местного Объёма достаточно хорошо воспроизводит локальную Вселенную по многим характеристикам. Функция светимости галактик Местного Объёма анализируется в разделе §3.8. Показано, что она хорошо согласуется с данными обзоров SDSS (Blanton et al. 2005) и 2dF (Norberg et al. 2002a). Аппроксимация наблюдаемой функции светимости галактик

в Местном Объёме функцией Шехтера позволяет оценить полноту данных в зависимости от светимости галактик. Можно считать, что выборка полна вплоть до светимости  $M_B = -14$ . Согласно этой аппроксимации, 90% полнота наблюдается на  $M_B = -13.5$ , которая, в среднем, соответствует  $V_{\text{los}} \approx 20 \text{ км с}^{-1}$ . Выборка недоучитывается половины галактик при  $M_B = -12$  и  $V_{\text{los}} \approx 13 \text{ км с}^{-1}$ . В разделе §3.9 показано, что близость параметров Местного Объёма к глобальным параметрам можно объяснить, наложив ограничение на количество гигантских галактик вокруг нашей Галактики внутри 10 Мпк, согласно наблюдательным данным. При этом, кандидаты в Местный Объём, отобранные в современных космологических расчётах, действительно демонстрируют свойства — среднюю плотность, хаббловский поток и функцию скорости — очень близкие к глобальным характеристикам вселенной в целом. Раздел §3.10 посвящён исследованию функции круговой скорости  $dN/dV$  галактик в Местном Объёме. Эта функция является фундаментальной статистикой, чрезвычайно чувствительной к теоретическим предсказаниям. Однако, из-за сложности её измерения согласованные оценки для различных выборок стали возможны только в последнее время (Zwaan et al. 2010; Papastergis et al. 2011). Местный Объём позволяет оценивать функцию скорости с необходимой точностью благодаря присутствию в выборке галактик низкой светимости и всех морфологических типов. Благодаря этому удалось построить функцию скорости в Местном Объёме с точностью  $\sim 10\%$  в диапазоне скоростей  $V = (10\text{--}200) \text{ км с}^{-1}$ . Функция скорости имеет пологий наклон  $dN/d\log V \propto V^{-1}$  для малых круговых скоростей и относительно резкий спад для больших скоростей. Найдено, что стандартная  $\Lambda\text{CDM}$  модель даёт хорошее предсказание наблюдаемого обилия галактик промежуточных размеров с  $V_{\text{los}} \gtrsim 70 \text{ км с}^{-1}$  и соответствующими вириальными массами  $\mathfrak{M}_{\text{vir}} \gtrsim 3 \times 10^{10} \mathfrak{M}_{\odot}$ . Однако, пологий наклон функции скорости для галактик с  $V_{\text{los}} \lesssim 40 \text{ км с}^{-1}$  категорически расходится со стандартной  $\Lambda\text{CDM}$  моделью, которая предсказывает наклон  $\alpha = -3$  для гало и субгало тёмной материи по результатам численного моделирования. Модели тёплого тёмного вещества (WDM) также не могут объяснить наблюдения, вне зависимости от массы WDM частиц. Переизбыток галактик поля во многих аспектах отличается от более известной проблемы переизбытка спутников в Местной Группе. В отличие от Местной Группы, где проблема проявляется в обилии бедных газом сфероидальных систем с  $V \sim 10 \text{ км с}^{-1}$  и на малых расстояниях от гигантских галактик, в поле пробле-

ма существует для богатых газом галактик со звездообразованием, со скоростями  $V \sim 30\text{--}40 \text{ км с}^{-1}$  и на больших расстояниях от массивных соседей.

**Глава 4** посвящена изучению распределения вещества на шкале Местного Сверхскопления. Создание выборки галактик, ограниченной лучевой скоростью относительно центроида Местной Группы  $V_{LG} < 3500 \text{ км с}^{-1}$  описано в §4.1. Она включает 10914 галактик по всему небу, за исключением зоны сильного поглощения в нашей Галактике  $|b| > 15^\circ$ , и с точностью измерения красного смещения лучше  $75 \text{ км с}^{-1}$ . Основным источником информации о лучевых скоростях, видимых величинах, морфологических типах и других параметрах галактик были базы данных LEDA и NED (зафиксированные на июнь 2006 года). Особое внимание было уделено очистке выборки от астрономического “спама”: ложных объектов (к примеру, узлы и ассоциации в ярких галактиках) и данных (ошибки фотометрии и оценки красного смещения), опечаток и случаев неверной идентификации. Вдобавок, было проведено независимое отождествление HI-источников из обзора HIPASS в оптике. Нами была проведена визуальная оценка звёздных величин ( $\sim 600$ ) и морфологическая классификация  $\sim 4000$  объектов, для которых эта информация отсутствовала в базах данных и обзорах. В разделе §4.2 описываются два основных подхода к выделению групп и сравниваются основные результаты, полученные с применением этих методов. Отмечено, что при кластеризации, как правило, игнорируются индивидуальные свойства галактик, которые рассматриваются как неразличимые частицы. В диссертации, §4.3, был предложен и разработан критерий выделения малых групп галактик, требующий, чтобы члены группы образовывали гравитационно-связанную систему: полная энергия физической пары галактик должна быть отрицательной и её размер не должен превышать радиуса сферы нулевой скорости. Алгоритм кластеризации использует информацию о координатах, красных смещениях и звёздных величинах объектов. Масса галактик оценивалась через светимость в  $K_s$  фильтре. Точная настройка алгоритма проводилась по близким системам из выборки галактик Местного Объёма, где членство галактик в группах известно по высокоточным измерениям расстояний. Применение критерия кластеризации к наблюдательной выборке 10914 галактик с радиальными скоростями  $V_{LG} < 3500 \text{ км с}^{-1}$  позволило выделить 509 пар галактик (§4.4), 168 тройных систем (§4.5) и 395 групп большей кратности (§4.6). Выборка групп кратностью более 4 членов характеризуется следующими медианными

значениями: средний проекционный радиус  $\langle R \rangle = 268$  кпк, дисперсия лучевых скоростей  $\sigma_V = 74 \text{ км с}^{-1}$ , суммарная светимость в  $K_s$ -полосе  $L_K = 1.2 \times 10^{11} L_\odot$ , вириальная масса  $\mathcal{M}_{\text{vir}} = 2.4 \times 10^{12} \mathcal{M}_\odot$ . Время пересечения 97% выделенных групп не превосходит 13.7 млрд. лет, с медианой равной 3.8 млрд. лет. Следовательно, основная доля групп, выделенных нашим алгоритмом, может рассматриваться как динамически проэволюционировавшие системы. В группах различной кратности содержится 54% всех галактик или 82% полной светимости Местной Вселенной в данном объёме. Мы не накладывали каких-либо специальных условий, которые могли бы ограничивать изначальную выборку галактик, к примеру, по морфологическому типу, за исключением доступности данных о лучевых скоростях галактик. Минимальная селективность нашей выборки делает её привлекательной для анализа различных свойств систем галактик в зависимости от окружения. На основе каталога групп в Местном Сверхскоплении Makarov and Karachentsev (2011) был составлен список систем, состоящих исключительно из карликовых галактик, §4.7. В него вошли группы, ярчайшая галактика которых слабее  $M_K = -19$  в  $K_s$ -фильтре. Наиболее населённая группа содержит 6 карликовых галактик. Такие системы составляют примерно 5% всех групп в Местном Сверхскоплении. Однако, с учётом селекционных эффектов, общее число кратных карликовых систем должно быть как минимум в 5–6 раз больше. Большинство рассматриваемых систем находятся в областях пониженной плотности и эволюционируют без влияния массивных галактик. Группы характеризуются размерами 30 кпк и дисперсией скоростей  $11 \text{ км с}^{-1}$ , что существенно меньше соответствующих величин для типичных групп в Местном Сверхскоплении. Наша выборка групп карликовых галактик формирует непрерывную последовательность в распределении по светимостям и массам с ассоциациями, найденными Tully et al. (2006) по анализу трёхмерного распределения близких карликовых галактик. Группы и ассоциации карликов имеют подобные светимости, однако, группы на порядок более компактны. В целом, группы и ассоциации формируют непрерывную последовательность. Как и ассоциации, наши группы имеют высокие отношения масса-светимость, что свидетельствует о присутствии в них большого количества тёмной материи. Каталог 520 наиболее изолированных близких галактик с лучевыми скоростями  $V_{\text{LG}} < 3500 \text{ км с}^{-1}$ , охватывающий все небо, описан в §4.8. Эта популяция “космических сирот” составляет 4.8%. Половину каталога “Local Orphan Galaxies” (LOG) составляют галактики

морфологических типов Sdm, Im, Ir, где отсутствуют балджи. Медианное отношение  $\mathcal{M}_{\text{gas}}/\mathcal{M}_{\text{star}}$  превышает 1. Распределение на небе галактик нашего каталога выглядит вполне равномерным с некоторыми признаками слабого сгущения на масштабе  $\sim 0.5$  Мпк. Галактики LOG располагаются в областях, где средняя локальная плотность материи примерно в 50 раз ниже средней глобальной плотности. Мы отмечаем ряд галактик LOG с искажением структуры, которое может быть следствием взаимодействия изолированной галактики с массивным тёмным объектом. Таблицы каталогов приведены в приложениях к диссертации: пары галактик — В.1; триплеты — В.2; группы большей кратности,  $n \geq 4$ , — В.3; системы кратных карликов — В.4; список изолированных галактик — В.5. Оценка средней плотности вещества в Местной Вселенной приведена в §4.9. Согласно нашим данным, она составляет  $\Omega_M = 0.08 \pm 0.02$  внутри сферы диаметром 80–90 Мпк, принимая  $H_0 = 73 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ . Это существенно меньше глобального значения  $\Omega_M = 0.28\text{--}0.31$ , полученного при изучении флуктуаций микроволнового фона Вселенной. Расхождение между глобальной и локальной величиной  $\Omega_M$  может быть вызвано существованием компоненты тёмного вещества, не связанного с вириальными массами систем галактик.

В **заключении** перечислены основные результаты диссертации.

# Глава 1

## Вершина ветви красных гигантов (TRGB) как индикатор расстояния

### Введение

В последнее десятилетие был достигнут значительный прогресс в изучении крупномасштабной структуры Вселенной. Проекты типа Слоановского цифрового обзора неба существенно улучшили наше знание кинематики, динамики и распределения галактик на больших расстояниях. В то же самое время, огромные достижения были сделаны на малых шкалах в локальной Вселенной в результате систематического поиска близких галактик как в оптике (Karachentseva and Karachentsev 1998, 2000a; Whiting et al. 2002), так и в ходе слепых HI обзоров (Meyer et al. 2004). На шкале десяти лет со времени публикации списка 226 галактик с радиальными скоростями менее  $500 \text{ км с}^{-1}$  (Karachentsev 1994) количество известных близких галактик удвоилось (Karachentsev et al. 2004). Космический телескоп и новые большие наземные инструменты позволяют изучать звёздные популяции и измерять расстояния до близких галактик с высокой точностью.

Светимость вершины ветви красных гигантов (TRGB) является стандартной свечой для измерения точных расстояний до галактик внутри 10 Мпк (Karachentsev et al. 2006a; Maíz-Apellániz et al. 2002). Метод TRGB позволяет достичь точность, сравнимую с зависимостью период-светимость Цефеид (Sakai et al. 1996; Bellazzini et al. 2001). Более того, так как по существу во всех галактиках, разрешённых на звезды, находят старое звёздное население, метод TRGB может быть применён к галактикам всех морфологических типов, включая спирали, эллип-

тические и иррегулярные галактики. TRGB метод требует меньше телескопного времени для получения хорошей оценки расстояния (для галактик, находящихся в пределах 5 Мпк, достаточно всего одной орбиты HST при наблюдениях с WFPC2 камерой; ACS камера позволяет изучать галактики вплоть до 10 Мпк за то же самое время). Со времени ранней визуальной идентификации обрыва ветви красных гигантов был разработан ряд более сложных методик для улучшения надёжности и точности TRGB измерений (Lee et al. 1993; Sakai et al. 1996; Méndez et al. 2002).

Начиная с 1999 года, члены нашей команды провели наблюдения более 350 близких галактик на космическом телескопе им. Хаббла (HST). Этот богатый материал включает изображения галактик всех морфологических типов с преобладанием карликовых объектов, большинство которых расположено в пределах 6–7 Мпк. Среди них есть системы как низкой, так и высокой металличности. Во многих объектах TRGB обнаруживается ниже 1 mag над фотометрическим пределом. Основной целью этой работы является улучшение точности измерения TRGB вблизи фотометрического предела. Существующие данные дают отличную возможность сравнить выявление TRGB для галактик различных типов и наблюдавшихся разными способами. Целью проекта было развитие методики TRGB-измерений и её применение для анализа всего набора подходящих данных из HST архива.

Метод TRGB является наиболее востребованным индикатором расстояния для близких ( $D \lesssim 10$  Мпк) галактик. Его преимуществами, по сравнению с другими методами определения расстояний, являются следующие характеристики:

- индикатор достаточно яркий,  $M_I \sim -4$  mag;
- физический процесс, лежащий в его основе, хорошо понятен (Salaris and Cassisi 1997; Madore et al. 1997; Salaris et al. 2002);
- наблюдения чрезвычайно эффективны, часто для измерения расстояния достаточно иметь всего два изображения галактики в разных фильтрах;
- по сравнению с наблюдением переменных звёзд (обнаружение, классификация и определение параметров пульсаций) метод технически более простой;
- метод базируется на измерении яркости старых малометаллических звёзд и применим к галактикам практически всех типов, в которых есть старое звёздное население;

- красные гиганты не связаны с областями звездообразования, соответственно неравномерность поглощения в галактике не является существенной проблемой.

С другой стороны, TRGB не является идеальной стандартной свечой. Боллометрическая светимость самых ярких RGB звёзд в большей степени зависит от металличности и в меньшей степени от её возраста.

## 1.1 Краткая история метода

Ветвь красных гигантов формируется звёздами с массой менее двух масс Солнца, начинающими свою жизнь на главной последовательности с горения водорода в ядре, окружённом конвективной оболочкой. В результате выгорания водорода образуется вырожденное гелиевое ядро, а сам водород продолжает гореть в тонком слое, окружающем ядро (водородный слоевой источник). Звезда превращается в красный гигант, постепенно увеличивая свою светимость в ходе эволюции. Ветвь красных гигантов является одной из самых заметных деталей на диаграмме Герцшпрунга-Рессела (светимость — показатель цвета) для старого звёздного населения. В процессе выгорания водорода масса гелиевого ядра увеличивается, при этом ядро сжимается и нагревается. Когда температура ядра достигает примерно 100 млн. градусов происходит возгорание гелия. Воспламенение ядерных реакций в вырожденном ядре приводит к термоядерной гелиевой вспышке и быстрому уходу с ветви красных гигантов, так как звезда не может компенсировать производство энергии расширением. Однако, вырожденное состояние гелиевого ядра снимается раньше разрушения и взрыва самой звезды. После бурной вспышки энергии звезда быстро сжимается и начинается спокойное горение гелия в ядре на горизонтальной ветви или в красном сгущении. В момент гелиевой вспышки звезда покидает ветвь красных гигантов. Для наблюдателя этот феномен выглядит как отчётливый и резкий обрыв яркой части функции светимости звёзд ветви красных гигантов.

Из-за вырожденного состояния ядра возгорание гелия происходит при почти постоянной массе ядра (около  $0.5 M_{\odot}$ ). Это, в свою очередь, означает, что возгорание возникает при предсказуемой светимости самой звезды. Боллометрическая светимость TRGB маломассивных звёзд изменяется всего на 0.1 mag в диапазоне

возрастов от 2 до 15 млрд. лет (Iben and Renzini 1983) и для металличностей, охватывающих весь диапазон, представленный галактическими шаровыми скоплениями,  $-2.1 < [\text{Fe}/\text{H}] < -0.7$  (Salaris and Cassisi 1997). Абсолютная величина звезды-красного гиганта в цвете  $I$  в момент вспышки весьма слабо зависит от возраста и металличности (для малометалличного звёздного населения), являясь, таким образом, хорошим индикатором расстояния до галактики. Детальный обзор TRGB метода был дан Madore and Freedman (1998) и Sakai (1999).

Первым, кто заметил примерное равенство светимости ярчайших красных гигантов близких галактик, был Baade (1944). Он указал, что галактика M 31 (туманность Андромеды) и её спутники M 32 и NGC 205 имеют подложку из красных гигантов и предположил, что ярчайшие звезды этой подложки похожи на звезды RGB шаровых скоплений. Sandage (1971) подтвердил наблюдения Baade для большого числа галактик Местной группы и нашёл абсолютную звёздную величину ярчайших красных гигантов  $M_V \approx -3.0 \pm 0.2 \text{ mag}$  в галактиках M 31, M 33 и IC 1613.

В работах Da Costa and Armandroff (1990) и Lee et al. (1993) была продемонстрирована перспектива и важность этих звёзд для определения расстояний до галактик и шаровых скоплений. С тех пор метод улучшался неоднократно. Астрономы работали в двух направлениях: уточняли абсолютную калибровку метода и разрабатывали новые методики выделения и определения положения TRGB на диаграмме цвет-величина.

Из анализа CMD шаровых скоплений Da Costa and Armandroff (1990) определили болометрическую величину TRGB:

$$M_{bol}^{\text{TRGB}} = -3.81 - 0.19 [\text{Fe}/\text{H}], \quad (1.1)$$

которая связана с яркостью в фильтре  $I$  через болометрическую поправку

$$\text{BC}_I = 0.881 - 0.243(V - I)_0. \quad (1.2)$$

Металличность звёздного населения оценивалась по цвету RGB для звёзд светимостью  $M_I = -3$ :

$$[\text{Fe}/\text{H}] = -15.16 + 17.0(V - I)_{0,-3} - 4.9[(V - I)_{0,-3}]^2. \quad (1.3)$$

Все соотношения справедливы для металличности  $-2.2 < [\text{Fe}/\text{H}] < -0.7$  и были получены по скоплениям M 15 и 47 Tuc. Абсолютная калибровка была сделана по

светимости переменных звёзд RR Лиры, с использованием калибровки Lee et al. (1990),  $M_V(\text{RR}) = 0.82 + 0.17 [\text{Fe}/\text{H}]$ .

Lee et al. (1993) применили метод к разрешённым на звезды близким галактикам. Они продемонстрировали, что светимость TRGB в  $I$ -фильтре является превосходным индикатором расстояния, так как зависимость от металличности в этом фильтре оказалось существенно меньше, чем в других оптических диапазонах, и так как чувствительность обычных CCD хорошо согласуется с наблюдением красных гигантов в фильтре  $I$ . Они заменили калибровку металличности на аналогичную, но для звёзд на пол величины более ярких:

$$[\text{Fe}/\text{H}] = -12.64 + 12.6(V - I)_{0,-3.5} - 3.3[(V - I)_{0,-3.5}]^2. \quad (1.4)$$

В серии статей (Ferraro et al. 1999, 2000; Bellazzini et al. 2001, 2004) была получена новая робастная калибровка светимости TRGB, продлённая до более высокой металличности  $[\text{Fe}/\text{H}] = -0.2$ . Для  $I$ -фильтра они определили:

$$M_I^{\text{TRGB}} = 0.258 [\text{M}/\text{H}]^2 + 0.676 [\text{M}/\text{H}] - 3.629, \quad (1.5)$$

где  $[\text{M}/\text{H}]$  — полная металличность, скорректированная за обогащение  $\alpha$ -элементами.

ИК диапазон рассматривается как хорошая альтернатива наблюдениям в  $I$ -фильтре, так как TRGB ярче, а межзвёздное поглощение меньше. Большинство новейших телескопов будут оптимизированы для наблюдения в близком ИК, включая James Webb Space Telescope, что расширит применимость метода TRGB на значительно большие расстояния. С другой стороны, ИК диапазон имеет ряд недостатков, которые видны на рисунке 1.1.

На левом графике рисунка 1.1 показан ряд изохрон с металличностями от  $Z = 0.004$  до  $Z = 0.30$  из падуанской библиотеки моделей звёздной эволюции (Girardi et al. 2002) с улучшенным расчётом стадии AGB (Cioni et al. 2006). Жирными точками отмечено положение TRGB. На правом графике рисунка 1.1 показана зависимость положения TRGB от металличности в различных фильтрах. Чёрными точками помечены падуанские изохроны звёздной эволюции (Girardi et al. 2002). Кружками показаны положения TRGB в моделях с  $\alpha$ -обогащением (Salasnich et al. 2000). Линиями показана калибровка Bellazzini et al. (2004). На рисунке 1.1 видно, что зависимость от металличности положения TRGB в ИК-диапазоне значительно сильнее. Это означает, что надёжное применение метода в ИК-фильтрах

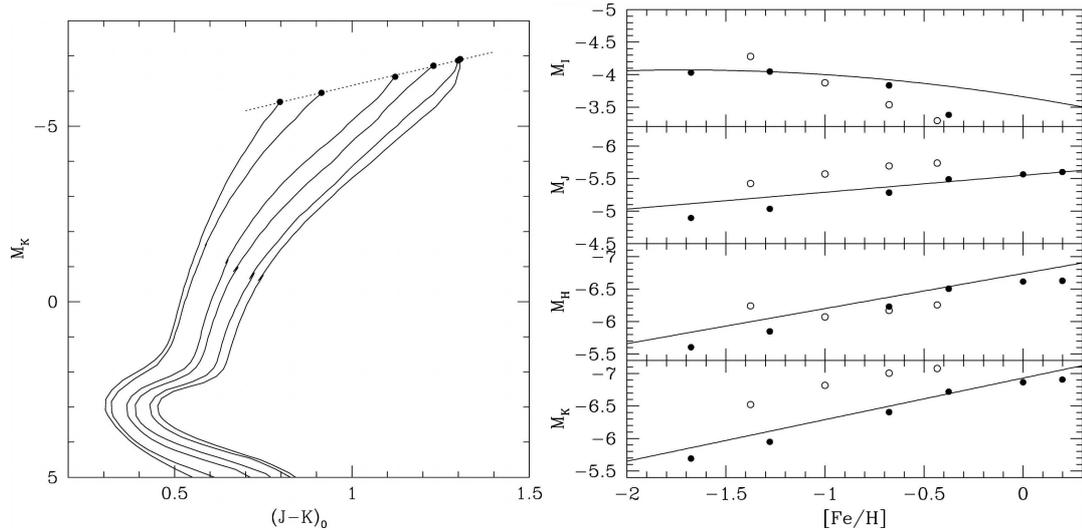


Рис. 1.1: Слева показаны изохроны в ИК-диапазоне из библиотеки Girardi et al. (2002). Жирные точки отмечают положение TRGB. Металличность изохрон возрастает слева направо:  $Z = 0.004, 0.001, 0.004, 0.008, 0.19, 0.30$ . Справа изображена зависимость положения TRGB от металличности в  $I, J, H, K$  фильтрах. Чёрные точки соответствуют изохронам Girardi et al. (2002). Кружками показаны модели с  $\alpha$ -обогащением (Salasnich et al. 2000), а калибровки Bellazzini et al. (2004) нанесены линиями.

требует значительно более точного знания металличности, чем это требуется в  $I$ -фильтре. Кроме того, зависимость от металличности оказывается положительной. Таким образом, TRGB богатых металлами звёзд ярче, чем TRGB малометаллических звёзд. В результате, в объектах с комплексной популяцией звёзд, с большим разбросом по металличности и цвету, надёжное определение яркости вершины ветви красных гигантов становится более сложным. Из графиков рисунка 1.1 видно, что минимальная зависимость от металличности достигается в районе 1 микрона. Было бы удобно проводить наблюдения на этой длине волны на космических телескопах следующего поколения.

Были предприняты попытки определения зависимости TRGB от металличности из теории звёздной эволюции. В обзоре Salaris et al. (2002) отмечено хорошее согласие между различными предсказаниями, с разницей в  $M_{bol}^{TRGB}$  менее 0.1 mag, несмотря на неопределённости, влияющие на уравнение состояния частично вырожденного вещества, потерю энергии из-за нейтрино, и сечение ядерных реакций для тройного  $\alpha$ -процесса. В качестве примера, Salaris and Cassisi (1998) определи-

ли взаимосвязь следующим образом:

$$M_{bol}^{TRGB} = -3.949 - 0.178 [M/H] + 0.008 [M/H]^2. \quad (1.6)$$

Отметим, что все калибровки, за исключением теоретических, основаны на измерениях, не удовлетворяющих критерию полноты, как это определено *Madore and Freedman (1995)*. В данной работе было продемонстрировано, что необходимо иметь как минимум 100 звёзд в пределах одной звёздной величины после TRGB, чтобы надёжно определить положение TRGB. Ни одно из шаровых скоплений, исследованных *Da Costa and Armandroff (1990)* или *Lee et al. (1993)* не удовлетворяют этому критерию. В исследованных галактических шаровых скоплениях число звёзд в пределах первой величины ниже TRGB варьируется от 2 до 20, а индикатором TRGB являлась ярчайшая и наиболее красная звезда. Похожая проблема встречается в измерениях *Ferraro et al. (1999, 2000)*. Достаточное количество звёзд наблюдается только в случае использования для калибровки скопления  $\omega$  Центавра (*Bellazzini et al. 2001*). В разделе §1.3 будет рассмотрено построение новой калибровки, полностью основанной на хорошо населённых CMD разрешаемых на звезды близких галактик, где нет необходимости вводить поправку за малое число звёзд в выборке.

Ранние примеры использования метода TRGB основывались на визуальной оценке положения вершины ветви по диаграмме цвет-величина. В работе *Lee et al. (1993)* впервые был предложен количественный метод выделения положения TRGB. Авторы использовали стандартный алгоритм обработки изображений для нахождения границ областей: свёртку функции светимости звёзд RGB с ядром Собеля нулевой суммы  $[-2, 0, +2]$  для выделения положения, где происходит наиболее быстрое возрастание количества звёзд. Фактически, фильтр Собеля даёт первую производную табличной функции на основе трехточечного сглаживания. Точность определения модуля расстояния данным методом составляла 0.1–0.2 mag.

Недостатком подхода *Lee et al. (1993)* являлась зависимость решения от построения гистограммы функции светимости, как от величины шага разбиения, так и от его положения. *Sakai et al. (1996)* предложили использовать сглаженную

функцию светимости:

$$\Phi(m) = \sum_{i=1}^N \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_i} \exp\left[-\frac{(m_i - m)^2}{2\sigma_i^2}\right], \quad (1.7)$$

где  $m_i$  и  $\sigma_i$  — видимая звёздная величина и фотометрическая ошибка  $i$ -той звезды, и  $N$  — полное число звёзд в выборке. Для выделения скачка функции светимости звёзд использовалась функция

$$E(m) = \Phi(I + \bar{\sigma}_m) - \Phi(I - \bar{\sigma}_m), \quad (1.8)$$

где  $\bar{\sigma}_m$  — среднее значение фотометрической ошибки для звёзд в интервале от  $m - 0.05$  до  $m + 0.05$ . Этот метод может быть очень эффективным для галактик, где TRGB расположен выше 2 mag над фотометрическим пределом, так как в этом случае фотометрические ошибки в районе скачка невелики, а неполнота фотометрии незначительна. В благоприятном случае точность оценки TRGB этим методом составляет 0.05 mag (Sakai et al. 2004). Однако, метод становится менее точным, если статистика звёзд довольно бедная или неполнота фотометрии сильно влияет на вид функции светимости вблизи TRGB. При этом ответ функции выделения границ становится сильно зашумлённым даже в случаях, когда TRGB чётко видна на CMD.

В качестве альтернативы, Méndez et al. (2002) предложили использовать метод максимального правдоподобия. Методы выделения границ находят максимум первой производной функции светимости звёзд вблизи TRGB, в то время как в методе максимального правдоподобия подгоняют наблюдаемое распределение звёзд с помощью предопределённой функции светимости. Преимуществом метода выделения границ является модельная независимость. Однако, эти алгоритмы дифференцируют дискретную функцию, определённую ансамблем точек, которые должны быть сглажены тем или иным способом. Сглаживание с малым окном ведёт к сильному зашумлению, а большое окно сглаживания может привести к систематическим погрешностям. Метод максимального правдоподобия лишён этих недостатков, но нуждается в знании функции светимости и распределения ошибок фотометрии для адекватной оценки вероятностей. Методы, предложенные Méndez et al. (2002) и Sakai et al. (2004), не учитывают систематические ошибки, вносимые фотометрией в тесных звёздных полях, эффектом Малквиста и неполнотой

фотометрии. Подробное описание улучшенного варианта техники максимального правдоподобия даётся в разделе §1.2.

## 1.2 Метод максимального правдоподобия

### 1.2.1 Алгоритм

В отличие от методов, базирующихся на цифровой фильтрации функции светимости красных гигантов и направленных на поиск максимума первой производной функции распределения, метод максимального правдоподобия основан на подгонке наблюдаемого распределения звёзд некой априорно выбранной функцией. Это позволяет аккуратно учитывать наблюдательные эффекты, такие как фотометрические ошибки, неполнота фотометрии, наличие двойных звёзд и другие.

Наблюдательные эффекты (ошибки фотометрии, функция полноты, смещение Малмквиста) оцениваются на основе фотометрии искусственных звёзд, которые моделируют все этапы получения, обработки и фотометрии реальных звёзд. Специализированные пакеты звёздной фотометрии для космического телескопа HSTPHOT (Dolphin 2000b) и DOLPHOT<sup>1</sup> содержат процедуру для проведения тестов искусственных звёзд. Эти эксперименты позволяют оценить фотометрические ошибки через разницу между исходными и измеренными величинами искусственных звёзд. Функция полноты определяется как доля звёзд, обнаруженных в процессе фотометрии. Полнота, средняя ошибка фотометрии, смещение оценок и разброс определяются как функция “истинных” звёздных величин и влияют на вид функции светимости, используемой в методе максимального правдоподобия.

Наблюдения и теория указывают, что функция светимости (LF) звёзд ветви красных гигантов хорошо описывается степенной функцией:  $\psi \approx 10^{am}$ , где  $m$  — видимая звёздная величина,  $a$  — параметр, характеризующий наклон функции светимости и имеющий значение, близкое к 0.3. В качестве “теоретической” функции светимости мы используем простую степенную зависимость с обрывом в области TRGB плюс степенная зависимость для звёздного населения ярче TRGB.

<sup>1</sup><http://americano.dolphinssim.com/dolphot/>

$$\psi = \begin{cases} 10^{a(m-m_{\text{TRGB}})+b}, & m - m_{\text{TRGB}} \geq 0 \\ 10^{c(m-m_{\text{TRGB}})}, & m - m_{\text{TRGB}} < 0 \end{cases} \quad (1.9)$$

Наблюдаемую функцию светимости можно представить в виде:

$$\varphi(m) = \int \psi(m') \rho(m') e(m|m') dm', \quad (1.10)$$

где  $\rho(m)$  — функция полноты, и  $e(m|m')$  — функция фотометрических ошибок. Обе функции не имеют аналитического вида и оцениваются на основе фотометрии искусственных звёзд. Функция ошибок  $e(m|m')$  приближается гауссовым распределением со средним и дисперсией, рассчитанными по искусственным звёздам. Она имеет следующий вид:

$$e(m|m') = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma(m')} \exp\left(-\frac{(m - \bar{m}(m'))^2}{2\sigma^2(m')}\right). \quad (1.11)$$

Вероятность обнаружения звезды со звёздной величиной  $m_i$  в интервале  $dm$  равна:

$$P_i = \frac{\varphi(m_i|\mathbf{x})dm}{\int_{m_{\min}}^{m_{\max}} \varphi(m|\mathbf{x})dm}, \quad (1.12)$$

где  $m_{\min}$  и  $m_{\max}$  задают пределы применимости параметризованного распределения и  $\mathbf{x}$  — вектор свободных параметров  $\mathbf{x}(m_{\text{TRGB}}, a, b, c)$ . Таким образом, вероятность данной наблюдаемой реализации есть  $P = \prod_{i=1}^N P_i$ , где произведение берётся по всем выделенным звёздам. С практической точки зрения удобно в качестве функции минимизации взять  $\mathcal{L} = -\ln P$ . Отбрасывая члены, не зависящие от параметров модели, получаем:

$$\mathcal{L} = -\sum_{i=1}^N \ln \varphi(m_i|\mathbf{x}) + N \ln \int_{m_{\min}}^{m_{\max}} \varphi(m|\mathbf{x})dm. \quad (1.13)$$

Нахождение минимума функции  $\mathcal{L}$  даёт значения четырёх параметров  $m_{\text{TRGB}}$ ,  $a$ ,  $b$  и  $c$ . Функция полноты  $\rho$  и функция фотометрических ошибок  $e$  определяются из фотометрии искусственных звёзд. Так как обе функции строятся по табличным данным, мы не можем построить аналитическое представление производных, и вынуждены считать их численно. Поэтому мы выбрали квази-ньютоновские методы оптимизации для нахождения параметров. Эти методы накапливают информацию о кривизне целевой функции на основе изменения градиента на каждой итерации. Мы используем алгоритм Бройдена-Флетчера-Гольдфарба-Шанно (Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno, BFGS), который является одним из самых эффективных

для нахождения локального минимума нелинейного функционала без ограничений. Больше подробностей можно найти в книге Gill et al. (1981).

Метод максимального правдоподобия, используемый нами, математически сходен с методом, разработанным Méndez et al. (2002), за исключением двух основных различий. Во-первых, мы оцениваем функцию фотометрических ошибок по анализу искусственных звёзд. Многие авторы отмечают (см., к примеру, Gallart et al. 1996; Dolphin 2002), что только тесты искусственных звёзд позволяют аккуратно решить проблему оценки фотометрических ошибок, наложения звёзд и неполноты. Мы генерируем очень большую библиотеку искусственных звёзд, которые покрывают весь диапазон звёздных величин и цветов CMD так, чтобы количество звёзд было адекватно для построения статистик. После этого проводится фотометрия искусственных звёзд теми же самыми методами и параметрами, как для наблюдаемых, реальных объектов. Ошибки фотометрии оцениваются по разнице между входными и результирующими звёздными величинами.

Второе основное отличие от работы Méndez et al. (2002) — это параметризация функции светимости RGB звёзд. Méndez et al. (2002) фиксировали наклон функции светимости  $a = 0.3$ , который был также использован в других исследованиях. Мы же варьируем этот параметр наклона,  $a$ . Наш опыт указывает на существование вариаций наклона вокруг значения  $\sim 0.3$ .

Описанный метод был реализован в виде пакета программ TRGBTOOL, описанного в разделе §1.2.4. Результатом работы является набор параметров, описывающих наблюдаемую функцию светимости: положение TRGB, величина скачка RGB, наклон функции светимости звёзд RGB и и наклон AGB. Ошибки параметров оцениваются из анализа вида функции максимального правдоподобия, описывающего наблюдаемое распределение звёзд. Ошибки соответствуют 68% доверительному уровню.

## 1.2.2 Пример использования

Программа использует файлы фотометрии как реальных, так и искусственных звёзд. Фотометрия получается с помощью пакетов HSTPHOT (Dolphin 2000b) для HST/WFPC2-изображений и DOLPHOT<sup>2</sup> для HST/ACS. На основе тестов с ис-

---

<sup>2</sup><http://americano.dolphinssim.com/dolphot/>

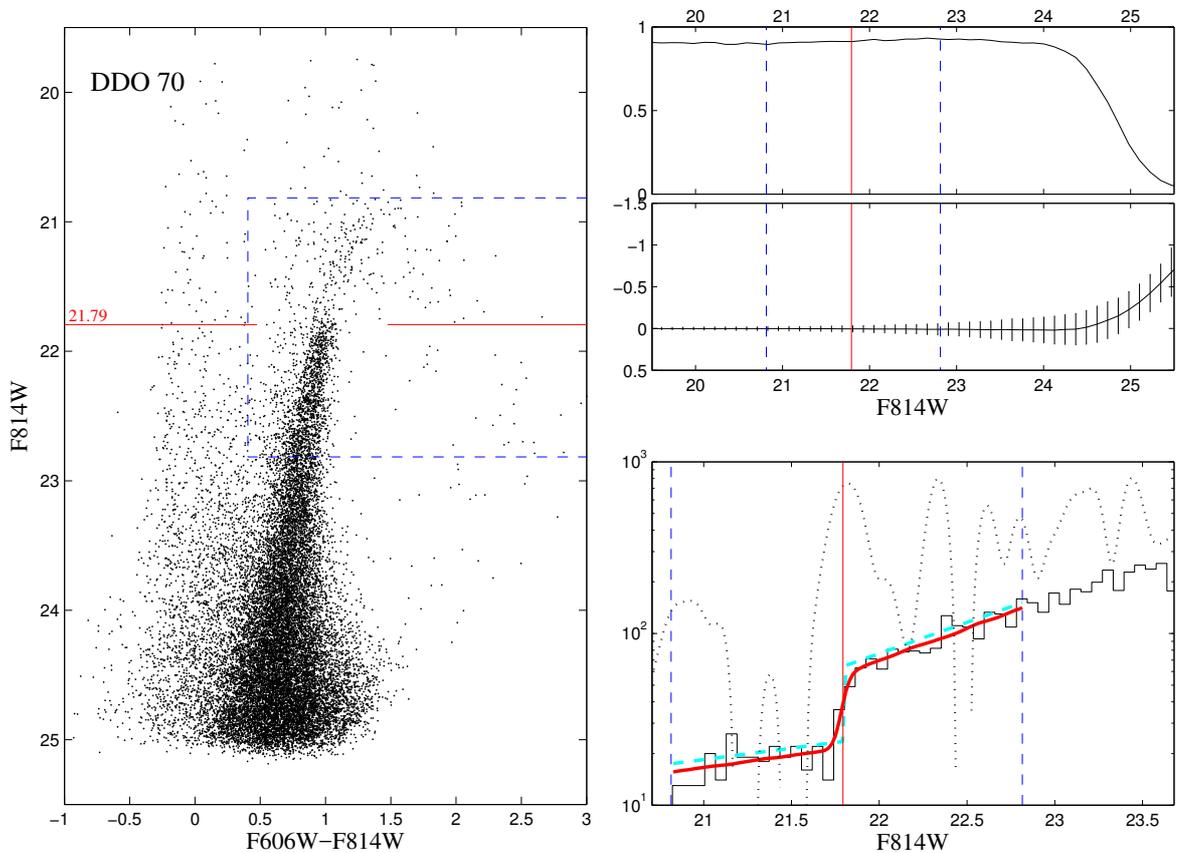


Рис. 1.2: На левой панели показаны CMD и положение TRGB для галактики DDO 70. Слева показана диаграмма цвет-величина для звёзд галактики. На правой верхней панели показаны графики функций полноты (верхний график) и функции распределения ошибок (нижний график). Непрерывная функция на графике распределения ошибок описывает эффект Малмквиста, а вертикальные чёрточки на функции ошибок обозначают величину дисперсии ошибок. На правой нижней панели показана функция светимости звёзд ветви красных гигантов. Гистограмма отражает наблюдаемую функцию светимости в фильтре  $F814W$ . Сплошной линией обозначена результирующая функция светимости, свёрнутая с функцией ошибок. Штриховой линией указана параметризованная функция светимости. Красная вертикальная линия обозначает положение TRGB. Параметры подгонки:  $m_{\text{TRGB}} = 21.79$  [21.76, 21.83], наклон RGB  $a = 0.36$  [0.30, 0.43], скачок RGB  $b = 0.44$  [0.38, 0.50] и наклон AGB  $c = 0.13$  [0.03, 0.24].

кусственными звёздами мы определяем среднее отклонение, дисперсию и полноту фотометрии по разнице между измеренными и входными звёздными величинами. Мы используем гауссово сглаживание вместо бинирования для более гладкого поведения наших функций. Из нашего опыта следует, что окно сглаживания 0.1–0.2 mag сохраняет оригинальное поведение функции полноты.

В качестве иллюстрации работы программы TRGBTOOL рассмотрим CMD галактики DDO 70, показанную на рисунке 1.2 в аппаратной системе  $F814W$  и  $F606W$ . Наиболее заметной особенностью CMD является ветвь красных гигантов, поднимающаяся примерно на 3 mag над фотометрическим пределом. Звезды, находящиеся непосредственно над RGB, — это часть ветви асимптотических гигантов. На диаграмме видна умеренно населённая главная последовательность в области цветов  $(F606W - F814W) \approx 0$ . Пик первой производной функции светимости звёзд, сглаженной по гауссу, даёт первое приближение положения TRGB. Для построения LF мы использовали только звезды, лежащие в области, ограниченной пунктирной линией на CMD. Верхняя и нижняя границы выбраны так, чтобы отобрать звезды  $\pm 1$  mag вокруг начальной оценки TRGB. Левая граница  $(F606W - F814W) > 0.4$  исключает звезды главной последовательности, так как они “засоряют” результирующую LF и могут внести систематический сдвиг в определение положения TRGB. Дополнительный “шум” в LF уменьшает контраст TRGB-скачка  $c$ , что приводит к падению точности измерений. К примеру, в случае яркой внутренней области иррегулярной галактики NGC 2366 (см. раздел §1.2.3), если мы включаем в рассмотрение звезды главной последовательности, то систематический сдвиг TRGB остаётся незначительным ( $\sim 0.1$  mag), в то время как точность определения TRGB уменьшается на 10–11%, наклон функции светимости звёзд RGB и AGB (параметры  $a$  и  $c$ ) возрастают на величину, превосходящую  $1\sigma$  ошибку измерения, а контраст скачка TRGB  $b$  ухудшается на 30%.

### 1.2.3 Тесты

#### Восстановление положения TRGB методом Монте-Карло

Мы выполнили обширное тестирование внутренней точности алгоритма на основе Монте-Карло симуляций с известными параметрами модели. Модельная функция светимости задавалась случайным распределением звёзд в соответствии с уравне-

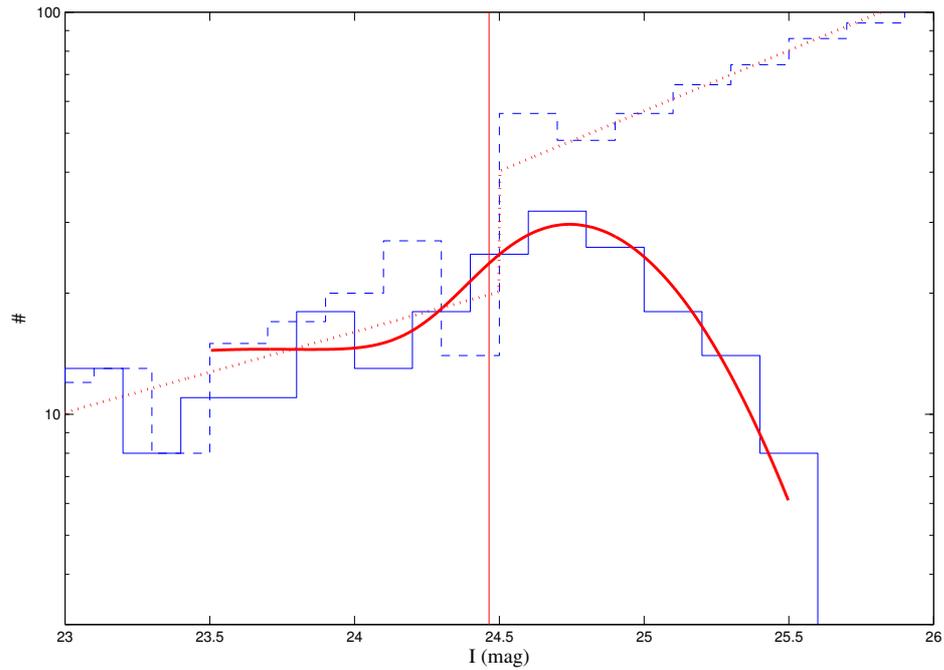


Рис. 1.3: LF реализации искусственных звёзд. Исходная модель LF показана пунктирной линией, штриховая гистограмма соответствует случайной реализации данной модели, гистограмма, показанная сплошной линией, соответствует “наблюдаемой” LF с учётом наблюдательных ошибок, и толстой сплошной линией показан результат подгонки по методу максимального правдоподобия. Вертикальная линия указывает положение восстановленной величины TRGB.

нием (1.9). Тесты выполнялись для реализаций, содержащих 37, 371, 3706 и 37064 звёзд внутри области  $\pm 1$  mag от положения TRGB. Фотометрический предел для наших WFPC2 данных — около  $I \sim 25.5$  mag, и этот предел определяет диапазон наших тестов. В каждом случае был реализован ряд подтестов, где положение обрыва  $m_{\text{TRGB}}$  изменялось от 22.0 до 25.5 mag с шагом 0.25 mag. В каждом подтесте выполнялось 1000 случайных реализаций функции светимости с фиксированными параметрами:  $a = 0.3$ ,  $b = 0.3$  и  $c = 0.2$ , что достаточно типично для реальных галактик. Для наиболее качественной имитации реальных наблюдений мы использовали функцию полноты и функцию ошибок из фотометрии реальной галактики DDO 226 (см. раздел §1.2.3). Данный подход позволяет изучить, как влияет на точность восстановления параметров количество звёзд и близость к фотометрическому пределу.

Пример восстановленной LF дан на рисунке 1.3, где “реальное” положение TRGB находится на 1 mag выше фотометрического предела. Медианное откло-

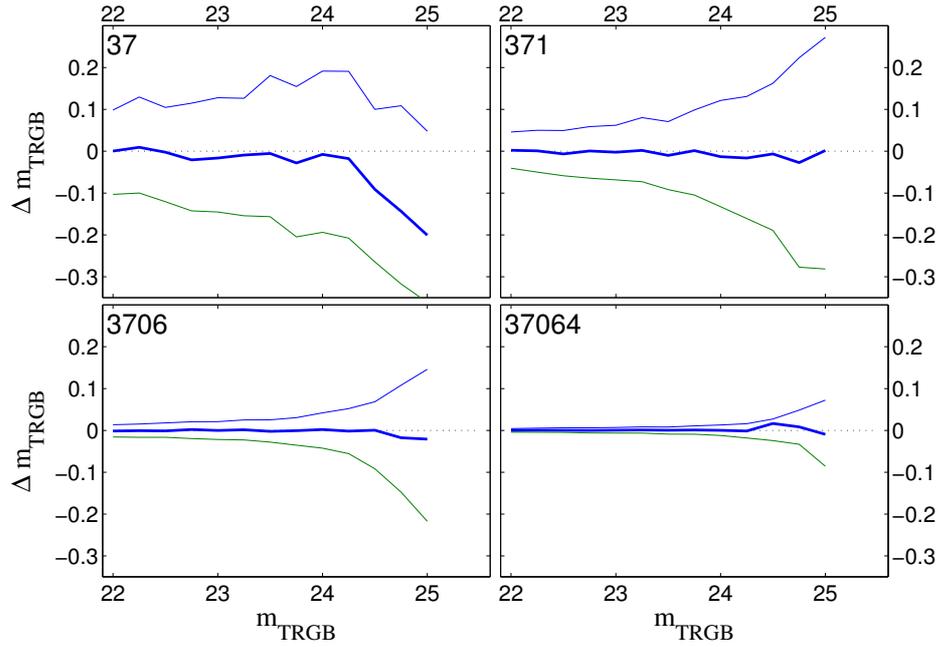


Рис. 1.4: Медианное отклонение восстановленного положения ( $\Delta m_{\text{TRGB}}$ ) от реального значения ( $m_{\text{TRGB}}$ ) показано жирной линией. Количество звёзд в тесте (37, 371, 3706, и 37064) указано в левом верхнем углу графиков. Тонкие линии соответствуют 25 и 75-процентным квартилям распределения. Наблюдаемые условия воспроизводят HST наблюдения с камерой WFPC2 в snapshot моде.

нение восстановленного значения TRGB в зависимости от исходного значения приведено на рисунке 1.4. Четыре панели рисунка показывают точность определения вершины RGB в зависимости от количества звёзд в наблюдаемой функции светимости. Рисунок показывает, что наш метод не вносит существенного систематического смещения даже в случае, когда TRGB находится вблизи фотометрического предела. Предложенный алгоритм обеспечивает хорошую точность и при очень небольшом количестве звёзд. Исключением является только случай чрезвычайно бедной диаграммы, когда TRGB наблюдается вблизи фотометрического предела. На рисунке 1.5 показано распределение реконструированного  $m_{\text{TRGB}}$  для шести различных наборов тестов. Следует отметить, что восстановленные значения  $m_{\text{TRGB}}$  показывают приблизительно гауссово распределение, за исключением случаев с очень небольшим количеством звёзд или в непосредственной близости от фотометрического предела. Другие три параметра модели функции светимости также восстанавливаются хорошо, за исключением тех же случаев чрезвычайно низкой населённости и близости к фотометрическому пределу. В качестве

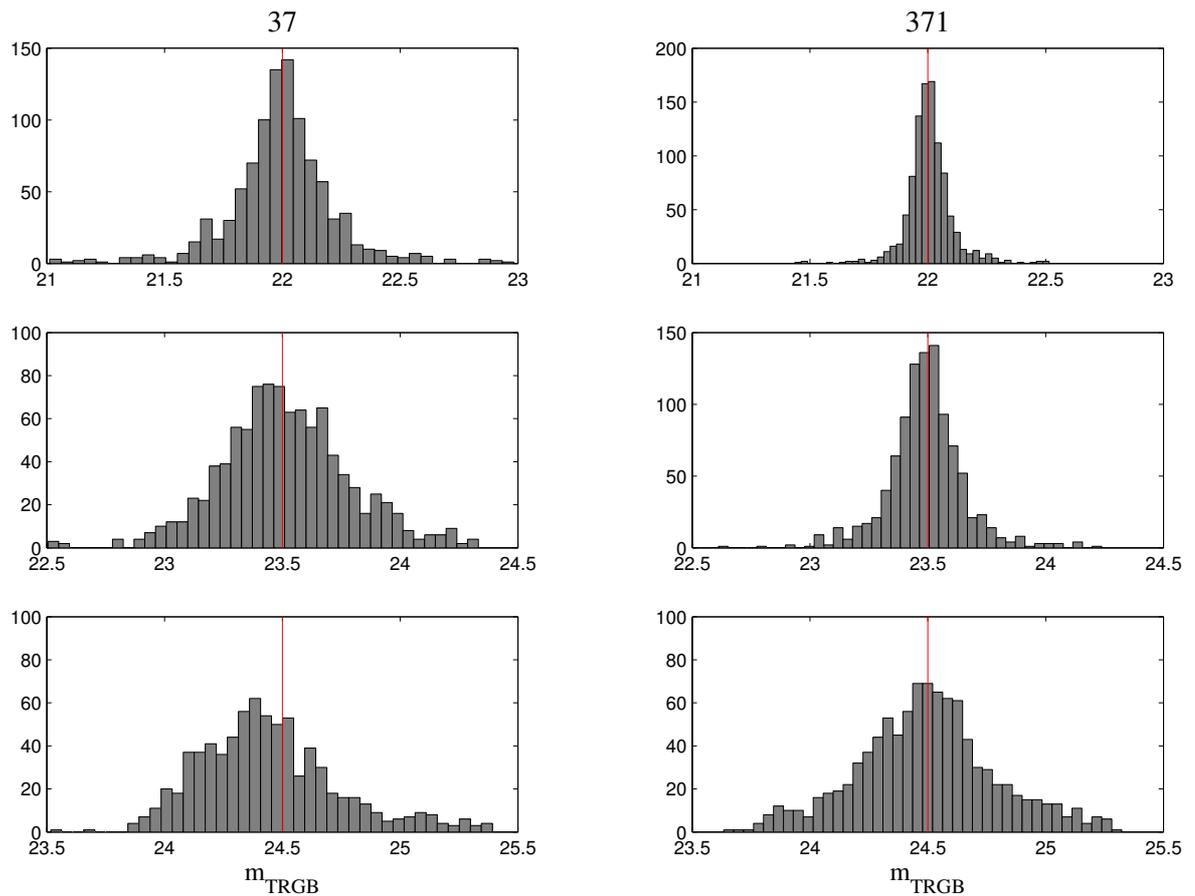


Рис. 1.5: Распределение восстановленных  $m_{\text{TRGB}}$  для различных наборов тестов, имитирующих условия snapshot наблюдений с WFPC2. Левый набор графиков показывает результаты выборки с 37 звёздами и истинным значением  $m_{\text{TRGB}} = 22$ , 23.5 и 24.5 mag. Правый набор соответствует выборке с 371 звездой при тех же входных параметрах.

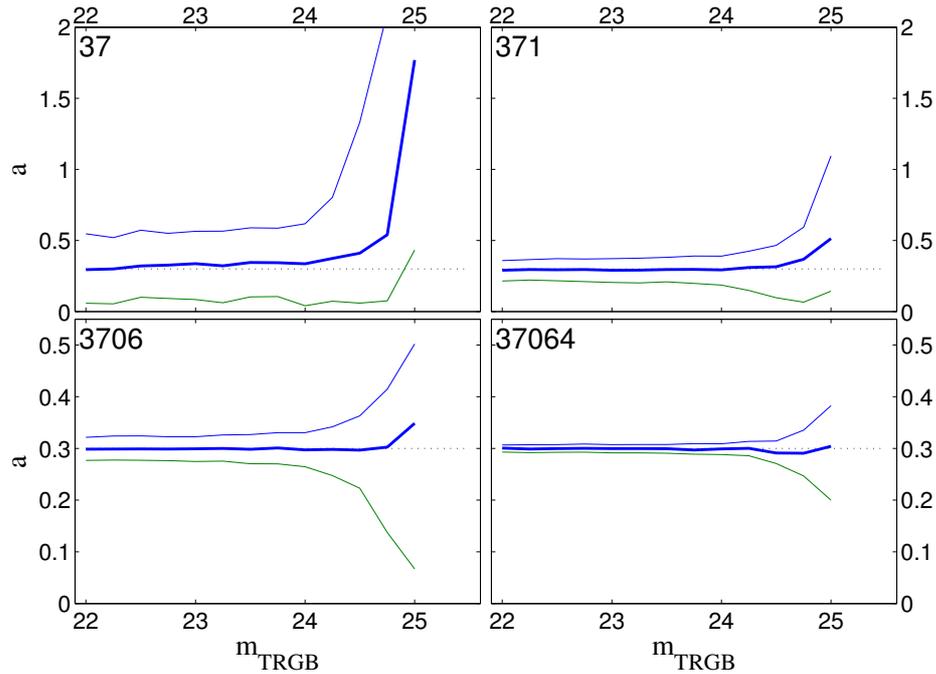


Рис. 1.6: Восстановление наклона LF RGB-звёзд (параметр  $a$ ) для snapshot WFPC2-наблюдений. Толстая линия — медиана восстановленного значения в сравнении с истинным значением, равным 0.3. Тонкие линии соответствуют 25 и 75-процентным квартилям распределения.

примера, на рисунке 1.6 показано поведение восстановленной величины наклона функции светимости RGB-звёзд.

На рисунке 1.7 показано распределение измеренных неточностей определения TRGB в зависимости от ошибок фотометрии индивидуальных звёзд и в зависимости от количества звёзд на модельной функции светимости. Из диаграммы видно, что точность метода максимального правдоподобия сильно зависит от количества анализируемых звёзд. Ошибка определения TRGB становится сравнимой с ошибкой фотометрии индивидуальных звёзд в случае, когда в анализе участвует около тысячи звёзд. Мы не можем ожидать точность лучше 0.1 mag, если вокруг положения TRGB,  $m_{\text{TRGB}} \pm 1$  mag, насчитывается менее 300 звёзд.

### Сравнение с другими методами по искусственным галактикам

Для дальнейшего тестирования нашего алгоритма мы провели сравнение различных техник определения TRGB и нашего алгоритма на основе метода максимального правдоподобия на дополнительном наборе искусственных CMD, которые имитируют реальные галактики. Мы применили различные TRGB-методы к синтети-

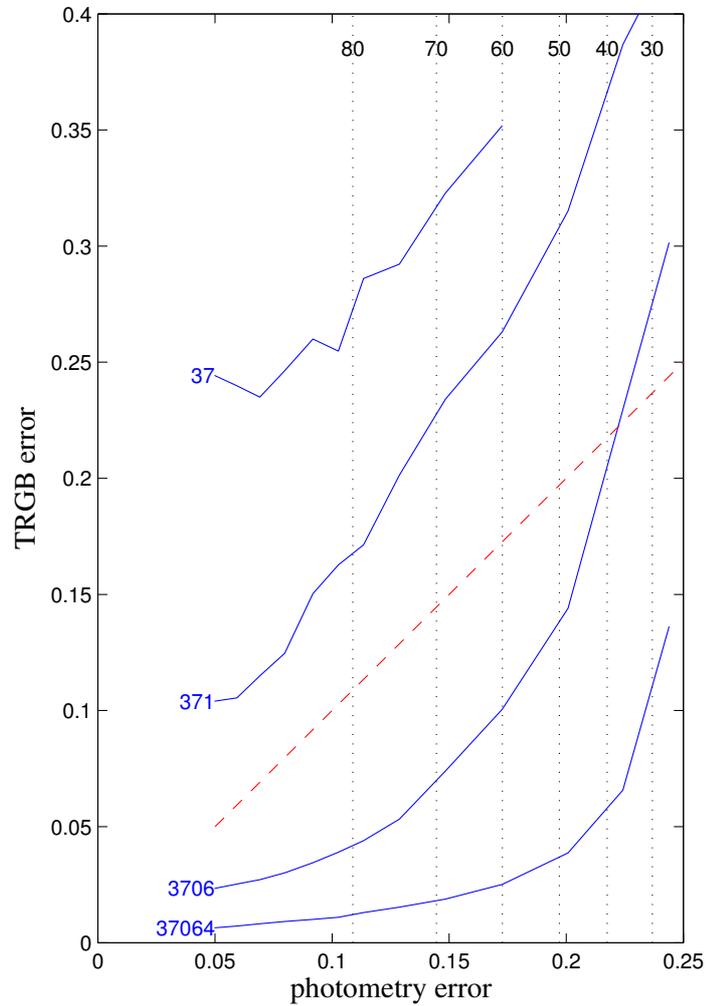


Рис. 1.7: Ошибки определения TRGB в зависимости от ошибок звёздной фотометрии, полученной из экспериментов с искусственными звёздами. Сплошные линии показывают средние ошибки TRGB, полученные методом Монте-Карло. Каждая линия помечена средним количеством искусственных звёзд, формирующих функцию светимости в диапазоне  $\pm 1$  mag от позиции TRGB. Диагональная линия показывает равенство ошибок фотометрии звёзд и неопределённости определения TRGB. Вертикальные пунктирные линии указывают процентную долю звёзд, участвующих в анализе после учёта наблюдательных эффектов.

ческим CMD, полученным с использованием ZVAR-кода (Bertelli et al. 1992). Этот код использует падуанские треки звёздной эволюции (Girardi et al. 2000) и производит интерполяцию между треками как по возрасту, так и по металличности для создания сглаженного распределения звёзд.

Отметим, что за одну орбиту ACS изображение в фильтре  $I$  оказывается примерно на 1.5 mag более глубоким, чем полученные в snapshot-режиме WFPC2, обеспечивая при прочих равных условиях возможность измерять расстояния почти в два раза более далёких галактик. Так как наш наблюдательный материал содержит данные, полученные как с WFPC2, так и с ACS, мы провели тесты отдельно для обеих камер с экспозициями типичными для нашего проекта. Разница в чувствительности этих двух камер будет видна при сравнении реальных и модельных изображений. Прямое сравнение данных, полученных с WFPC2 и ACS камерами, будет дано в разделе §1.2.3. В этом же разделе мы обсудим тесты, основанные на фотометрических ошибках и функциях полноты, оцененных по фотометрии искусственных звёзд на реальных изображениях, полученных за одну орбиту космического телескопа с камерой ACS.

Во избежание систематических эффектов, мы не делали попыток моделирования ошибок или функции полноты данных, а искусственные звезды выбирались из справочных таблиц (для деталей см. Rizzi et al. 2002). Мы смоделировали три истории звездообразования: первая — мгновенная вспышка звездообразования возрастом примерно 14 млрд. лет, что воспроизводит случай шаровых скоплений; вторая — непрерывное звездообразование от эпохи формирования галактики 14 млрд. лет назад до настоящего времени; и третья — “молодая” галактика, которая состоит на 24% из звёзд возрастом между 15 и 8 млрд. лет, 34% звёзд возрастом 3–8 млрд. лет и 42% звёзд моложе 3 млрд. лет. Barker et al. (2004) описывают случай, когда TRGB может оказаться слабее TRGB старого бедного металлами звёздного населения, если пик звездообразования (более 30% звёзд) приходится на время близкое к 2 млрд. лет. Мы избегаем этой ситуации, так как полное количество звёзд в “опасном” интервале возрастов не превышает 13% в наших моделях. Модуль расстояния модельных галактик варьировался от 28 до 30, что соответствует расстоянию от  $\sim 4$  до 10 Мпк. Расстояние в 10 Мпк является предельным для обнаружения TRGB за одну орбиту космического телескопа с камерой ACS. Мы проверяли возможности как методов, основанных на цифровой фильтрации

(выделения границ) в случае линейной и логарифмической функций светимости, так и методов максимального правдоподобия, описанных в работе Méndez et al. (2002) и разработанных нами (Makarov et al. 2006). TRGB измерялся напрямую на модельных CMD галактик без добавления ошибок. В этом случае обнаружение скачка в функции распределения звёзд методом цифровой фильтрации делает определение TRGB очень простым.

Результаты наших тестов показаны на рисунке 1.8, где представлен вклад в полную ошибку расстояния конкретного метода определения TRGB. Для близких галактик все методы дают очень хорошую точность. Для более далёких галактик методы выделения границ более всего подвержены проблемам ухудшения качества фотометрии и возрастающих систематических эффектов.

Правый и нижний графики на рисунке 1.8 показывают, как популяция звёзд AGB влияет на оценку TRGB в модели галактики с постоянным темпом звездообразования в течении всей её жизни и в модели возрастающего звездообразования со временем. В этих случаях протяжённая и яркая AGB-популяция накладывается на звезды RGB. Тесты продемонстрировали, что все методы нечувствительны к наличию AGB звёзд, а методы максимального правдоподобия имеют существенно лучшую точность на всех расстояниях и для любых комбинаций историй звездообразования.

### Слабонаселённая CMD

Для более подробного рассмотрения эффектов слабонаселённой CMD, мы исследовали случай галактики, содержащей только старое звёздное население на промежуточном расстоянии  $(m - M)_0 = 28$ . Звёздная популяция на CMD характеризовалась числом звёзд в пределах одной звёздной величины после обрыва функции светимости RGB-звёзд,  $N^{(-1)}$ . Мы применили различные методы выделения TRGB к сгенерированным галактикам с  $N^{(-1)}$ , изменяющимся от 30 до 300. Результат этих тестов показан на рисунке 1.9.

На левом графике рисунка 1.9 видно, что существует общий тренд увеличения разброса определения TRGB, когда  $N^{(-1)}$  падает ниже 100. Этот результат согласуется с предыдущими исследованиями Madore and Freedman (1995). Внимательный разбор этого графика также показывает, что средний разброс измерений существенно меньше для методов максимального правдоподобия, по сравнению с

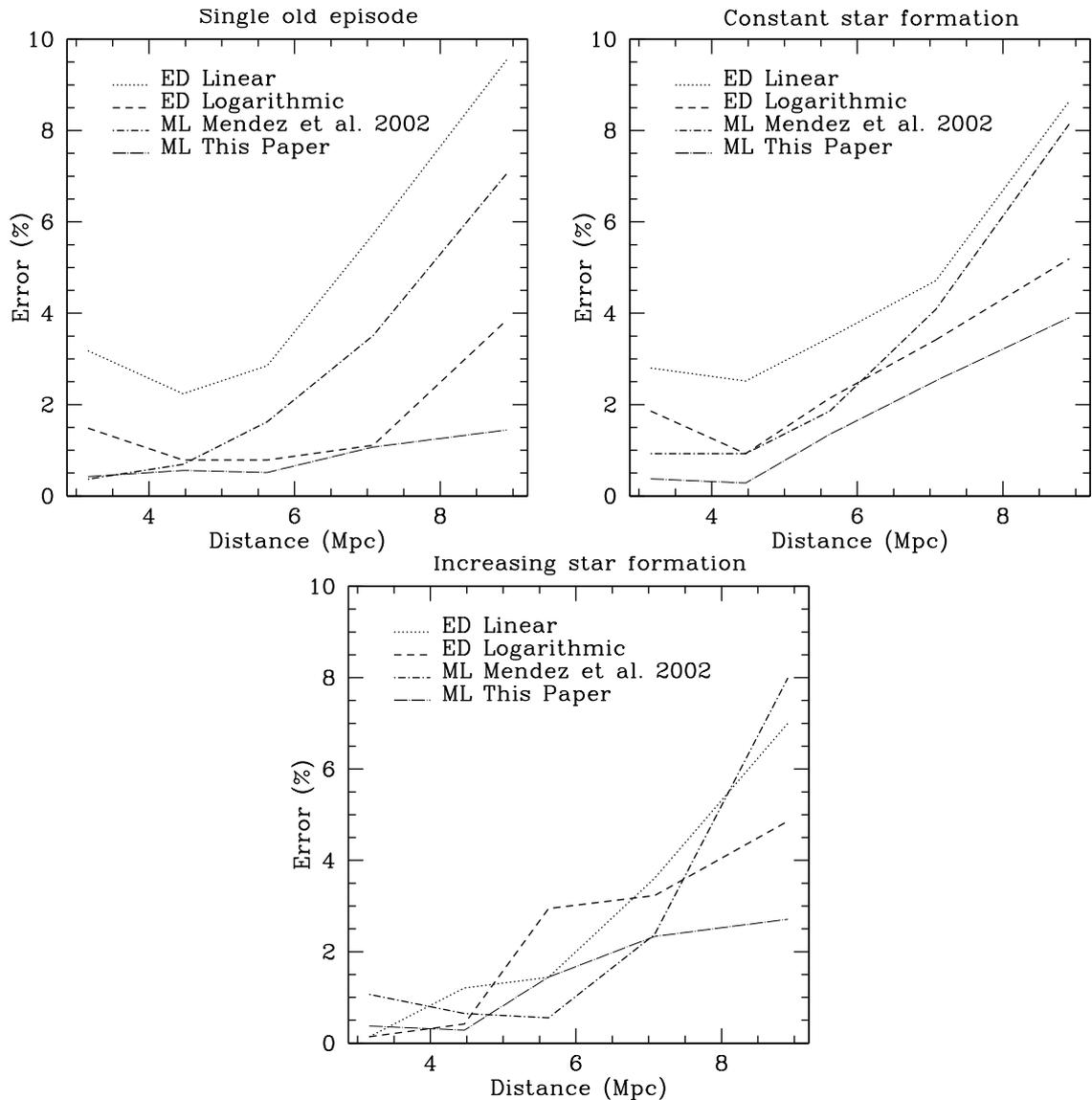


Рис. 1.8: Вклад детектирования TRGB в полную ошибку определения расстояния. Верхняя левая панель — галактики с одиночным старым эпизодом звездообразования. Верхняя правая панель — галактики с непрерывным звездообразованием. Нижняя панель — галактики с возрастающим звездообразованием. Тесты предполагают чувствительность ACS-наблюдений за одну орбиту.

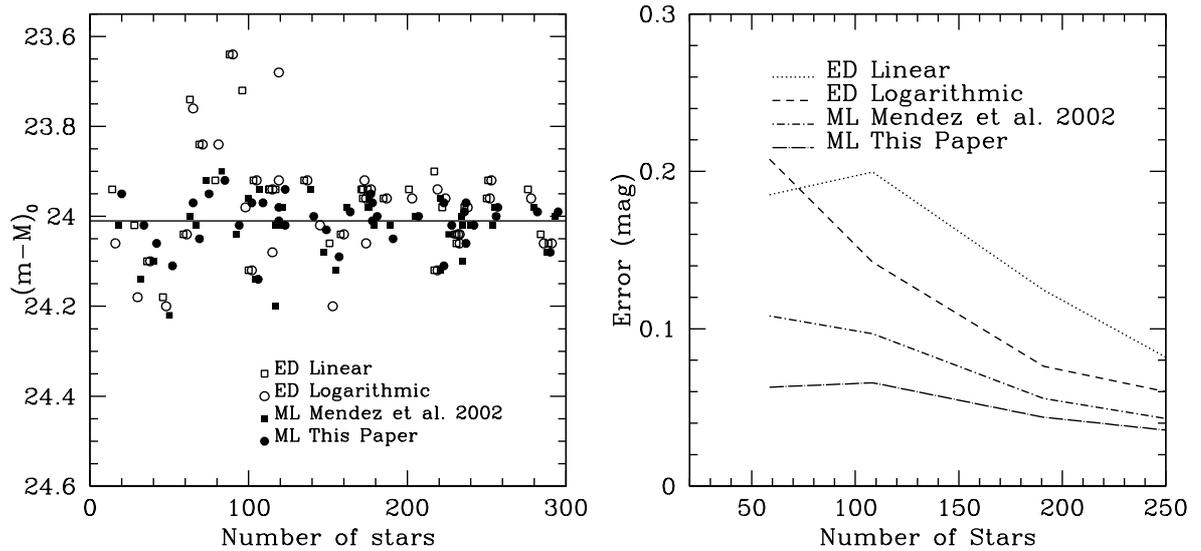


Рис. 1.9: Определение TRGB в зависимости от количества звёзд в пределах первой звёздной величины после TRGB. Левый график представляет отклонение от ожидаемого положения TRGB на 24.01 mag, а правый график представляет стандартное отклонение различных методов в зависимости от количества звёзд.

методами выделения границ для любого количества звёзд  $N^{(-1)}$ . Наиболее чётко это видно на правом графике рисунка 1.9, который демонстрирует поведение стандартного отклонения измерений TRGB в зависимости от количества звёзд  $N^{(-1)}$ . Методы выделения границ дают больший разброс оценок и перестают работать в случае малого количества звёзд  $N^{(-1)} < 100$ , в то время как методы максимального правдоподобия способны измерять расстояния с приемлемой точностью вплоть до  $N^{(-1)} = 50$ . Отметим, что в наших экспериментах мы не обнаружили больших систематических отклонений, отмеченных Madore and Freedman (1995). Наиболее вероятно, что это связано с наличием AGB звёзд в наших моделях. Madore and Freedman (1995) использовали шаровые скопления и в их моделях нет звёзд ярче TRGB. Удаление из модельных галактик звёзд ярче TRGB приводит только к более низким измерениям положения TRGB, в то время как наши синтетические звёздные популяции, полученные на основе моделей звёздной эволюции, приводят к отклонениям в обоих направлениях.

Таким образом, мы показали, что методы максимального правдоподобия работают лучше методов выделения границ, особенно когда TRGB оказывается вблизи фотометрического предела наблюдений. Также мы выяснили, что даже большая

популяция AGB-звёзд не сильно влияет на определение TRGB. В конечном счёте, мы применили различные методы к малонаселённым диаграммам и нашли, что методы выделения границ дают существенно большие ошибки для любой населённости функции светимости  $N^{(-1)}$ . Методы максимального правдоподобия способны обнаруживать TRGB даже в случаях очень малого количества звёзд  $N^{(-1)} = 50$ .

### Сравнение методов по реальным галактикам

Для оценки внешних факторов мы сравнили результаты определения TRGB нашим алгоритмом с результатами модифицированного метода выделения границ (Sakai et al. 1996) для одних и тех же галактик. Для сравнения были выбраны 10 галактик из snapshot обзора (HST программы 8601 и 8192). Исследовались как иррегулярные, так и сфероидальные карликовые галактики на различных расстояниях вплоть до 5 Мпк. Звёздная фотометрия проводилась с помощью пакета HSTPHOT (Dolphin 2000b). Галактика WLM (DDO 221) была включена в выборку как пример очень близкой галактики с глубокой CMD. HST/WFPC2 наблюдения DDO 221 были выполнены в рамках HST-программ 6898 и 6813. Фотометрия как реальных, так и искусственных звёзд была взята из архива звёздной фотометрии Местной Группы<sup>3</sup> (Holtzman et al. 2006).

Результаты сравнения двух методов приведены на рисунке 1.10, где показана величина  $I_{\text{TRGB}}$ , измеренная как нашим методом, так и модифицированным методом выделения границ. Горизонтальные бары соответствуют одна-сигма ошибкам метода максимального правдоподобия, а вертикальные бары обозначают соответствующие ошибки метода выделения границ.

Согласие измерений обоими методами для двух полей галактики DDO 221 очень хорошее. Средняя разница между методами равна 0.07 mag, в то время как разница между двумя полями, полученная одним и тем же методом, равна 0.05 для максимального правдоподобия и 0.19 — для метода выделения границ. Для большинства галактик TRGB находится достаточно близко к фотометрическому пределу, что создаёт сложности при обоих подходах. Заметное расхождение между двумя методами наблюдается для галактики КК 35, где, вероятно, метод выделения границ предпочёл спутать скачок в области AGB с положением TRGB. Ожидается, что метод максимального правдоподобия более эффективен в случа-

<sup>3</sup><http://astronomy.nmsu.edu/HAD2006z/archival/html/lg.html>

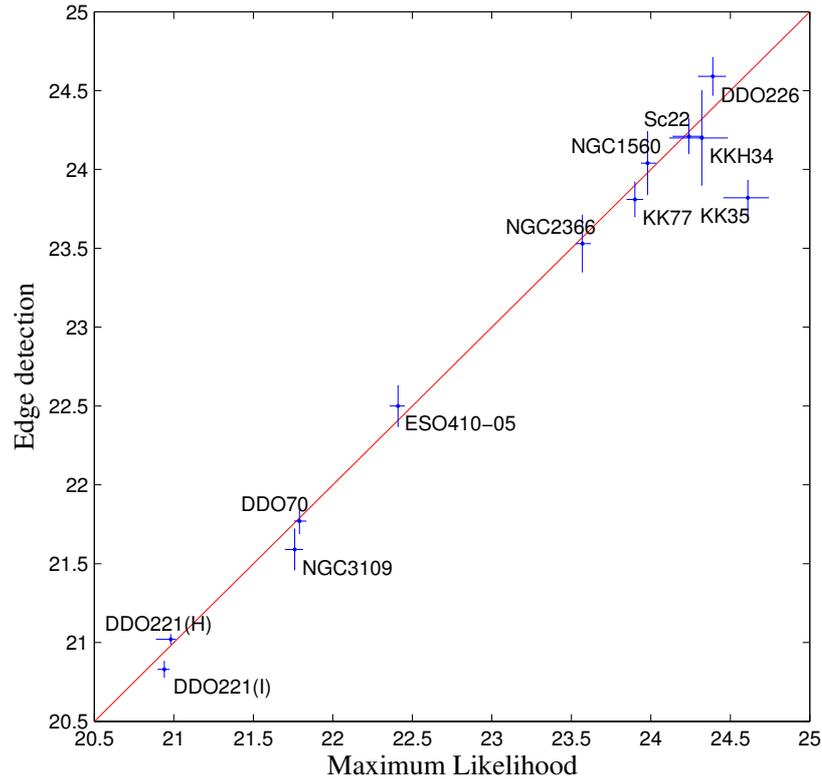


Рис. 1.10: Сравнение результатов измерений TRGB, полученных методами выделения границ и методом максимального правдоподобия.

ях, когда TRGB лежит близко к фотометрическому пределу наблюдений. Нужно отметить, что метод максимального правдоподобия даёт меньшие ошибки измерений в большинстве случаев. Преимуществом нашего подхода, основанного на методе максимального правдоподобия, является учёт реалистичных ошибок фотометрии и функции полноты, основанных на анализе фотометрии искусственных звёзд. Мы не нашли никаких корреляций разницы между  $I_{\text{TRGB}}$  (максимум правдоподобия) и  $I_{\text{TRGB}}$  (выделение границ) с морфологическим типом или абсолютной звёздной величиной галактик в выборке.

В целом, сравнение методов максимального правдоподобия и выделения границ показало, что оба подхода дают хорошие результаты с сопоставимой точностью, когда RGB хорошо населена и расположена как минимум на две величины выше фотометрического предела. Однако, когда TRGB приближается к фотометрическому пределу и/или RGB слабонаселена, метод выделения границ даёт результат с худшей точностью и с систематическим сдвигом. С другой стороны, наши тесты указывают, что метод максимального правдоподобия, объединённый с аккурат-

Таблица 1.1: Результаты измерений для NGC 2366

Field	Filters	Exp. (sec)	$I_{\text{TRGB}}$	$a$	$b$	$c$
Inner (sum)	<i>F555W</i> , <i>F814W</i>	6700, 4100	23.55 <sup>+0.04</sup> <sub>-0.03</sub>	0.40 <sup>+0.01</sup> <sub>-0.02</sub>	0.25 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.03</sub>	0.54 <sup>+0.07</sup> <sub>-0.07</sub>
Inner (a)	<i>F555W</i> , <i>F814W</i>	1300, 1300	23.57 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.04</sub>	0.38 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.02</sub>	0.28 <sup>+0.04</sup> <sub>-0.03</sub>	0.48 <sup>+0.07</sup> <sub>-0.07</sub>
Inner (b)	<i>F555W</i> , <i>F814W</i>	1400, 1400	23.56 <sup>+0.04</sup> <sub>-0.04</sub>	0.38 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.02</sub>	0.25 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.03</sub>	0.55 <sup>+0.07</sup> <sub>-0.07</sub>
Inner (c)	<i>F555W</i> , <i>F814W</i>	1400, 1400	23.62 <sup>+0.04</sup> <sub>-0.03</sub>	0.35 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.02</sub>	0.23 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.03</sub>	0.65 <sup>+0.07</sup> <sub>-0.06</sub>
Outer	<i>F606W</i> , <i>F814W</i>	1400, 2000	23.56 <sup>+0.06</sup> <sub>-0.06</sub>	0.50 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.04</sub>	0.39 <sup>+0.09</sup> <sub>-0.09</sub>	0.47 <sup>+0.22</sup> <sub>-0.20</sub>

ным описанием неполноты данных и реальными фотометрическими ошибками, даёт достоверные результаты всякий раз, когда TRGB доступна для измерений.

### Сравнение двух полей в одной и той же галактике

Представляет интерес сравнение результатов определения TRGB по алгоритму максимального правдоподобия, когда в наблюдениях были получены несколько полей галактики, и когда доступны несколько экспозиций одного и того же поля. Такое сравнение позволяет оценить внутреннюю точность метода по реальным наблюдениям, влияние шумов на конечный результат, и возможные эффекты, связанные с вариацией звёздной популяции в галактиках. Для сравнения мы выбрали *dIrr* галактику NGC 2366, для которой в архиве Хаббловского телескопа существует высококачественный наблюдательный материал, полученный с HST/WFPC2 камерой. Для наших целей доступны два набора данных: ряд экспозиций, полученных в *F555W* и *F814W* фильтрах в ходе выполнения программы 8769, и пара экспозиций отдельных полей, полученных в *F606W* и *F814W* фильтрах по программе 9318. Результаты измерений представлены в таблице 1.1.

Согласие измерения TRGB в обоих полях превосходное — различие около 0.02 mag. Первое поле охватывает центральную часть NGC 2366. Диаграмма цвет-величина суммы всех изображений показана в верхней части рисунка 1.11. TRGB находится существенно выше фотометрического предела и легко определяется нашим методом. CMD показывает мощную популяцию голубых и красных сверхгигантов, так же как богатую ветвь RGB и AGB. Сравнение результатов между суммированным изображением и одиночными экспозициями во внутренней части также показывает хорошую внутреннюю точность: стандартное отклонение равно 0.02 mag. Влияние лучшего качества фотометрии в суммированном изображении оказыва-

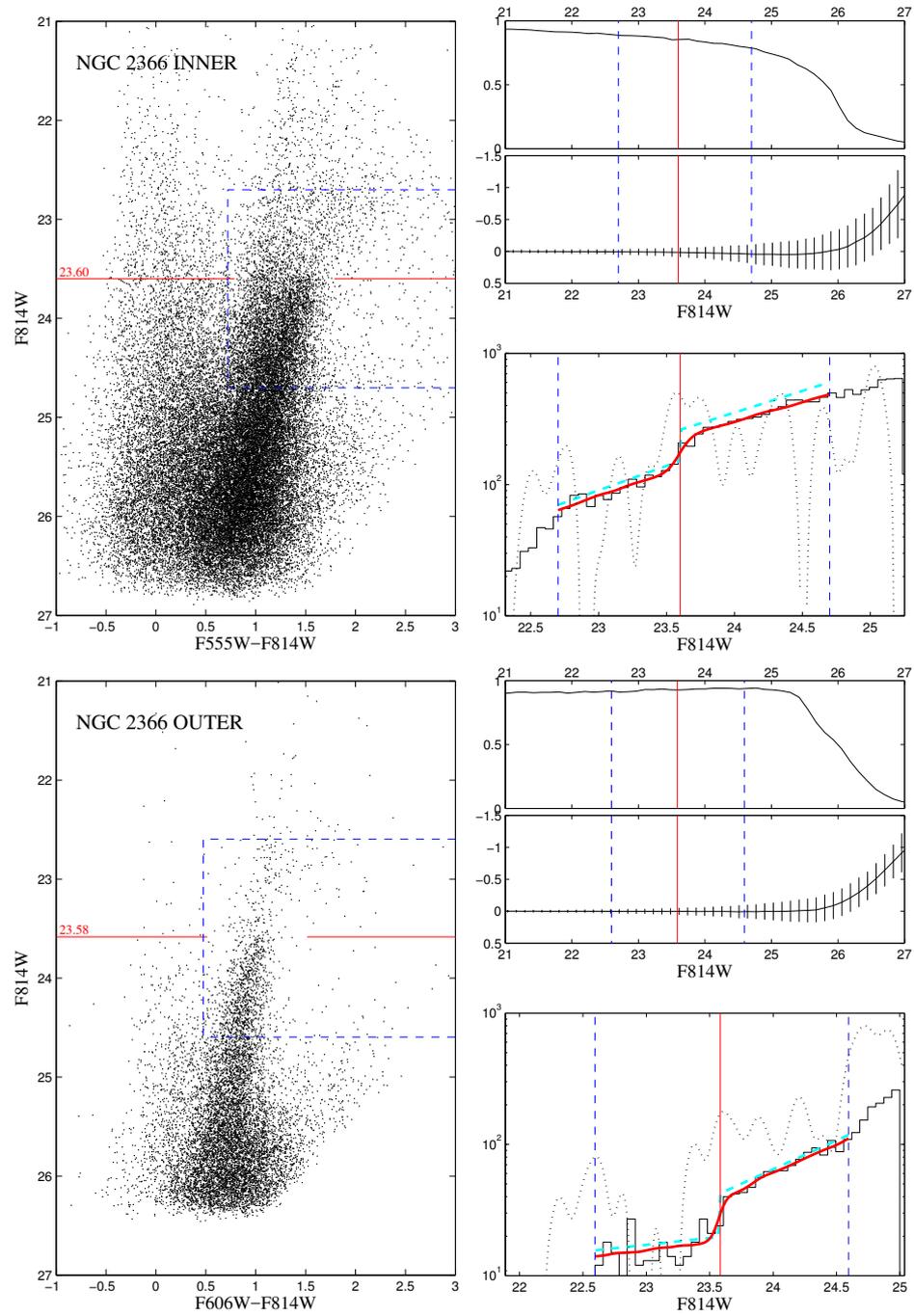


Рис. 1.11: Определение TRGB во внутренней части (верхний рисунок) и во внешних областях NGC 2366 (нижний рисунок) галактики NGC 2366. Слева показаны диаграммы цвет-величина в фильтрах  $F814W$  для цвета  $F555W - F814W$  или для цвета  $F606W - F814W$ , что эквивалентно диаграмме  $I, V - I$ . Ход функций полноты и ошибок показаны на верхней панели справа. На нижней правой панели гистограмма функции светимости звёзд показана ломаной линией, а результат подгонки с учётом наблюдательных эффектов изображён толстой линией.

ется незначительным, так как даже в одиночных экспозициях TRGB оказывается примерно на две величины ярче фотометрического предела. Результаты фотометрии внешних частей NGC 2366 представлены на нижней части рисунка 1.11. В данном случае “засорение” диаграммы голубыми и красными сверхгигантами незначительно, хотя AGB все ещё хорошо представлена в этой внешней области. Хорошее согласие оценки TRGB в обоих полях демонстрирует, что присутствие большой доли молодых звёзд не мешает TRGB измерениям, и указывает на отсутствие значительного влияния на абсолютную величину TRGB вариации звёздного населения в галактиках, как это обсуждалось Barker et al. (2004).

### Сравнение наблюдений, полученных с WFPC2 и ACS камерами

ACS-камера Хаббловского телескопа существенно улучшила возможности измерения расстояний методом TRGB. Эта камера предоставляет большее поле зрения, лучшее разрешение и более высокую чувствительность. С её помощью возможно измерение точных расстояний вплоть до 10 Мпк за одну орбиту космического телескопа. Карликовая галактика КК 16 иллюстрирует возросшее качество наблюдательного материала, полученного с ACS (программа 10210) по сравнению с WFPC2 (программа 8601). В случае наблюдений с WFPC2 (600 сек. в обоих фильтрах  $F606W$  и  $F814W$ ) мы определили  $F814W_{\text{TRGB}} = 24.62 \pm 0.10$  ( $D = 5.0$  Мпк) (нижняя панель рисунка 1.12). Определённо, это очень близко к пределу WFPC2 snapshot наблюдений. Метод максимального правдоподобия выделяет TRGB вблизи фотометрического предела, где влияние случайных и систематических фотометрических ошибок велико. В отличие от этого, наблюдения той же самой галактики с ACS камерой и слегка более длинными экспозициями (1226s в  $F814W$  и 934s в  $F606W$ ) дают очень надёжное значение  $F814W_{\text{TRGB}} = 24.78 \pm 0.04$  ( $D = 5.7$  Мпк) (верхняя панель рисунка 1.12). WFPC2 экспозиция в snapshot программе позволяет детектировать самое начало RGB в галактике КК 16, и расстояние получается недооцененным. Однако, даже в этом случае процедура смогла дать более или менее реалистичную оценку расстояния.

Однако, есть обстоятельства, которые могут послужить поводом для совершенно ошибочных результатов. Проблема ясно показана на рисунке 1.13, где представлено сравнение измерений сделанных с использованием WFPC2 и ACS. Линия идеального соответствия идёт по диагонали графика. Для близких галактик наблю-

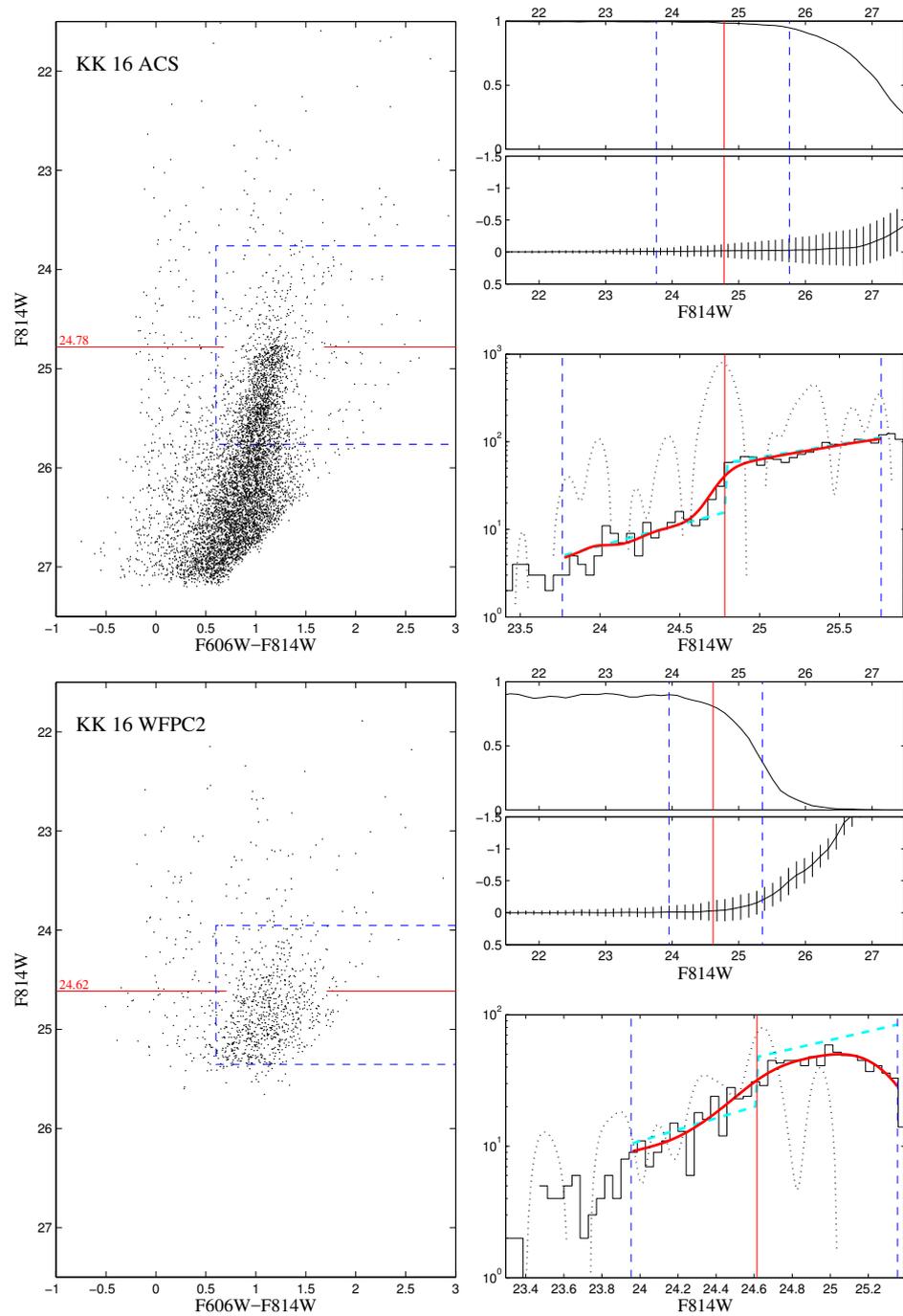


Рис. 1.12: CMD и TRGB измерения для галактики KK 16 с ACS-камерой (верхняя панель) и наблюдения с WFPC2-камерой для той же галактики (нижняя панель).

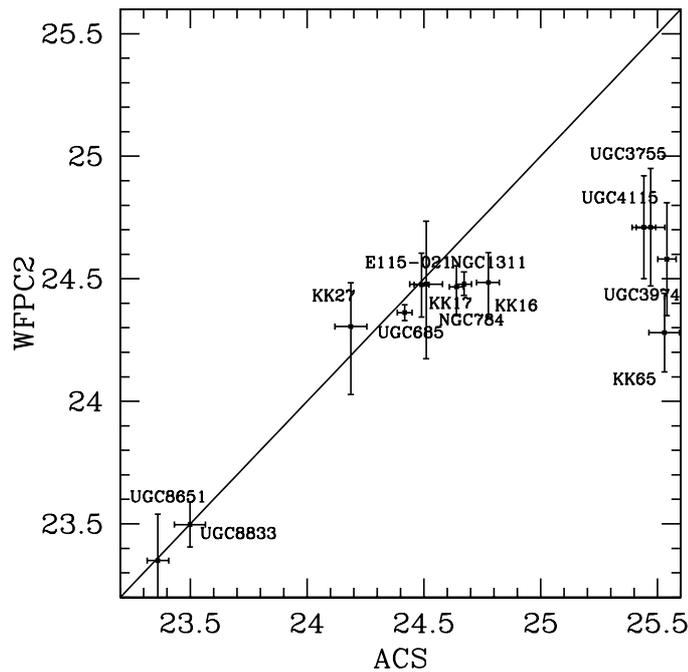


Рис. 1.13: Сравнение TRGB измерений, полученных за одну орбиту с ACS и WFPC2 камерами. Измерения за одну орбиту с WFPC2-камерой оказываются ненадёжными для  $I_{\text{TRGB}} > 24.5$ .

дается отличное согласие измерений как с ACS так и с WFPC2 камерой, однако, если вершина ветви красных гигантов оказывается слабее  $I_{\text{TRGB}} \sim 24.5$ , то WFPC2 измерения оказываются систематически ниже линии. Для WFPC2-наблюдений, получаемых за одну орбиту космического телескопа, фотометрический предел соответствует  $I \sim 25.5$ . В случае КК 16, который только что обсуждался, TRGB был обнаружен, но его положение оказалось смещённым из-за близости к фотометрическому пределу. С другой стороны, ACS-наблюдения четырёх галактик у самого правого края графика показали, что их TRGB находится существенно ниже фотометрического предела наблюдений с WFPC2-камерой. WFPC2 измерения, выполненные для этих галактик (Karachentsev et al. 2003b), основаны на детектировании начала ветви асимптотических гигантов.

Мы не нашли алгоритмического способа гарантировать детектирование именно вершины RGB, а не ярчайших звёзд AGB, в случае, когда некоторое облако звёзд наблюдается вблизи фотометрического предела. Отношение количества красных звёзд к голубым (при отсечении по цвету  $(V - I) = 0.6$ ) в первой величине ниже предполагаемой вершины может дать хорошее указание. AGB звезды обычно,

но не всегда, находятся в сопровождении значительного количества голубых звёзд главной последовательности на сопоставимых  $I$ -величинах. Признаком доминирования старой RGB-популяции является отношение количества красных к звёзд к голубым более 3.5. Однако, единственным убедительным указанием на обнаружение TRGB является чётко видимая популяция AGB над ней. Обычно ярчайшие звезды AGB оказываются  $\sim 1$  mag ярче положения TRGB, таким образом это должно быть хорошим указанием на правильное определение TRGB.

Проблема, ясно видимая с WFPC2-данными, очевидно должна проявиться и в случае наблюдений с ACS-камерой. Однако, за одну орбиту космического телескопа ACS позволяет изучать на  $\sim 1.5$  mag более слабые звезды. Таким образом, проблема должна проявиться для  $I_{\text{TRGB}} \sim 26$  из-за близости к пределу  $\sim 27$ . На данный момент существуют сотни галактик, доступных для наблюдений с  $I_{\text{TRGB}} < 26$ .

### Пример сложного случая

На рисунке 1.14 показана CMD галактики DDO 226. Галактика наблюдалась в  $F606W$  и  $F814W$  фильтрах с одинаковой экспозицией 600s. Карликовая иррегулярная галактика имеет заметную AGB популяцию, которая ясно видна на CMD. Красные и голубые сверхгиганты также видны на диаграмме. Ветвь красных гигантов и AGB расширена из-за больших ошибок фотометрии вблизи предела обнаружения. TRGB находится на “высоте” примерно одной величины над фотометрическим пределом. В таких случаях влияние фотометрических ошибок и неполноты данных делает определение TRGB особенно сложным. Однако, используя аппроксимацию фотометрических ошибок из анализа фотометрии искусственных звёзд, мы все ещё можем получить вполне надёжную оценку положения TRGB:  $F814W_{\text{TRGB}} = 24.39 \pm 0.08$  (ошибки рассчитаны на уровне значимости 68%).

### Пространственное выделение звёзд в сложном случае

В случае, когда TRGB очень близка к фотометрическому пределу, и RGB засорена значительным количеством молодых или звёзд промежуточного возраста, определение вершины может оказаться чрезвычайно сложным или даже невозможным. В таких случаях, знание пространственного распределения звёздных

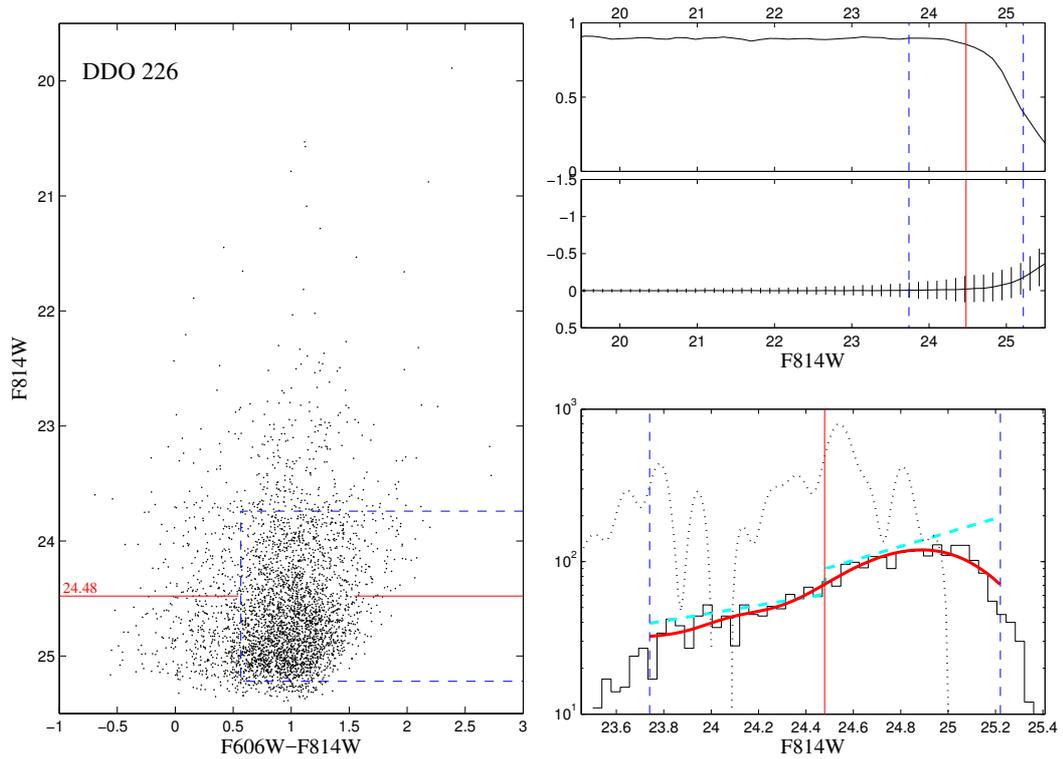


Рис. 1.14: CMD и определение положения TRGB для DDO 226. Вверху справа показаны функция полноты и фотометрических ошибок в фильтре  $F814W$ . Гистограмма на нижней правой панели воспроизводит функцию светимости звёзд в том же фильтре. Первая производная сглаженной по гауссу LF показана пунктирной линией, модельная функция LF с учётом наблюдательных эффектов дана толстой сплошной кривой.

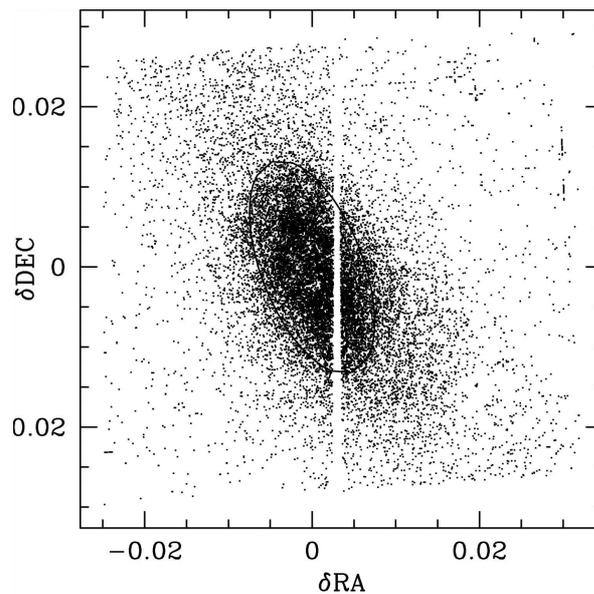


Рис. 1.15: Пространственное распределение объектов, обнаруженных вокруг UGC 3755 в ходе ACS-наблюдений.

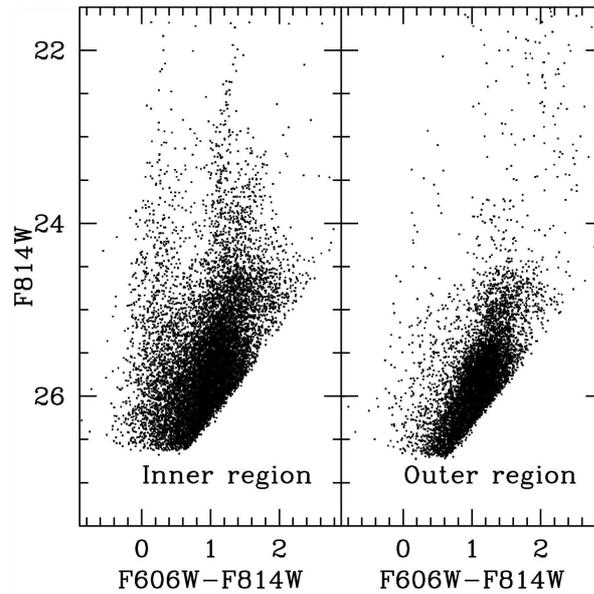


Рис. 1.16: Слева показана CMD галактики UGC 3755 в области, ограниченной эллипсом на рисунке 1.15. Справа — CMD той же галактики UGC 3755 вне эллипса.

популяций может сильно помочь в уменьшении влияния такого “засорения”. В качестве примера, на рисунке 1.15 показано распределение всех обнаруженных объектов в картинной плоскости вокруг галактики UGC 3755, выбранной из нашей ACS-программы 10210. Эллипс, наложенный на изображение, имеет большую ось 0.014 градуса ( $\sim 50$  угловых секунд), эллиптичность 0.9, и позиционный угол 20 градусов. На левом и правом графиках рисунка 1.16 показаны CMD для области внутри и снаружи эллипса, соответственно. В этой галактике, как это случается наиболее часто, молодое население и звезды промежуточных возрастов имеют тенденцию концентрироваться к центру. Как следствие, на правой панели рисунка 1.16, соответствующей внешним областям галактики, популяция RGB-звезд видна значительно более чётко, с незначительным засорением (отметим, что главная последовательность и сверхгиганты почти полностью исчезли). Мы не можем получить удовлетворительную оценку TRGB для всех звезд галактики, однако наш метод надёжно определяет TRGB для её внешних областей, что даёт  $I_{\text{TRGB}} = 25.47 \pm 0.06$  ( $D = 7.4$  Мпк с учётом поглощения 0.17 mag). Подобная процедура пространственной фильтрации звезд может быть успешно применена для улучшения точности определения TRGB, пока количество звезд внутри первой звёздной величины ниже вершины ветви не станет меньше  $\sim 100$ .

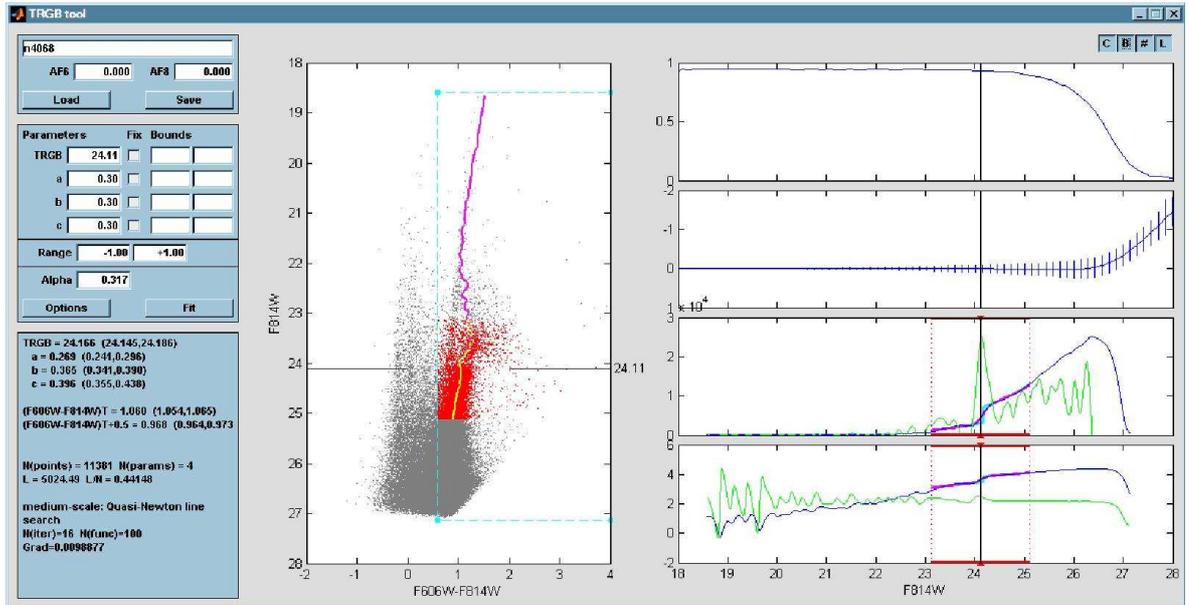


Рис. 1.17: Интерфейс программы TRGBTOOL

### 1.2.4 Пакет TRGBTOOL

Программной реализацией для определения положения TRGB на основе метода максимального правдоподобия стал программный пакет TRGBTOOL, разработанный на базе системы MATLAB. Экранная копия основного интерфейса программы показана на рисунке 1.17.

Для удобства работы текстовое поле содержит идентификатор галактики.

TRGBTOOL не корректирует наблюдаемые данные за поглощение!

Панель параметров позволяет регулировать начальное приближение для процедуры минимизации:

TRGB — положение вершины ветви красных гигантов,

$a$  — наклон функции светимости звёзд ветви красных гигантов (по умолчанию 0.3),

$b$  — величина скачка TRGB,

$c$  — наклон функции светимости звёзд асимптотической ветви.

Флаг “Fix” позволяет фиксировать соответствующие параметры и, следовательно, не проводить по ним подгонку. Верхнюю и нижнюю границу области минимизации возможно задать в соответствующих полях “Bounds”. “Range”  $[-1, +1]$

определяет область функции светимости звёзд относительно позиции TRGB. Только звезды с видимыми величинами, попадающими в диапазон  $[TRGB - 1, TRGB + 1]$ , будут использоваться в процедуре минимизации. “Alpha” — значение в диапазоне от 0 до 1 характеризует доверительный интервал как  $100(1 - \alpha) \%$ . Значение по умолчанию 0.317 соответствует уровню 1-сигма ошибки.

В информационной панели (нижний левый прямоугольник) показываются результаты определения позиции TRGB. Они выводятся в формате  $= X(\text{Left}, \text{Right})$ , где  $X$  — наилучшая аппроксимация, Left и Right означают левую и правую границы доверительного интервала, определённого параметром “Alpha”. Показатель цвета TRGB и его ошибки даются для положения вершины ветви красных гигантов, так же как и для  $TRGB + 0.5 \text{ mag}$ . Показатель цвета определяется как робастная оценка бегущего среднего.

Графические панели состоят из диаграммы цвет-величина (CMD) и набора графиков полноты, распределения ошибок, функции светимости (LF) в линейной и логарифмической шкалах. Эти графики могут быть показаны или спрятаны с использованием кнопок “C”, “B”, “#”, “L”, соответственно.

Первое приближение положения TRGB может быть сделано “мышью” в графических панелях CMD или LF.

Панель CMD показывает фотометрию звёзд серыми точками. Сине-зеленые прерывистые линии ограничивают область выделения для дальнейшего анализа. Границы могут быть изменены мышью. Если начальное приближение для TRGB было указано, то отобранные звезды будут показаны красными точками. Пурпурная кривая показывает бегущее среднее распределения звёзд.

На панели LF сглаженная функция светимости выделенных звёзд показана синей линией. Зелёная линия соответствует сглаженной функции определения границ. Начальное приближение и выделенная область показаны красными линиями. Результаты подгонки наблюдений модельной функцией со скачком показываются толстыми пурпурной и сине-зеленой линиями. Сине-зеленая кривая — это модельная функция. Пурпурная — модель с учётом фотометрических эффектов (полнота данных и ошибки фотометрии).

В случае, когда TRGB лежит в пределах  $\sim 1 \text{ mag}$  от фотометрического предела, определение наклона становится неустойчивым. Более того, существует связь между наклоном и положением TRGB. Так как в области неполноты данных под-

гонка по методу максимального правдоподобия может ложно выбрать слишком близкое к нулю или даже негативное значение наклона функции светимости и одновременно предпочесть более слабое значение TRGB. Этот момент был подтвержден тестами с искусственными CMD, где положение TRGB было заранее известно. Если TRGB хорошо отделен от предела фотометрии, то определение наклона LF красных гигантов возможно с хорошей точностью. Типичное значение наклона равно  $a = 0.3$  и TRGB может быть аккуратно измерено в предположении, что наклон соответствует этому значению. Наклон  $c$ , описывающий функцию светимости звёзд AGB, менее предсказуем. По 18 галактикам с хорошо прослеживаемыми LF звёзд RGB и AGB были найдены типичные значения параметров наклона  $a = 0.30 \pm 0.07$  и  $c = 0.3 \pm 0.2$ .

### 1.3 Калибровка нуль-пункта метода TRGB

В данной работе мы использовали метод, представленный в работе Makarov et al. (2006) и описанный в разделе §1.2. Этот метод является оптимизированной версией подхода, основанного на технике максимального правдоподобия, использующий в работе информацию о полноте данных, фотометрических ошибках и распределении смещения Малквиста. На рисунке 1.18 приведён пример применения нашего метода и программы TRGBTOOL к тонкому срезу CMD галактики NGC 300 (причина для такого узкого выделения звёзд по цвету будет обсуждена в разделе §1.3.1). На левой панели рисунка 1.18 показаны CMD и границы области, выделенной для анализа. На правой половине рисунка на верхнем графике показана функция полноты и распределение фотометрических ошибок по середине. Видно, что поведение ошибок становится смещённым для звёзд слабее  $I = 25.5$ . Нижний правый график показывает результат подгонки: наблюдательная функция светимости показана ступенчатой чёрной линией, в то время как толстая красная линия соответствует результату подгонки модели функции светимости.

#### 1.3.1 Зависимость TRGB от цвета

Мы можем представить абсолютную звёздную величину TRGB как:

$$M_I^{\text{TRGB}} = a + b(V - I), \quad (1.14)$$

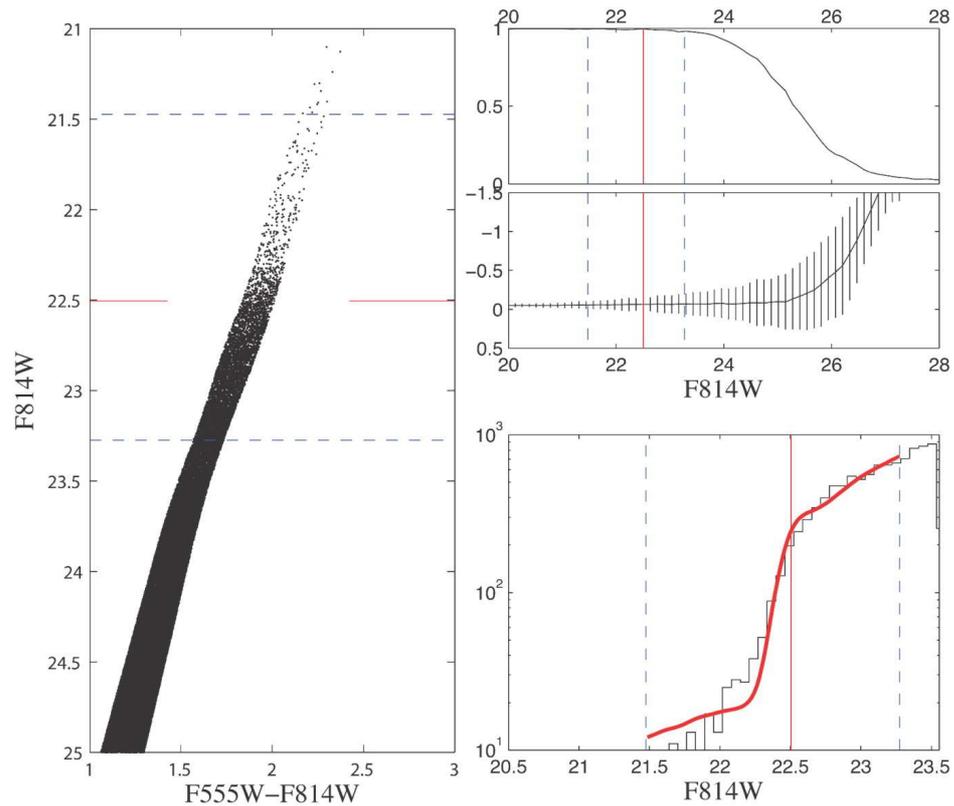


Рис. 1.18: Результат применения метода определения положения TRGB, разработанный в работе Makarov et al. (2006) и описанный в разделе §1.2. На левой панели показан тонкий срез CMD галактики NGC 300. Верхний и средний правый рисунок: функция полноты и распределение фотометрических ошибок. Нижняя правая панель: наблюдаемая LF показана чёрной линией и результат подгонки показан толстой красной линией.

Таблица 1.2: Параметры галактик для калибровки металличности

Galaxy	Prm	P. I.	Camera	Filters	$E(B - V)$	Slope	Adopted modulus
M 33	5914	Sarajedini	WFPC2	$F555W, F814W$	0.042	$0.22 \pm 0.03$	$24.67 \pm 0.08^a$
	6640	Mighell	WFPC2	$F555W, F814W$	0.042	$0.21 \pm 0.08$	
	8059	Casertano	WFPC2	$F606W, F814W$	0.042	$0.20 \pm 0.11$	
NGC 5128	8195	Harris	WFPC2	$F606W, F814W$	0.110	$0.21 \pm 0.07$	$27.87 \pm 0.16^b$
NGC 300	9492	Bresolin	ACS	$F555W, F814W$	0.013	$0.22 \pm 0.04$	$26.63 \pm 0.06^c$
NGC 4258	9477	Madore	ACS	$F555W, F814W$	0.016	$0.22 \pm 0.03$	$29.47 \pm 0.09 \pm 0.15^d$
NGC 4605	9771	Karachentsev	ACS	$F606W, F814W$	0.014	$0.21 \pm 0.10$	$28.69 \pm 0.17^e$
NGC 1313	10210	Tully	ACS	$F606W, F814W$	0.109	$0.20 \pm 0.07$	$28.21 \pm 0.20^f$

<sup>a</sup> Sarajedini et al. 2006<sup>d</sup> Newman et al. 2001<sup>b</sup> Rejkuba 2004<sup>e</sup> Karachentsev et al. 2006a<sup>c</sup> Sakai et al. 2004<sup>f</sup> Rizzi et al. 2007

где  $a$  — нуль-пункт и  $b$  — наклон зависимости для конкретного выбора цвета ( $V - I$ ). В этом уравнении ( $V - I$ ) — средний цвет звёзд вершины ветви красных гигантов (в отличии от предыдущих исследований, где использовалась определённая величина ниже TRGB).  $V$  и  $I$  обычно обозначают фильтры в стандартной фотометрической системе Johnson-Cousins. Соответствующими фильтрами космического телескопа являются  $F814W$  для  $I$  и  $F555W$  или  $F606W$  для  $V$ . В дальнейшем будет рассмотрено применение этих альтернатив.

Сперва мы сконцентрируемся на зависимости TRGB от цвета и будем игнорировать эффекты нуль-пункта. Наша выборка для анализа эффектов металличности включает следующие галактики: M 33, NGC 300, NGC 1313, NGC 4258, NGC 4605, NGC 5128. Таблица 1.2 содержит информацию о наблюдениях из архива HST. Все наблюдательные данные обрабатывались с использованием пакетов HSTRNOT версии 1.1 (Dolphin 2000b) для WFPC2-изображений, или DOLPHOT<sup>4</sup> для ACS-камеры. Один и тот же набор параметров использовался для всех наборов данных. Эксперименты с искусственными звёздами проводились для оценки уровня полноты данных и оценки распределения ошибок фотометрии.

Поправка за покраснение для всех галактик была оценена по картам пыли Schlegel et al. (1998) и показана в колонке 6 таблицы 1.2. Во многих случаях аккуратная оценка поглощения была получена непосредственно из фотометрических измерений, однако мы предпочитаем придерживаться единообразного подхода для всех галактик, чтобы избежать необходимости выбирать для каждой галактики

<sup>4</sup><http://purcell.as.arizona.edu/dolphot/>

наиболее предпочтительное значение. К примеру, оценка поглощения, основанная на изучении Цефеид, имеет тенденцию показывать систематически более высокое значение, чем простой учёт поглощения в нашей Галактике (к примеру Gieren et al. 2005), однако эти значения могут быть уместными только для молодых звёзд и, вероятно, обогащённых пылью областей вокруг Цефеид, но не для всей галактики.

CMD каждой галактики из выборки была нарезана на тонкие полоски, примерно соответствующие форме ветви красных гигантов в шаровых скоплениях. Ширина полос выбиралась независимо для каждой галактики. При этом принималось во внимание количество звёзд в области TRGB, качество фотометрии и диапазон цветов, покрываемый RGB. Для каждой полоски мы определяли положение TRGB и средний цвет звёзд на вершине ветви. На рисунке 1.19 показаны CMD галактик выборки. Изображена только область вблизи TRGB. Чёрными точками показаны фактические измерения. Линии нанесены для графического обозначения наклона TRGB в зависимости от цвета.

### Наклон зависимости от цвета в фотометрической системе HST

**Камера WFPC2:** M 33 — единственная галактика из нашей выборки, наблюдавшаяся с  $F555W$  фильтром при помощи камеры WFPC2. Данные были получены в рамках HST программ 5914 и 6640, и соответствующие CMD измерялись независимо. Наблюдения с  $F606W$  фильтром проводились для двух галактик: M 33 и NGC 5128 (Центавр A). Модули расстояния, использовавшиеся для определения абсолютных величин, приведены в таблице 1.2. Данные из литературы позволяют нам сравнивать результаты для разных галактик, но для определения зависимости нет необходимости в знании высокоточных расстояний. На левом графике рисунка 1.20 показаны зависимости от цвета ( $M_{F814W}, F555W - F814W$ ), а на правом — зависимости ( $M_{F814W}, F606W - F814W$ ). Наклоны, усреднённые по различным полям, равны:

- ( $M_{F814W}, F555W - F814W$ ):  $0.18 \pm 0.03$ ,
- ( $M_{F814W}, F606W - F814W$ ):  $0.15 \pm 0.03$ .

На рисунке 1.20 хорошо видно различие в нуль-пунктах использованных модулей расстояния.

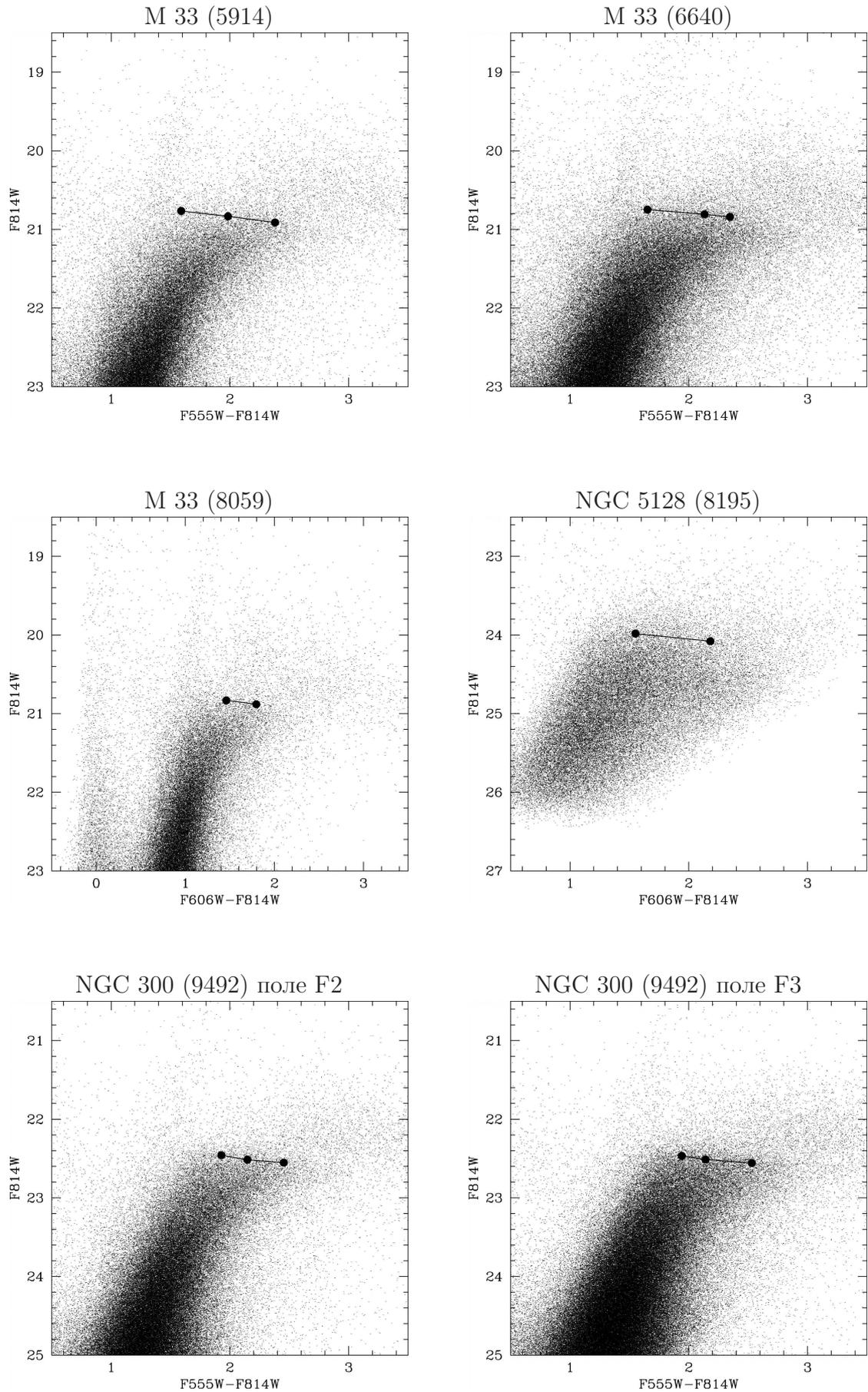


Рис. 1.19: Определение TRGB в зависимости от цвета для различных галактик

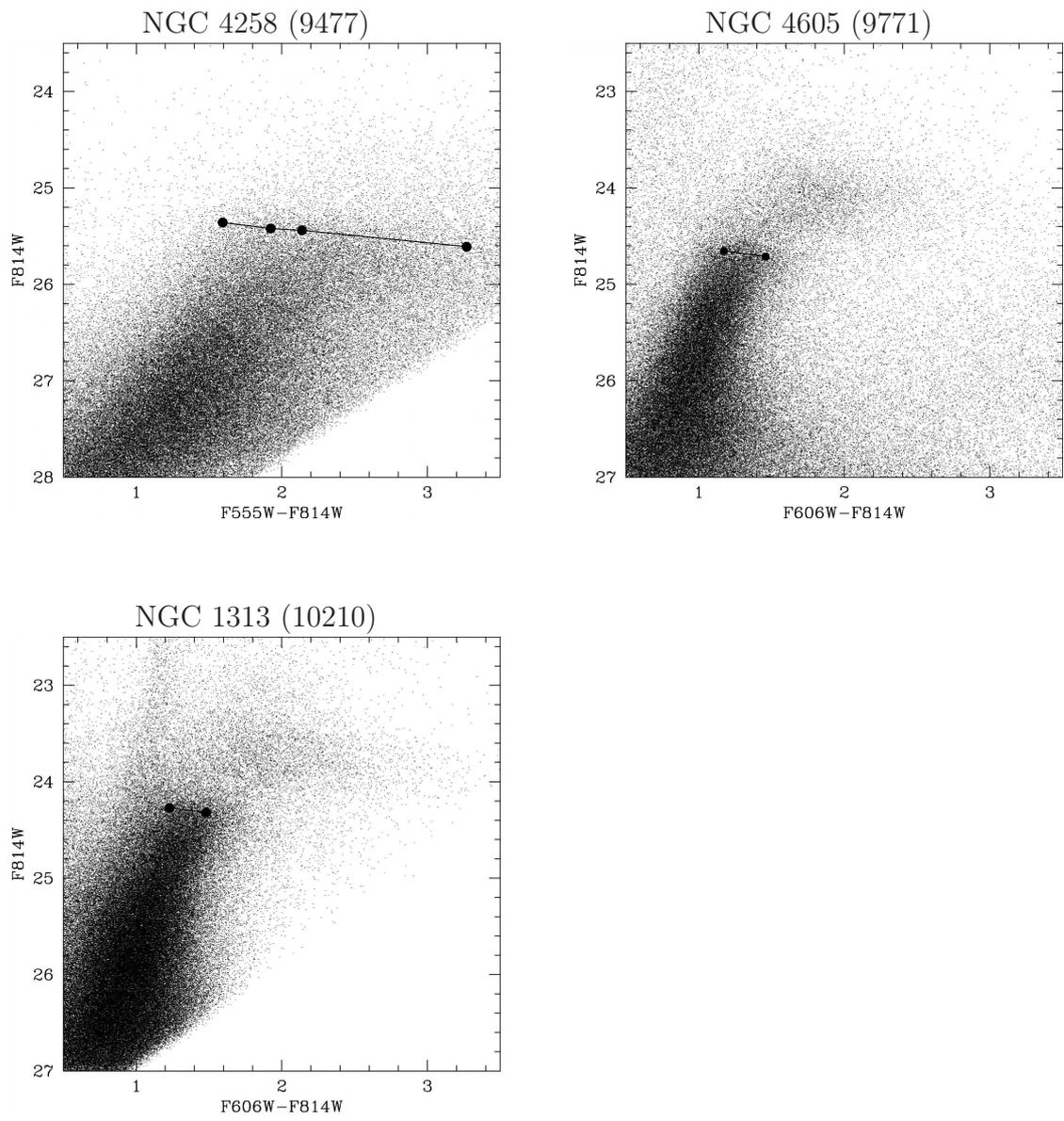


Рис. 1.19: продолжение

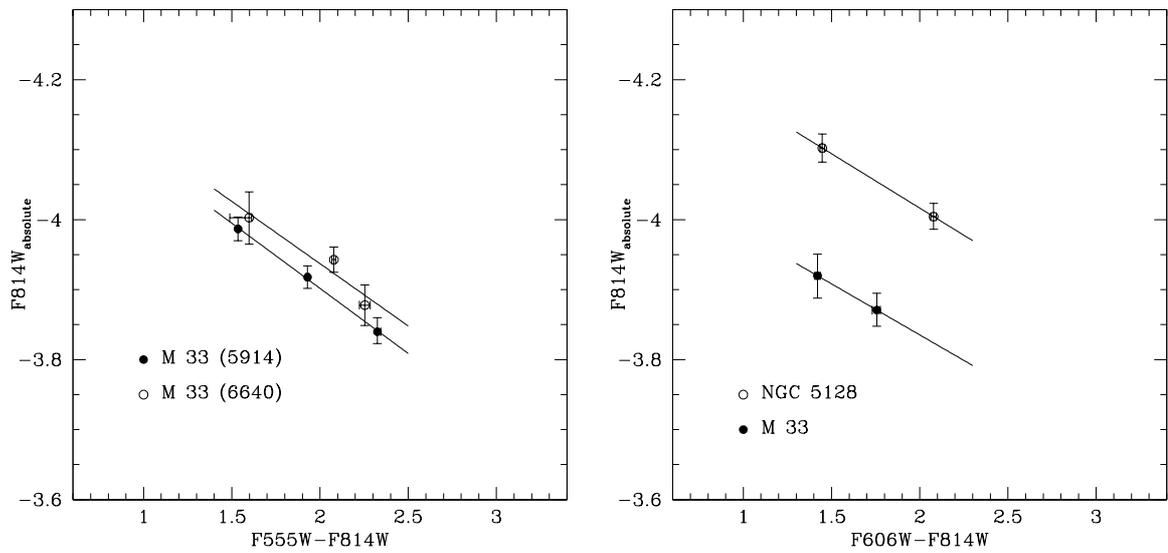


Рис. 1.20: Величина TRGB в  $F814W$ -фильтре в зависимости от цвета ( $F555W - F814W$ ) и ( $F606W - F814W$ ) в фотометрической системе камеры WFPC2. Прямые линии — результат подгонки измеренных значений.

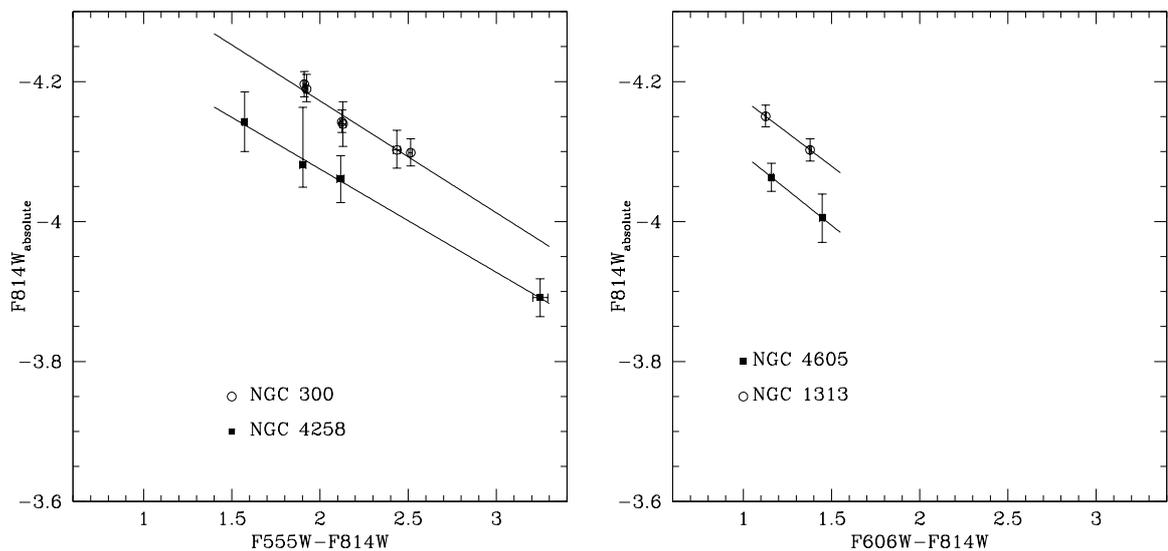


Рис. 1.21: Значение TRGB в  $F814W$ -фильтре в зависимости от цвета ( $F555W - F814W$ ) и ( $F606W - F814W$ ) в фотометрической системе камеры ACS. Линии — результат определения наклонов.

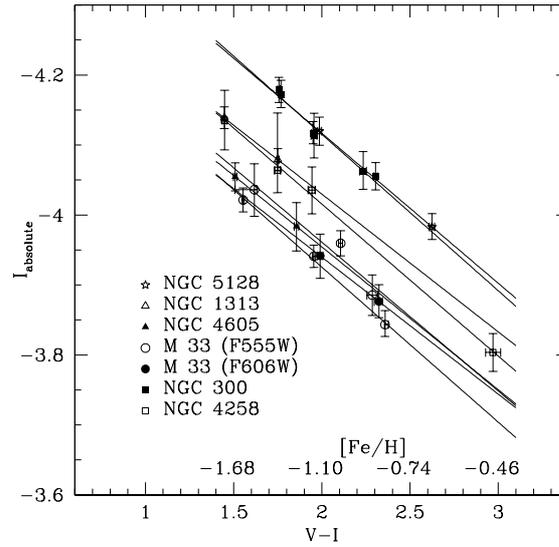


Рис. 1.22: Величина TRGB в фильтре  $I$  в зависимости от цвета ( $V - I$ ) в фотометрической системе Johnson-Cousins.

**Камера ACS:** Оставшиеся четыре галактики из выборки для калибровки металличности наблюдались с камерой ACS, а именно NGC 300, NGC 4258, NGC 4605 и NGC 1313. Галактики NGC 300 и NGC 4258 наблюдались в  $F555W$ -фильтре, а NGC 4605 и NGC 1313 — в  $F606W$ . Как и прежде, модули расстояния, использовавшиеся для определения абсолютных величин, указаны в таблице 1.2. Результаты определения зависимости от цвета показаны на рисунке 1.21 для  $(M_{F814W}, F555W - F814W)$  на левом рисунке и для  $(M_{F814W}, F606W - F814W)$  — справа. Усреднённые наклоны равны:

- $(M_{F814W}, F555W - F814W)$ :  $0.15 \pm 0.02$ ,
- $(M_{F814W}, F606W - F814W)$ :  $0.20 \pm 0.06$ .

### Наклон зависимости от цвета в стандартной системе Johnson-Cousins

Наклоны, полученные в предыдущем разделе, основаны исключительно на аппаратной системе Хаббловского телескопа, что исключает привнесение неопределённостей, связанных с переходом в другие фотометрические системы. Однако, существует несколько вариантов фотометрических систем HST. Фотометрическая система Johnson-Cousins более привычная и она до сих пор остаётся единственной, для которой определена связь между цветом и металличностью RGB-звёзд.

Поэтому, мы перевели наши измерения из системы космического телескопа в фотометрическую систему Johnson-Cousins. Вместо перевода фотометрии для индивидуальных звёзд на CMD и повторения всех измерений, мы напрямую пересчитали окончательные TRGB-измерения. Каждое измерение положения TRGB в нашей выборке может рассматриваться как одиночная звезда со звёздной величиной TRGB и цветом, соответствующим среднему цвету звёзд в выбранном разрезе CMD на уровне TRGB. Перевод из внутренней системы HST в фотометрическую систему Johnson-Cousins выполнялся по рецептам, опубликованным в работах Sirianni et al. (2005) для ACS-камеры и Holtzman et al. (1995) и Dolphin (2000c) для WFPC2. Результат трансформации показан на рисунке 1.22, а конкретные значения наклона для каждой галактики приведены в колонке 7 таблицы 1.2. Взвешенное среднее наклонов равно  $0.22 \pm 0.02$ .

### 1.3.2 Абсолютная звёздная величина TRGB

В то время как наклоны зависимости от цвета, показанные на рисунке 1.22, хорошо согласуются между собой, очевидно, что нуль-пункт остаётся плохо определенным. Вертикальный разброс возникает из-за несовместимости использованных расстояний. Определение нуль-пункта зависимостей требует довольно сложной последовательности шагов и серии предположений о физических свойствах галактик в выборке. Разброс зависимостей на рисунке 1.22 указывает важность знания чрезвычайно точных расстояний для хорошей калибровки нуль-пункта TRGB.

Существует несколько методов для оценки расстояний до разрешаемых на звезды галактик, таких как основанные на зависимости период-светимость переменных Цефеид и RR Лиры, светимости звёзд горизонтальной ветви и красного сгущения, и подгонки яркости главной последовательности. В некоторых особых случаях, можно использовать прямые геометрические методы, такие как исследование движения водяных мазеров и затменных двойных звёзд. Мы не будем обсуждать здесь преимущества и недостатки всех этих методов, но сделаем короткие замечания о двух наиболее используемых: Цефеидах (звезды популяции I), и RR Лиры и горизонтальной ветви (звезды популяции II).

Цефеиды являются очень яркими переменными звёздами и были найдены в большинстве галактик нашей выборки. К сожалению, расстояния, оцененные этим

методом, не могут быть использованы для калибровки TRGB, так как влияние металличности на зависимость период-светимость Цефеид было откалибровано с использованием TRGB-измерений (Sakai et al. 2004). Вместо этого мы оставим сравнение с Цефеидами для проверки согласованности расстояний, полученных с разными индикаторами.

Хорошую альтернативу калибровке по Цефеидам предоставляют звезды горизонтальной ветви и переменные RR Лиры. Для полной внутренней совместимости мы ограничили наш анализ галактиками, для которых фотометрический предел наблюдений находится существенно ниже яркости звёзд горизонтальной ветви. Для этих галактик мы провели полный цикл обработки. Наш анализ был сосредоточен исключительно на звёздах горизонтальной ветви, и не рассматривает переменность звёзд RR Лиры. Исследования звёзд RR Лиры в галактиках Местной Группы в большинстве случаев достаточно старые и основаны на фотографическом материале. Окончательный список кандидатов для калибровки нуля-пункта состоит из галактик: IC 1613, NGC 185, карликовые сфероидальные галактики в Скульпторе (Sculptor) и Печи (Fornax), и M 33. Для каждой из этих галактик существуют глубокие изображения, полученные на Хаббловском телескопе, а для галактик в Скульпторе и Печи существует архивный материал, полученный на 2.2-метровом телескопе ESO. Для звёзд с  $\pm 1$  mag вокруг горизонтальной ветви и с цветом  $0.2 < V - I < 0.6$  мы измеряли средние величины как во внутренней системе HST, когда данные были доступны, так и в стандартной фотометрической системе Johnson-Cousins. На рисунке 1.23 показано выделение звёзд горизонтальной ветви, гистограмма их распределения, положение горизонтальной ветви для галактик IC 1613, NGC 185, Fornax dSph и Sculptor dSph. Для M 33 мы использовали измерения, опубликованные Sarajedini et al. (2006). Абсолютную звёздную величину горизонтальной ветви мы определяли по калибровке Carretta et al. (2000)

$$M_V(\text{HB}) = (0.13 \pm 0.09)([\text{Fe}/\text{H}] + 1.5) + (0.54 \pm 0.04), \quad (1.15)$$

основанной на измерении металличности звёзд шаровых скоплений (Carretta and Gratton 1997). Это соотношение даёт звёздную величину непосредственно звёзд горизонтальной ветви, а не переменных RR Лиры. Наши измерения представлены в таблице 1.3.

Источником наибольшей неопределённости в определении расстояния является

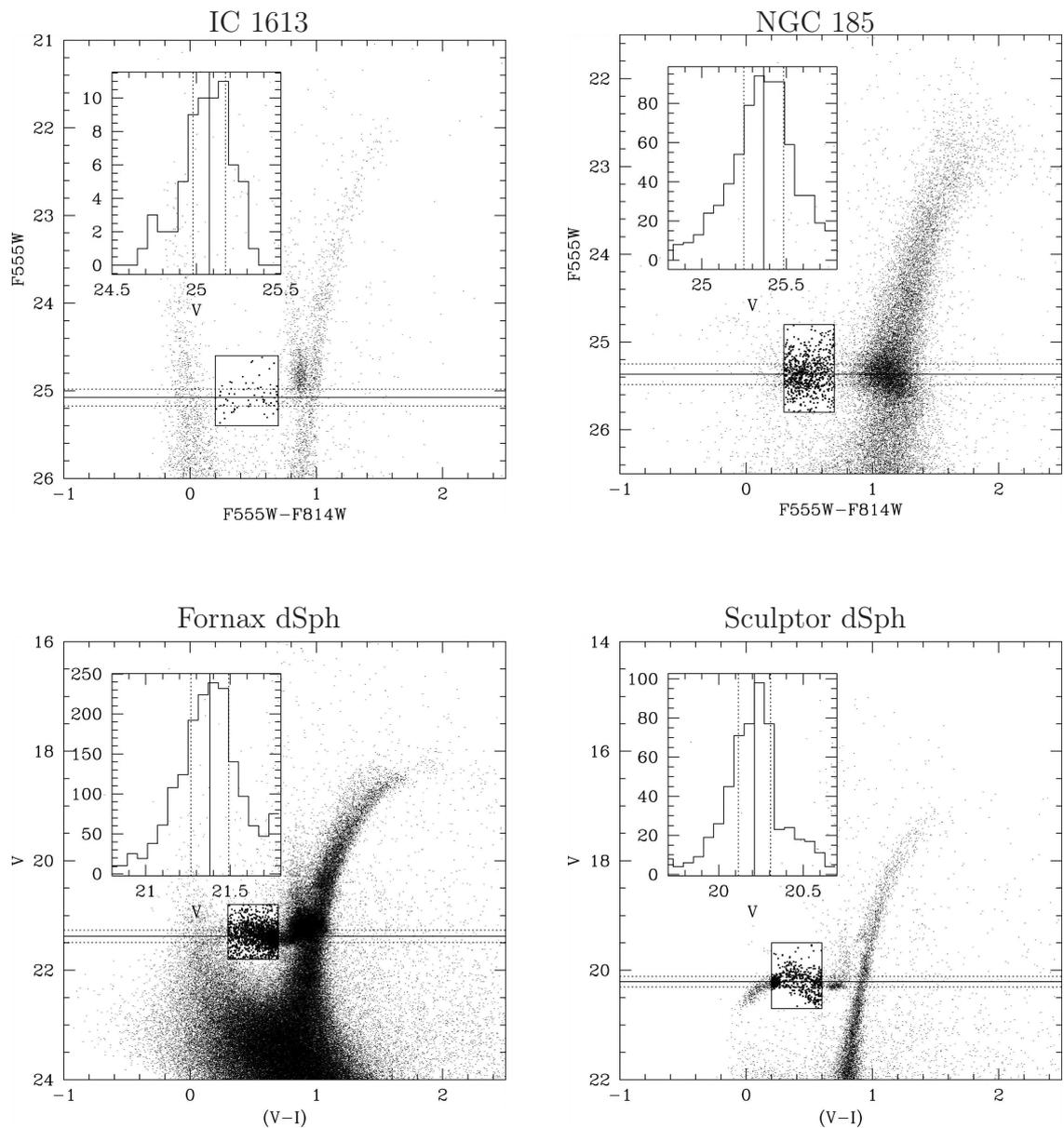


Рис. 1.23: Измерения звёзд горизонтальной ветви. Прямоугольником показаны звезды, использованные для анализа горизонтальной ветви. Горизонтальной линией показано положение горизонтальной ветви, а пунктирные линии обозначают стандартное отклонение данных. Встроенная гистограмма показывает распределение звёзд, использованных для измерений. Вертикальные линии имеют то же самое значение, что и на CMD.

Таблица 1.3: Звёздные величины горизонтальной ветви и TRGB

Galaxy	Camera	$V_{\text{HB}}$	$\sigma$	$I_{\text{TRGB}}$	$(V - I)_{\text{TRGB}}$	$E(B - V)$	[Fe/H]	$M_I$
IC 1613	WFPC2	$25.06 \pm 0.10$	0.003	$20.37 \pm 0.04$	$1.60 \pm 0.02$	0.025	-1.28	-4.057
NGC 185	WFPC2	$25.35 \pm 0.11$	0.004	$20.43 \pm 0.02$	$2.01 \pm 0.04$	0.182	-1.02	-4.051
M 33	ACS	$25.92 \pm 0.05$		$20.69 \pm 0.02$	$1.66 \pm 0.01$	0.042		-4.047
Fornax	WFI@2.2	$21.37 \pm 0.10$	0.003	$16.75 \pm 0.03$	$1.64 \pm 0.03$	0.020	-1.50	-4.019
Sculptor	WFI@2.2	$20.21 \pm 0.10$	0.004	$15.60 \pm 0.03$	$1.50 \pm 0.03$	0.018	-1.74	-4.050

ся оценка металличности галактик выборки. В литературе опубликовано большое количество оценок металличности этих галактик, в основном определённых фотометрически. Часто оказывается, что оценки существенно расходятся между собой, и их разброс значителен. Для внутреннего согласия и для воспроизводимости измерений мы измеряли металличность по цвету вершины ветви красных гигантов, используя калибровку Bellazzini et al. (2001)

$$(V - I)_0^{\text{TRGB}} = 0.581 [\text{Fe}/\text{H}]^2 + 2.472 [\text{Fe}/\text{H}] + 4.013, \quad (1.16)$$

которую можно инвертировать для определения металличности по цвету звёзд TRGB. В этом случае, результирующая металличность соответствует работе Zinn and West (1984), и она должна быть переведена в шкалу Carretta and Gratton (1997) для согласованного определения абсолютной величины звёзд горизонтальной ветви.

В заключение, TRGB было измерено для каждой из галактик по ранее описанному методу. Обе величины  $V_{\text{HB}}$  и TRGB были переведены в соответствующие фотометрические системы и скорректированы за межзвёздное поглощение (Schlegel et al. 1998). Окончательный результат показан на рисунке 1.24. Подгонка данных с фиксированной зависимостью от цвета (0.22/mag) даёт значение

$$M_I^{\text{TRGB}} = -4.05 \pm 0.02 \quad (1.17)$$

для цвета  $(V - I) = 1.6$ , что примерно соответствует металличности  $[\text{Fe}/\text{H}] \approx -1.5$ . Данный цвет (металличность) был выбран как репрезентативное значение среднего цвета TRGB галактик нашей выборки. Нуль-пункт, полученный по  $\omega$  Центавра (Bellazzini et al. 2001) показан кружком на рисунке 1.24. Ошибка абсолютной величины TRGB включает в себя все источники ошибок, возникающих в процессе измерения величины  $M_I^{\text{TRGB}}$ , а именно, ошибка цвета переводится в ошибку металличности и далее в ошибку абсолютной величины горизонтальной ветви  $M_V(\text{HB})$ .

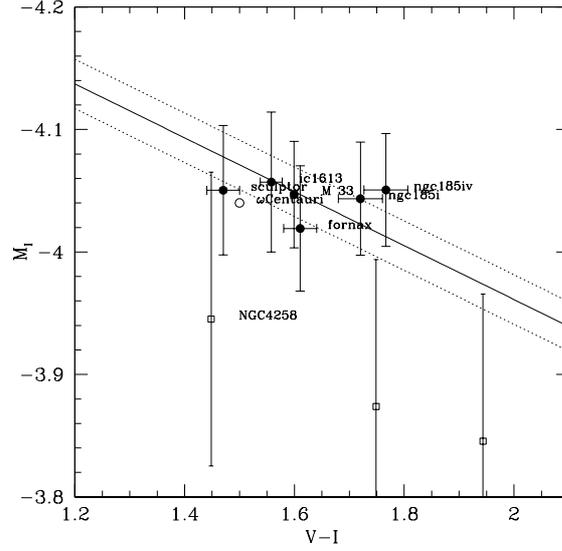


Рис. 1.24: Калибровка нуля-пункта TRGB в зависимости от цвета

Данная ошибка была квадратично суммирована с ошибками определения TRGB и яркости горизонтальной ветви.

Для определения нуля-пункта фотометрической системы HST мы использовали соотношения перехода Sirianni et al. (2005) для ACS-камеры и Dolphin (2000c) и Holtzman et al. (1995) для WFPC2, применённые для условной звезды, имеющей  $(V - I) = 1.6$  и  $M_I = -4.05$ . Это позволило получить следующие соотношения:

$$M_{F814W}^{\text{ACS}} = -4.06 + 0.15[(F555W - F814W) - 1.74], \quad (1.18)$$

$$M_{F814W}^{\text{ACS}} = -4.06 + 0.20[(F606W - F814W) - 1.23], \quad (1.19)$$

$$M_{F814W}^{\text{WFPC2}} = -4.01 + 0.18[(F555W - F814W) - 1.58], \quad (1.20)$$

$$M_{F814W}^{\text{WFPC2}} = -4.01 + 0.15[(F606W - F814W) - 1.12], \quad (1.21)$$

$$M_I^{\text{JC}} = -4.05 + 0.217[(V - I) - 1.6]. \quad (1.22)$$

С данным нулем-пунктом мы имеем эквивалентные соотношения для различных фотометрических систем HST и стандартной системы Johnson-Cousins.

## 1.4 Влияние неоднородности поглощения

Благодаря малости внутренних ошибок метода TRGB легко показать, что неопределённость оценки поглощения критически влияет на точность определения расстояния. В некоторых случаях вариации поглощения внутри галактики могут ока-

заться слишком большими для надёжного измерения расстояния, если используется некоторое среднее поглощение. В качестве примера рассмотрим NGC 6822 — галактику большого углового размера  $\sim 19'$ , лежащую на низкой галактической широте  $b = -18$ . Определение TRGB в четырёх различных полях, наблюдавшихся с камерой WFPC2 по программе 8314, приводит к очень большому разбросу значений. Поля, обозначенные как c1, c12, c18 и c25, соответствуют звёздным скоплениям в этой карликовой галактике. Поля c18 и c12, по всей видимости имеющие похожее поглощение, дают яркость TRGB  $I = 19.93$  и  $I = 19.97$ , соответственно. Однако, значение TRGB в поле c1 равно  $I = 20.08$ , тогда как в поле c25 оказывается  $I = 19.86$ . Размах составляет 0.22 mag от слабейшего до ярчайшего. Средней избыток цвета по картам поглощения (Schlegel et al. 1998) равен  $E(B - V) = 0.236$ . Очевидно, что среднее значение не может адекватно описать сложное распределение поглощения в направлении к этой галактике.

Поглощение может быть оценено по особенностям CMD. Ветвь главной последовательности, если она присутствует, даёт наилучший инструмент для этого. Нижняя часть RGB, менее чувствительная к возрасту и металличности звёзд, чем верхняя часть, и красное сгущение также могут быть использованы для оценки покраснения. CMD галактики NGC 6822 достаточно глубока для тестирования эффективности всех трёх особенностей при определении локального поглощения. Мы провели сравнение с диаграммой галактики IC 1613 со схожим звёздным населением и малым средним избытком цвета  $E(B - V) = 0.025$ .

CMD галактики IC 1613 и четырёх полей в NGC 6822 сдвигались по светимости так, чтобы TRGB (не исправленная за поглощение) оказывалась равной  $M_I = -4$ . После этого средний цвет звёзд на главной последовательности, нижней части RGB и красного сгущения измерялся для IC 1613 и в каждом поле NGC 6822. Разница цвета для каждого индикатора использовалась для определения относительного покраснения между NGC 6822 и IC 1613. Малое покраснение в направлении на галактику IC 1613 было добавлено к измерениям на последнем шаге. На рисунке 1.25 проиллюстрирована эта процедура для звёзд главной последовательности. На верхнем левом рисунке показана CMD галактики IC 1613, сдвинутая по яркости, чтобы соответствовать расстоянию NGC 6822). Оставшиеся четыре рисунка соответствуют полям c12, c18, c25, и c1, расположенным по часовой стрелке, начиная с верхнего левого. Средние цвета звёзд главной последова-

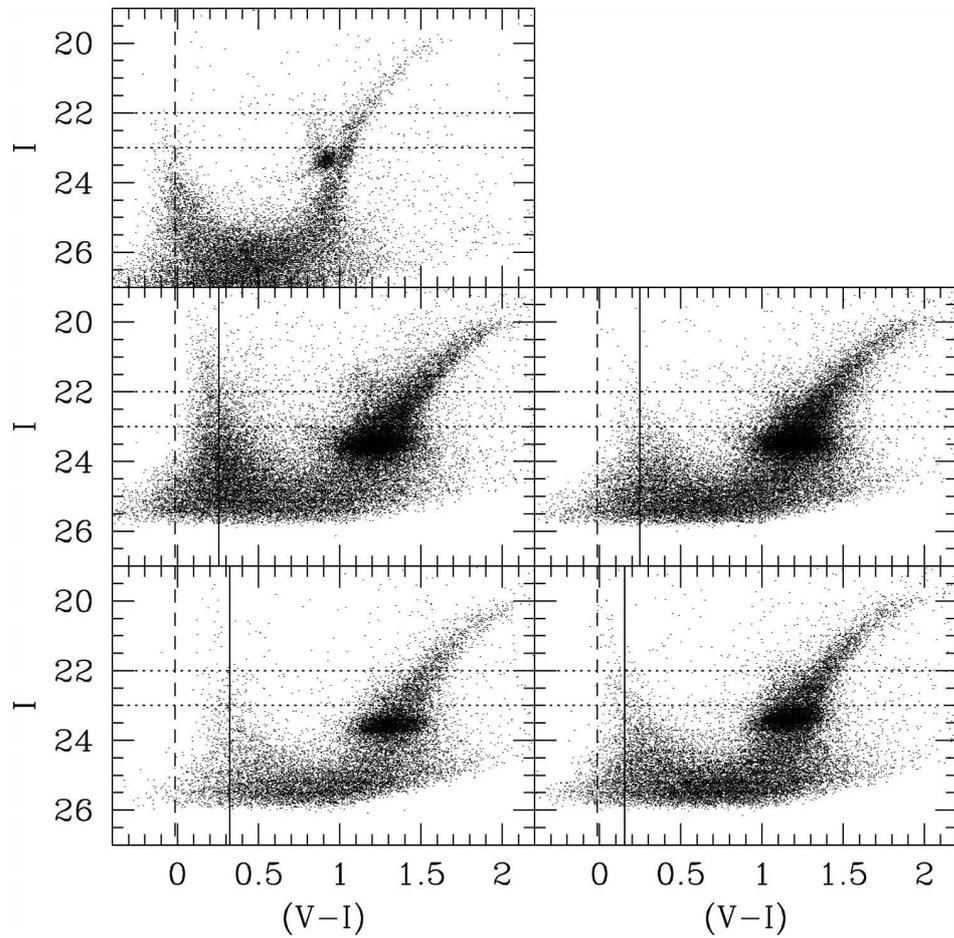


Рис. 1.25: CMD галактики IC 1613 (верхний левый рисунок со сдвигом по величине для согласия с расстоянием до NGC 6822) и четыре поля в галактике NGC 6822. Вертикальные линии показывают средний цвет звёзд главной последовательности внутри области, обозначенной горизонтальными пунктирными линиями. Вертикальные штриховые линии обозначают средний цвет аналогичных областей в IC 1613.

Таблица 1.4: Определение локального поглощения в NGC 6822

Galaxy	Field	TRGB( $F814W$ )	$E(B - V)$	TRGB( $F814W$ , Corrected)
IC1613		20.44	0.025	20.34
NGC6822	c1	20.08	0.254	19.54
NGC6822	c12	19.97	0.203	19.53
NGC6822	c18	19.93	0.200	19.50
NGC6822	c25	19.86	0.139	19.54

тельности внутри выделенной области (отмечена горизонтальными пунктирными линиями) показаны вертикальными линиями, в то время как положение тех же особенностей в IC 1613 указаны штрихами. Очевидно, что различные поля имеют различный сдвиг по цвету, связанный с внутренним поглощением в данном поле.

Результаты сравнения главных последовательностей сведены в таблицу 1.4. Колонки 1 и 2 обозначают галактику и поле, колонка 3 содержит величину TRGB в  $F814W$ -фильтре, колонка 4 даёт локальный избыток цвета в поле через сдвиг главной последовательности, и, наконец, колонка 5 показывает скорректированную за поглощение яркость TRGB в  $F814W$ -фильтре. Очень схожие результаты были получены и для красного сгущения и для нижней части ветви красных гигантов. В случае красного сгущения существует заметная разница в форме этой популяции звёзд между IC 1613 и NGC 6822, поэтому выделенная область достаточно большая, чтобы учесть этот эффект. Избыток цвета, оцененный по положению главной последовательности изменяется от  $E(B - V) = 0.139$  до  $E(B - V) = 0.254$ . После учёта индивидуального поглощения во всех полях разброс измеренной величины TRGB стал всего 0.04 mag.

## 1.5 Сравнение со шкалой расстояний Цефеид

Sakai et al. (2004) произвели сравнение между расстояниями, измеренными по TRGB и Цефеидам, для выборки близких галактик. Они использовали WFPC2-камеру для получения  $V$  и  $I$  изображений семи галактик, и дополнительный список из десяти галактик, для которых TRGB и цефеидные расстояния были ранее известны по литературе. С целью пересмотра этого вопроса, мы извлекли из HST-архива все наблюдения, упомянутые Sakai et al. (2004) и произвели новую еди-

Таблица 1.5: Сравнение результатов измерений по TRGB и по Цефеидам

Galaxy	$I$ <sup>a</sup> TRGB	$I$ <sup>b</sup> TRGB	$A_I$	$12 + \log(O/H)$	$(m - M)_0$ <sup>a</sup> TRGB	$(m - M)_0$ <sup>b</sup> TRGB	$(m - M)_0$ Cepheids
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Sextans A	21.78	21.73	0.090	7.49	25.78	25.67	25.85
NGC 598	20.91	20.95	0.080	8.82	24.71	24.81	24.56
NGC 3031	23.91	24.13	0.160	8.75	27.70	28.03	27.75
NGC 3351	25.92	26.54	0.050	9.24	29.92	30.39	30.03
NGC 3621	25.38	25.45	0.160	8.75	29.26	29.36	29.21
NGC 5457	25.32	25.40	0.020	9.20	29.34	29.42	29.21
IC 1613	20.29	20.25	0.050	7.86	24.38	24.31	24.29
IC 4182	24.17	24.20	0.030	8.40	28.23	28.25	28.36
WLM	20.92	20.83	0.070	7.74	24.93	24.77	24.92
Sextans B	21.76	21.60	0.060	7.56	25.79	25.63	25.63
NGC 3109	21.62	21.63	0.130	8.06	25.57	25.52	25.56
LMC	14.54	14.54	0.000 <sup>c</sup>	8.50	18.57	18.59	18.50
SMC	14.95	14.95	0.000 <sup>c</sup>	7.98	18.98	18.99	18.99
NGC 224	20.53	20.53	0.150	8.98	24.37	24.47	24.41
NGC 300	22.54	22.62	0.030	8.35	26.48	26.65	26.63

<sup>a</sup> Rizzi et al. 2007<sup>b</sup> Sakai et al. (2004)<sup>c</sup> В оригинале приведены только исправленные за поглощение величины.

нообразную обработку данных, используя HSTPHOT (Dolphin 2000b). Затем мы измерили положение TRGB методом максимального правдоподобия, как он был описан ранее разделе §1.2 (Makarov et al. 2006), с помощью пакета TRGBTOOL. Поглощение в направлении галактик оценивалось по картам Schlegel et al. (1998). Оценки металличности были взяты из Sakai et al. (2004). Полученные результаты сведены в таблицу 1.5. Имя галактики (колонка 1) сопровождается нашими измерениями яркости  $I_{\text{TRGB}}$  (колонка 2) и приведёнными в работе Sakai et al. (2004) (колонка 3). В колонке 4 указано поглощение в фильтре  $I$  (Schlegel et al. 1998). Колонки 5–7 содержат оценки расстояния, полученные нашим методом TRGB (колонка 5), TRGB-измерения Sakai et al. (2004) (колонка 6), и по Цефеидам из работы Sakai et al. (2004) (колонка 7). В последнем случае, Sakai et al. (2004) указывает несколько различных оценок расстояний, использующих Цефеиды с различными калибровками и наблюдавшихся в разных фильтрах. Мы воспроизвели значения из колонки 5 таблицы 3 из работы Sakai et al. (2004), которые основаны на калибровке Madore and Freedman (1991) зависимости период-светимость Цефеид, с использованием во всех доступных фильтрах. Нет особых причин для выбора именно этих цефеидных расстояний, но мы убедились, что использование любо-

Таблица 1.6: Расстояния всех галактик, участвовавших в калибровке

Galaxy	$I_{\text{TRGB}}$	$(V - I)_{\text{TRGB}}$	$A_I$	$M_I^{\text{TRGB}}$	$(m - M)_0$
Sculptor	$15.60 \pm 0.03$	$1.47 \pm 0.03$	0.03	-4.08	$19.64 \pm 0.04$
Fornax	$16.75 \pm 0.03$	$1.61 \pm 0.03$	0.04	-4.05	$20.76 \pm 0.04$
NGC 185	$20.35 \pm 0.02$	$1.72 \pm 0.04$	0.36	-4.02	$24.01 \pm 0.04$
NGC 224	$20.53 \pm 0.07$	$1.89 \pm 0.10$	0.15	-3.99	$24.37 \pm 0.08$
IC1613	$20.37 \pm 0.04$	$1.56 \pm 0.02$	0.06	-4.06	$24.37 \pm 0.05$
M33 (blue edge) <sup>a</sup>	$20.73 \pm 0.02$	$1.55 \pm 0.01$	0.08	-4.06	$24.71 \pm 0.03$
M33 (red edge) <sup>a</sup>	$20.91 \pm 0.02$	$2.37 \pm 0.01$	0.08	-3.88	$24.71 \pm 0.04$
WLM	$20.92 \pm 0.03$	$1.47 \pm 0.02$	0.07	-4.08	$24.93 \pm 0.04$
NGC 3109	$21.62 \pm 0.04$	$1.49 \pm 0.02$	0.13	-4.07	$25.56 \pm 0.05$
Sextans A	$21.78 \pm 0.05$	$1.37 \pm 0.04$	0.09	-4.10	$25.79 \pm 0.06$
Sextans B	$21.76 \pm 0.03$	$1.40 \pm 0.02$	0.06	-4.09	$25.79 \pm 0.04$
NGC 300	$22.54 \pm 0.02$	$1.99 \pm 0.01$	0.03	-3.97	$26.48 \pm 0.04$
NGC 5128	$24.03 \pm 0.02$	$2.30 \pm 0.01$	0.21	-3.90	$27.72 \pm 0.04$
NGC 3031	$23.91 \pm 0.03$	$2.09 \pm 0.02$	0.16	-3.94	$27.69 \pm 0.04$
NGC 1313	$24.31 \pm 0.02$	$1.60 \pm 0.00$	0.21	-4.05	$28.15 \pm 0.03$
IC 4182	$24.17 \pm 0.04$	$1.41 \pm 0.01$	0.03	-4.09	$28.23 \pm 0.05$
NGC 4605	$24.70 \pm 0.03$	$1.68 \pm 0.01$	0.03	-4.03	$28.71 \pm 0.04$
NGC 3621	$25.38 \pm 0.12$	$1.65 \pm 0.03$	0.16	-4.04	$29.26 \pm 0.12$
NGC 5457	$25.31 \pm 0.08$	$1.59 \pm 0.03$	0.02	-4.05	$29.34 \pm 0.09$
NGC 4258	$25.49 \pm 0.05$	$2.03 \pm 0.02$	0.03	-3.96	$29.42 \pm 0.06$
NGC 3351	$25.92 \pm 0.04$	$1.60 \pm 0.03$	0.05	-4.05	$29.92 \pm 0.05$

<sup>a</sup> Мы использовали измерения TRGB в широком диапазоне цвета по узким срезам на красном и синем крае RGB. Хотя TRGB измерения отличаются в этих случаях, финальные оценки расстояния согласуются между собой.

го другого набора расстояний из работы Sakai et al. (2004) не изменяет наших выводов.

Средняя разница между модулями расстояния, основанными на Цефеидах и нашими TRGB-измерениями, оказалась равной  $-0.01 \pm 0.03$  по 15 галактикам и стандартным отклонением 0.10 mag. Мы нашли очень хорошее согласие между шкалами расстояний Цефеид и TRGB для всего диапазона металличностей, без внесения коррекции за металличность в зависимость период-светимость Цефеид.

Masri et al. (2006) определили расстояние до галактики NGC 4258 на основе ACS-наблюдений Цефеид относительно LMC равным  $\Delta(m - M)_0 = 10.88 \pm 0.04 \pm 0.05$ , что соответствует  $(m - M)_0 = 29.38$ , если мы примем модуль рассто-

яния LMC  $(m - M)_0^{\text{LMC}} = 18.5$ . Для дальнейшего изучения связи между TRGB и Цефеидами мы произвели редукцию данных из работы Масри et al. (2006) и определили светимость TRGB. Эта галактика наблюдалась в двух полях: вблизи ядра и на периферии. Масри et al. (2006) оценили яркость TRGB во внешнем поле как  $I_{\text{TRGB}} = 25.42 \pm 0.02$ . Наши измерения дают  $I_{\text{TRGB}} = 25.45$  и  $I_{\text{TRGB}} = 25.52$  для внутреннего и внешнего поля, соответственно. Мы предполагаем, что разница определяется только ошибками измерений, и наилучшей оценкой будет среднее эти значений, что даёт модуль расстояния NGC 4258 равный  $(m - M)_0 = 29.42 \pm 0.06$ , находящийся в хорошем согласии с цефеидным модулем расстояния.

В настоящее время TRGB-метод предоставляет наилучший способ для определения расстояний до близких галактик. Внутренняя точность не хуже, чем у лучших альтернатив. За одну орбиту космического телескопа с ACS можно вполне надёжно определять расстояния до  $\sim 10$  Мпк. Метод работает со старым звёздным населением, которое представлено фактически во всех галактиках, и, как правило, его несложно отделить от молодых популяций при обработке. В таблице 1.6 приведены результаты определения модуля расстояния TRGB-методикой, разработанной нами, для всех галактик, проанализированных в ходе калибровки абсолютной светимости TRGB.

## 1.6 Расстояния до галактик облака Гончих Псов

Распределение близких галактик Местного Объёма по небу показывает значительную концентрацию объектов в малой области неба в созвездии Гончих Псов (рисунок 1.26). Эта особенность отмечалась ещё в работах Karachentsev (1966); de Vaucouleurs (1975). В данном комплексе обнаруживаются в основном карликовые галактики поздних морфологических типов. В области неба с координатами  $\alpha = (11.5^h, 14.0^h)$ ,  $\delta = (+20^\circ, +60^\circ)$  выделяются два пика в распределении галактик по лучевым скоростям (рисунок 1.27). Первый пик,  $V_{\text{LG}} = 300 \text{ км с}^{-1}$ , соответствует облаку CVn I, в то время как концентрация CVn II имеет среднюю скорость в районе  $560 \text{ км с}^{-1}$ . От других ближайших групп галактик, таких как Местная группа, M 81 или группы в Центавре, облако Гончих Псов отличается отсутствием ярко выраженного гравитационного центра и выглядит рассеянным. Концентрация галактик в созвездии Гончих Псов неоднократно привлекала к себе внимание исследователей.

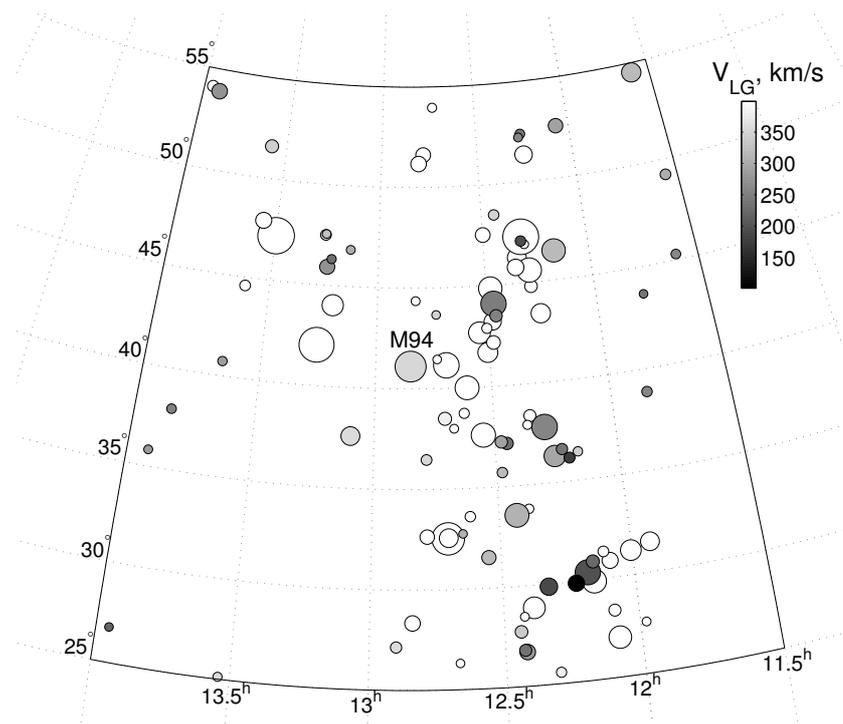


Рис. 1.26: Распределение галактик в Гончих Псах на небесной сфере. Размер кружков обратно пропорционален абсолютной звёздной величине объектов. Оттенками серого показана лучевая скорость галактик облака CVn I с  $V_{LG} < 400$  км с<sup>-1</sup>, белые кружки соответствуют галактикам дальнего фона.

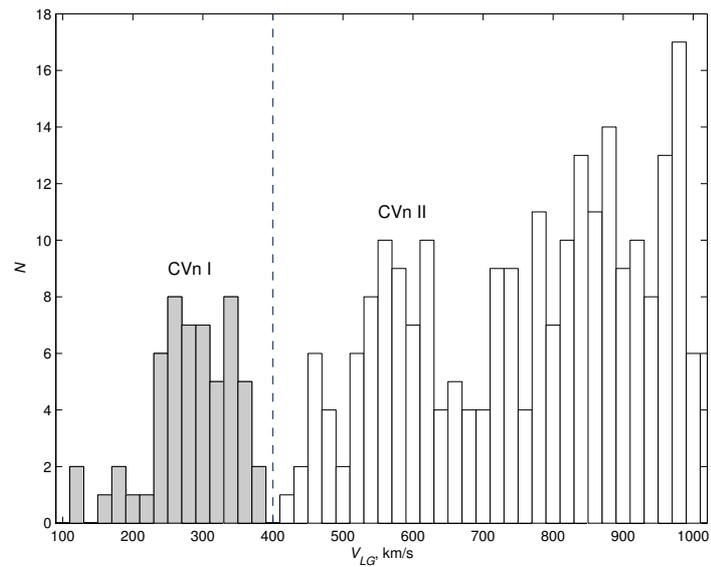


Рис. 1.27: Распределение галактик по лучевым скоростям в направлении созвездия Гончих Псов.

дователей. В серии работ Makarova et al. (1997); Tikhonov and Karachentsev (1998); Makarova et al. (1998); Karachentsev and Drozdovsky (1998) структура комплекса изучалась по фотометрии ярчайших голубых звёзд этих галактик. Использование космического телескопа позволило существенно улучшить точность определения расстояний и исследовать кинематику CVn I облака галактик (Karachentsev et al. 2003b). Недавно в области близких групп галактик в Гончих Псах был проведён слепой обзор неба в нейтральном водороде Kovač et al. (2009) с целью изучения функции HI-масс карликовых галактик. Только один объект из этого обзора не имеет оптического отождествления. Кроме того, в работе Kaisin and Karachentsev (2008) исследовалось текущее звездообразование галактик в Гончих Псах по данным H $\alpha$  обзора. Авторами не было обнаружено значимой корреляции между темпом звездообразования в галактиках и их окружением.

Быстрый прогресс в глубоких наблюдениях галактик в Гончих Псах, выполненных на HST/ACS и HST/WFPC2, а также существенное улучшение TRGB-метода определения расстояний позволяют нам уточнить структуру этой необычной концентрации галактик. В данной работе мы уточнили расстояния для 30 галактик облака CVn I с использованием оптимизированного метода определения TRGB (Makarova et al. 2006) и новых калибровок нуля-пункта (Rizzi et al. 2007).

### 1.6.1 Фотометрия звёзд в галактиках

Прямые изображения галактик, полученные с ACS/HST и WFPC2/HST, брались из архива Хаббловского телескопа. Стандартная первичная обработка изображений проводится “на лету”. Таким образом, пользователь получает изображения, из которых вычтены темновые кадры, проведено исправление за плоское поле и учтено наличие “плохих” столбцов и отдельных “горячих”/“холодных” пикселей.

Обнаружение и фотометрия звёзд в галактиках проводилась с помощью специальных программных пакетов HSTPHOT (Dolphin 2000b) и DOLPHOT (Dolphin 2002), предназначенных для обработки звёзд в густых полях, полученных с камерами WFPC2/HST и ACS/HST. Мы следовали процедурам и рецептам, описанным в руководствах пользователя HSTPHOT<sup>5</sup> и DOLPHOT<sup>6</sup>. Процедуры фотометрической обработки включали маскирование “плохих” столбцов и пикселей, удаление

<sup>5</sup><http://americano.dolphinim.com/hstphot/hstphot.ps.gz>

<sup>6</sup><http://americano.dolphinim.com/dolphot/dolphot.pdf>

следов космических частиц с изображений и одновременную PSF-фотометрию детектированных звёзд в двух фильтрах, используя рекомендованные параметры (Dolphin 2000b, 2002). Только звезды, фотометрия которых удовлетворяет ряду критериев качества, были использованы для дальнейших измерений и анализа. А именно, отбирались звезды с соотношением сигнал-шум  $S/N \geq 5$  в обоих фильтрах,  $\chi^2 \leq 2.5$ ,  $|sharp| \leq 0.3$  и  $type \leq 2$ .

В процессе фотометрии мы уделяли особое внимание определению фотометрических ошибок. Поскольку в густых звёздных полях на качество измерений сильно влияет наличие близких соседей, мы проводили тесты с использованием искусственных звёзд. Для каждой галактики создавалась большая библиотека искусственных звёзд, чьё распределение по цветам и звёздным величинам соответствует реальному. Кроме того, их пространственное распределение воспроизводило распределение обнаруженных звёзд в галактике. Таким образом, распределение искусственных звёзд наиболее полно имитирует исследуемый объект. Фотометрия искусственных звёзд проводилась с применением в точности тех же процедур при тех же самых параметрах, что и к реальным звёздам. Этот процесс, требующий большого времени счета на компьютере, является, по общему мнению, наилучшей возможностью оценить реальные фотометрические ошибки с учётом неполноты фотометрии, очень близких соседей и сливающихся звёздных изображений.

### 1.6.2 Диаграммы цвет-звёздная величина

Выборка галактик из комплекса Гончих Псов представлена в таблице 1.7. Прямые изображения галактик, полученные с ACS/HST и WFPC2/HST, были взяты из архива Хаббловского телескопа. Изображения всех галактик были получены в фильтрах  $F606W$  и  $F814W$ , за исключением NGC 4214, которая наблюдалась в  $F555W$  и  $F814W$ . Изображения исследуемых галактик приведены на рисунке 1.28.

Диаграммы показатель цвета — звёздная величина (CMD) звёзд в исследованных галактиках приведены на рисунке 1.29. Иррегулярные карликовые галактики составляют подавляющее большинство объектов нашей выборки. На всех диаграммах хорошо заметна верхняя часть главной последовательности — голубые звезды, средний показатель цвета которых находится около нуля. Правую верхнюю часть CMD занимают красные сверхгиганты и звезды асимптотической ветви гигантов

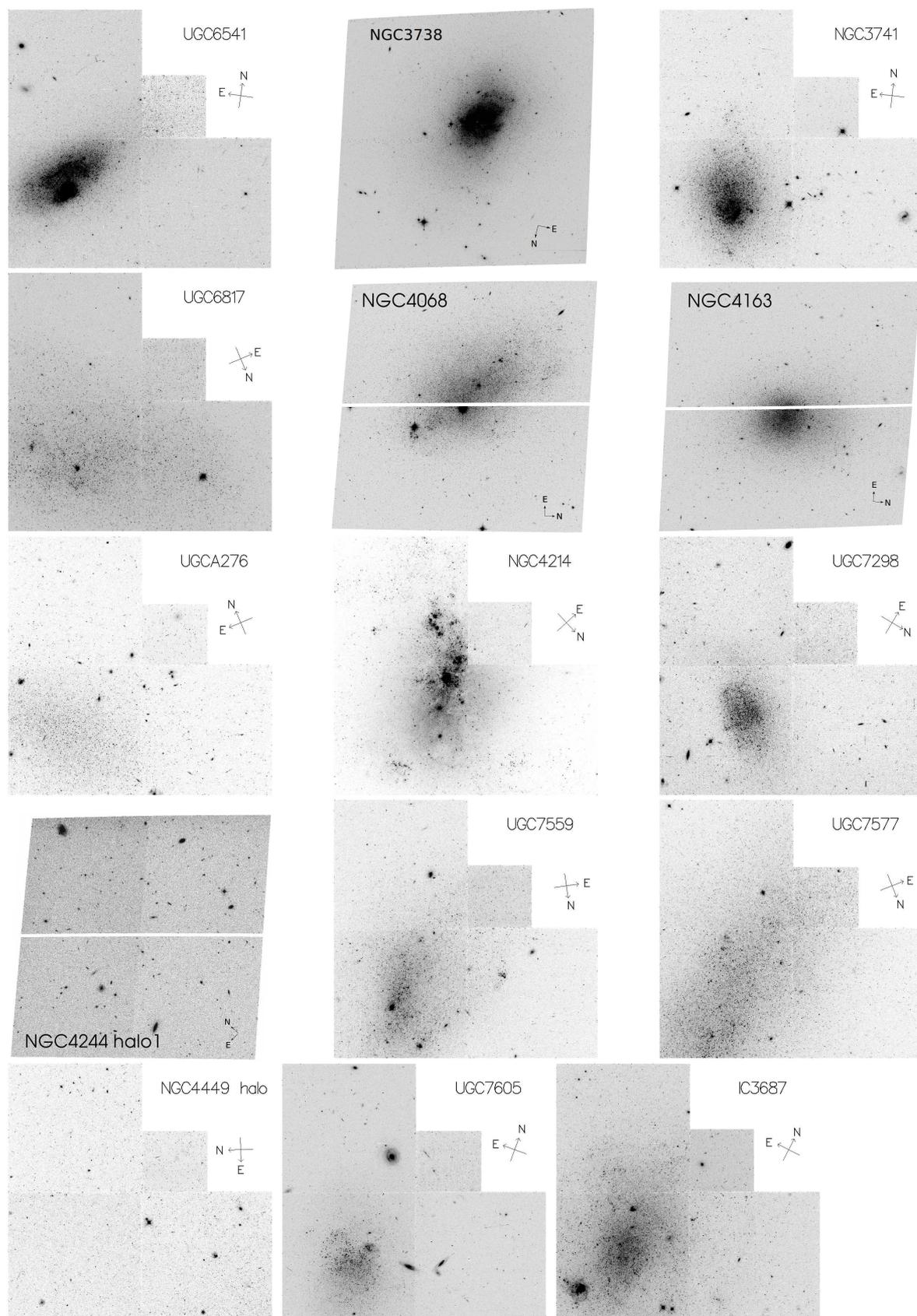


Рис. 1.28: Изображения исследованных галактик облака Гончих Псов, полученные на HST с WFPC2 или ACS.

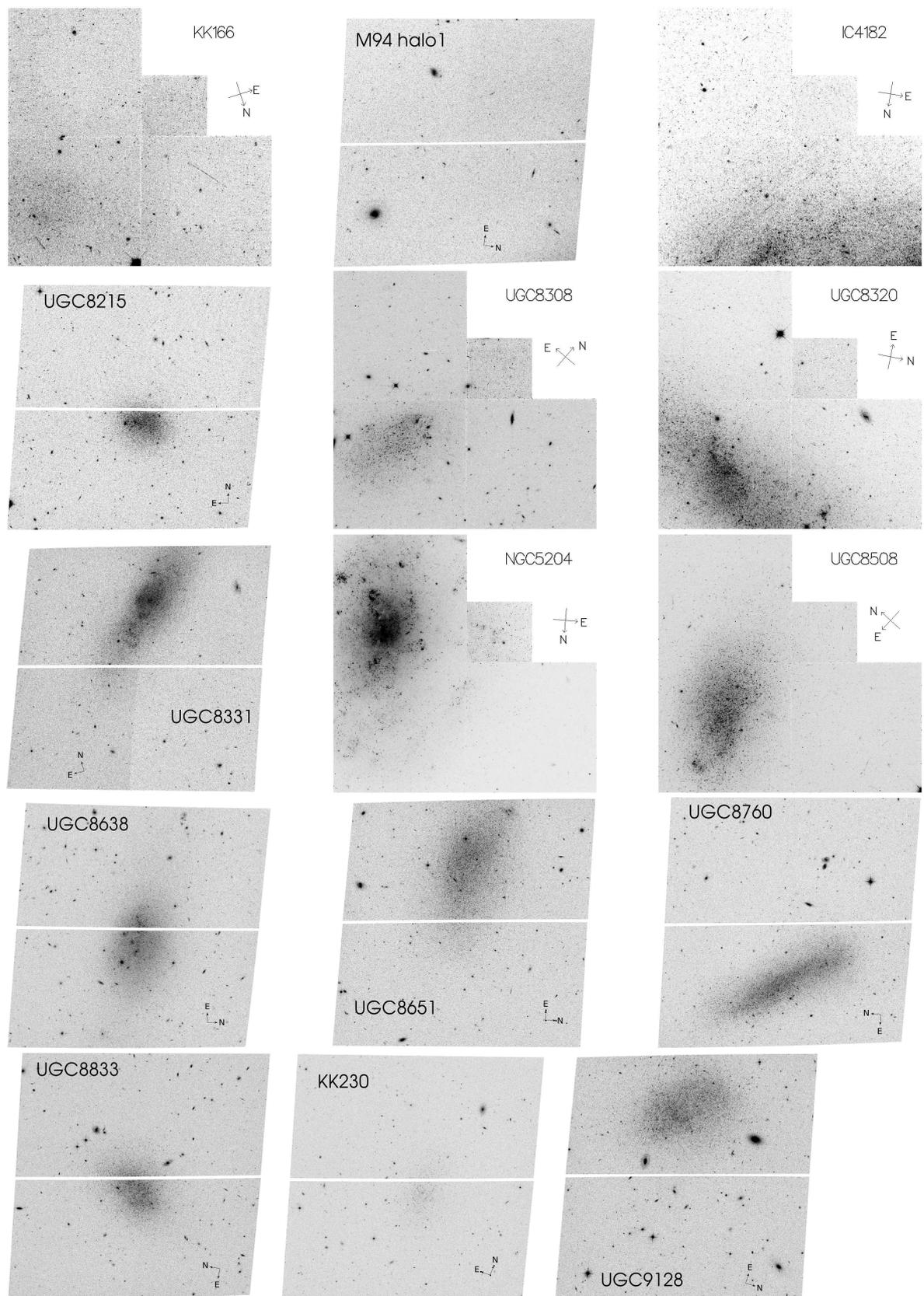


Рис. 1.28: Продолжение.

Таблица 1.7: Параметры HST-наблюдений для 30 галактик облака Гончих Псов

Name	RA (J2000) Dec	Camera	Project	Filters	$T_{exp}$ , sec
UGC 6541	113328.9+491418	WFPC2	8601	<i>F814W/F606W</i>	600/600
NGC 3738	113548.6+543122	ACS/WFC	12546	<i>F814W/F606W</i>	450/450
NGC 3741	113606.0+451708	WFPC2	8601	<i>F814W/F606W</i>	600/600
UGC 6817	115052.9+385251	WFPC2	8601	<i>F814W/F606W</i>	600/600
NGC 4068	120401.9+523519	ACS/WFC	9771	<i>F814W/F606W</i>	900/1200
NGC 4163	121209.2+361010	ACS/WFC	9771	<i>F814W/F606W</i>	900/1200
UGCA 276	121458.1+361306	WFPC2	8601	<i>F814W/F606W</i>	600/600
NGC 4214	121539.2+361939	WFPC2	6569	<i>F814W/F555W</i>	1300/1300
UGC 7298	121630.1+521340	WFPC2	8601	<i>F814W/F606W</i>	600/600
NGC 4244	121729.5+374826	ACS/WFC	10523	<i>F814W/F606W</i>	735/735
UGC 7559	122705.0+370836	WFPC2	8601	<i>F814W/F606W</i>	600/600
UGC 7577	122741.7+432939	WFPC2	8601	<i>F814W/F606W</i>	600/600
NGC 4449	122811.0+440535	WFPC2	5971	<i>F814W/F606W</i>	1400/1400
UGC 7605	122838.7+354304	WFPC2	8601	<i>F814W/F606W</i>	600/600
IC 3687	124215.1+383010	WFPC2	8601	<i>F814W/F606W</i>	600/600
KK 166	124913.1+353646	WFPC2	8601	<i>F814W/F606W</i>	600/600
M 94	125053.0+410712	ACS/WFC	10523	<i>F814W/F606W</i>	730/730
IC 4182	130549.6+373618	WFPC2	8584	<i>F814W/F606W</i>	2600/2600
UGC 8215	130803.6+464941	ACS/WFC	9771	<i>F814W/F606W</i>	900/1200
UGC 8308	131322.7+461913	WFPC2	8601	<i>F814W/F606W</i>	600/600
UGC 8320	131428.2+455511	WFPC2	8601	<i>F814W/F606W</i>	600/600
UGC 8331	131529.8+472959	ACS/WFC	10905	<i>F814W/F606W</i>	1148/938
NGC 5204	132936.5+582510	WFPC2	8601	<i>F814W/F606W</i>	600/600
UGC 8508	133044.4+545441	WFPC2	8601	<i>F814W/F606W</i>	600/600
UGC 8638	133919.6+244631	ACS/WFC	9771	<i>F814W/F606W</i>	900/1200
UGC 8651	133953.8+404421	ACS/WFC	10210	<i>F814W/F606W</i>	1209/1016
UGC 8760	135051.2+380116	ACS/WFC	10210	<i>F814W/F606W</i>	1189/998
UGC 8833	135448.5+355016	ACS/WFC	10210	<i>F814W/F606W</i>	1189/998
KK 230	140710.4+350340	ACS/WFC	9771	<i>F814W/F606W</i>	900/1200
UGC 9128	141556.5+230320	ACS/WFC	10210	<i>F814W/F606W</i>	1174/985

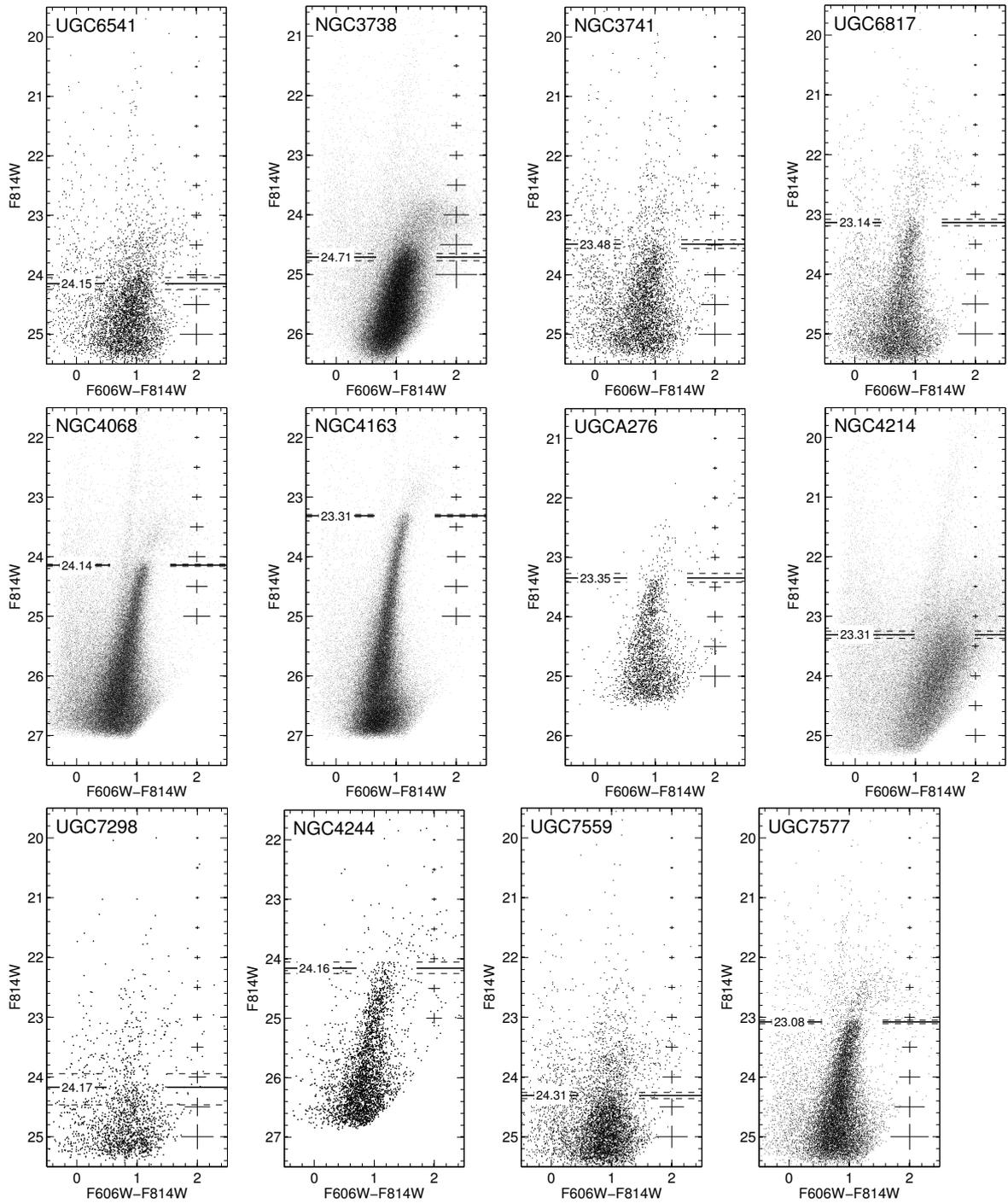


Рис. 1.29: Диаграммы показатель цвета — звёздная величина для звёзд галактик облака Гончих Псов. Кресты указывают характерные ошибки звёздной фотометрии. Положение TRGB указано прямой линией, соответствующие ошибки измерения — прерывистыми.

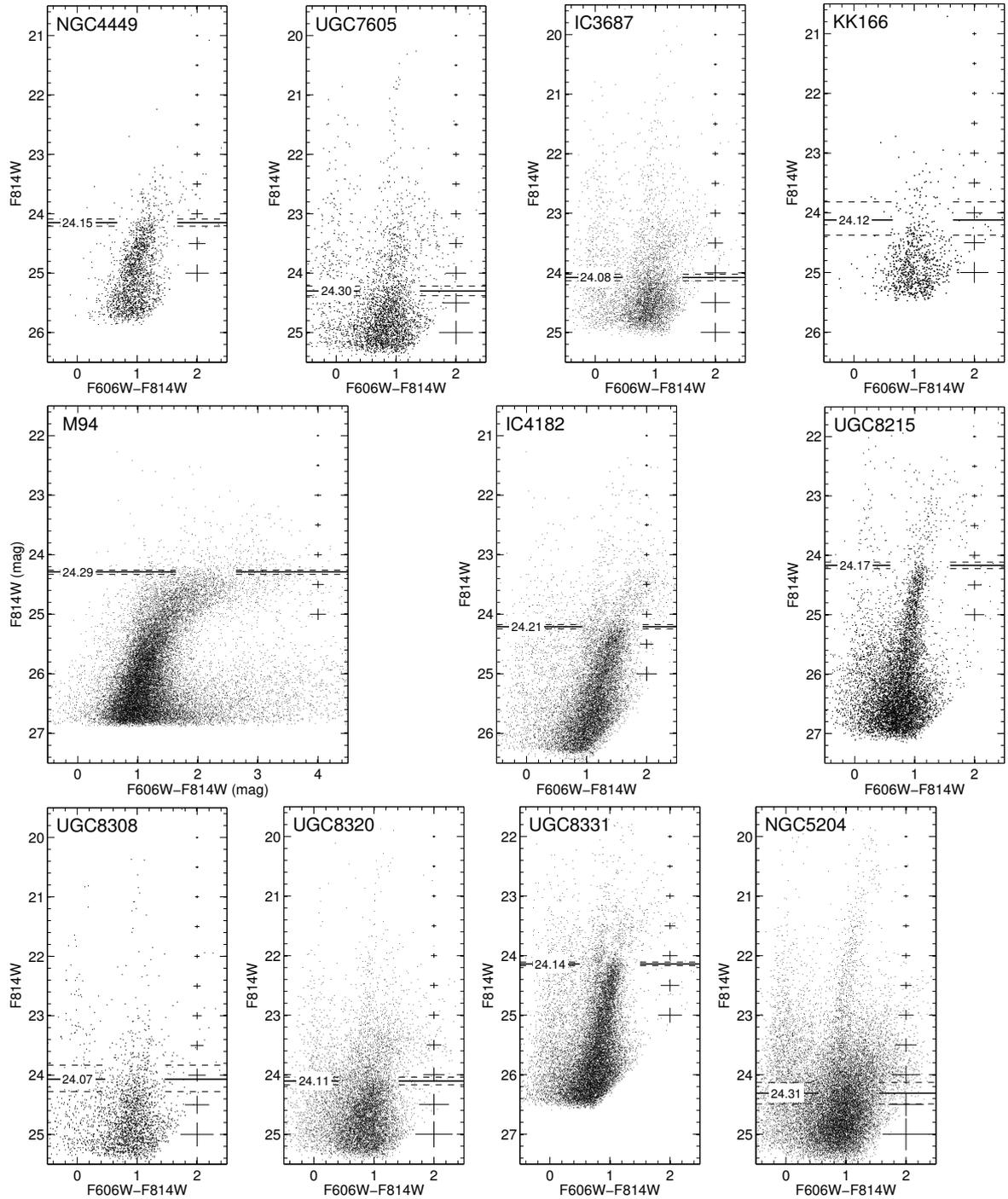


Рис. 1.29: продолжение

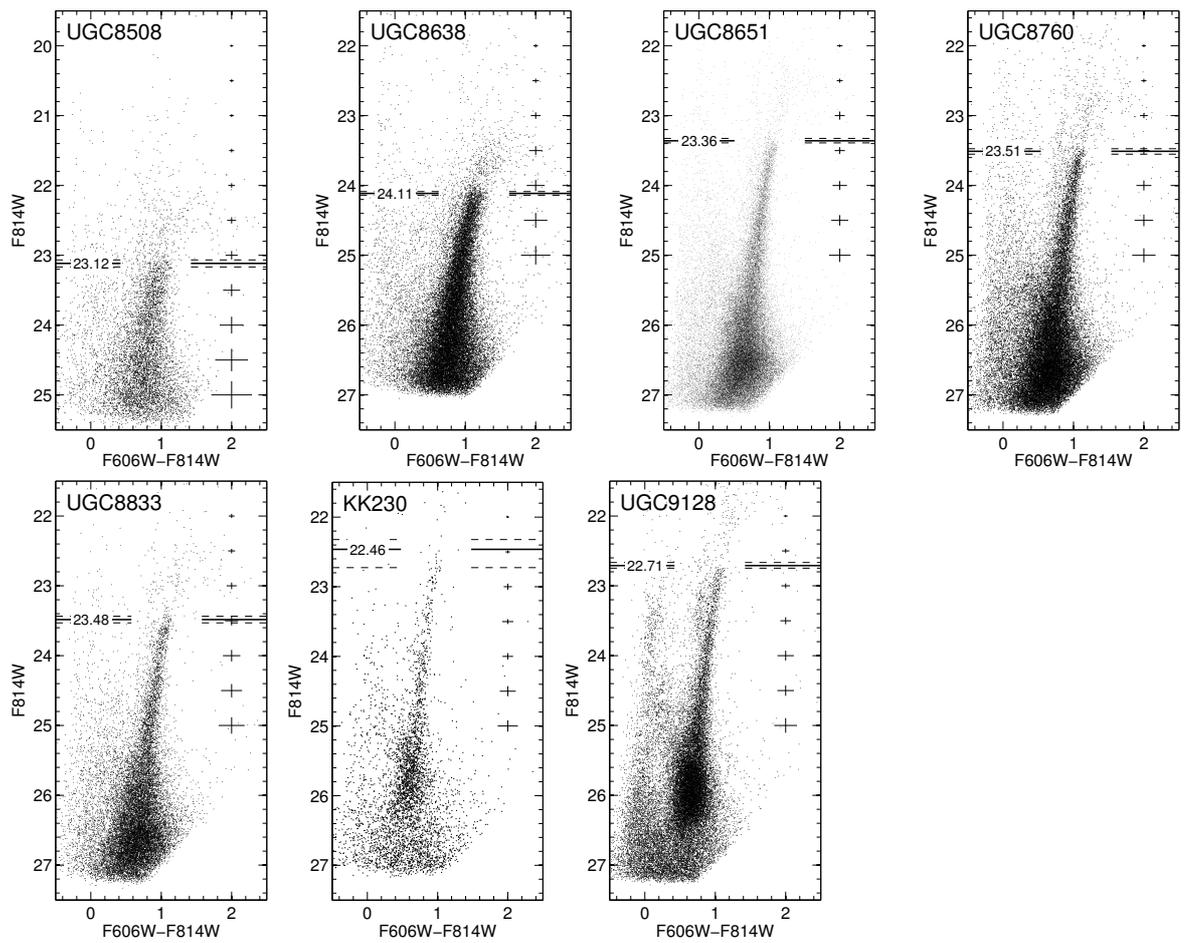


Рис. 1.29: окончание

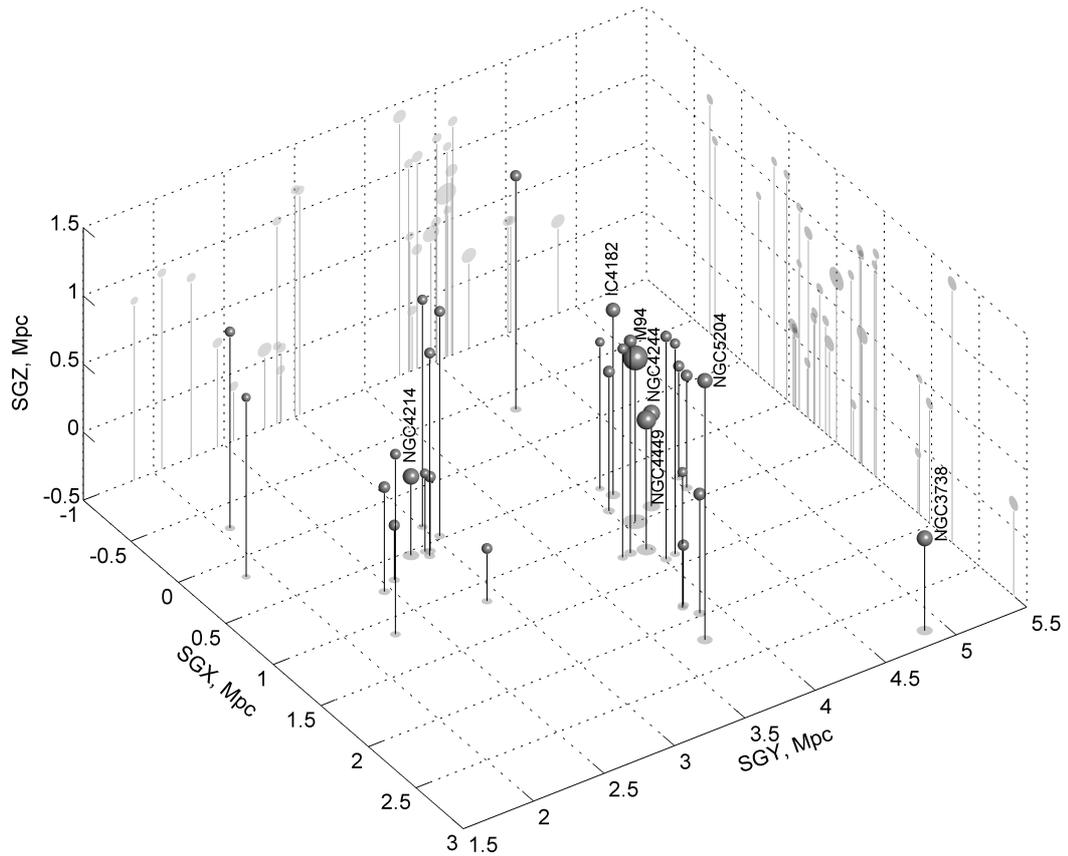


Рис. 1.30: Трёхмерная структура облака Гончих Псов. Размер шариков обратно пропорционален абсолютной звёздной величине галактик. Для наиболее ярких галактик с  $M_B < -16$  mag указаны их названия.

(AGB), обе эти ветви населены по-разному для разных галактик. Самая многочисленная популяция на каждой диаграмме — это звезды RGB. Нами были выбраны из хаббловского архива лишь те экспозиции, которые достаточно глубоки, чтобы надёжно прописать RGB в галактике и, следовательно, оценить расстояние методом TRGB с хорошей точностью.

### 1.6.3 Определение расстояний

Для того, чтобы достоверно определить структуру облака галактик в созвездии Гончих Псов, необходимо знание точных фотометрических расстояний до этих галактик, оцененных единообразно. Оценки расстояний до многих галактик облака проводились и раньше, в том числе используя вершину ветви красных гигантов, как один из наиболее точных индикаторов расстояния. Однако, единообразная оценка таких расстояний проводится впервые. Более того, существенным

фактором уточнения расстояний является улучшение самого метода, проведённое авторами. Для определения значений TRGB мы использовали нашу программу TRGBTOOL, основанную на алгоритме максимального правдоподобия для функции светимости звёзд в галактике и аккуратном учёте фотометрических ошибок, определённых из тестов с искусственными звёздами (Makarov et al. 2006). Калибровка метода TRGB также была нами в значительной мере улучшена (Rizzi et al. 2007). В этой работе были оценены зависимость абсолютной величины TRGB от показателя цвета и новые нуль-пункты в фотометрической системе фильтров ACS и WFPC2. Положение обрыва функции светимости и соответствующая 1- $\sigma$  ошибка показаны на CMD исследованных галактик горизонтальными линиями (рисунок 1.29).

Новые фотометрические расстояния до галактик облака Гончих Псов I собраны в таблице 1.8. В ней приведены: (1) имя галактики в известных каталогах; (2) полная видимая звёздная величина  $B_t$  в  $B$ -фильтре; (3) гелиоцентрическая скорость  $V_h$ ; (4) избыток цвета в направлении на галактику  $E(B - V)$ , согласно Schlegel et al. (1998); (5) положение TRGB, определённое нами с помощью программы TRGBTOOL; (6) средний цвет  $(F814W - F606W)_{\text{TRGB}}$  звёзд в области TRGB (для галактики NGC 4214 вместо фильтра  $F606W$  использовался фильтр  $F555W$ ); (7)  $(m - M)_0$  — измеренный модуль расстояния галактики в mag; (8)  $D$  — соответствующее фотометрическое расстояние в Мпк; (9) радиальная скорость относительно центроида Местной группы  $V_{\text{LG}}$ , согласно Karachentsev and Makarov (1996); (10)  $A_B^i$  — внутреннее поглощение в галактике в  $B$ -фильтре, согласно Karachentsev et al. (2013); (11)  $M_B$  — абсолютная звёздная величина галактики в  $B$ -фильтре; (12) ссылки на литературу по фотометрии и лучевым скоростям галактик. Полная видимая звёздная величина галактики, TRGB и средний цвет RGB звёзд в области обрыва не исправлялись за галактическое поглощение. Отметим, что проведённые измерения являются частью значительно более обширной программы единообразного измерения расстояний до близких, в основном карликовых, галактик методом TRGB с помощью программы TRGBTOOL (Jacobs et al. 2009)<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup><http://edd.ifa.hawaii.edu/>

Таблица 1.8: Расстояния до галактик в облаке CVn I

Name	$B_t^{\#}$	$V_h^b$	$E(B - V)$	$F814W_{\text{TRGB}}$	$(F814W - F606W)_{\text{TRGB}}^{\dagger}$	$(m - M)_0$	$D$	$V_{\text{LG}}$	$A_B^i$	$M_B$	Ref
	mag	км с <sup>-1</sup>	mag	mag	mag	mag	Mpc	км с <sup>-1</sup>	mag	mag	
UGC 6541	14.44	249 ± 2	0.019	24.15 <sup>+0.10</sup> <sub>-0.10</sub>	0.977 <sup>+0.034</sup> <sub>-0.010</sub>	28.15 <sup>+0.12</sup> <sub>-0.12</sub>	4.26 <sup>+0.23</sup> <sub>-0.23</sub>	303	0.00	-13.79	<i>b, A</i>
NGC 3738	11.87	225 ± 8	0.010	24.71 <sup>+0.06</sup> <sub>-0.06</sub>	1.188 <sup>+0.004</sup> <sub>-0.004</sub>	28.76 <sup>+0.08</sup> <sub>-0.08</sub>	5.65 <sup>+0.22</sup> <sub>-0.22</sub>	306	0.02	-16.95	<i>b, D</i>
NGC 3741	14.40	229 ± 2	0.025	23.48 <sup>+0.07</sup> <sub>-0.07</sub>	0.937 <sup>+0.023</sup> <sub>-0.021</sub>	27.48 <sup>+0.09</sup> <sub>-0.09</sub>	3.13 <sup>+0.14</sup> <sub>-0.13</sub>	263	0.00	-13.18	<i>b, A</i>
UGC 6817	13.70	251 ± 2	0.026	23.14 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.06</sub>	0.942 <sup>+0.010</sup> <sub>-0.024</sub>	27.13 <sup>+0.08</sup> <sub>-0.08</sub>	2.66 <sup>+0.10</sup> <sub>-0.10</sub>	257	0.00	-13.54	<i>a, A</i>
NGC 4068	13.19	201 ± 2	0.022	24.14 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.02</sub>	1.056 <sup>+0.005</sup> <sub>-0.007</sub>	28.20 <sup>+0.06</sup> <sub>-0.06</sub>	4.36 <sup>+0.12</sup> <sub>-0.12</sub>	281	0.00	-15.10	<i>a, C</i>
NGC 4163	13.63	162 ± 5	0.020	23.31 <sup>+0.02</sup> <sub>-0.02</sub>	1.144 <sup>+0.004</sup> <sub>-0.005</sub>	27.35 <sup>+0.06</sup> <sub>-0.06</sub>	2.96 <sup>+0.08</sup> <sub>-0.08</sub>	163	0.00	-13.81	<i>a, H</i>
UGC A276	15.86	285 ± 5	0.020	23.35 <sup>+0.07</sup> <sub>-0.08</sub>	1.033 <sup>+0.030</sup> <sub>-0.057</sub>	27.34 <sup>+0.10</sup> <sub>-0.09</sub>	2.93 <sup>+0.13</sup> <sub>-0.12</sub>	288	0.00	-11.56	<i>g, E</i>
NGC 4214 <sup>†</sup>	10.24	291 ± 5	0.022	23.31 <sup>+0.06</sup> <sub>-0.06</sub>	1.652 <sup>+0.014</sup> <sub>-0.045</sub>	27.26 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.04</sub>	2.84 <sup>+0.06</sup> <sub>-0.06</sub>	295	0.01	-17.13	<i>c, F</i>
UGC 7298	15.95	174 ± 2	0.023	24.17 <sup>+0.29</sup> <sub>-0.23</sub>	0.992 <sup>+0.043</sup> <sub>-0.138</sub>	28.16 <sup>+0.23</sup> <sub>-0.30</sub>	4.28 <sup>+0.46</sup> <sub>-0.59</sub>	256	0.00	-12.31	<i>a, A</i>
NGC 4244	10.88	248 ± 17	0.021	24.16 <sup>+0.09</sup> <sub>-0.10</sub>	1.206 <sup>+0.051</sup> <sub>-0.074</sub>	28.19 <sup>+0.12</sup> <sub>-0.11</sub>	4.34 <sup>+0.24</sup> <sub>-0.21</sub>	260	0.68	-18.08	<i>c, B</i>
UGC 7559	14.12	217 ± 17	0.014	24.31 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.05</sub>	0.956 <sup>+0.019</sup> <sub>-0.018</sub>	28.32 <sup>+0.08</sup> <sub>-0.08</sub>	4.61 <sup>+0.16</sup> <sub>-0.16</sub>	230	0.00	-14.26	<i>d, B</i>
UGC 7577	12.95	206 ± 2	0.020	23.08 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.03</sub>	1.049 <sup>+0.007</sup> <sub>-0.008</sub>	27.06 <sup>+0.06</sup> <sub>-0.06</sub>	2.58 <sup>+0.08</sup> <sub>-0.08</sub>	251	0.00	-14.20	<i>a, A</i>
NGC 4449	10.06	202 ± 33	0.019	24.15 <sup>+0.06</sup> <sub>-0.06</sub>	1.170 <sup>+0.026</sup> <sub>-0.055</sub>	28.11 <sup>+0.09</sup> <sub>-0.09</sub>	4.19 <sup>+0.17</sup> <sub>-0.17</sub>	250	0.07	-18.21	<i>a, B</i>
UGC 7605	14.76	310 ± 2	0.014	24.30 <sup>+0.08</sup> <sub>-0.08</sub>	0.899 <sup>+0.026</sup> <sub>-0.032</sub>	28.32 <sup>+0.10</sup> <sub>-0.10</sub>	4.61 <sup>+0.22</sup> <sub>-0.21</sub>	317	0.00	-13.62	<i>d, A</i>
IC 3687	13.79	350 ± 33	0.020	24.08 <sup>+0.06</sup> <sub>-0.05</sub>	0.956 <sup>+0.014</sup> <sub>-0.012</sub>	28.08 <sup>+0.08</sup> <sub>-0.08</sub>	4.12 <sup>+0.15</sup> <sub>-0.15</sub>	377	0.00	-14.37	<i>a, B</i>
KK 166	17.62		0.015	24.12 <sup>+0.26</sup> <sub>-0.30</sub>	1.144 <sup>+0.104</sup> <sub>-0.055</sub>	28.10 <sup>+0.31</sup> <sub>-0.26</sub>	4.17 <sup>+0.60</sup> <sub>-0.50</sub>		0.00	-10.54	<i>f</i>
M 94	8.74	308 ± 8	0.018	24.29 <sup>+0.04</sup> <sub>-0.03</sub>	2.106 <sup>+0.033</sup> <sub>-0.045</sub>	28.14 <sup>+0.07</sup> <sub>-0.08</sub>	4.25 <sup>+0.15</sup> <sub>-0.16</sub>	352	0.14	-19.62	<i>f, C</i>
IC 4182	12.02	321 ± 2	0.014	24.21 <sup>+0.04</sup> <sub>-0.04</sub>	1.431 <sup>+0.015</sup> <sub>-0.012</sub>	28.15 <sup>+0.07</sup> <sub>-0.07</sub>	4.26 <sup>+0.14</sup> <sub>-0.14</sub>	357	0.00	-16.19	<i>a, G</i>
UGC 8215	16.03	224 ± 2	0.011	24.17 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.06</sub>	1.093 <sup>+0.012</sup> <sub>-0.042</sub>	28.24 <sup>+0.08</sup> <sub>-0.08</sub>	4.44 <sup>+0.16</sup> <sub>-0.16</sub>	303	0.00	-12.25	<i>h, A</i>

Таблица 1.8: Расстояния до галактик в облаке CVn I (продолжение)

Name	$B_t$	$V_h$	$E(B - V)$	$F814W_{\text{TRGB}}$	$(F814W - F606W)_{\text{TRGB}}$	$(m - M)_0$	$D$	$V_{\text{LG}}$	$A_B^i$	$M_B$	Ref
	mag	км с <sup>-1</sup>	mag	mag	mag	mag	Mpc	км с <sup>-1</sup>	mag	mag	
UGC 8308	15.45	150 ± 2	0.010	24.07 <sup>+0.21</sup> <sub>-0.24</sub>	0.969 <sup>+0.022</sup> <sub>-0.116</sub>	28.08 <sup>+0.25</sup> <sub>-0.22</sub>	4.14 <sup>+0.47</sup> <sub>-0.42</sub>	230	0.00	-12.68	<sup>a</sup> , <sup>A</sup>
UGC 8320	12.97	191 ± 8	0.015	24.11 <sup>+0.07</sup> <sub>-0.07</sub>	0.914 <sup>+0.031</sup> <sub>-0.037</sub>	28.12 <sup>+0.09</sup> <sub>-0.09</sub>	4.20 <sup>+0.17</sup> <sub>-0.17</sub>	270	0.00	-15.21	<sup>a</sup> , <sup>D</sup>
UGC 8331	14.46	262 ± 5	0.009	24.14 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.03</sub>	1.072 <sup>+0.008</sup> <sub>-0.009</sub>	28.22 <sup>+0.06</sup> <sub>-0.06</sub>	4.40 <sup>+0.13</sup> <sub>-0.13</sub>	348	0.00	-13.80	<sup>a</sup> , <sup>H</sup>
NGC 5204	11.73	201 ± 2	0.013	24.31 <sup>+0.18</sup> <sub>-0.18</sub>	1.117 <sup>+0.024</sup> <sub>-0.024</sub>	28.30 <sup>+0.19</sup> <sub>-0.19</sub>	4.57 <sup>+0.40</sup> <sub>-0.40</sub>	339	0.11	-16.73	<sup>c</sup> , <sup>C</sup>
UGC 8508	14.12	57 ± 2	0.015	23.12 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.05</sub>	0.923 <sup>+0.016</sup> <sub>-0.026</sub>	27.13 <sup>+0.08</sup> <sub>-0.08</sub>	2.67 <sup>+0.09</sup> <sub>-0.09</sub>	181	0.00	-13.07	<sup>a</sup> , <sup>A</sup>
UGC 8638	14.44	276 ± 2	0.013	24.11 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.03</sub>	1.122 <sup>+0.005</sup> <sub>-0.005</sub>	28.17 <sup>+0.06</sup> <sub>-0.06</sub>	4.31 <sup>+0.13</sup> <sub>-0.13</sub>	275	0.00	-13.79	<sup>d</sup> , <sup>A</sup>
UGC 8651	14.22	214 ± 2	0.006	23.36 <sup>+0.03</sup> <sub>-0.03</sub>	1.004 <sup>+0.014</sup> <sub>-0.012</sub>	27.45 <sup>+0.07</sup> <sub>-0.07</sub>	3.10 <sup>+0.10</sup> <sub>-0.09</sub>	284	0.00	-13.26	<sup>e</sup> , <sup>A</sup>
UGC 8760	14.47	188 ± 2	0.016	23.51 <sup>+0.04</sup> <sub>-0.04</sub>	1.037 <sup>+0.024</sup> <sub>-0.029</sub>	27.58 <sup>+0.07</sup> <sub>-0.07</sub>	3.28 <sup>+0.10</sup> <sub>-0.11</sub>	254	0.00	-13.18	<sup>e</sup> , <sup>A</sup>
UGC 8833	15.30	221 ± 2	0.012	23.48 <sup>+0.05</sup> <sub>-0.05</sub>	1.077 <sup>+0.011</sup> <sub>-0.011</sub>	27.55 <sup>+0.08</sup> <sub>-0.07</sub>	3.24 <sup>+0.11</sup> <sub>-0.11</sub>	280	0.00	-12.30	<sup>e</sup> , <sup>A</sup>
KK 230	17.50	63 ± 2	0.014	22.46 <sup>+0.26</sup> <sub>-0.14</sub>	0.979 <sup>+0.022</sup> <sub>-0.025</sub>	26.55 <sup>+0.15</sup> <sub>-0.27</sub>	2.04 <sup>+0.14</sup> <sub>-0.25</sub>	127	0.00	-9.11	<sup>i</sup> , <sup>A</sup>
UGC 9128	14.38	160 ± 2	0.023	22.71 <sup>+0.04</sup> <sub>-0.04</sub>	0.922 <sup>+0.067</sup> <sub>-0.100</sub>	26.79 <sup>+0.07</sup> <sub>-0.07</sub>	2.28 <sup>+0.08</sup> <sub>-0.07</sub>	180	0.00	-12.51	<sup>d</sup> , <sup>A</sup>

‡ Ссылки на фотометрию: <sup>a</sup> Makarova (1999); <sup>b</sup> Taylor et al. (2005); <sup>c</sup> de Vaucouleurs et al. (1991); <sup>d</sup> Makarova et al. (1998); <sup>e</sup> Makarova et al. (2009); <sup>f</sup> (Karachentsev et al. 2004); <sup>g</sup> (Jerjen et al. 2001); <sup>h</sup> (Bremnes et al. 1999); <sup>i</sup> (Karachentsev et al. 2013).

‡ Ссылки на измерения лучевых скоростей: <sup>A</sup> (Begum et al. 2008); <sup>B</sup> (Kovač et al. 2009); <sup>C</sup> (Springob et al. 2005); <sup>D</sup> (Stil and Israel 2002); <sup>E</sup> (Huchtmeier and Richter 1986); <sup>F</sup> (Huchtmeier and Seiradakis 1985); <sup>G</sup> (Tift and Cocke 1988); <sup>H</sup> (Simpson and Gottesman 2000).

† Для галактики NGC4214 использовался цвет  $(F814W - F555W)_{\text{TRGB}}$

## Расстояние до М 94

М 94 — гигантская спиральная галактика, которая расположена в пределах облака Гончих Псов и могла бы претендовать на роль гравитирующего центра. Таким образом, очень важно оценить точное фотометрическое расстояние до этого объекта. Впервые М 94 была разрешена на отдельные звезды в ходе наших SNAPshot наблюдений на HST/WFPC2 (Прогр. 8601). Модуль расстояния, оцененный по вершине ветви красных гигантов по результатам фотометрии этих изображений, равен  $28.34 \pm 0.29$  mag (Karachentsev et al. 2003b). Однако, экспозиции с WFPC2 (600s в фильтре *F606W* и 600s в фильтре *F814W*) дают достаточно густое звёздное поле, причём вершина ветви красных гигантов расположена всего на 1 звёздную величину выше фотометрического предела. Оценка фотометрического расстояния в гигантских галактиках встречает ряд технических сложностей ввиду наличия внутреннего поглощения и высокой поверхностной яркости. Мы уточнили расстояние до М 94, используя более глубокие экспозиции, полученные с HST/ACS (прогр. 10523). В рамках этого проекта были выполнены наблюдения трёх полей М 94, расположенных далеко от центра галактики, так что влияние упомянутых выше сложностей сводится к минимуму.

Функция светимости RGB-звёзд в галактике М 94 оказывается существенно более сложной, чем в обычных карликовых галактиках. Вблизи обрыва она выходит на протяжённое “плато”. Вероятно, это связано со сложной историей звездообразования и обогащения металлами в этой галактике. Такое поведение функции светимости отличается от простого степенного закона, которым обычно описывается ветвь красных гигантов, что делает невозможным использование техники максимального правдоподобия для определения TRGB в галактике М 94. Поэтому мы использовали классическую технику выделения границ, описанную в работе Sakai et al. (1996) и те же современные калибровки метода TRGB (Rizzi et al. 2007), что и для остальных галактик.

Наши измерения дают модуль расстояния  $28.14 \pm 0.08$  mag и расстояние до гигантской спирали М 94  $D = 4.25 \pm 0.15$  Мpc. Это значение имеет лучшую точность и хорошо согласуется как с более ранней оценкой, так и с оценками, выполненными Radburn-Smith et al. (2011) по тем же изображениям. В последней работе приводится модуль расстояния, равный  $28.17 \pm 0.13$  mag.

## Расстояние до NGC 5204

В центре галактики NGC 5204 идёт активное звездообразование. Густое звёздное поле, большое количество молодых звёзд и близость TRGB к фотометрическому пределу (около 1 mag) делают задачу определения расстояния до галактики чрезвычайно сложной. Чтобы избавиться от “засорения” диаграммы большим количеством молодых звёзд, а также избежать излишнего влияния тесных звёздных полей на результаты фотометрии, для анализа функции светимости RGB мы отбирали только звезды, находящиеся вдали от областей звездообразования. Данный подход позволил повысить контраст ветви красных гигантов и определить положение её обрыва. Как и в случае M 94, мы использовали метод выделения границ. Модуль расстояния до галактики NGC 5204 получился равным  $(m - M)_0 = 28.30 \pm 0.19$ , что находится в отличном согласии с оценкой  $(m - M)_0 = 28.34 \pm 0.27$ , полученной в работе Karachentsev et al. (2003b) по тем же данным.

### 1.6.4 Обсуждение результатов и выводы

Сравнение наших оценок расстояний с измерениями, выполненными другими авторами Karachentsev et al. (2002, 2003b, 2006a); Tully et al. (2006); Dalcanton et al. (2009), показывает очень хорошее согласие при, как правило, лучшей точности (рисунок 1.31). Повышение точности измерений связано как с более глубокими наблюдениями тех же самых галактик, проведёнными в более позднее время, так и с применением более совершенной методики оценки расстояний.

Хаббловская диаграмма разбегания галактик в направлении Гончих Псов показана на рисунке 1.32. Отметим, что в предыдущем исследовании структуры этого облака галактик данная область выглядит существенно более “размытой” (Karachentsev et al. 2003b, рисунок 6), что не позволяло сделать вывод о вириализованном состоянии этой группы галактик. Более высокая точность наблюдений позволяет нам выделить зону хаотических движений вокруг центра системы. Группа галактик вокруг M 94 характеризуется медианной скоростью  $V_{LG} = 287 \text{ км с}^{-1}$ , медианным расстоянием  $D = 4.28 \text{ Мпк}$ , дисперсией лучевых скоростей  $\sigma = 51 \text{ км с}^{-1}$ , скорректированной за ошибки измерений, средним проекционным расстоянием галактик от центра системы  $\langle R \rangle = 455 \text{ кпк}$  и полной светимостью  $L_B = 1.61 \times 10^{10} L_{\odot}$ . Масса системы, оцененная по теореме вириала, равна  $\mathfrak{M}_{\text{vir}} = 1.93 \times 10^{12} \mathfrak{M}_{\odot}$ ,

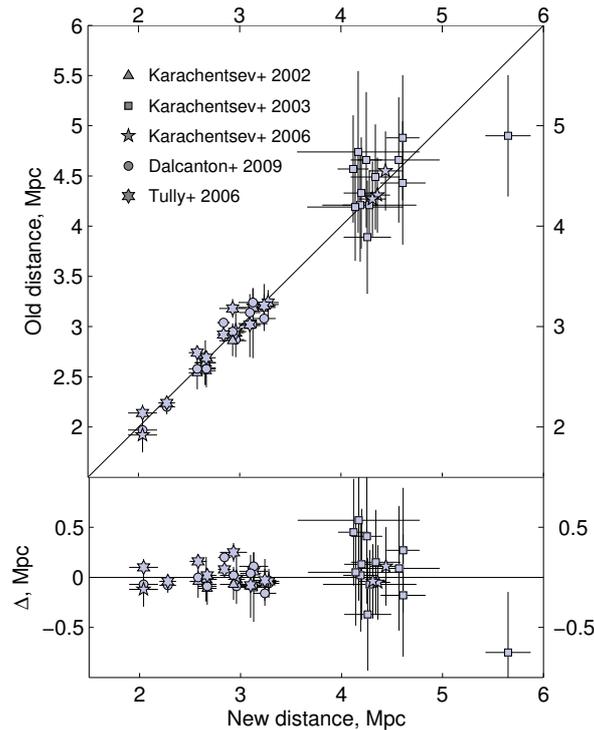


Рис. 1.31: Сравнение расстояний, полученных в данной работе, с более ранними измерениями из работ Karachentsev et al. (2002, 2003b, 2006a); Tully et al. (2006); Dalcanton et al. (2009).

что соответствует отношению масса-светимость  $(\mathcal{M}/L)_{\text{vir}} = 120 \mathcal{M}_{\odot}/L_{\odot}$ . Проекционная (Heisler et al. 1985) оценка массы данной системы равна  $\mathcal{M}_p = 2.56 \times 10^{12} \mathcal{M}_{\odot}$  и, соответствующее отношение масса-светимость  $(\mathcal{M}/L)_p = 159 \mathcal{M}_{\odot}/L_{\odot}$ . Отметим, однако, что время пересечения облака галактик CVnI  $T_{\text{cr}} = R_h/\sigma = 6.5$  Гуг составляет примерно половину возраста Вселенной  $T = 13.7$  Гуг. Поэтому вопрос о близости системы к стационарному состоянию требует дополнительного рассмотрения, а использовать теорему вириала для оценки массы системы стоит с определённой осторожностью.

Как было отмечено в работе Karachentsev et al. (2003b), практически все галактики, расположенные ближе центральной концентрации CVnI, имеют положительные пекулярные скорости и формируют характерную “волну”, вызванную натеканием вещества на массивные группы галактик (см., к примеру, Karachentsev et al. (2009)). К сожалению, современные данные о расстояниях галактик, расположенных за исследуемым облаком CVnI, не позволяют однозначно утверждать существование аналогичного натекания с противоположной стороны груп-

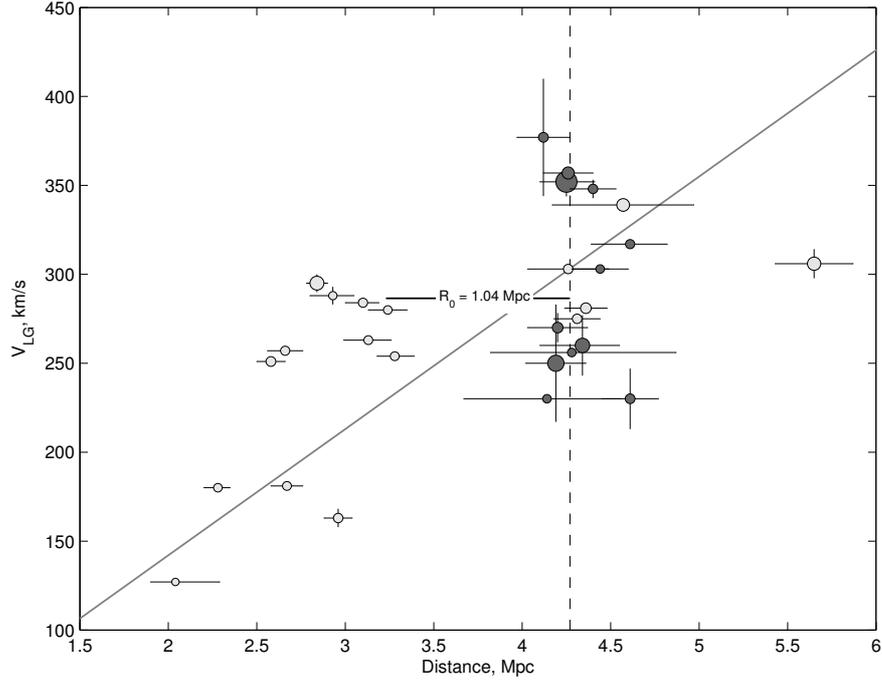


Рис. 1.32: Диаграмма скорость-расстояние для галактик в области Гончих Псов. Линейный закон Хаббла с  $H_0 = 71$  км/(с·Мпк) обозначен сплошной линией. Галактики внутри 1 Мпк от центра системы выделены темно-серым цветом. Медианное среднее расстояний центральной концентрации показано штриховой линией.

пы, хотя определённые намёки на это и заметны. Среди наших данных только галактика NGC 3738 имеет достаточно глубокую CMD, чтобы измерить расстояние в 5.65 Мпк. По всей видимости, эта галактика “падает” на облако Гончих Псов с противоположной стороны и обладает большой отрицательной пекулярной скоростью  $V_{\text{pec}} = -95$  км с<sup>-1</sup>. Если предположить, что наблюдаемое распределение галактик на хаббловской диаграмме на расстоянии менее 3.5 Мпк вызвано гравитационным влиянием группы галактик вокруг М94, мы можем оценить радиус сферы нулевой скорости  $R_0 = 1.04 \pm 0.15$  Мпк как среднее между прямой и обратной регрессиями скорости и расстояния галактик. Это соответствует массе  $\mathfrak{M}_{R_0} = 2.38 \times 10^{12} \mathfrak{M}_{\odot}$  (формула 6 из работы Karachentsev et al. (2009)). Данная величина находится в хорошем согласии с проекционной оценкой массы. Анализ пекулярных скоростей галактик поля является независимым от теоремы вириала методом измерения массы систем. Более точная оценка массы облака CVn I должна включать моделирование распределения галактик по пекулярным скоростям и распределению в пространстве.

Полученная нами оценка отношения масса-светимость,  $(\mathfrak{M}/L)_p = 159 \mathfrak{M}_\odot/L_\odot$ , для облака галактик CVn I существенно превышает типичное отношение  $M/L_B \sim 30$  для близких групп галактик, таких как Местная Группа ( $M/L_B = 15\text{--}20$ ) и группа M 81 ( $M/L_B = 19\text{--}32$ ) (Karachentsev 2005). Отметим, что по сравнению с хорошо известными близкими группами, такими как Местная Группа ( $L_B = 10.1 \times 10^{10} L_\odot$ ), M 81 ( $L_B = 6.1 \times 10^{10} L_\odot$ ) и Центавр А ( $L_B = 5.5 \times 10^{10} L_\odot$ ), облако галактик CVn I ( $L_B = 1.61 \times 10^{10} L_\odot$ ) содержит в 4–5 раз меньше светящегося вещества, а M 94 как минимум на 1 mag слабее любой другой центральной галактики этих групп (Karachentsev 2005). Тем не менее, концентрация галактик в Гончих Псах может иметь сопоставимую полную массу.

В каталоге групп галактик в Местном Сверхскоплении (Makarov and Karachentsev 2011) было показано, что средняя плотность гравитирующей материи на шкале 80 Мпк примерно в 2.5 раза меньше стандартного космологического значения  $\Omega_M = 0.27$ . Одним из вероятных объяснений этой поразительной разницы между глобальной и локальной оценкой плотности Вселенной может быть наличие значительной части тёмной материи вне вириализованных областей, связанных со светящейся материей. Такие “тёмные агрегаты” могут быть довольно многочисленны. К примеру, в работе Tully et al. (2006) были выделены ассоциации близких карликовых галактик по высокоточным фотометрическим расстояниям, полученным на космическом телескопе Хаббла. Более того, в этой работе было отмечено, что на шкале до 3 Мпк, за исключением галактики KKR 25, все известные галактики объединены либо в группы, либо в ассоциации. Подобные разреженные структуры могут иметь отношение масса-светимость в диапазоне от 100 до 1000  $(M/L)_\odot$ . В работе Makarov and Uklein (2012) было показано, что группы, состоящие исключительно из карликовых галактик, могут быть многочисленны, и они имеют более высокое отношение масса-светимость, чем типичные группы галактик в Местном Сверхскоплении. Возможно, что облако галактик в Гончих Псах представляет собой одну из подобных концентраций тёмного вещества, в котором отношение тёмной материи к светящейся существенно превышает аналогичную пропорцию в типичных группах галактик.

## 1.7 Основные результаты главы 1

Основной целью работы было повышение точности и надёжности оценки TRGB, особенно вблизи фотометрического предела, и калибровка нуль-пункта метода, для определения высокоточных расстояний до близких галактик. Необходимость последовательной методологии стала очевидна в ходе анализа данных звёздной фотометрии нашей долгосрочной программы наблюдений близких карликовых галактик на космическом телескопе им. Хаббла. Разработанный метод является логическим продолжением предыдущих усилий, направленных на развитие и усовершенствование метода TRGB. Метод активно используется наблюдателями на космическом телескопе им. Хаббла. С его помощью оценены расстояния до 384 близких галактик, в рамках программы картографирования распределения галактик в Местном Объёме.

- Разработан пакет программ TRGBTOOL для анализа звёздной фотометрии галактик и определения положения обрыва функции светимости звёзд ветви красных гигантов. Данная методика является развитием подхода, основанного на подгонке наблюдаемой функции светимости звёзд методом максимального правдоподобия. Наш алгоритм использует эмпирическое описание функции полноты, ошибок и систематики звёздной фотометрии для более качественного описания наблюдаемой функции светимости звёзд ветви красных гигантов. Для наиболее точной оценки наблюдательных эффектов мы используем фотометрию искусственных звёзд, которые наиболее точно имитируют реальные наблюдения.
- Проведено интенсивное тестирование метода, показавшее его надёжность и хорошую внутреннюю точность. Метод максимального правдоподобия даёт лучшую точность по сравнению с методами выделения границ для большинства реальных звёздных популяций и любых условий наблюдений. Метод максимального правдоподобия способен давать достаточно надёжные результаты даже в случае слабой населённости ветви красных гигантов и вблизи фотометрического предела наблюдений. Получена взаимосвязь между количеством звёзд, участвующих в анализе, точности фотометрии звёзд в области скачка и точности оценки положения TRGB.

- Боллометрическая светимость TRGB имеет сильную зависимость от металличности и даже в наиболее “удачном”  $I$ -фильтре существует слабая зависимость от цвета. Наклон этой зависимости был однозначно определён по CMD индивидуальных галактик, показывающих большой разброс звёздных популяций по металличности. Наклон зависимости был определён для цветов  $(F555W - F814W)$  и  $(F606W - F814W)$  WFPC2 и ACS камер HST, и пересчитан в стандартную фотометрическую систему Johnson-Cousins.
- Получена новая калибровка светимости ярчайших звёзд RGB. Она определялась через яркость звёзд горизонтальной ветви в пяти галактиках Местной Группы (IC 1613, NGC 185, Sculptor, Fornax, M 33)

$$M_I^{\text{JC}} = -4.05(\pm 0.02) + 0.22(\pm 0.01)[(V - I) - 1.6]. \quad (1.23)$$

Вариации этой зависимости в нескольких фотометрических системах HST даны в разделе §1.3.2.

- Определённый нами нуль-пункт метода оценки расстояния по светимости TRGB находится в отличном согласии со шкалой расстояния Цефеид. По пятнадцати объектам сравнения была получена статистически незначимая разница  $\mu_{\text{Ceph}} - \mu_{\text{TRGB}} = -0.01 \pm 0.03$ .
- Показано, что вариации поглощения становятся доминирующим источником ошибок. По сравнению с другими методами, эта проблема не является критической для метода TRGB, так как наблюдения ведутся в близком ИК-диапазоне, а старое звёздное население, по которому проводятся измерения, может быть найдено в областях минимально подверженных внутреннему поглощению. В основном, проблема связана с поглощением в нашей Галактике, которое оценивается по картам ИК-яркости (Schlegel et al. 1998). Независимо мы продемонстрировали возможность оценки поглощения по той же самой CMD, по которой измеряется TRGB, в случае хорошо сформированной главной последовательности.
- Были уточнены расстояния для 30 галактик в рассеянной концентрации галактик в созвездии Гончих Псов. Применение новой методики повысило точность определения расстояний. Это позволило выделить зону хаотических движений вокруг центра системы, галактики M 94. Полученная нами

оценка отношения масса-светимость для этой группы галактик,  $\mathfrak{M}/L_B = (120\text{--}159) \mathfrak{M}_\odot/L_\odot$  существенно превышает типичное отношение  $\mathfrak{M}/L_B \sim 30$  для близких групп галактик.

## 1.8 Список основных работ

- D. Makarov. Maximum-likelihood implementation of the tip-of-the-red-giant-branch method. In R. de Grijs, editor, *IAU Symposium*, volume 289 of *IAU Symposium*, pages 218–221, February 2013.
- D. Makarov, L. Makarova, L. Rizzi, R. B. Tully, A. E. Dolphin, S. Sakai, and E. J. Shaya. Tip of the Red Giant Branch Distances. I. Optimization of a Maximum Likelihood Algorithm. *AJ*, **132**, 2729–2742, December 2006.
- D. I. Makarov, L. N. Makarova, and R. I. Uklein. Distances to dwarf galaxies of the Canes Venatici I cloud. *Astrophysical Bulletin*, **68**, 125–138, April 2013.
- L. Makarova and D. Makarov. The tip-of-the-red-giant-branch distance indicator and the structure of the nearest galaxy groups. In R. de Grijs, editor, *IAU Symposium*, volume 289 of *IAU Symposium*, pages 240–243, February 2013.
- L. Rizzi, R. B. Tully, D. Makarov, L. Makarova, S. Sakai, and E. J. Shaya. Optimizing the tip of the red giant branch distance estimator. In H. Jerjen and B. Binggeli, editors, *IAU Colloq. 198: Near-fields cosmology with dwarf elliptical galaxies*, pages 342–345, 2005.
- L. Rizzi, R. B. Tully, D. Makarov, L. Makarova, A. E. Dolphin, S. Sakai, and E. J. Shaya. Tip of the Red Giant Branch Distances. II. Zero-Point Calibration. *ApJ*, **661**, 815–829, June 2007.

## Глава 2

# Базы данных внегалактических расстояний

### Введение

Измерение расстояний является давней, но от этого не менее актуальной задачей астрономии. Важной вехой было измерение расстояния до Луны Гиппархом Hipparchus (about 150 BC, обсуждается Toomer 1974), и, в современную эпоху, обнаружение цефеид в соседних галактиках, что позволило установить истинную природу этих туманностей (Hubble 1926).

Хотя открытие соотношения между расстоянием и радиальной скоростью галактик (Hubble 1929) привело к парадигме расширяющейся Вселенной и дало простой способ оценки внегалактических расстояний, тем не менее измерение расстояний независимо от красного смещения остаётся крайне важной задачей наблюдательной космологии. В частности, отклонение радиальных скоростей от хаббловского закона даёт информацию о космических течениях (Tully et al. 2008) и распределении гравитирующей материи (Karachentsev et al. 2009; Courtois et al. 2012). Очевидно, что расстояния необходимы для определения постоянной Хаббла,  $H_0$ , и критически важны для оценки космологических параметров. Одной из наиболее ярких иллюстраций является использование далёких сверхновых как стандартных свечей, приведшее к открытию ускоренного расширения Вселенной (Riess et al. 1998; Perlmutter et al. 1999). Эти наблюдения совместно с другими данными формируют современную стандартную космологическую модель, согласно

которой наша Вселенная по большей части “тёмная”. Она состоит примерно на 73 % из тёмной энергии, на 22 % из тёмной материи, и только на 5 % из барионов, т.е. нормального вещества (Jarosik et al. 2011).

Существует большое количество методов для определения внегалактических расстояний. Как правило, наиболее точные и лучше всего прокалиброванные методы крайне трудоёмки и ограничены близкой Вселенной, к примеру, зависимость период-светимость для классических Цефеид. На больших расстояниях большинство индикаторов основано на глобальных зависимостях галактик, таких как хорошо известное соотношение Талли-Фишера. Так как не существует единой техники, применимой на любых расстояниях и для любых типов объектов, согласованная система расстояний строится шаг за шагом от близких галактик к далёким. В этом процессе каждый индикатор расстояния калибруется относительно других, доступных на более близких расстояниях. Для этой цели необходимо поддерживать базу данных точных измерений, которые могут быть сведены в единую систему и могут использоваться как стандартные расстояния. Целью данной работы является описание каталогов внегалактических расстояний.

Каталог расстояний, встроенный в базу данных HyperLEDA<sup>1</sup>, описан в разделе §2.1.1. В каталоге скомпилированы оценки расстояний, опубликованные в литературе, с точным описанием особенностей конкретных измерений. Представленная база данных фокусируется на близких галактиках и обеспечении стандарта для калибровки индикаторов расстояний. Вдобавок к этому каталогу, HyperLEDA содержит согласованный набор данных из литературы о фотометрии, ширине линии водорода, внутренней звёздной кинематике и других характеристиках. Все эти каталоги объединены в единую систему, скорректированы за систематические эффекты для того, чтобы получить согласованное описание наблюдаемых и физических свойств галактик.

HyperLEDA, включая и каталог расстояний, также используется в других проектах. Один из них — каталог галактик Местного Объёма<sup>2</sup> (Karachentsev et al. 2004, 2013, далее LVG), описанный в главе 3. Этот каталог содержит расстояния, скорости и физические параметры галактик внутри 11 Мпк (в настоящий момент 1030 объектов). LVG был получен в результате детального и тщательного анализа

---

<sup>1</sup><http://leda.univ-lyon1.fr/>

<sup>2</sup><http://www.sao.ru/lv/lvgdb/>

данных, собранных по литературе, найденных в разнообразных обзорах неба и в других базах данных. Особенное внимание было уделено очищению данных от артефактов, объектов нашей Галактики и ненадёжных измерений. Все это делает LVG больше, чем просто подвыборкой галактик, выделенной из более общих баз данных. Постоянные усилия делают LVG наиболее полной выборкой близких галактик, фактически свободной от засорения.

Ещё один проект, использующий HyperLEDA, — это база данных внегалактических расстояний (the Extragalactic Distance Database)<sup>3</sup> (Tully et al. 2009, EDD). Основным назначением базы является сбор информации, относящейся к определению расстояний на шкале 100–200 Мпк. EDD объединяет оригинальные наблюдения с опубликованными данными и компиляциями и проверяет данные на совместимость. В ходе этого проекта определяется соотношение Талли-Фишера на основе единого анализа ширины линии водорода (Courtois et al. 2009) и фотометрии (Courtois et al. 2011), где нуль-пункт зависимости был определён по оригинальным оценкам расстояний на основе CMD близких галактик, наблюдавшихся на космическом телескопе им. Хаббла (Jacobs et al. 2009). Целью EDD является помощь в исследованиях крупномасштабного распределения и движения галактик для получения трёхмерной карты распределения вещества в Местной Вселенной и реконструкции её формирования.

## 2.1 HyperLEDA — база данных физики галактик

### 2.1.1 Структура базы данных

HyperLEDA (Paturel et al. 2003a,b) берёт начало из Лион-Медонской Внегалактической базы данных (the Lyon-Meudon Extragalactic database) (Paturel et al. 1988, LEDA), созданной в 1983 году, и из коллекции каталогов Hypercat, зародившейся как наблюдательный каталог кинематики галактик ранних типов (Prugniel and Simien 1996). Эти базы данных были объединены в 2000 году. Исторически, база данных LEDA использовалась при подготовке третьего реферативного каталога ярких галактик (de Vaucouleurs et al. 1991, RC3). В данный момент, база данных HyperLEDA поддерживается обсерваторией Лиона (Observatoire de Lyon), Фран-

---

<sup>3</sup><http://edd.ifa.hawaii.edu/>

ция, и Специальной астрофизической обсерваторией РАН, Россия.

Основой HyperLEDA является набор компилятивных каталогов, которые поддерживаются на регулярной основе. Каждый каталог содержит специфические данные об астрономических объектах из литературы. Поддержка этих каталогов включает в себя работу по аккуратной кросс-идентификации небесных объектов, подробного описания каждой серии измерений, включая описание точности и систематических ошибок, и маркировки ненадёжных или ошибочных данных.

Основная часть, так называемый LEDA каталог, объединяет информацию из различных компиляций и предоставляет единообразное и самосогласованное описание всех объектов. LEDA включает в себя однородные наблюдательные данные: полную видимую звёздную величину в фильтре  $B$ , видимый диаметр и красное смещение, и физические параметры: абсолютную звёздную величину и максимальную скорость вращения газа в галактике. Процесс приведения данных в единую систему основан на описании каждого набора измерений (к примеру, применение апертурной коррекции) и на статистическом сравнении этих серий измерений во всем каталоге (согласование нуль-пунктов). Физические параметры определяются через однородные наблюдательные данные, принимая во внимание различные виды коррекций: поглощение в Галактике, наклон объектов, уширение линий из-за красного смещения и т.п.. Подробно эти процедуры описаны в работе Paturel et al. (1997). Сравнительно недавно некоторые аспекты были пересмотрены в работах: Paturel et al. (2003a,b). Текущее состояние отражено в документации на странице базы данных.

Ниже дано описание основных компиляций, составляющих HyperLEDA.

**Astrometry and Designation:** Эти каталоги содержат 8 177 892 оценок положений и 6 878 482 индивидуальных имён для 3 730 169 объектов. Обозначения галактик удовлетворяют рекомендациям IAU<sup>4</sup>. Эти каталоги являются фундаментом для правильной идентификации объектов. Каталоги описаны в работе Paturel et al. (2003a).

**Distance:** Каталог оценок расстояний до внегалактических объектов независимых от красного смещения. Структура каталога подробно описана в разделе §2.1.2.

---

<sup>4</sup><http://cdsweb.u-strasbg.fr/Dic/iau-spec.html>

**Gas kinematics:** База данных LEDA начинала своё развитие с компиляции HI-наблюдений (Paturel et al. 2003b). В настоящий момент каталог содержит 113 086 измерений ширины линии водорода или максимумов скорости вращения для 37 377 галактик. Каталог используется для определения однородной физической скорости вращения галактик, VROT, исправленной за наклон. Вместе с фотометрией он используется для оценки расстояния по соотношению Талли-Фишера (Tully and Fisher 1977) для спиральных галактик.

**Group membership:** Кроме галактик HyperLEDA индексирует кратные системы: пары, триплеты, группы и скопления галактик. Каталог коллекционирует информацию из литературы о группах и членах групп. Пользовательский интерфейс позволяет определять принадлежность объекта к группе и список членов конкретной группы галактик. База данных содержит 391 247 записей о принадлежности 370 999 объектов к 19 829 группам. Вдобавок, интерфейс позволяет получать список объектов, группирующихся вокруг конкретной галактики, на основе близости в проекции на небо и в пространстве красных смещений, используя алгоритм описанный в работе Prugniel et al. (1999).

**Mg<sub>2</sub> line strength indexes:** Каталог опубликованных индексов абсорбционной линии Mg<sub>2</sub> галактик и шаровых скоплений (Golev and Prugniel 1998) в настоящий момент содержит 9 883 измерений для 3 271 объектов.

**Morphology:** Каталог содержит численные RC3 типы галактик, *t*, в шкале Воккулера (de Vaucouleurs et al. 1991, см. секцию 3.3). Они объединяются с информацией о наличии бара, кольца и других параметров для формирования стандартного морфологического описания объекта. В настоящий момент HyperLEDA собрала данные о 232 305 морфологических кодах для 112 572 галактик. Большинство этих классификаций получены в результате визуального просмотра оптических изображений. Недавно были предприняты усилия для автоматической классификации галактик, которые позволили получить однородную классификацию 4 458 ярких галактик из Слоановского обзора неба (Baillard et al. 2011).

**Nature:** Хотя HyperLEDA была создана для изучения внегалактических объектов, невозможно ограничить её содержание только галактиками. Часто фи-

зическая природа объекта неизвестна на момент открытия и формально он описывается в базе данных как *протяжённый источник*, в то время, как его внегалактическая природа только подразумевается. Дальнейшие наблюдения могут подтвердить или изменить раннюю классификацию. Так как данные никогда не исключаются из базы данных, HyperLEDA фактически содержит все типы небесных объектов. Этот каталог даёт 5 014 711 классификаций природы, извлечённых из литературы, или сделанных командой HyperLEDA. На основе индивидуальных классификаций автоматически выбирается наиболее точное. В случае несовместимости присваивается значение *неопределённая* природа объекта для последующего контроля и возможного решения противоречий. HyperLEDA идентифицирует 3 358 587 галактик и 372 941 звёзд или объектов другой природы.

**Nuclear activity classification:** Этот каталог компилирует информацию о признаках активности в центрах галактик (активные ядра или звездообразование) для 88 421 объектов (Gavrilović et al. 2007). В частности, он содержит каталог квазаров и активных ядер Верона<sup>5</sup> (Véron-Cetty and Véron 2010).

**Photometry:** Каталог содержит компиляцию 28 208 556 наблюдательных звёздных величин для 3 605 940 объектов из литературы и обзоров. В основном эти величины получены в оптическом, ближнем ИК или в радио-диапазонах. В базе данных хранятся наблюдаемые величины без коррекции за Галактическое поглощение или иные эффекты. Этот каталог сопровождается каталогами апертурной фотометрии, фотометрических профилей, кривых роста и цветов (Prugniel and Heraudeau 1998). Поверхностная яркость дана для 27 761 галактик. В работах Paturel et al. (1994, 1997) описано приведение видимых звёздных  $B$ -величин в RC3-систему,  $B_T$ .

**Redshift:** Каталог содержит 2 387 020 красных смещений в гелиоцентрической системе координат для 1 296 804 объектов. В каталоге данные представлены в единицах  $\text{км с}^{-1}$  как  $cz$ , где  $z$  — красное смещение и  $c = 299\,792.458 \text{ км с}^{-1}$  — скорость света. Для малых красных смещений,  $z \ll 1$ , величина  $cz$  может быть интерпретирована как радиальная скорость объекта в так называемой

---

<sup>5</sup><http://heasarc.gsfc.nasa.gov/W3Browse/all/veroncat.html>

оптической конвенции. Сведение красных смещений в единую систему, перевод в различные системы отсчёта, такие как СМВ или центроид Местной Группы, описаны Paturel et al. (1997).

**Sizes and position angles:** Эти каталоги собирают информацию о размерах объектов и их позиционных углах (отсчитываемых от севера к востоку). Данные собираются в различных областях спектра, на различных уровнях изофот, и для различных техник измерения. Каталог содержит 11 016 356 оценок диаметров для 3 009 469 объектов. Позиционные углы известны для 2 763 881 галактик. Трансформация в стандартную RC3 систему, соответствующая размеру на изофоте  $25 B\text{-mag arcsec}^{-2}$ , описана Paturel et al. (1991, 1997).

**Spatially resolved kinematics of galaxies:** Библиографический каталог собрал информацию из 15 197 публикаций о кривых вращения 3 860 галактик (Prugniel et al. 1998).

**Stellar kinematics:** Каталог, представленный Prugniel and Simien (1996), содержит 23 797 наблюдений дисперсий скоростей в центрах 16 927 галактик и 1 668 измерений максимальной скорости вращения звёздной популяции в 832 галактиках ранних типов. Этот каталог используется в HyperLEDA для определения расстояний через соотношение Фабер-Джексона и Фундаментальной Плоскости.

Публичные зеркала базы данных HyperLEDA работают под управлением пакета PLEINROT. Данные и программы свободно распространяются<sup>6</sup> для Unix/Linux систем, что позволяет создать локальную копию базы данных. Web-интерфейс даёт доступ к различным инструментам, наиболее важными из которых являются: поиск по имени, в том числе поиск по образцу; поиск по координатам и вблизи координат; и поиск по параметрам, используя команды, аналогичные языку структурных запросов SQL.

Рисунок 2.1 иллюстрирует ежегодную статистику по обработке данных в HyperLEDA. Верхняя панель показывает количество обработанных статей, отсортированных по году публикации, как для всей базы данных, так и для отдельных

---

<sup>6</sup><http://leda.univ-lyon1.fr/install/mirror.html>

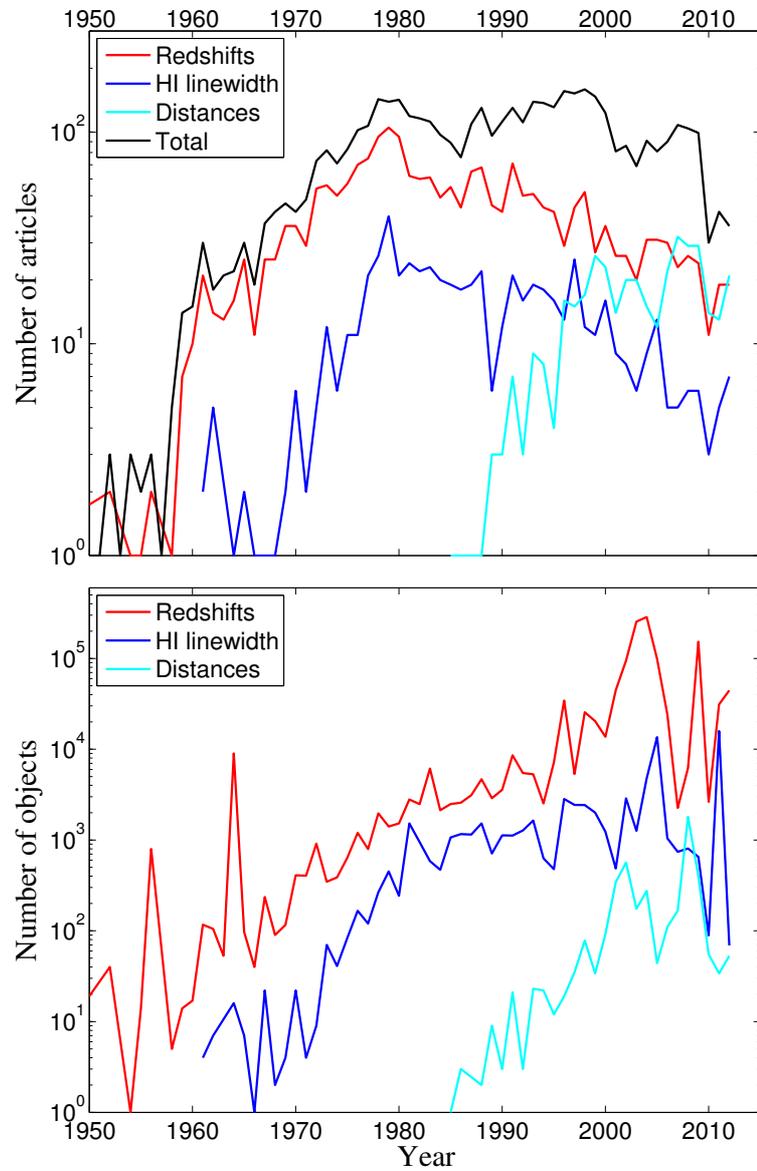


Рис. 2.1: Ежегодная статистика наполнения и обработки данных в HyperLEDA. Левый график показывает количество обработанных статей в год. Чёрная линия соответствует всей базе данных, в то время как индивидуальные каталоги показаны различными цветами: каталог красных смещений — красный, кинематика газа — синий, каталог расстояний — голубой. Правый график показывает распределение количества индивидуальных объектов, обработанных в течении года.

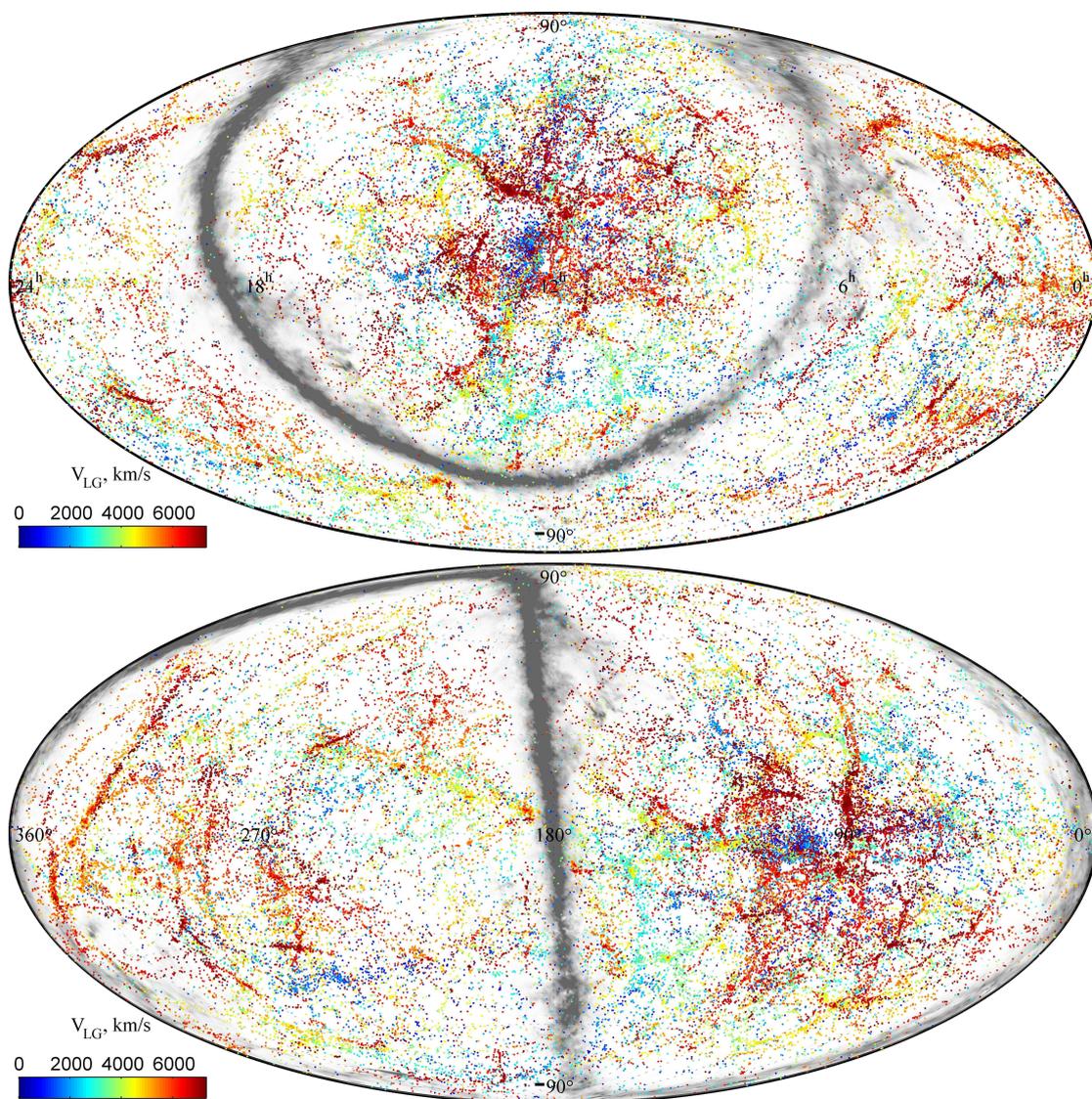


Рис. 2.2: Распределение примерно 60 000 галактик внутри 100 Мпк по всему небу по данным NurgleDA в экваториальных (верхняя панель) и в сверхгалактических координатах (нижняя панель). Красные смещения галактик закодированы цветом от синего для близких объектов до коричневого для самых далёких. Зона Избегания во Млечном Пути показана серой клочковатой полосой. Наиболее тёмные области соответствуют наибольшему поглощению в нашей Галактике, согласно картам экстинкции Schlegel et al. (1998).

каталогов, а именно для красных смещений, кинематики газа и расстояний. Нижний график показывает количество объектов, добавляемых в каждом году.

На рисунке 2.2 изображено распределение галактик на небе с известными красными смещениями вплоть до  $V_{LG} < 7300 \text{ км с}^{-1}$ , что соответствует расстоянию примерно 100 Мпк.  $V_{LG}$  обозначает лучевую скорость относительно центроида Местной Группы галактик, как определено в документации базы данных HyperLEDA. Цвет точек соответствует красному смещению галактик. На карте отчётливо видна хорошо известная волокнистая структура распределения галактик, которая соединяет массивные скопления и обрисовывает области пониженной плотности. Детальное описание структур в схожем объёме местной Вселенной недавно было выполнено Courtois et al. (2013). Несмотря на современные массовые обзоры неба, хорошо видно, что данные о галактиках в Зоне Избегания на низких Галактических широтах являются чрезвычайно неполными. Поглощение в нашей Галактике показано в виде серой клочковатой полосы на Рис. 2.2. Следы различных внегалактических обзоров на карте распределения галактик еле заметны, показывая, что ближняя Вселенная достаточно однородно исследована по всему небу. Иными словами полнота данных примерно одинакова в любом направлении, за исключением плоскости Галактики. В противоположность этому, на расстояниях больше 100 Мпк покрытие неба неоднородно, так как некоторые области исследованы глубже, чем другие. В частности, каталог существенно более полон в зоне Слоановского обзора (Ahn et al. 2013), чем в других областях неба. Несмотря на это, общая картина структур, таких как стены, филаменты, скопления и пустоты, продолжает быть видна, но использование базы данных для статистического анализа должно учитывать различные эффекты селекции.

### 2.1.2 Каталог расстояний в HyperLEDA

#### Организация компиляции

Каталог расстояний в HyperLEDA собирает опубликованные оценки расстояний, полученных независимо от красного смещения. Это могут быть оригинальные измерения, перекалибровка, или даже компиляция данных. Так как с ограниченными ресурсами сложно поддерживать полный обзор литературы, мы ставим своим приоритетом высокоточные измерения, которые потенциально наиболее интерес-

ны для калибровки различных индикаторов расстояния.

Важным шагом при добавлении новых источников данных в каталог является кросс-идентификация объектов с HyperLEDA. Обычно некий объект описывается в публикации одним или несколькими именами и координатами (в том случае, если следуют рекомендациям IAU). В большинстве случаев это позволяет автоматическое отождествление, когда и имена и координаты согласованно указывают на уникальный объект в базе данных HyperLEDA. В случае отсутствия соответствия в базе данных будет создан новый объект. Ручная идентификация данных необходима в случае, когда описание объекта несовместимо, к примеру, когда координаты не соответствуют какому-нибудь из имён, или несколько HyperLEDA объектов удовлетворяют описанию. Хотя такие случаи достаточно редки, порядка 0.5–1 %, ручной подход является наиболее трудозатратным при поддержке базы данных.

Целью отождествления является ассоциация с каждым объектом из публикации уникального идентификационного номера, PGC, в базе данных. На следующем шаге мы редактируем и выполняем специальные правила, описывающие, как конвертировать опубликованные данные во внутренний формат данных HyperLEDA. При этом возможно небольшое изменение данных, к примеру, перевод опубликованных линейных расстояний в сохраняемый модуль расстояния.

Вдобавок к кросс-идентификации, наиболее трудозатратной задачей является описание протокола измерений. Эта мета-информация содержит описание калибровок, использованных для определения расстояний, и важна для последующего приведения измерений в единую систему.

### **Структура каталога**

В данный момент каталог расстояний состоит из двух основных блоков: таблиц измерений и калибровок. Таблица измерений хранит фактически опубликованные оценки расстояний, объединяя данные из различных источников в единую таблицу. Поля таблицы выбраны таким образом, чтобы сохранять опубликованные величины так полно, как возможно с минимальными изменениями и с возможностью последующего отождествления данных с оригинальной публикацией. Таблица калибровок содержит вспомогательную информацию, описывающую, каким конкретным способом была получена та или иная оценка расстояния.

Вдобавок к этим таблицам мы используем библиографический каталог HyperLEDA для связи записей с публикациями. Этот библиографический каталог используется всеми каталогами в HyperLEDA. Каждая публикация в библиографической таблице по возможности связывается со стандартным кодом, так называемым `VIVCODE`. Это позволяет устанавливать связь с другими базами данных, в частности с SAO/NASA Astrophysical Data System<sup>7</sup> (ADS), где доступны полные тексты оригинальных публикаций.

В заключение, таблица мета-данных даёт описание самого каталога, в том числе спецификацию каждого из её полей (единицы измерения, описание, ссылка на документацию и т.п.). Вспомогательная информация используется для правильной визуализации данных.

Конечный пользователь получает информацию из каталога расстояний, собранную вместе “на лету” из различных таблиц с помощью представления. Этот подход позволяет, с одной стороны, избегать избыточности в сохраняемых данных и, следовательно, избежать риска несовместимости данных, и, с другой стороны, улучшить восприятие информации путём уменьшения ссылок на другие таблицы.

#### **Таблица измерений содержит следующие поля:**

`PGC` был введён Paturel et al. (1989) как идентификатор объектов в каталоге основных галактик (Principal Galaxies Catalogue). В каталоге мы используем стандартную схему идентификации базы данных HyperLEDA. Каждый объект имеет уникальный номер, использующийся для связи данных из различных каталогов.

`MODULUS`, `E_MODULUS` содержат опубликованный модуль расстояния и его стандартные случайные ошибки в звёздных величинах. Это так называемый истинный модуль расстояния,  $(m - M)_0$ , который исправлен за эффекты поглощения как в нашей Галактике, так и в исследуемом объекте. Кроме того, web-интерфейс показывает расстояние в линейной шкале в единицах Мпк.

`QUALITY` описывает надёжность данных. Это поле состоит из двух частей. Первая группа — это метки, связанные с данными и основанные на информации,

---

<sup>7</sup><http://cdsads.u-strasbg.fr/>

предоставленной авторами: ‘ненадёжные’ (:), ‘предварительные’ (p), ‘нижняя граница’ (>), или ‘компиляция’ (c). Метка ‘ненадёжные’ уменьшает вес измерения в 2 раза в процессе приведения данных в единую систему. Другие метки приводят к исключению измерений из усреднения, если доступны другие данные. Метка ‘исключить’ (!) описывает наше, HyperLEDA, знание о надёжности данных и отбрасывает ошибочные измерения из процедуры усреднения.

**IREF** — это внутренний код публикации в библиографической базе HyperLEDA. Он даёт информацию о годе публикации, авторе, реферативной ссылке на статью и позволяет связывать данные с публикацией в базе данных ADS/CDS.

**METHOD** кодирует метод определения расстояний. Список методов приведён в разделе §2.1.2.

**CALIB** детально описывает информацию о калибровочном соотношении. Это поле позволяет группировать данные, полученные с одной и той же калибровкой.

Вдобавок к этим полям, которые доступны пользователям базы данных, таблица содержит несколько полей для внутреннего использования.

**ORIGNAME** — это имя объекта, использованное в оригинальной публикации. Это поле позволяет отождествлять данное измерение с исходной таблицей.

**NOTE** содержит важные заметки о данном измерении.

Наконец, некоторые поля рассчитываются на лету:

**DISTANCE** — расстояние до галактики в Мпк. Рассчитывается на основе MODULUS для удобства пользователей.

**MODC** — приведённый в единую шкалу модуль расстояния (см. раздел §2.1.3). Наилучшая оценка расстояния определяется как взвешенное среднее индивидуальных измерений MODC.

Поле CALIB связывает измерение с таблицей калибровок, которая содержит следующие поля:

**CALIB** — уникальный код для идентификации конкретной калибровки расстояния.

**METHOD** — код метода определения расстояния так же, как в таблице измерений.

**IREF** — внутренний библиографический код статьи, где была опубликована калибровка.

**NOTE** содержит различные заметки, важные для понимания данной калибровки.

### Методы определения расстояния

К настоящему моменту, разработано большое количество методов для оценки внегалактических расстояний. Они варьируются как по классу использованных объектов (к примеру, Цефеиды), так и по физике явления (к примеру, зависимость период-светимость). Соответствующая информация закодирована в поле **METHOD** таблицы измерений. Ниже мы вкратце опишем методы измерений<sup>8</sup>. Мы разделили список на три части: (i) прямые методы определения расстояния, (ii) методы, использующие различные звёздные объекты в качестве стандартных свечей или линеек, и (iii) техники основанные на соотношениях между различными параметрами галактик.

*Прямые методы* определяют расстояния напрямую из экспериментальных данных и не зависят от внешних калибровок. Эти методы являются базой для конструирования космической шкалы расстояний. Наиболее важные оценки расстояний используют тригонометрические параллаксы индивидуальных звёзд. Методы статистических и групповых параллаксозов позволяют определять расстояние до групп звёзд. Они чрезвычайно важны для калибровки методов определения расстояния, основанных на светимости Цефеид и звёзд RR Лиры. К сожалению, как правило, применимость прямых методов ограничена нашей Галактикой или её ближайшими спутниками. Примечательным исключением является галактика NGC 4258, чьё точное лазерное расстояние в 7.6 Мпк (см. далее) чрезвычайно важно для калибровки других методов.

---

<sup>8</sup> Литература, использованная в описании каждого метода, дана только как пример недавних исследований. Каталог методов содержит существенно более широкий список работ по калибровке различных методов определения расстояний.

**DEB:** Раздельные затменные двойные (the detached eclipsing binaries, DEB) обеспечивают аккуратный геометрический метод определения расстояния. Фундаментальные параметры звёзд (радиусы, эффективные температуры, массы и светимости) могут быть определены по кривым яркости и радиальных скоростей затменной двойной звезды. Этот метод является независимым от любых промежуточных калибровок.

**ЕРМ, ЕSM:** Методы расширяющейся фотосферы (the expanding photosphere method, ЕРМ) и расширяющегося ударного фронта (the expanding shock-front method, ЕSM) являются геометрическими техниками определения расстояния, основанными на сравнении радиальной скорости с собственным движением расширяющейся оболочки после взрыва сверхновой.

**Maser:** Метод базируется на изучении кинематики аккреционного диска вокруг сверхмассивной чёрной дыры с помощью исследования излучения мазеров. Он даёт прямую геометрическую оценку абсолютного расстояния. Humphreys et al. (2013) измерили расстояние 7.6 Мпк с 3% точностью до галактики NGC 4258 в ходе десятилетних наблюдений кинематики  $\text{H}_2\text{O}$  мазеров.

Большое количество методов использует *индивидуальные объекты и звёздные популяции* в галактиках для определения расстояний. Этот класс содержит один из самых точных и важных индикаторов расстояния для внегалактической астрономии: Цефеиды и переменные звезды RR Лиры, вершина ветви красных гигантов (TRGB) и звезды горизонтальной ветви. Светимости этих звёзд могут быть прокалиброваны через прямые методы определения расстояний, описанные выше. За исключением сверхновых типа Ia, SN Ia, все эти методы эффективны для близкой вселенной на расстояниях от сотни килопарсек до десяти мегапарсек.

**BS:** Набор методов, использующих светимость ярчайших звёзд в галактиках в качестве стандартных свечей. Часть из них в качестве индикатора расстояния рассматривает функцию светимости ярчайших красных и синих звёзд. Другие основаны на средней абсолютной яркости трёх ярчайших красных или синих сверхгигантов. Было показано, что светимость этих звёзд зависит от светимости галактики (Rozanski and Rowan-Robinson 1994).

**Cepheids:** Эти переменные звезды являются одними из самых важных стандартных свечей во внегалактических исследованиях. Метод основан на зависимости период-светимость Цефеид. Многие авторы калибровали эту зависимость в различных диапазонах спектра, используя Цефеиды в нашей Галактике или в Большом Магеллановом Облаке (Freedman et al. 2001, к примеру, калибровка зависимости в ключевом проекте космического телескопа Хаббла по определению шкалы расстояний), тригонометрические параллаксы звёзд, полученные со спутником HIPPARCOS (Feast and Catchpole 1997), или основываясь на методе Бааде-Весселинка (Storm et al. 2011). Ожидается, что калибровка светимости Цефеид будет кардинально улучшена в ближайшие годы благодаря астрометрическому космическому проекту GAIA.

**CMD:** Эти методы используют различные особенности сложной диаграммы цвет-величина галактик, разрешённых на индивидуальные звезды, для измерения расстояния путём сравнения наблюдаемой диаграммы с шаблонной CMD или с теоретическими изохронами. К примеру, Dolphin (2000a) разработал пакет программ для подгонки наблюдаемой CMD набором модельных данных с одновременным определением расстояния и истории звездообразования галактики.

**CS:** Углеродные звезды в TP-AGB фазе формируют на CMD горизонтальную последовательность, которая на 0.5 mag ярче TRGB. Battinelli and Demers (2005) нашли, что абсолютная величина в  $I$ -фильтре углеродных звёзд является функцией металличности хозяйской галактики:  $\langle M_I \rangle = -4.33 + 0.28 [\text{Fe}/\text{H}]$ .

**FGLR:** Это метод (flux-weighted gravity-luminosity relationship, FGLR) определения расстояний из спектрального анализа сверхгигантов класса А и В (Kudritzki et al. 2008). В основе метода лежит тесная корреляция между абсолютной болометрической светимостью и силой тяжести на поверхности сверхгигантов.

**GCLF:** Метод использует пик функции светимости старых шаровых скоплений (GCLF) в качестве стандартной свечи. К примеру, Di Criscienzo et al. (2006) определили  $M_{V,TO} = -7.66 \pm 0.09$  для принятого модуля расстояния LMC, равного 18.50.

**GCR:** Медиана распределения шаровых скоплений по радиусу, содержащему половину светимости скопления, соответствует  $2.7 \pm 0.3$  пк (Jordán et al. 2005, к примеру) и может использоваться как стандартная линейка для оценки расстояния. Радиус половины светимости должен быть скорректирован за цвет, поверхностную яркость и цвет хозяйской галактики.

**HB, VHB:** Эти методы используют звезды горизонтальной или голубой горизонтальной ветви в качестве стандартных свечей. Carretta et al. (2000) опубликовали соотношение между абсолютной звёздной величиной и металличностью звёзд горизонтальной ветви:  $M_V(\text{HB}) = (0.13 \pm 0.09)([\text{Fe}/\text{H}] + 1.5) + (0.54 \pm 0.07)$ .

**MS:** Этот метод основан на подгонке главной последовательности ниже точки поворота звёздной популяции теоретическими изохронами или с помощью шаблонной CMD и является важной разновидностью метода определения расстояния по CMD.

**Miras:** Звезды типа Миры Кита являются долгопериодическими звёздами на стадии асимптотического гиганта. Ita and Matsunaga (2011), наряду с другими авторами, определили зависимость период-светимость для звёзд типа Миры в LMC, используя болометрические и инфракрасные величины.

**PNLF:** Этот метод использует резкий экспоненциальный обрыв функции светимости планетарных туманностей в качестве стандартной свечи. Нуль-пункт,  $M^* = -4.48$ , основан на расстоянии до туманности Андромеда, M 31, равном 710 кпк (Ciardullo et al. 2002).

**RC:** Красное сгущение населено звёздами средних возрастов, в которых идёт горение гелия в ядре. Их средние звёздные величины могут быть использованы как стандартные свечи для определения расстояния. Girardi and Salaris (2001) нашли существенную зависимость светимости этих звёзд как от возраста, так и от металличности звёздной популяции.

**RRLyrae:** Метод основан на средней абсолютной величине переменных звёзд типа RR Лиры, которая зависит от металличности:  $M_V(\text{HB}) = (0.18 \pm 0.09)([\text{Fe}/\text{H}] + 1.5) + (0.57 \pm 0.07)$  (Carretta et al. 2000).

**RSV:** Этот метод использует зависимость период-светимость для переменных красных сверхгигантов. В калибровке зависимости Pierce et al. (2000) принят модуль расстояния до LMC, равный 18.50. RSV звезды, также, как и Миры, являются долгопериодическими переменными звёздами.

**SBF:** Флуктуации поверхностной яркости возникают из-за статистических колебаний количества звёзд, попадающих в каждый пиксел изображения галактики (Tonry and Schneider 1988). Абсолютная величина флуктуаций зависит от звёздной популяции и, как следствие, от цвета галактики. Этот метод может быть применён только к галактикам со старым звёздным населением.

**SNIa:** Из-за их экстремально высокой светимости и регулярного поведения, сверхновые типа Ia дают мощный инструмент для измерения космологических расстояний. Метод использует соотношение между формой кривой блеска и максимумом светимости сверхновых.

**TRGB:** Вершина ветви красных гигантов является превосходным индикатором расстояния для близких галактик, разрешаемых на индивидуальные звезды. Метод основан на звёздах старого населения и, следовательно, может быть использован для галактик всех морфологических типов. Благодаря слабой зависимости от цвета в полосе  $I$ , метод TRGB является одним из самых точных индикаторов расстояния. К примеру, Rizzi et al. (2007) определили нуль-пункт метода, используя звезды горизонтальной ветви:  $M_I^{\text{JC}} = -4.05(\pm 0.02) + 0.22(\pm 0.01)[(V - I) - 1.6]$ .

Третья группа методов основана на эмпирических соотношениях между светимостью галактики и её параметрами, такими как кинематика и поверхностная яркость. Наиболее важными и известными являются метод Талли-Фишера (TF) для спиральных галактик, и фундаментальная плоскость (FP) галактик ранних типов. Так как эта группа методов использует полную светимость галактики как стандартную свечу, они могут быть использованы на расстояниях до нескольких сотен Мпк. Эти методы дают низкую точность для индивидуальных измерений, но идеальны для статистического исследования больших выборок галактик. Это особенно верно для соотношения Талли-Фишера, где получение наблюдательных данных относительно легко. Методы TF и FP позволяют исследовать космические

потоки во Вселенной (Tully et al. 2013).

**FJ:** Соотношение Фабер-Джексона между абсолютной величиной и центральной дисперсией скоростей позволяет использовать эллиптические галактики и галактики ранних типов в качестве стандартных свечей.

**FP:** Фундаментальная плоскость — метод определения расстояния до галактик ранних типов, основанный на соотношении между абсолютной яркостью, эффективным радиусом, центральной дисперсией скоростей и средней поверхностной яркостью.  $\log D = \log r_e - 1.24 \log \sigma + 0.82 \log \langle I \rangle_e + 0.173$  (Kelson et al. 2000).

**SB-M, Sersic-M:** Методы используют связь между полной светимостью и центральной поверхностной яркостью (SB-M) или индексом Серсика (Sersic-M). Они могут рассматриваться как очень грубые индикаторы расстояния для маломассивных эллиптических галактик.

**Sosie:** Метод ‘выглядят похоже’ (sosie по французски) был предложен Paturel (1984). Он основан на идее, что галактики одного морфологического типа, одинакового наклона и с одинаковой шириной линии водорода должны иметь одинаковую светимость, как следует из зависимости TF.

**TF, BTF:** Метод Талли-Фишера позволяет использовать спиральные галактики в качестве стандартных свечей. Он основан на эмпирической зависимости между абсолютной звёздной величиной и её максимумом скорости вращения, оцененной по ширине линии H I. Недавняя калибровка в полосе  $I$  даёт зависимость:  $M_I^{b,i,k} = -21.39 - 8.81(\log W_{\text{mx}}^i - 2.5)$  (Tully and Courtois 2012). Барионная зависимость Талли-Фишера (BTF) использует связь между амплитудой вращения и массой обычного вещества в галактике. Это соотношение учитывает свет не только звёзд, как в оригинальном соотношении TF, но также массу газа в нейтральной и молекулярной формах. BTF соотношение похоже на TF для гигантских галактик и даёт существенное улучшение для карликовых галактик с круговой скоростью ниже  $90 \text{ км с}^{-1}$  (McGaugh et al. 2000), где холодный газ является важным динамическим компонентом. BTF может быть также применён к богатым газом карликовым эллиптическим галактикам (De Rijcke et al. 2007).

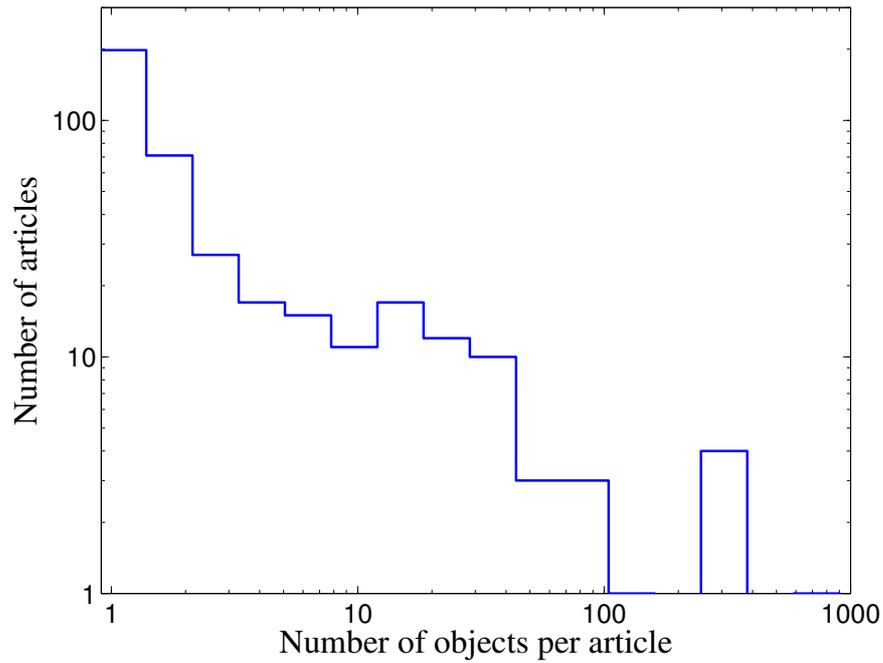


Рис. 2.3: Распределение статей по количеству галактик с оценками расстояния.

### Наполнение каталога расстояний

Каталог расстояний содержит 12 715 измерений расстояния для 4 193 галактик, найденных в 487 статьях. Мы уделили особое внимание Местному Объёму,  $D \lesssim 10$  Мпк, так как основная масса высокоточных измерений расстояний сделана для близких галактик. К примеру, на данный момент мы собрали 2 594 модуля расстояний для 492 объектов в этой локальной части Вселенной, в частности, 1 338 оценок для 347 галактик было сделано методом TRGB.

Рисунок 2.3 иллюстрирует, что большинство статей содержит измерения для одной или нескольких галактик. Это отражает специфику работы по определению индивидуальных расстояний до галактик, где каждое расстояние даётся с большим трудом. Одиночные измерения представлены в 198 статьях (50 %) и только 13 статей (3 %) дают оценки расстояния более чем для 50 галактик.

Распределение галактик по небу с известными расстояниями показано на Рис. 2.4. Серая клочковатая полоса указывает области сильного поглощения в нашей Галактике, так называемую Зону Избегания. Цвет точек соответствует расстоянию соответствующих галактик от синего для самых близких объектов до коричневого для самых дальних. Галактики за пределами 20 Мпк показаны коричневым цветом. Маленькими чёрными точками дано распределение всех галактик со ско-

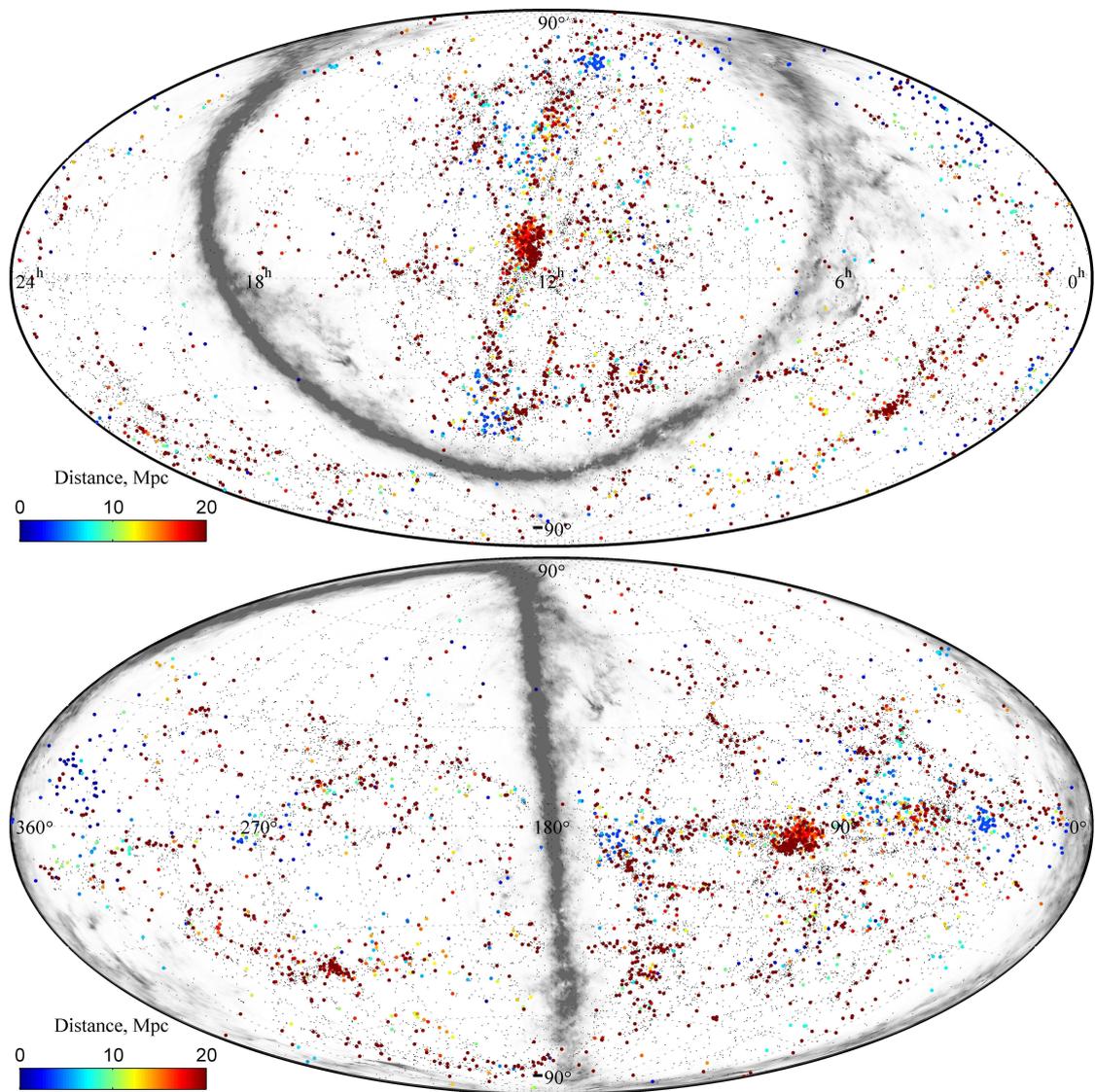


Рис. 2.4: Распределение галактик по небу с известными расстояниями независимыми от красного смещения, показанное в экваториальных (сверху) и сверхгалактических координатах (снизу). Расстояние показано цветом кружков от близких (синий) до далёких (коричневый). Маленькие чёрные точки показывают распределение галактик на шкале 40 Мпк. Зона поглощения во Млечном Пути показана серой полосой.

ростями  $V_{LG} < 3500 \text{ км с}^{-1}$  (т.е. лежащими внутри 50 Мпк), примерно включающем Местное Сверхскопление, ядро которого, скопление в Деве, лежит вблизи центра карты на верхней панели (примерно  $RA = 12^{\text{h}}5$ ,  $Dec = 12^\circ$ ). Большинство галактик сконцентрировано вблизи сверхгалактической плоскости, обнаруживая плоскую форму Местного Сверхскопления, что ясно видно в сверхгалактических координатах на нижней панели Рис. 2.4. К счастью, скопление в Деве расположено вблизи северного полюса нашей Галактики и блин Местного Сверхскопления перпендикулярен к плоскости Млечного Пути. Так как Местная Группа фактически находится на границе Местного Сверхскопления, мы не видим его продолжения в направлении, противоположном скоплению в Деве.

На рисунке 2.5 показана гистограмма распределения индивидуальных оценок расстояния. Различными градациями серого на верхнем графике изображены вклады наиболее значимых методов, использующих в качестве стандартных свечей звезды горизонтальной ветви, переменные RR Лиры и Цефеиды, вершину ветви красных гигантов и ярчайшие звезды. Первый пик распределения (менее 1 Мпк) соответствует галактикам Местной Группы. Второй максимум около 4–5 Мпк обусловлен систематическим изучением Местного Объёма (Karachentsev et al. 2013), где наиболее заметные группы галактик вокруг Cen A, M 81, IC 342 и несколько других гигантских галактик располагаются на расстоянии 3–4 Мпк от Млечного Пути. McCall (2014) назвал это замечательное расположение “Советом Гигантов”. Резкий обрыв в количестве измерений за пределами 5 Мпк отражает возрастающую наблюдательную сложность и временные затраты оценок расстояния по TRGB-методу. Для галактик на расстояниях более 5 Мпк для достижения необходимой предельной звёздной величины требуется несколько орбит Хаббловского телескопа для изучения одного поля. Третий максимум вокруг 16–17 Мпк объясняется физической причиной. Он соответствует удалению от нас центра скопления галактик в Деве. Рисунок 2.5 показывает, что возможности различных индикаторов изменяются с расстоянием. Из-за довольно низкой светимости звезды HB и RR Лиры могут быть использованы только внутри Местной Группы на расстояниях менее 1 Мпк. Вершина ветви красных гигантов существенно ярче,  $M_I = -4$ , и этот метод обычно используется до 10 Мпк, с возможностью измерения расстояний вплоть до 20 Мпк в случае глубоких наблюдений. Использование Цефеид – существенно более трудозатратный метод, так как он требует времен-

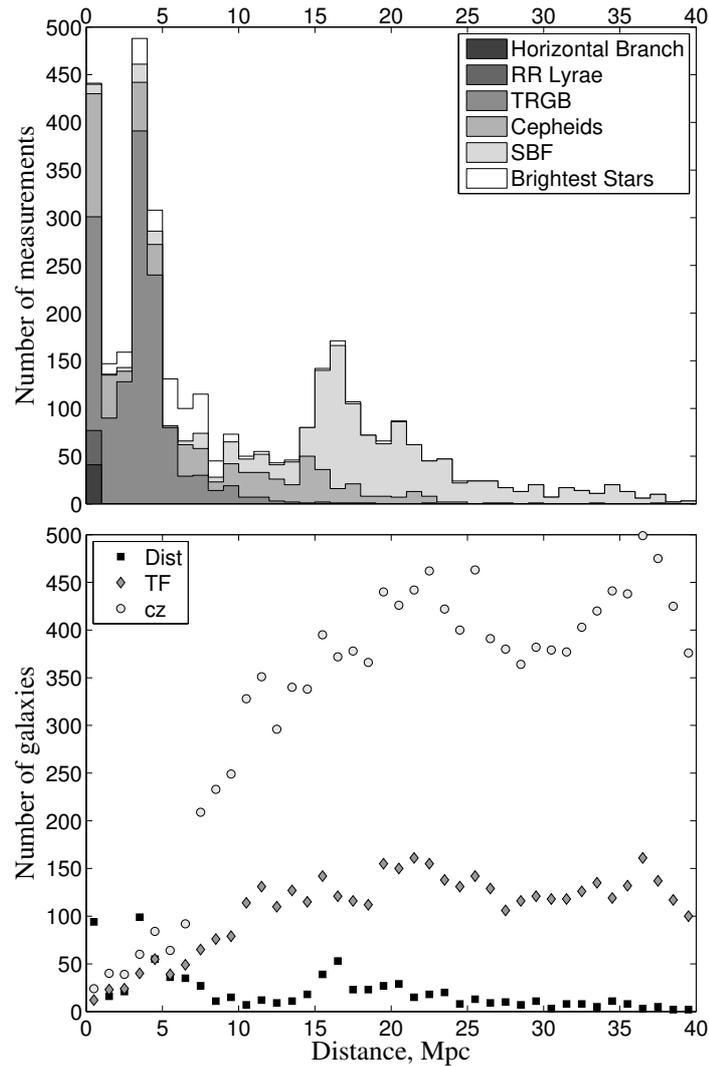


Рис. 2.5: На верхнем графике показана гистограмма распределения оценок расстояния для пяти наиболее значимых индикаторов: горизонтальная ветвь (horizontal branch), переменные типа RR Лиры (RR Lyrae), вершина ветви красных гигантов (TRGB), Цефеиды (Cepheids), флуктуации поверхностной яркости (SBF) и ярчайшие звезды (brightest stars). Внешняя линия показывает полное число измерений с шагом 1 Мпк. Различной плотностью серого отмечен вклад каждого из методов. Нижний рисунок показывает распределение галактик. Чёрными квадратами показано распределение объектов с известными оценками расстояния без учёта расстояний по TF. Распределение галактик с данными по Талли-Фишеру показаны серыми ромбами. И, наконец, галактики с известными красными смещениями,  $cz$ , иллюстрированы кружками. TF данные получены с использованием HI и фотометрических параметров из HyperLEDA. Красные смещения переведены в расстояния по закону Хаббла.

ных рядов наблюдений. Это объясняет относительно малое количество измерений, хотя Цефеиды считаются наиболее точным и проработанным индикатором расстояния. На данный момент, Цефеиды позволяют надёжно определять расстояния вплоть до 20 Мпк. Метод SBF не столь точный как предыдущие, но он позволяет оценивать модуль расстояний с точностью около 0.2 mag в широком диапазоне расстояний вплоть до 40–50 Мпк. Ярчайшие звезды не могут рассматриваться как точный индикатор расстояния, но во многих случаях они дают единственную возможность измерить расстояние на шкале от 5 до 10 Мпк. На больших расстояниях измерение методом TF является наиболее эффективным. Недавние калибровки дают внутренний разброс данных вокруг зависимости 0.34–0.38 в различных фильтрах (Tully and Pierce 2000). HyperLEDA содержит измерения ширины линии водорода, H $\alpha$ , примерно для 37 000 галактик. Принимая во внимание наличие фотометрии и ограничивая наклон диска галактик к лучу зрения более 45°, мы оцениваем возможное количество галактик с TF-расстояниями в 19 000 на шкале в несколько сотен Мпк. Распределение галактик с данными, доступными для оценки расстояния по зависимости TF, показано на нижнем графике рисунка 2.5 серыми ромбами. Аналогичное распределение галактик с известными красными смещениями показано белыми кружками. Из рисунка следует, что на больших расстояниях метод TF даст возможность оценить расстояние только до трети известных галактик. Вдобавок, на том же графике чёрными квадратами показано распределение галактик с точными оценками расстояния. Очевидно, что область пространства, более или менее полно исследованного точными методами, ограничено только Местным Объёмом на шкале до 5–7 Мпк.

### 2.1.3 Единая шкала расстояний

Измерения, собранные в каталоге расстояний в HyperLEDA, образуют неоднородный набор данных, где каждая индивидуальная публикация использует определённую шкалу расстояний и подвержена своим собственным систематическим ошибкам. Как и для всех параметров, HyperLEDA ставит своей целью компенсировать эти расхождения. Процедура приведения измерений в единую шкалу старается учесть эти эффекты по возможности полно.

Стратегия, принятая в каталоге расстояний, следующая: мы определили набор

Таблица 2.1: Сравнение различных наборов данных о расстояниях

sample	N	$\langle \mu - \mu_{\text{EDD}} \rangle$	$\sigma$	notes
TRGB				
Rizzi et al. (2007) excluding EDD	83	$-0.016 \pm 0.008$	0.060	Rizzi et al. (2007)
Makarov et al. (2013)	26	$-0.022 \pm 0.005$	0.025	Rizzi et al. (2007)
Radburn-Smith et al. (2011)	13	$-0.021 \pm 0.024$	0.086	Rizzi et al. (2007)
Dalcanton et al. (2009)	87	$-0.064 \pm 0.008$	0.062	Padova isochrones
$M_I(\text{TRGB}) = -4.05$	181	$-0.027 \pm 0.006$	0.062	
Lee et al. (1993)	30	$-0.073 \pm 0.021$	0.114	
Cepheids				
Saha et al. (2006)	15	$-0.013 \pm 0.048$	0.157	
Fouqué et al. (2003)	7	$+0.002 \pm 0.041$	0.103	
Kanbur et al. (2003)	8	$+0.003 \pm 0.062$	0.197	
Tammann et al. (2003)	7	$+0.063 \pm 0.047$	0.110	
Freedman et al. (2001)	13	$-0.065 \pm 0.030$	0.100	
Freedman et al. (2001)	14	$-0.016 \pm 0.034$	0.143	metallicity corrected
Lanoix et al. (1999)	16	$-0.029 \pm 0.044$	0.147	
Udalski et al. (1999)	8	$+0.015 \pm 0.061$	0.196	corrected to $\mu_{\text{LMC}} = 18.50$
Gieren et al. (1998)	7	$-0.005 \pm 0.047$	0.109	
Madore and Freedman (1991)	13	$+0.007 \pm 0.035$	0.117	
SBF				
Jensen et al. (2003)	8	$-0.223 \pm 0.076$	0.223	
Tonry et al. (2000)	16	$+0.092 \pm 0.057$	0.250	
PNLF				
Ciardullo et al. (1989)	10	$+0.043 \pm 0.089$	0.225	
Brightest stars				
Brightest blue stars	61	$-0.039 \pm 0.076$	0.586	
Brightest red stars	21	$-0.080 \pm 0.140$	0.632	

основных оценок расстояний, которые задают нашу шкалу расстояний; далее, мы учитываем нуль-пункт коррекцию между исследуемым набором данных и принятой нами шкалой расстояний.

Более подробно эти шаги описаны ниже.

### Стандарт расстояний

Задачей этого шага было создание выборки галактик с высокоточными измерениями расстояний, которые могут быть использованы для калибровки других систем. Эта выборка будет определять нашу собственную шкалу расстояний.

Наиболее широко принятой является шкала расстояний, основанная на измерениях Цефеид в 31 галактике, выполненная в ходе ключевого проекта HST (Freedman et al. 2001). Качество этих данных до сих пор не было превзойдено, но малое количество галактик в выборке ограничивает возможности калибровки других методов и выборок. Чтобы обойти это ограничение, мы можем использовать выборку оценок расстояний из каталога CMD/TRGB в базе данных EDD (Jacobs et al. 2009), которая содержит чрезвычайно однородные TRGB-измерения 305 галактик методом максимального правдоподобия Makarov et al. (2006) с калибровкой нуль-пункта, полученной Rizzi et al. (2007).

В таблице 2.1 представлено сравнение различных выборок данных с эталонной выборкой из базы данных EDD. Колонка 1 содержит ссылку на набор данных. Колонка 2 — количество общих объектов с эталонной выборкой из EDD. В колонках 3 и 4 указаны среднее смещение и его стандартная ошибка. Колонка 5 показывает стандартное отклонение измерений. Колонка 6 содержит дополнительное описание сравниваемых измерений. Выборки данных сгруппированы по различным методам определения расстояний.

Таблица 2.1 даёт первичную оценку внутренней точности отдельных методов. Методы измерения расстояний по TRGB и Цефеидам имеют точность около 0.1 mag. SBF и PNLF дают точность около 0.2 mag. Типичная ошибка ярчайших звёзд всего 0.6 mag. Следовательно, этот метод полезен только в отсутствии других оценок расстояния.

TRGB метод показывает чрезвычайно малый внутренний разброс оценок (0.06 mag). Однако необходимо учитывать, что различные наборы данных могут быть не полностью независимыми, так как они часто основываются на одних и тех же

оригинальных изображениях и отличаются только в некоторых аспектах анализа и калибровок. Низкая дисперсия указывает, что, вероятно, фотометрические ошибки преобладают над систематическими, зависящими от различных техник выделения обрыва функции светимости красных гигантов. Сравнение TRGB выборок, собранных в таблице 2.1, показывает хорошее согласие разных наборов данных, обычно в пределах двух сигма. Тем не менее, маленькая разница в  $-0.02$  mag между всеми рассмотренными наборами TRGB измерений и CMD/TRGB выборкой, по-видимому, является статистически значимой. Природа этой разницы не совсем ясна.

Сравнение TRGB-метода с различными зависимостями период-светимость для Цефеид показывает их отличное согласие. В большинстве случаев средняя разница не превосходит  $0.02$  mag. Другими словами, шкалы расстояний, основанных на TRGB и Цефеидах, согласованы с точностью лучше чем  $1\%$ . Отметим, что калибровка нуля-пункта метода TRGB (Rizzi et al. 2007) основывается на светимости звёзд горизонтальной ветви (Carretta et al. 2000) и, таким образом, является независимой от принятой цефеидной шкалы расстояний.

Хотя метод SBF был откалиброван по Цефеидам, он требует большой поправки, чтобы быть согласованным с другими методами.

В итоге, каталог CMD/TRGB (Jacobs et al. 2009) может быть рассмотрен как основа для стандартной выборки галактик при приведении измерений в единую шкалу расстояний. Многие авторы отмечали, что метод TRGB имеет точность, сравнимую с Цефеидами (Sakai et al. 1996; Bellazzini et al. 2001). Rizzi et al. (2007) нашли отличное согласие между TRGB и цефеидными шкалами ( $\mu_{\text{Ceph}} - \mu_{\text{TRGB}} = -0.01 \pm 0.03$ ) используя 15 близких галактик. Наш анализ подтверждает это заключение. В качестве ядра нашей калибровочной выборки мы отобрали 194 галактики с ошибкой менее  $0.1$  mag из каталога CMD/TRGB. Эта выборка очень хорошо охватывает близкие галактики, однако имеет ограниченное применение для методов, ориентированных на большие расстояния. Как видно из Рис. 2.5, современные TRGB измерения почти полностью ограничены расстоянием  $5-6$  Мпк. Это ограничение особенно сильно для галактик ранних типов, так как Местный Объём практически не содержит гигантских эллиптических галактик. Для частичного решения этой проблемы мы приняли 29 измерений с точностью лучше  $0.12$  mag из финального результата ключевой программы Хаббловского телескопа (Freedman

et al. 2001, исправленные за эффекты металличности). Интересно отметить, что исключение двух галактик, NGC 5253 и IC 1613, с ошибками измерений 0.14 и 0.15 mag, обеспечивает идеально согласие между шкалами расстояний TRGB и Цефеид,  $\langle \mu_{\text{KP}} - \mu_{\text{EDD}} \rangle_w = -0.001 \pm 0.034$ . Полученная выборка эффективно тянется до 15–20 Мпк, с предпочтением к спиральным галактикам. Также, мы включили новое геометрическое мазерное расстояние,  $D = 7.6$  Мпк или  $\mu = 29.40$  mag, до галактики NGC 4258 (Humphreys et al. 2013). Это измерение находится в отличном согласии как с TRGB оценкой  $\mu_{\text{TRGB}} = 29.42 \pm 0.04$  (Jacobs et al. 2009), так и с цефеидным значением  $\mu_{\text{Ceph}} = 29.44 \pm 0.07$  mag (Freedman et al. 2001). В результате, наша выборка стандартных измерений расстояний содержит 211 галактик.

### Коррекция калибровок

Большинство данных в каталоге расстояний HyperLEDA сопровождается ссылкой на калибровку, использованную для оценки расстояния. Это позволяет группировать измерения, произведённые одним и тем же методом и с той же самой калибровкой. Для каждой калибровки мы определяем средний сдвиг как взвешенное среднее между индивидуальными измерениями и нашей стандартной выборкой расстояний. Мы учитываем эту поправку к данным, если пересечение со стандартной выборкой составляет не менее пяти объектов. На данный момент поправка определяется для 58 калибровок 13 методов определения расстояний. Поле MODS показывает стандартизированный модуль расстояния после применения коррекции к индивидуальному измерению.

#### 2.1.4 Заключение

За последнее десятилетие благодаря современным обзорам количество доступных данных во внегалактической астрономии многократно возросло. Однако, несмотря на улучшение качества измерений, для калибровки шкалы расстояний необходимо критическое рассмотрение большого числа различных измерений. Систематические эффекты, которые присущи определенным методам или рядам измерений, должны быть чётко поняты.

В данной работе мы создали компилятивный каталог расстояний в базе данных HyperLEDA, независящих от красного смещения. На данный момент мы обработа-

ли 487 статей, что дало 12 715 оценок расстояния для 4 193 галактик. Большинство из них сконцентрировано в Местном Объёме. Все индивидуальные серии измерений пересчитаны в единую шкалу расстояний, основанную на аккуратно отобранной выборке измерений высокого качества. Вдобавок, большая коллекция HI и фотометрических данных в HyperLEDA позволяет оценить расстояния до 19 000 спиралей по соотношению TF.

Доступ к каталогу расстояний осуществляется через веб-интерфейс базы данных HyperLEDA<sup>9</sup>, которая в настоящий момент поддерживается обсерваторией Лиона (Франция) и Специальной астрофизической обсерваторией Российской академии наук, Россия.

## 2.2 EDD — база данных внегалактических расстояний

Extragalactic Distance Database (EDD) возникла из личной потребности авторов найти порядок в хаосе информации, связанной с внегалактическими расстояниями. Было необходимо собрать воедино различные компоненты из множества источников и провести сравнение данных, полученных различными методами. Объединение информации выполнено на основе базы данных LEDA. Интерфейс даёт возможность объединять данные из различных каталогов и таблиц и выделять искомую информацию. Важной задачей EDD является предоставление доступа к наблюдательному материалу, связанному с текущими наблюдательными программами: фотометрия галактик, полученных на различных инструментах, измерение профиля линии HI по радио наблюдениям, и анализ звёздных популяций близких галактик, разрешённых на индивидуальные звезды с помощью HST. В EDD представлены CMD и HI-профили галактик, полученные как в ходе собственных наблюдательных программ, так и по архивным данным, переобработанным нами. Информация, собранная в EDD, послужила основой для проекта по изучению космических потоков во Вселенной.

Главная страница EDD даёт беглый обзор содержимого базы данных и предоставляет наглядное описание результатов, которое постоянно обновляется. По на-

---

<sup>9</sup><http://leda.univ-lyon1.fr>

жатию кнопки “next” открывается “First Page”, заполненная панелями различных каталогов (на данный момент 95). Большинство каталогов было взято из литературы, иногда после слияния вместе двух или более оригинальных таблиц. Некоторые каталоги были созданы соединением данных из различных источников. Другие каталоги предоставляют доступ к графическому материалу, частично полученному коллективом, работающим над базой данных, и частично полученному из различных наблюдательных архивов и переобработанных нами.

Панели собраны в блоки (на данный момент девять). Каждый блок содержит набор тематически связанных каталогов:

**каталоги красных смещений (Redshift Catalogs)** содержат общие свойства галактик, выделенных различными селекционными критериями и для различных уровней полноты;

**сводки расстояний (Summary Distances)** собирают вместе информацию из различных источников;

**звёздные расстояния (Stellar Distances)** содержат информацию из важных источников данных, основанных на анализе звёздного населения галактик;

**фотометрия (Photometry)** — каталоги фотометрии галактик;

**ширины линии водорода (H I Linewidths)** — источник данных о профиле линии нейтрального водорода;

В прошлом существовала проблема сравнения оценок расстояний между различными источниками данных. Основной проблемой была обыкновенная путаница имён галактик и невысокое качество их координат. Недостаточно просто коллекционировать доступные оценки расстояния до конкретной галактики не имея основы для оценки качества каждого измерения и понимания их нуль-пунктов.

Определяющей чертой EDD является то, что каждая запись в каждом каталоге связана с уникальным идентификатором — уникальным номером галактики в каталоге PGC, используемым в HyperLEDA (Makarov et al. 2014) и описанным в разделе §2.1.1. EDD может использоваться для связи информации между каталогами. В самом экстремальном случае объединения данных из всех каталогов будет получена единая таблица с очень большим количеством колонок (около 1500), часто излишних, где информация для каждой галактики представлена в виде очень

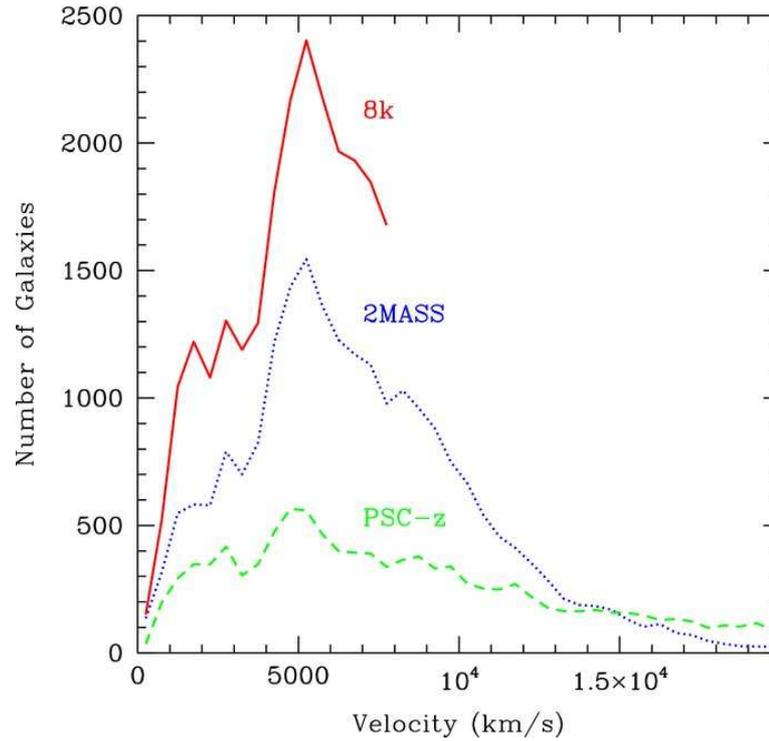


Рис. 2.6: Сравнение трёх каталогов красных смещений. V8k (сплошная красная линия) скомпилирован по данным их литературы. Обзор 2MASS (пунктирная голубая линия) — почти полная выборка галактик с  $2 \mu m$  потоками  $K < 11.25$ . Выборка PSC-z (зелёная штриховая линия) представляет галактики, имеющие IRAS-поток ярче  $0.6 Jy$  на  $60 \mu m$ .

длинной строки данных. На данный момент, EDD содержит информацию о более чем 100 000 галактик.

### 2.2.1 Каталоги красных смещений

Каталог LEDA (Makarov et al. 2014) имеет особое значение в EDD. Полная база данных LEDA содержит примерно четыре миллиона галактик (смотри раздел §2.1.1). Наша версия содержит только объекты, включённые хотя бы в один из каталогов EDD. В случае появления новой галактики мы также добавляем соответствующую запись к LEDA из оригинальной базы данных, таким образом, параметры представленные в LEDA становятся доступными для всех галактик в EDD. Количество записей в файле LEDA, указанное в поле выбора LEDA — это число индивидуальных галактик в EDD на данный момент. Вдобавок, LEDA является источником PGC-номеров, используемых для связи данных между каталогами.

LEDA — первичный источник координат объектов. Также LEDA предоставляет информацию о морфологии галактик в однородном виде.

В выводе всех каталогов, PGC-номер в первой колонке подсвечен синим. Он даёт ссылку на изображение галактики из Digital Sky Survey, полученную через сервис HyperLEDA.

EDD включает большие каталоги красных смещений, такие как 2MRS (Huchra et al. 2012) и 2M++ (Lavaux and Hudson 2011). Эти каталоги используются для создания карт распределения галактик и являются основой реконструкций. Обзор красных смещений 2MASS предоставляет наиболее полную и строго определённую выборку галактик локальной Вселенной по всему небу. Обзор красных смещений почти полон до  $K = 11.75$  (Huchra et al. 2012). Компиляция красных смещений 69 160 галактик 2M++ достигает глубины  $K \leq 12.5$  или примерно  $200 h^{-1}$  Мпк. Оба каталога базируются на каталоге протяжённых источников из обзора 2MASS Jarrett et al. (2000).

Каталог V8k был составлен по литературным данным, взятых в основном из каталога ZCAT<sup>10</sup> примерно на 2003 год. V8k-каталог не включает информацию из больших мультиобъектных обзоров SDSS и 2dF. Главной целью было получение равномерного, насколько это возможно, покрытия всего неба. Обзоры SDSS и 2dF являются строго направленными. Мотивацией для создания каталога V8k было получение представления о распределении близких галактик, полученных их других источников данных. На рисунке 2.6 приведено сравнение количества галактик в зависимости от красного смещения в V8k, 2MASS  $K < 11.25$ , и PSC-z (Saunders et al. 2000) каталогах. Каталог 2MASS определён более строго, но выборка V8k оказывается более плотной. Она содержит системы низкой поверхностной яркости и галактики богатые газом, которые не регистрируются в 2MASS. На рисунке 2.7 показано распределение выборки V8k в сравнении с 2MASS  $K < 11.25$  каталогом в том же самом диапазоне скоростей. При сравнимом количестве галактик 2MRS имеет большую глубину, в то время как V8k — более полное покрытие локальной Вселенной.

Обзоры красных смещений дают необходимый наблюдательный материал для динамических исследований Вселенной наподобие Erdoğdu et al. (2006). Расстояния до галактик дают ограничения на космологические модели и отношение

<sup>10</sup><https://www.cfa.harvard.edu/~dfabricant/huchra/zcat/>

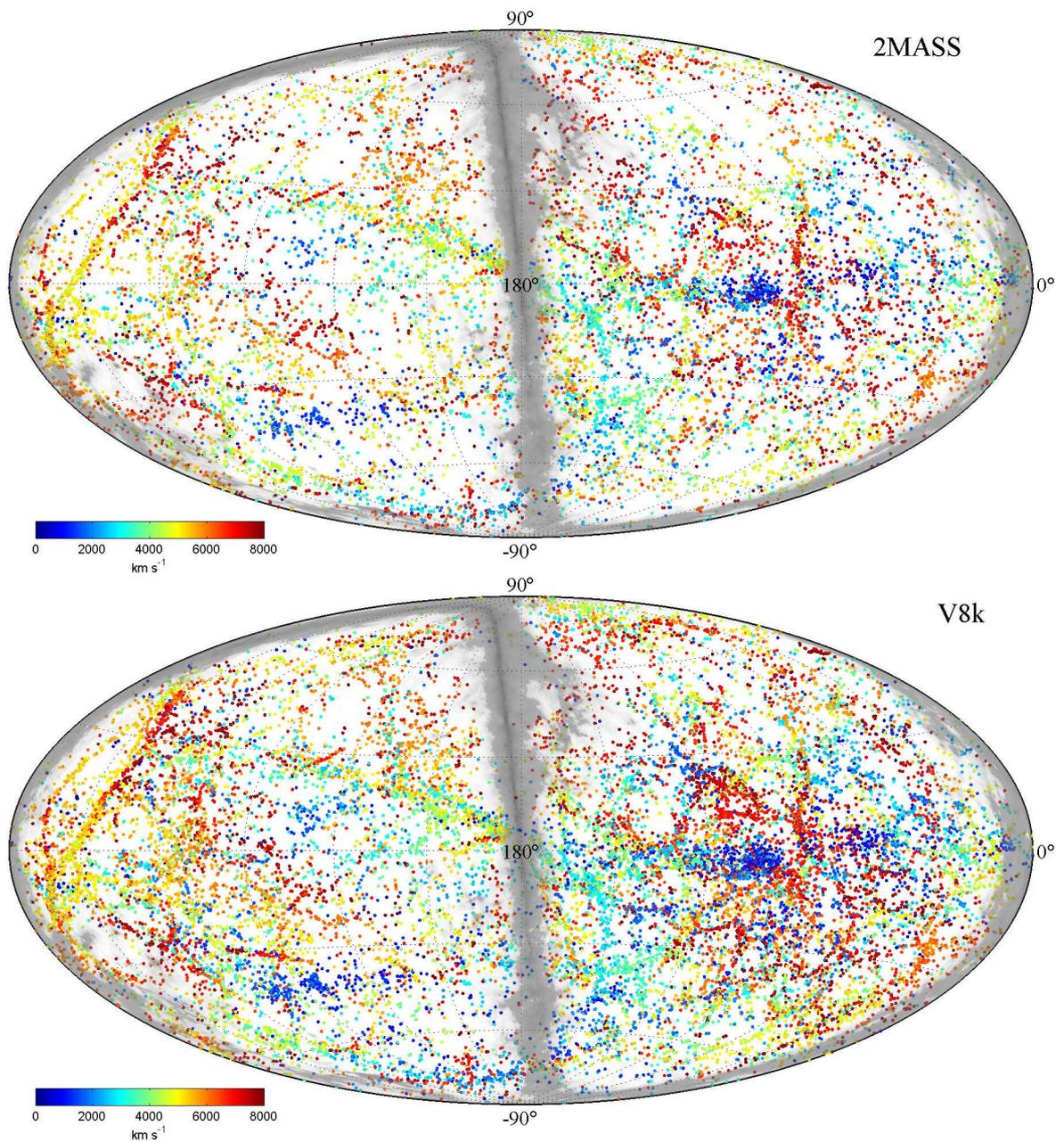


Рис. 2.7: Распределение галактик по небу в сверхгалактических координатах в 2MASS  $K < 11.25$  и V8k каталогах. Цвет указывает на красное смещение от  $V \sim 0$  (голубой) до  $V \sim 8000 \text{ км с}^{-1}$  (красный). Каталог V8k содержит заметно больше галактик на единицу площади. Область поглощения в плоскости Галактики показана серым. В области  $|b| < 5^\circ$  до сих пор наблюдается существенная неполнота данных.

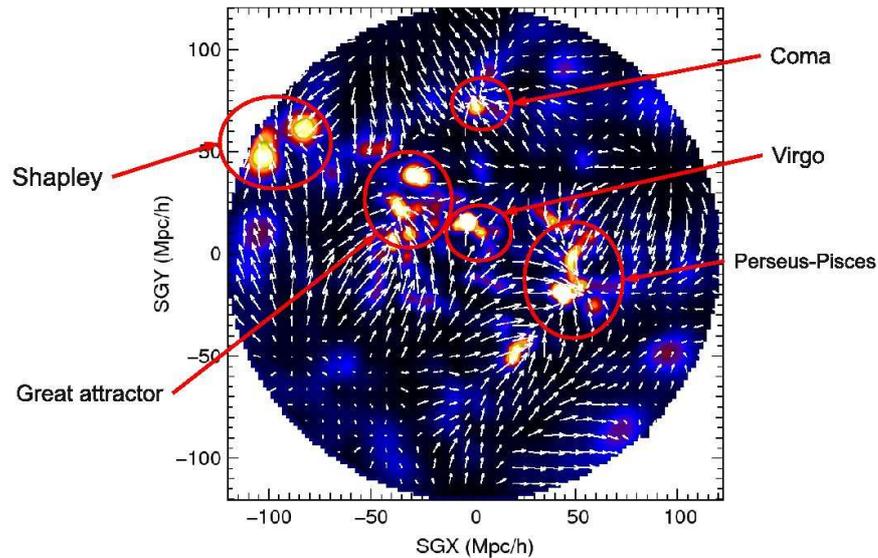


Рис. 2.8: Тонкий срез поля плотности по данным 2MASS обзора красных смещений в сверхгалактической плоскости. Мы находимся на границе комплекса сверхскоплений, протянувшегося на  $\sim 60 h^{-1}$  в правом верхнем квадранте, где  $h = H_0/100$  и  $H_0$  — постоянная Хаббла. Наиболее значимые структуры на рисунке подписаны. Стрелками отмечено решение для поля скоростей, основанное на реконструкции орбит.

масса-светимость (Shaya et al. 1995; Mohayaee and Tully 2005). На рисунке 2.8 показан результат реконструкции по данным 2MASS  $K < 11.25$  обзора (Lavaux et al. 2010). Это краткое обсуждение служит цели лишь показать важную роль каталогов красных смещений в EDD.

Каталог соседних галактик (Karachentsev et al. 2004) вместе с его обновлённой версией (Karachentsev et al. 2013) представляет из себя компиляцию близких объектов в пределах 10 Мпк по всему небу. Карликовые галактики составляют абсолютное большинство известных Объектов Местного Объёма. Для многих объектов каталога определены высокоточные расстояния. Очень важным компонентом EDD являются оценки расстояния, основанные на TRGB-методе (см. главу 1). Целью этой программы является определение TRGB-расстояний для максимально возможного количества галактик Местного Объёма. Диаграммы цвет-величина и TRGB оценки расстояния, полученные по ним, будут обсуждены в специальном разделе §2.3. На данный момент примерно половина галактик Местного Объёма имеют TRGB измерения расстояний. Знание высокоточных расстояний позволяет определить лучевые пекулярные скорости галактик и рисунок 2.9 демонстриру-

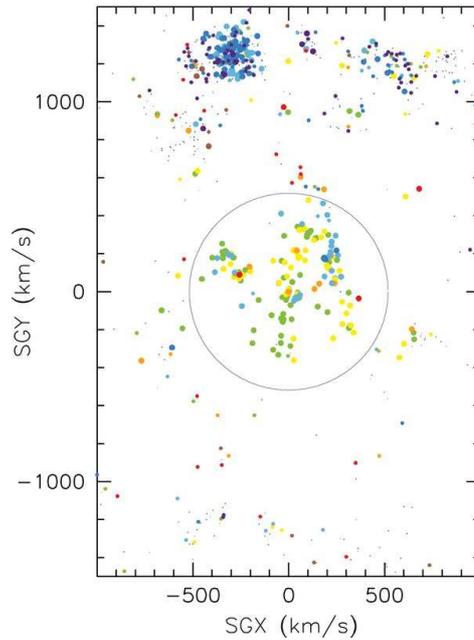


Рис. 2.9: Пекулярные скорости галактик в срезе толщиной 3 Мпк в сверхгалактических координатах. Наша Галактика находится в центре системы координат и круг обозначает радиус 7 Мпк. Скопление в Деве выглядит как сгусток объектов в верхнем левом углу. После учёта космического расширения  $74 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ , оттенки красного цвета указывают положительные пекулярные скорости, а оттенки синего — отрицательные. Пекулярные скорости внутри 7 Мпк как правило не превышают  $100 \text{ км с}^{-1}$ . Местный Объём имеет совместную пекулярную скорость  $\sim 200 \text{ км с}^{-1}$  в направлении центра Местного Сверхскопления (Tully et al. 2008).

ет наше современное знание о распределении этих галактик. Круг соответствует расстоянию 7 Мпк от нас. Внутри этого радиуса мы имеем очень высокую плотность измерений расстояний. Более подробно каталог галактик Местного Объёма рассмотрен в разделе §3.

### 2.2.2 Сводка расстояний

Этот раздел постоянно пополняется новыми сводными каталогами, которые аккумулируют оценки расстояний из различных источников.

Каталог высокоточных расстояний (Quality Distances) содержит модули расстояния собранные по литературным данным и определённые по зависимости период-светимость для Цефеид (PLR) методом TRGB и по флуктуациям поверхностной яркости (SBF). Кроме того, этот каталог содержит разнообразный набор

расстояний, полученных другими методами, но имеющими ограниченное применение, к примеру по пульсациям звёзд RR Лиры, затменным двойным, и наблюдениям мазеров в галактике NGC 4258.

Каталоги расстояний Cosmicflows-1 (Tully et al. 2008), Cosmicflows-2 (Tully et al. 2013), и Cosmicflows-3 содержат сводки расстояний, используемые в проекте по реконструкции космических течений в близкой Вселенной. Нуль-пункт расстояний основан на наблюдениях зависимости период-светимость Цефеид в ключевом проекте Хаббловского телескопа по определению шкалы расстояний (Freedman et al. 2001). Показано, что TRGB (Rizzi et al. 2007) и SBF (Tonry et al. 2001) расстояния находятся в хорошем согласии со шкалой расстояний цефеид. TF-расстояния в Cosmicflows-каталогах определялись так, чтобы быть согласованными с этой шкалой расстояний.

### 2.2.3 Звёздные расстояния

Этот блок является компиляцией каталогов расстояний, базирующихся на анализе звёздных популяций в галактиках. Наиболее важная часть этого раздела — каталог CMD и оценок TRGB-расстояний, полученных нашей командой, в рамках изучения распределения галактик в Местном Объёме, — подробно описан в разделе §2.3. Кроме того здесь собраны сводки высокоточных расстояний, таких как ACS-обзор — сокровищница близких галактик (ACS Nearby Galaxy Survey Treasury) (Dalcanton et al. 2009) и Araucaria проект по аккуратной калибровке внегалактической шкалы расстояний в местной Вселенной (см., к примеру, Górski et al. 2016). Также в этот раздел были включены оценки расстояния, основанные на методе SBF (Tonry et al. 2001). Несмотря на меньшую точность он даёт оценки, согласующиеся со шкалой расстояний ключевого проекта HST по измерению постоянной Хаббла (Freedman et al. 2001) и позволяет проводить измерения до галактик, находящихся на гораздо больших расстояниях.

### 2.2.4 Каталоги фотометрии

Этот раздел содержит большую коллекцию каталогов, хотя некоторые из них представляют только исторический интерес.

Каталог Hawaii Photometry предоставляет доступ как к табличной, так и гра-

Таблица 2.2: Сравнение между различными источниками фотометрии в  $I$ -фильтре

Source	Offset	St. Dev.	No.	Outer	Reference
Mathewson	0.00			Tot to sky	Mathewson and Ford (1996)
Haynes	-0.01	0.006	287	$8h$	Haynes et al. (1999)
Han/Mould	+0.10	0.010	199	inf	Mould et al. (1993)
Pierce	0.00	0.011	150	$24 \text{ arcsec}^{-2}$	Tully and Pierce (2000)
Roth	-0.06	0.011	56	$23.5 \text{ arcsec}^{-2}$	Roth (1994)
Dale	-0.01	0.014	50	$8h$	Dale et al. (1999)
Dell'Antonio	+0.12	0.022	41	inf	dell'Antonio et al. (1996)
Verheijen	0.00	0.019	40	inf	Tully et al. (1996)
Schommer	-0.04	0.018	31	$24 \text{ arcsec}^{-2}$	Schommer et al. (1993)
Bernstein	+0.06	0.015	24	inf	Bernstein et al. (1994)
Bureau	+0.07	0.038	11	inf	Bureau et al. (1996)

фической информации о фотометрии, полученной в ходе наших собственных наблюдений на 2.2-метровом телескопе университета Гавайев, на Tek2048 CCD с полем зрения  $7'5$  и размером пикселя  $0''.22$ . Большинство наблюдений было проведено в  $I$ -фильтре Cousins с экспозицией 300 сек. Небольшая часть галактик также наблюдалась в фильтрах Cousins  $R$  и Johnson  $B$  с экспозициями 300 и 600 сек, соответственно. Анализ изображений проводился пакетом Archangel<sup>11</sup>.

Каталог однородной фотометрии (Homogenized Photometry) был составлен на основе оригинальной фотометрии из других каталогов. Наибольший вклад приходится на работы Mathewson and Ford (1996) и Haynes et al. (1999). Сравнение фотометрии 287 галактик, наблюдавшихся обоими командами, обнаруживает небольшой  $2\text{-}\sigma$  сдвиг:  $I_{\text{Mathewson}} = I_{\text{Haynes}} - 0.01$ . Эта небольшая разница может быть связана с методикой измерения. Величины, полученные Mathewson and Ford (1996), соответствуют полному потоку, тогда как Haynes et al. (1999) измеряли величины внутри 8 экспоненциальных шкал диска,  $h$ . Мы используем нуль-пункт Mathewson and Ford (1996) и вычитаем 0.01 mag из данных Haynes et al. (1999). Объединённая фотометрия из работ Mathewson and Ford (1996) и Haynes et al. (1999) используется нами как  $I$  стандарт и остальные данные приводятся в соот-

<sup>11</sup><http://abyss.uoregon.edu/~js/archangel/>

ветствие с ней. Сравнение фотометрии между разными источниками показано в Таблице 2.2. Сдвиг нуля-пункта представлен в виде  $X + \text{offset} = \text{standard}$ , где  $X$  — это рассматриваемая выборка галактик и “standard” соответствует объединённой выборке Mathewson and Ford (1996) и Haynes et al. (1999).

Фотометрия в фильтре  $I$ , приведённая к единому нулю-пункту и усреднённая, использовалась в дальнейшем для определения расстояния в Cosmicflows проекте. Сильно отскакивающие значения исключались из рассмотрения. Плохие данные легко обнаруживаются при трёх и более независимых измерениях и могут быть достаточно надёжно определены при двух измерениях при наличии информации о цвете.

В других полосах данных о фотометрии галактик существенно меньше. Наши данные в  $B$  и  $R$  фильтрах были получены Pierce и Tully в 1980s и 1990s. Кроме того,  $R$ -фотометрия была взята из наблюдательных программ Willick et al. (1997). Фотометрия Courteau (1997), полученная в фильтре  $r_{\text{Gunn}}$ , переводилась в стандартную полосу  $R$  Cousins:

$$R = r_{\text{Gunn}} - 0.39 + 0.28(R - I) - 0.05A_B^b, \quad (2.1)$$

в отсутствии информации о цвете, предполагалось  $R - I = 0.56$ . Средняя разница между фотометрией Tully and Pierce (2000) и Willick et al. (1997) и Courteau (1997) в  $R$ -фильтре равна:

$$R_{\text{Willick}} - R_{\text{std}} = 0.16 \pm 0.03 \quad 125 \text{ штук} \quad (2.2)$$

$$R_{\text{Courteau}} - R_{\text{std}} = 0.14 \pm 0.06 \quad 211 \text{ штук} \quad (2.3)$$

### 2.2.5 Ширины линии $\text{H I}$

Этот блок представляет комбинацию оригинальных и литературных данных, относящихся к профилю линии нейтрального водорода.

Доцифровой (Pre-Digital)  $\text{H I}$  каталог содержит компиляцию данных, собранную Brent Tully и Sygus Hall, и накопленную за годы до появления цифровых архивов наблюдений. Выборка ограничена скоростями менее  $3000 \text{ км с}^{-1}$ . Наибольший интерес представляет оценка ширины линии  $\text{H I}$ ,  $W_{20}$ , измеренная на уровне 20% от максимума интенсивности. Этот параметр измерялся очень маленькой линейкой по опубликованным изображениям профилей  $\text{H I}$ . Процедура была трудоёмкой

и не столь надёжной как современные алгоритмические методы, но для профилей с сигналом превышающим шум более чем в 7 раз, измерения дают достоверные результаты. Этот каталог обеспечивает основу для сравнения с компьютерным анализом, а для близких и очень больших галактик может представлять собой единственную доступную информацию.

Каталог Springob/Cornell (Springob et al. 2005) представляет очень большую и важную коллекцию данных HI. Он доступен в базе данных спектров внегалактической базы данных NED<sup>12</sup>. Выборка включает данные, полученные на разных радио-телескопах: Arecibo (305 м), Green Bank (92 м) и (43 м), Nancay (200 × 40 м), и Effelsberg (100 м). Цифровые профили были обработаны пакетом, разработанным группой из Cornell University. Результирующий каталог содержит пять альтернативных измерений ширины линии водорода.

Каталог всех цифровых (All Digital) HI профилей содержит коллекцию данных, полученных в ходе наблюдений на 100-м Green Bank, 305-м Arecibo, 64-м Parkes телескопах. Этот каталог объединяет как оригинальные наблюдения, так и переобработанные данные из цифровых архивов. Программа анализа HI-спектров более подробно описана в работе Courtois et al. (2009). Наиболее важным параметром для оценки расстояний, представленным в All Digital каталоге, является ширина линии,  $W_{m50}$ , измеренная на уровне 50% среднего потока, внутри профиля, заключающего 90% полного HI-потока. Указатель качества линии для оценок расстояний включён в оценку точности. Приемлемые спектры имеют точность оценки ширины линии  $1\sigma \leq 20 \text{ км с}^{-1}$ . Неприемлемым, по различным причинам, профилям присваивалось значение ошибки  $> 20 \text{ км с}^{-1}$ .

## 2.3 EDD: CMD/TRGB — база данных диаграмм цвет-величина

Одним из наиболее продуктивных средств измерения расстояний до ближайших галактик в течение последних 10–15 лет было использование звёзд на вершине RGB в качестве стандартных свечей. Как следует из названия, эта техника требует точной фотометрии RGB звёзд в других галактиках, а инструментом, наиболее

<sup>12</sup><http://ned.ipac.caltech.edu/forms/SearchSpectra.html>

подходящим для этой цели, является космический телескоп им. Хаббла. На данный момент, мы собрали HST-наблюдения более 380 близких галактик. Эти наблюдения включают изображения каждой галактики в двух фильтрах. База данных содержит результирующие диаграммы цвет-величина, как часть базы данных внегалактических расстояний, описанной в разделе §2.2.

Для каждой галактики CMDs/TRGB каталог указывает PGC-номер, общепринятое имя галактики, номер наблюдательной программы на HST и идентификатор используемой камеры. Каждая запись индексируется по номеру PGC в базе данных LEDA. Поля PGC/LEDA-номер и имя галактики дают ссылку на страницы, содержащие более детальную информацию. Страница с индивидуальными CMD доступна по имени галактики, в то время как PGC-номер отсылает пользователя на DSS2 изображение, доступное через сервис HyperLEDA<sup>13</sup> (см. раздел §2.1.1) (Makarov et al. 2014).

Хотя нашей основной целью было измерение видимой величины TRGB, CMD представляет массу информации о звёздных популяциях галактики, которая может быть получена из диаграмм и таблиц фотометрии, доступных через интерфейс базы данных. К примеру, обилие металлов может быть оценено по цвету RGB (Da Costa and Armandroff 1990; Lee et al. 1993). Некоторые наблюдательные программы HST, для которых мы предоставляем обработку, были специально предназначены для измерения TRGB для большого количества галактик. Другие наблюдения выполнялись для подробного изучения индивидуальных объектов. База данных содержит информацию по наблюдениям достаточно глубоким, чтобы обнаружить TRGB. Все изображения обрабатываются и анализируются единообразно (см. раздел §2.3.5).

### 2.3.1 Данные

CMD получались в результате фотометрии HST-изображений, полученных как с WFPC2, так и с ACS камерами. *F814W*-фильтр HST, определённый как ‘широкополосный *I*’, является наиболее подходящим для обнаружения TRGB. Для отделения RGB-звёзд от других популяций необходимо иметь наблюдения в другом фильтре. Для этого наиболее часто используются эквиваленты *V*-фильтра:

---

<sup>13</sup><http://leda.univ-lyon1.fr>

*F606W* и *F555W*. Однако, возможно использование и других фильтров, к примеру, *B*-подобного фильтра *F475W*. Все изображения доступны в HST архиве<sup>14</sup>. Более подробно процесс фотометрии описан в разделе §1.6.1.

### 2.3.2 Каталог CMD/TRGB

Вдобавок к общей идентификации, ссылкам и наблюдательной информации, каждая галактика содержит измерение величины TRGB и его цвета в различных фильтрах. Колонки *T814*, *T8\_lo*, *T8\_hi* содержат нашу оценку *F814W* величины TRGB, нижней и верхней границ её 68% доверительного интервала. Эти величины сопровождаются измерением цвета TRGB в инструментальной системе HST. Для облегчения сравнения с другими базами данных приводятся эти же значения в фотометрической системе Johnson-Cousins *V* и *I*, используя рецепты Holtzman et al. (1995); Dolphin (2000c) для WFPC2 и Sirianni et al. (2005) для ACS. Галактическое поглощение оценивалось по картам пыли Schlafly and Finkbeiner (2011) и использовалось в расчёте модуля расстояния, которое вместе с доверительными интервалами содержится в колонках *DM\_tip*, *eDM\_lo*, *eDM\_hi*.

### 2.3.3 Положение камер

Индивидуальные страницы галактик, доступные через ссылку из основной таблицы каталога, показывают поле зрения камер HST, использовавшихся в нашем анализе. Изображения были получены из архива наследия Хаббла (the Hubble Legacy Archive)<sup>15</sup>. Мы даём их для более ясного представления о положении камер относительно галактик. В случае многократных наблюдений галактик большой угловой протяжённости мы предпочитаем использовать те, что смещены к краю галактики, так как в этих областях доминируют низкометаллические RGB-звезды, наиболее подходящие для измерений TRGB, а проблемы фотометрии в тесных полях существенно меньше, чем в центральных областях галактик. Многие галактики нашей выборки имеют небольшой угловой размер, хорошо вписываются в поле зрения камер ACS или WFPC2 и не требуют специальных ухищрений, чтобы сосредоточиться на звёздах гало. Это хорошо видно на примере галактик NGC 4163 и

<sup>14</sup><http://archive.stsci.edu/hst>

<sup>15</sup><http://hla.stsci.edu>

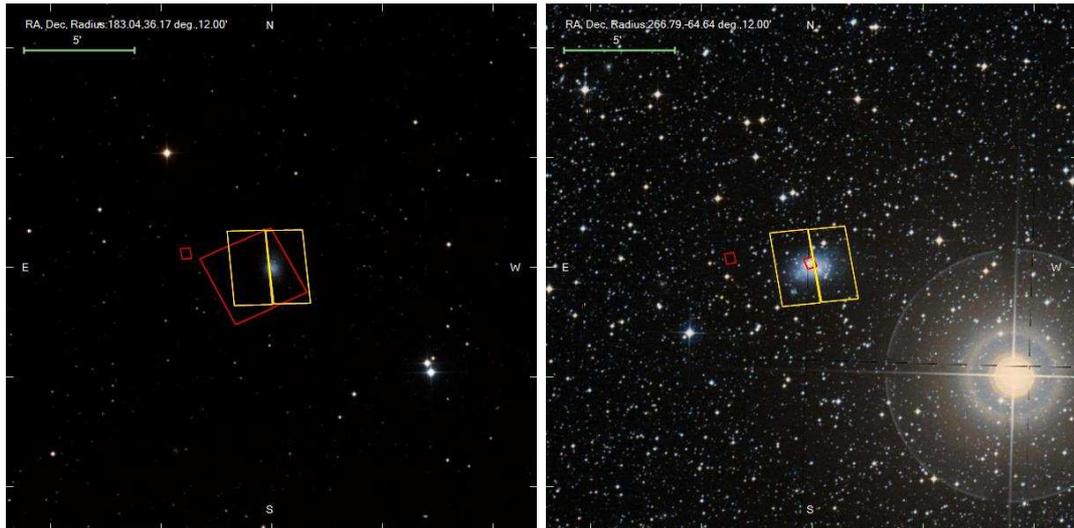


Рис. 2.10: Положение камеры ACS при наблюдении галактик NGC 4163 (слева) и IC 4662 (справа). Наблюдения по программе 9771 выделены жёлтым цветом. Красным цветом отмечены другие наблюдения в данном поле.

IC 4662 на Рис. 2.10. Наблюдения, использовавшиеся в нашем анализе, отмечены жёлтым цветом. Для уменьшения наложений, вызванных необходимостью показа неиспользованных наблюдений, на каждом изображении отображаются следы только одной камеры. Таким образом, в случае, если для построения CMD использовались данные ACS, соответствующие поля окрашены жёлтым цветом, все остальные ACS наблюдения, попадающие в данное поле, показаны красным, и наблюдения, выполненные с WFPC2, не показываются. Ситуация с галактиками, наблюдавшимися с WFPC2, аналогична, за исключением того, что неиспользуемые WFPC2 данные показаны синим, а показ полей ACS отключён. Каждое изображение в базе данных имеет одинаковое поле зрения  $24' \times 24'$ .

### 2.3.4 Изображения галактик

Для большинства галактик в базе данных показано псевдоцветное HST-изображение, полученное из объединения двух фильтров. Большинству наблюдений для построения полноценного цветного кадра не хватает информации о третьем канале цвета, поэтому коротковолновой фильтр (обычно  $F606W$ ) используется для синего канала и  $F814W$ -фильтр — для красного. Для зелёного взято среднее двух фильтров. Рисунок 2.11 показывает результат для ACS наблюдений NGC 4163 и IC 4662. Эти галактики были выбраны из-за их различия в звёздных популяциях,



Рис. 2.11: Псевдоцветные изображения галактик NGC 4163 (слева) и IC 4662 (справа), полученные в фильтрах *F606W* и *F814W*.

хотя обе имеют заметную RGB, что будет очевидно на их CMD, показанных ниже. В галактике IC 4662 видны области активного звездообразования, которые не очевидны в случае NGC 4163. На изображениях можно идентифицировать области с преобладанием старой или молодой звёздной популяции.

### 2.3.5 Анализ

Фотометрия WFPC2 изображений выполняется пакетом HSTPHOT (Dolphin 2000b), который был специально разработан для наблюдений разрешённых звёздных популяций с этим инструментом. Позднее автор модифицировал его в более универсальную фотометрическую программу DOLPHOT<sup>16</sup>. Она включает модуль ACS, который мы используем для анализа изображений, полученных с камерой ACS. На каждой странице индивидуальных CMD указана ссылка на таблицы фотометрии, полученные с HSTPHOT или DOLPHOT. Для выделения надёжной фотометрии необходимо проводить чистку оригинальных данных на основе информации об отношении сигнал-шум, надёжности, форме профиля, автоматической классификации и т.п., содержащейся в таблицах для каждого объекта. Более подробно процесс фотометрии звёзд описан в разделе §1.6.1.

<sup>16</sup><http://americano.dolphinim.com/dolphot/>

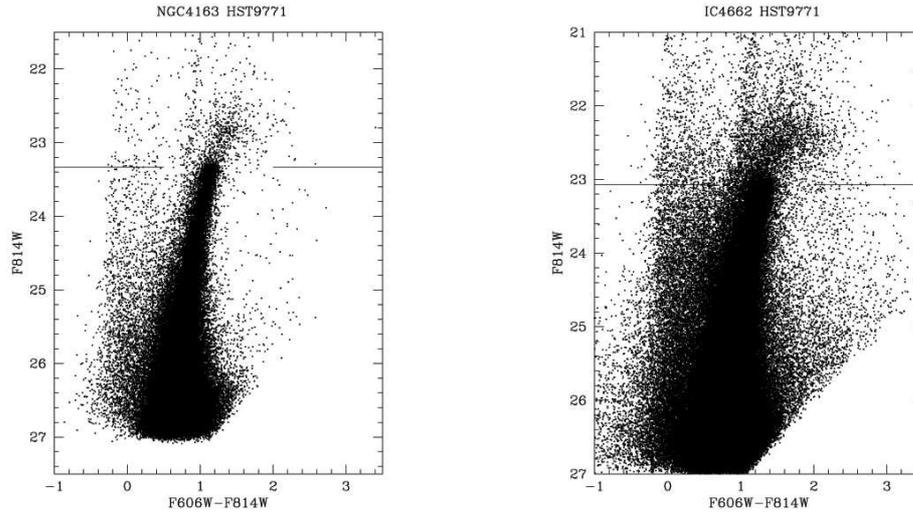


Рис. 2.12: Диаграммы зависимости звёздной величины в  $F814W$ -фильтре от цвета ( $F606W - F814W$ ) для изображений галактик NGC 4163 и IC 4662, полученных в рамках программы 9771 на камере ACS. Линии на  $F814W = 23.33$  и  $F814W = 23.07$  в NGC 4163 и IC 4662, соответственно, указывают положение TRGB на диаграммах.

### 2.3.6 Диаграммы цвет-величина

Рисунок 2.12 иллюстрирует CMD, полученные в результате ACS-наблюдений галактик NGC 4163 и IC 4662 в  $F814W$  и  $F606W$  фильтрах. Наиболее заметной особенностью на диаграммах этих галактик, как и для большинства других галактик в базе данных, является RGB, видимая как клин тесно расположенных точек. Главная последовательность и звезды голубой петли формируют вертикальную полосу в области цветов  $-0.4 < F606W - F814W < +0.4$ . Выше и краснее TRGB выделяются звезды AGB, концентрирующиеся вокруг  $F814W = 23$  и  $F606W - F814W = +1.3$  в NGC 4163 и  $F814W = 22.6$  и  $F606W - F814W = +1.5$  в IC 4662. Каждая из этих областей CMD содержит ценную информацию о звёздных популяциях и истории галактики, однако, в данной работе мы фокусируемся на положении TRGB на  $F814W = 23.33$  для NGC 4163 и  $F814W = 23.07$  для IC 4662, которые показаны горизонтальной линией с разрывом. Отметим, что несмотря на различие звёздных популяций в NGC 4163 и IC 4662, TRGB хорошо выделяется в обеих галактиках.

### 2.3.7 TRGB расстояния

Процесс измерения расстояний на основе фотометрии индивидуальных звёзд в близких галактиках подробно описан в главе 1. Он включает в себя следующие шаги:

1. звёздная фотометрия изображений галактик, полученных с HST,
2. оценка погрешностей и систематических эффектов на основе фотометрии искусственных звёзд,
3. исключение из рассмотрения областей активного звездообразования и чрезмерно плотных участков изображения,
4. выделение звёзд старых популяций на результирующей CMD,
5. нахождение обрыва функции светимости звёзд RGB и его цвета методом максимального правдоподобия, с использованием специализированного пакета TRGBTOOL (Makarov et al. 2006),
6. оценка галактического поглощения по инфракрасным картам на основе работ Schlegel et al. (1998) или Schlafly and Finkbeiner (2011), либо по сдвигу главной последовательности на CMD,
7. определение истинного модуля расстояния до галактики,  $(m - M)_0$ , с использованием калибровки Rizzi et al. (2007).

## 2.4 Основные результаты главы 2

- Создан реферативный каталог оценок расстояний до галактик, не зависящих от красного смещения. Он полностью интегрирован в базу данных HyperLEDA и является её составной частью. На данный момент обработано 487 статей. Каталог содержит 12 715 оценок расстояния для 4 193 галактик. Все оценки расстояния приведены в единую шкалу, основанную на аккуратной выборке измерений высокого качества. Доступ к каталогу расстояний осуществляется через веб-интерфейс базы данных HyperLEDA<sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup><http://leda.univ-lyon1.fr>

- Создана база данных внегалактических расстояний (the Extragalactic Distance Database). В ней воедино собраны разнообразные коллекции данных, связанные с задачей определения расстояний до галактик. Была разработана система взаимодействия с базой данных HyperLEDA.
- В рамках базы данных EDD создан каталог CMD и оценок TRGB-расстояний галактик Местного Объёма. Он содержит информацию о звёздном населении и оценках расстояния до галактик, наблюдавшихся на космическом телескопе Хаббла, и имеющих достаточно глубокую CMD для обнаружения ветви красных гигантов, с последующим измерением величины TRGB.

## 2.5 Список основных работ

- H. M. Courtois, R. B. Tully, D. I. Makarov, S. Mitronova, B. Koribalski, I. D. Karachentsev, and J. R. Fisher. Cosmic Flows: Green Bank Telescope and Parkes HI observations. *MNRAS*, **414**, 2005–2016, July 2011.
- B. A. Jacobs, L. Rizzi, R. B. Tully, E. J. Shaya, D. I. Makarov, and L. Makarova. The Extragalactic Distance Database: Color-Magnitude Diagrams. *AJ*, **138**, 332–337, August 2009.
- E. I. Kaisina, D. I. Makarov, I. D. Karachentsev, and S. S. Kaisin. Observational database for studies of nearby universe. *Astrophysical Bulletin*, **67**, 115–122, January 2012.
- D. Makarov, P. Prugniel, N. Terekhova, H. Courtois, and I. Vauglin. HyperLEDA. III. The catalogue of extragalactic distances. *A&A*, **570**, A13, October 2014.
- R. B. Tully, L. Rizzi, E. J. Shaya, H. M. Courtois, D. I. Makarov, and B. A. Jacobs. The Extragalactic Distance Database. *AJ*, **138**, 323–331, August 2009.
- R. B. Tully, H. M. Courtois, A. E. Dolphin, J. R. Fisher, P. Héraudeau, B. A. Jacobs, I. D. Karachentsev, D. Makarov, L. Makarova, S. Mitronova, L. Rizzi, E. J. Shaya, J. G. Sorce, and P.-F. Wu. Cosmicflows-2: The Data. *AJ*, **146**, 86, October 2013.
- I. Vauglin, P. Prugniel, H. Courtois, D. Makarov, C. Petit, G. Mamon, and G. Paturel. Capabilities of the HYPERLEDA database. In D. Barret, F. Casoli, G. Lagache,

A. Lecavelier, and L. Pagani, editors, SF2A-2006: Semaine de l’Astrophysique Francaise, pages 365–366, June 2006.

# Глава 3

## Местный Объём

### Введение

Как отмечалось ранее в работах Peebles (1993); Peebles et al. (2001); Peebles and Nusser (2010) изучение репрезентативной выборки ближайших галактик является источником важных сведений о формировании и эволюции крупномасштабной структуры Вселенной. Многочисленные N-body расчёты, широко применяемые сегодня в различных космологических моделях, предполагают наблюдательную проверку своих результатов посредством сравнения свойств галактик в опорном объёме определённого размера. Однако, почти все существующие каталоги галактик содержат выборки, нормированные по потоку (видимой звёздной величине), а не по расстоянию до галактик. Из-за того, что галактики различаются большим диапазоном светимости и поверхностной яркости, создание выборки, нормированной по фиксированному объёму, оказывается чрезвычайно трудным. В качестве примера, обратим внимание на то, что известный каталог Shapley-Ames (Sandage and Tammann 1981) содержит 1246 ярчайших галактик ( $B_T < 13.2$ ), но лишь сто из них, т.е. 8%, попадают в выборку ближайших галактик с расстояниями в пределах 10 Мпк от нас.

Исследование галактик в Местном Объёме (LV), условно ограниченном радиусом  $D = 10$  Мпк, имеет очевидное преимущество, поскольку в нем известно множество карликовых галактик, недоступных для наблюдений на больших расстояниях. Эти “тестовые частицы” с измеренными лучевыми скоростями и расстояниями прослеживают хаббловский поток с беспрецедентно высокой детализацией. Для

сравнения, обратим внимание на то, что в наиболее обширном Слоановском обзоре (SDSS, Abazajian et al. 2009) среднее расстояние между галактиками с известными красными смещениями составляет около 8 Мпк, тогда как в LV ( $D < 10$  Мпк) количество галактик с измеренными лучевыми скоростями более 630.

Вплоть до конца 1990-х годов развитие наблюдательной космологии в Местной Вселенной было затруднено из-за недостатка данных о расстояниях даже для ближайших галактик, расположенных сразу за границами Местной Группы. Применение уникальных возможностей телескопа Хаббла, в сочетании с новым методом определения расстояний до галактик по светимости пика их ветви красных гигантов (TRGB) (Lee et al. 1993), дало возможность провести массовые измерения расстояний более чем до 350 близких галактик с точностью 5–10%. Сводный обзор данных о расстояниях, лучевых скоростях и других параметрах галактик в LV ( $D \leq 10$  Мпк) был представлен в Каталоге Близких Галактик (CNG, Karachentsev et al. 2004) и его улучшенной версии (UNGC, Karachentsev et al. 2013). Этот объём содержит карликовые галактики со светимостью в  $10^4$  раза ниже, чем у Млечного Пути, и включает в себя более десятка групп, похожих на нашу Местную Группу по размеру и населению. Подробная диаграмма движений галактик в этих группах и вокруг них впервые выявила некоторые неожиданные особенности хаббловского потока на масштабах 1–3 Мпк. Появились новые свидетельства того, что хаббловские диаграммы скорость-расстояние вокруг Местной Группы и других соседних групп характеризуются малой дисперсией пекулярных скоростей  $\sim 30$  км с<sup>-1</sup> (Karachentsev et al. 2009). Гравитация Местной Группы галактик уменьшает скорость разлёта окружающих галактик, что приводит к искривлению местного хаббловского потока. Этот эффект наблюдается благодаря малости хаотических движений и высокой точности измерения расстояний близких галактик. Достигнутая точность позволяет определить полную массу близких групп галактик с относительной погрешностью  $\sim 30\%$  по измерению радиуса “сферы нулевой скорости”,  $R_0$ , которая отделяет объём группы от остального расширяющегося окружения (Karachentsev 2005; Karachentsev et al. 2009).

Следует подчеркнуть, что метод  $R_0$  даёт оценку массы группы галактик независимо от теоремы вириала, и эта оценка полной массы относится к размеру в 3.5–4.0 раза большему, чем вириальный радиус группы. Стоит отметить, что согласие оценок массы близких групп, основанных на внешних и внутренних (ви-

риальных) движениях галактик, достигается только при учёте космологического параметра  $\Omega_\Lambda \simeq 0.7$ . Это означает, что наблюдаемые свойства местного разбегания галактик дают прямое и независимое доказательство присутствия особой среды во Вселенной, тёмной энергии, открытой по наблюдениям далёких сверхновых.

Как показано в работах Dalcanton et al. (2009); Weisz et al. (2011) и других авторов, глубокие диаграммы цвет-звездная величина звёздного населения близких галактик, полученные с помощью космического телескопа им. Хаббла, дают возможность восстановить историю звездообразования в них с разрешением  $\sim (0.1\text{--}1)$  млрд. лет. Данный подход является важным наблюдательным инструментом для моделирования эволюции галактик в различном окружении.

Создание репрезентативной выборки галактик LV началось со списка 179 галактик, составленного Kraan-Korteweg and Tammann (1979), который содержит галактики с лучевыми скоростями  $V_{LG} < 500 \text{ км с}^{-1}$  относительно центроида Местной Группы, исключая члены соседнего скопления Девы. Позже Karachentsev (1994) и Karachentsev et al. (1999) увеличили количество галактик в LV до 226 и 303 объектов, соответственно. В 1998–2001 годах Караченцева и её коллеги провели систематический поиск новых карликовых галактик с помощью фотографического обзора неба POSS-II/ESO/SERC. Эти попытки (Karachentseva and Karachentsev 1998, 2000a; Karachentseva et al. 1999) наряду с последующим обзором новых объектов в линии H I нейтрального водорода (Huchtmeier et al. 2000b, 2001, 2003) существенно обогатили выборку галактик LV. Значительное количество новых карликовых иррегулярных галактик с лучевыми скоростями  $V_{LG} < 500 \text{ км с}^{-1}$  наблюдалось в рамках “слепого” H I-обзора южного неба, выполненного на радиотелескопе Parkes (Staveley-Smith et al. 1998; Kilborn et al. 2002; Zwaan et al. 2003; Koribalski et al. 2004; Meyer et al. 2004). Это увеличило полное количество галактик LV до 450, что нашло отражение в каталоге (Karachentsev et al. 2004).

В последующие годы выборка LV увеличивалась благодаря обнаружению новых карликовых галактик в оптическом обзоре неба (Abazajian et al. 2009, SDSS), H I обзорам северного неба, выполненным в Parkes (HIPASS, Wong et al. 2006), Arecibo (Giovanelli et al. 2005; Haynes et al. 2011, ALFALFA,) и Westerbork (Kovač et al. 2009), и в результате систематического поиска карликовых спутников очень низкой светимости, разрешённых на звезды, вокруг Млечного Пути (Willman et al. 2005; Belokurov et al. 2006), M 31 (Ibata et al. 2007; Martin et al. 2009) и M 81

(Chiboucas et al. 2009). Эти наблюдения увеличили количество кандидатов в члены LV с расстояниями  $D \leq 10$  Мпк до 720, что нашло отражение в улучшенном каталоге близких галактик (UNGC, Karachentsev et al. 2013). Очевидно, что обширные оптические обзоры неба, такие как Pan-STARRS (Tonry et al. 2012) и более глубокие “слепые” N-обзоры северного и южного неба увеличат это количество до 1000 и более.

### 3.1 Критерий отбора

Отбор галактик в местный сферический объём радиусом 10 Мпк по условию  $V_{LG} \leq 500 \text{ км с}^{-1}$ , который использовали Kraan-Korteweg and Tammann (1979), предполагает значение параметра Хаббла  $H_0 = 50 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ . При значении  $H_0 = 73 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$  (Spergel et al. 2007) лимит на лучевые скорости должен быть увеличен до  $V_{LG} \leq 730 \text{ км с}^{-1}$ . Однако, лучевая скорость галактики является лишь приблизительным индикатором её расстояния. В дополнение к вириальному компоненту скорости, присущему близким членам группы, местное поле скоростей подвергается воздействию близкого скопления Девы на расстоянии 16.5 Мпк с дисперсией скоростей  $\sigma_V \simeq 650 \text{ км с}^{-1}$  и протяжённой Местной Пустоты (Tully 1988), которая занимает около четверти небесной сферы. Согласно Tully et al. (2008) наличие этих двух основных элементов местной крупномасштабной структуры служит источником двух компонент скорости Местной Группы и окружающих галактик:  $\sim 180 \text{ км с}^{-1}$  по направлению к центру скопления в Деве ( $12^h 30^m + 12^\circ$ ), и  $\sim 260 \text{ км с}^{-1}$  в направлении от центра Местной Пустоты, расположенного в области  $\sim (19^h 00^m + 3^\circ)$ . Почти полное отсутствие галактик в области Местной Пустоты и их относительный избыток в противоположном направлении создаёт специфический селекционный эффект: большинство галактик на расстоянии  $D = 10$ , как правило, имеют намного меньшие лучевые скорости, чем ожидаемая величина  $\sim 730 \text{ км с}^{-1}$ .

Есть недавние указания на то, что филаменты и стены крупномасштабной структуры могут иметь коллективные движения с амплитудой  $\sim 500 \text{ км с}^{-1}$ . Вероятно, наиболее близким примером такого большого невириального движения является область Coma I, где группа галактик вокруг NGC 4150 на расстоянии  $D \sim 15$  Мпк движется со средней пекулярной скоростью  $-800 \text{ км с}^{-1}$  (Karachen-

tsev et al. 2011b). К сожалению, мы должны констатировать, что локальное поле пекулярных скоростей галактик до сих пор изучено плохо, и, предложенные схемы коррекции за когерентные не-хаббловские движения, такие как модель чистого виргоцентричного потока (Kraan-Korteweg 1986; Masters 2005) оказываются слишком упрощёнными. Следовательно, малая лучевая скорость предполагаемой близкой галактики ещё не является надёжным индикатором её близости.

Идеальным решением было бы прямое измерение расстояний до всех кандидатов в близкие галактики с использованием космического телескопа Хаббла. Как было показано Rizzi et al. (2007), TRGB даёт точность определения расстояния  $\sim 5\%$  независимо от морфологического типа галактики. За 1–2 орбиты HST с использованием камеры ACS метод TRGB позволяет измерить точные расстояния вплоть до 7–10 Мпк, т.е. полностью решить проблему создания надёжной выборки галактик Местного Объёма. Однако, стоимость решения составляет от одной до двух тысяч орбит HST.

Другие методы оценок расстояний либо могут быть использованы для небольшого числа объектов (сверхновые, цефеиды), либо могут быть применены только к галактикам определённой морфологии (SBF, FJ и TF), или имеют точность не лучше 25% (ярчайшие звезды).

Принимая во внимание эти обстоятельства, мы включаем в LV выборку галактики с лучевыми скоростями относительно центроида Местной Группы:

$$V_{LG} < 600 \text{ км с}^{-1}, \quad (3.1)$$

или галактики с известными оценками расстояния

$$D < 11.0 \text{ Мпк}. \quad (3.2)$$

Одновременное выполнение обоих условий (3.1) и (3.2) не требуется. Здесь мы учитываем тот факт, что некоторые галактики на расстояниях  $\sim (7\text{--}10)$  Мпк могут иметь вириальные скорости  $V_{LG} > 600 \text{ км с}^{-1}$ , в то время как ожидается, что галактики, проектирующиеся на скопление в Деве, имеют позитивную пекулярную скорость из-за их “падения” в направлении на центр скопления.

Диаграмма скорость-расстояние 673 галактик LV представлена на рисунке 3.1. За верхней границей рисунка есть 16 галактик на расстояниях  $D = (7\text{--}11)$  Мпк и  $V_{LG} > 1100 \text{ км с}^{-1}$ , большинство из которых располагается в направлении на центр

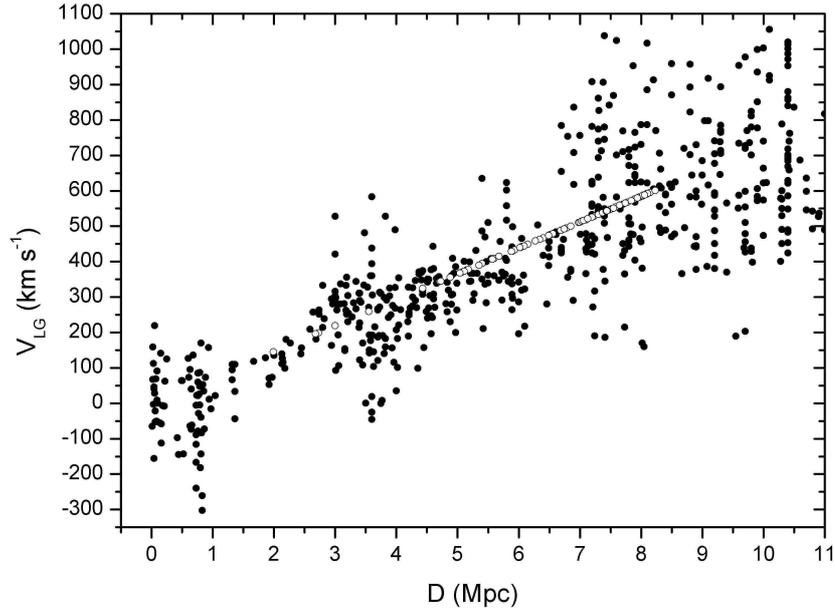


Рис. 3.1: Хаббловский поток вокруг центроида Местной Группы. Некоторые галактики на расстояниях от 2 до 8 Мпк без индивидуальных оценок расстояния следуют линейной зависимости Хаббла с наклоном  $H_0 = 73 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$  (белые кружки).

скопления в Деве. За правой границей рисунка спрятались 72 галактики с  $V_{LG} < 600 \text{ км с}^{-1}$ , но с оценкой расстояния, превышающей 11 Мпк. Мы не исключаем эти объекты из рассмотрения по двум причинам: а) их оценки расстояния не могут быть очень надёжными, б) распределение этих галактик на небе может отражать совместные движения в близких диффузных филаментах. Вдобавок список LV содержит 108 галактик с оценками расстояния  $D < 10 \text{ Мпк}$ , до сих пор не имеющих измерений лучевых скоростей.

Окончательно наш список галактик LV состоит из 869 объектов. Как видно из рисунка 3.1, примерно треть галактик, располагающихся в правом верхнем углу, может рассматриваться как условно принадлежащая объёму  $D < 10 \text{ Мпк}$ , так как их типичная ошибка измерения расстояний равна  $\sim 2 \text{ Мпк}$ . Из этих данных также следует, что ограничение выборки только условием (3.1) будет вносить сильный селекционный эффект, искажая картину кинематики в LV.

Обновленный каталог близких галактик с описанием колонок вынесен в приложениях А.1 и А.2.

## 3.2 О полноте выборки

Степень полноты выборки галактик внутри сферы радиусом 10 Мпк можно оценить только приблизительно, так как она зависит от многих факторов, которые сложно проверить. Оптические и H I обзоры неба обычно ограничены фиксированным потоком, однако вариации галактик по светимости, размеру, поверхностной яркости и обилию газа огромны. Большинство точных оценок расстояний до галактик сделаны внутри  $\sim 5$  Мпк. С учётом ошибок измерения расстояний методом Талли-Фишера  $\sim (20 - 25)\%$  значительная часть галактик на периферии LV являются только условными членами. Наличие коллективных не-хаббловских движений на шкале  $\sim 10$  Мпк также делает сложным оценку полноты выборки, так как амплитуда этих движений ( $\sim 300 \text{ км с}^{-1}$ ) может составлять половину принятого нами ограничения выборки по скорости (3.1). Отметим, что “область избегания” в Млечном Пути уже хорошо заполнена близкими галактиками благодаря систематическим обзорам в линии H I.

Нужно отметить, что на оценку полноты выборки LV также влияет проблема “астро-спама”. Массовые автоматические обзоры красных смещений галактик порождают множество случаев, когда лучевая скорость звезды, проецирующейся на далёкую галактику, ошибочно приписывается самой галактике. К примеру, спектральный обзор DEEP2<sup>1</sup> и другие недавние обзоры дают более 1000 фиктивных объектов (смотри рисунок 3.2), включённых в NED как “галактики” со скоростями  $V_h < 500 \text{ км с}^{-1}$ . Из этого следует, что количество “мусора” из автоматических обзоров больше реальной популяции LV. Другим источником астро-спама является путаница оптической идентификации H I-источника в обзорах с низким угловым разрешением. Существование вокруг нашей Галактики сотен высокоскоростных H I облаков, имеющих малую ширину профиля  $W_{50}$ , также провоцирует включение ложных “близких” карликовых галактик в LV (множество таких примеров можно найти в статье Cote et al. (1997)).

В заключение отметим, что базы данных порой содержат экзотические случаи, к примеру, “галактика” AM0912-241 (смотри NED) с радиальной скоростью  $+614 \text{ км с}^{-1}$  (Matthews et al. 1995) на самом деле является дефектом фотографической эмульсии.

---

<sup>1</sup><http://deep.berkeley.edu>

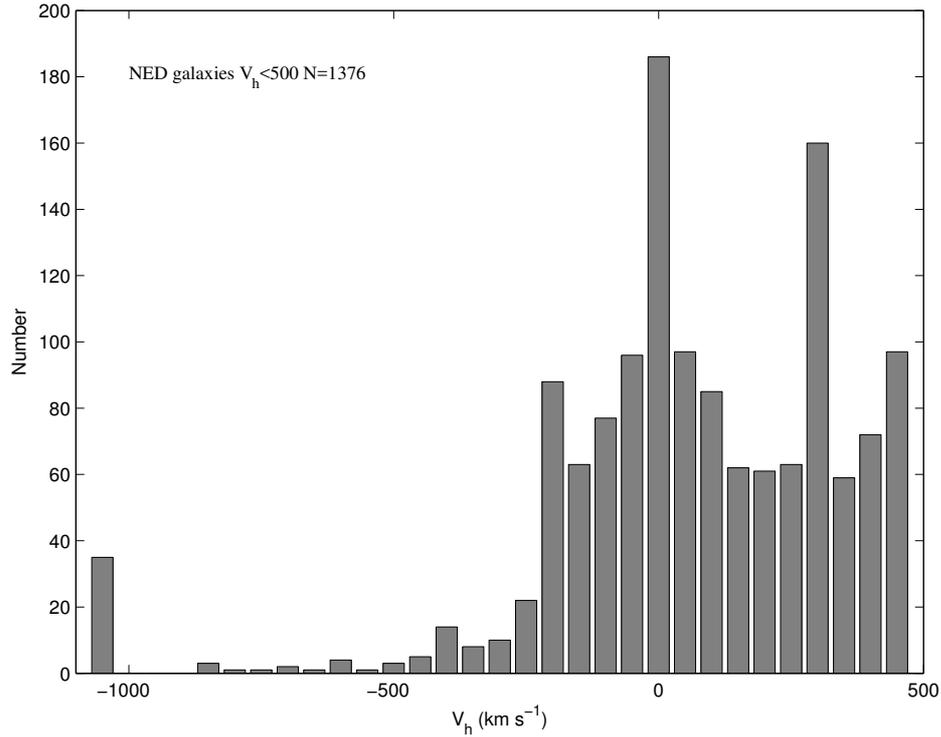


Рис. 3.2: Гистограмма распределения 1376 объектов по гелиоцентрическим скоростям из автоматических обзоров, классифицированных в NED как “галактики”.

Некоторые соображения относительно полноты выборки LV можно получить из рисунка 3.3, где на панелях показано распределение галактик по абсолютной  $B$ -величине, линейному  $A_{26}$  диаметру и ширине линии  $W_{50}$  в зависимости от расстояния. Эти данные свидетельствуют о том, что галактики с абсолютными величинами ярче  $-11$  mag и линейными размерами  $A_{26} > 1.0$  кпк часто встречаются как в ближней, так и в далёкой части нашей выборки. В этом смысле, условный уровень полноты выборки LV составляет около 40–60 %, что косвенно подтверждается распределением  $W_{50}$  от расстояния. Однако, среди членов Местной Группы ( $D < 1$  Мпк) только половина галактик имеет абсолютную величину ярче  $-11$  mag. Следовательно, более чем половина ультраслабых карликовых компаньонов вокруг нормальных галактик, таких как Сомbrero ( $D = 9.3$  Мпк), до сих пор остаётся за пределами обнаружения.

Интересный случай представляет изолированная сфероидальная галактика Arples I с  $M_B^c = -8.30$  mag и  $A_{26}^c = 0.25$  кпк, находящаяся на расстоянии 8.5 Мпк. Эта галактика была случайно обнаружена Pasquali et al. (2005) как система, разрешаемая на звезды с HST. Статистика изображений, полученных к настоящему вре-

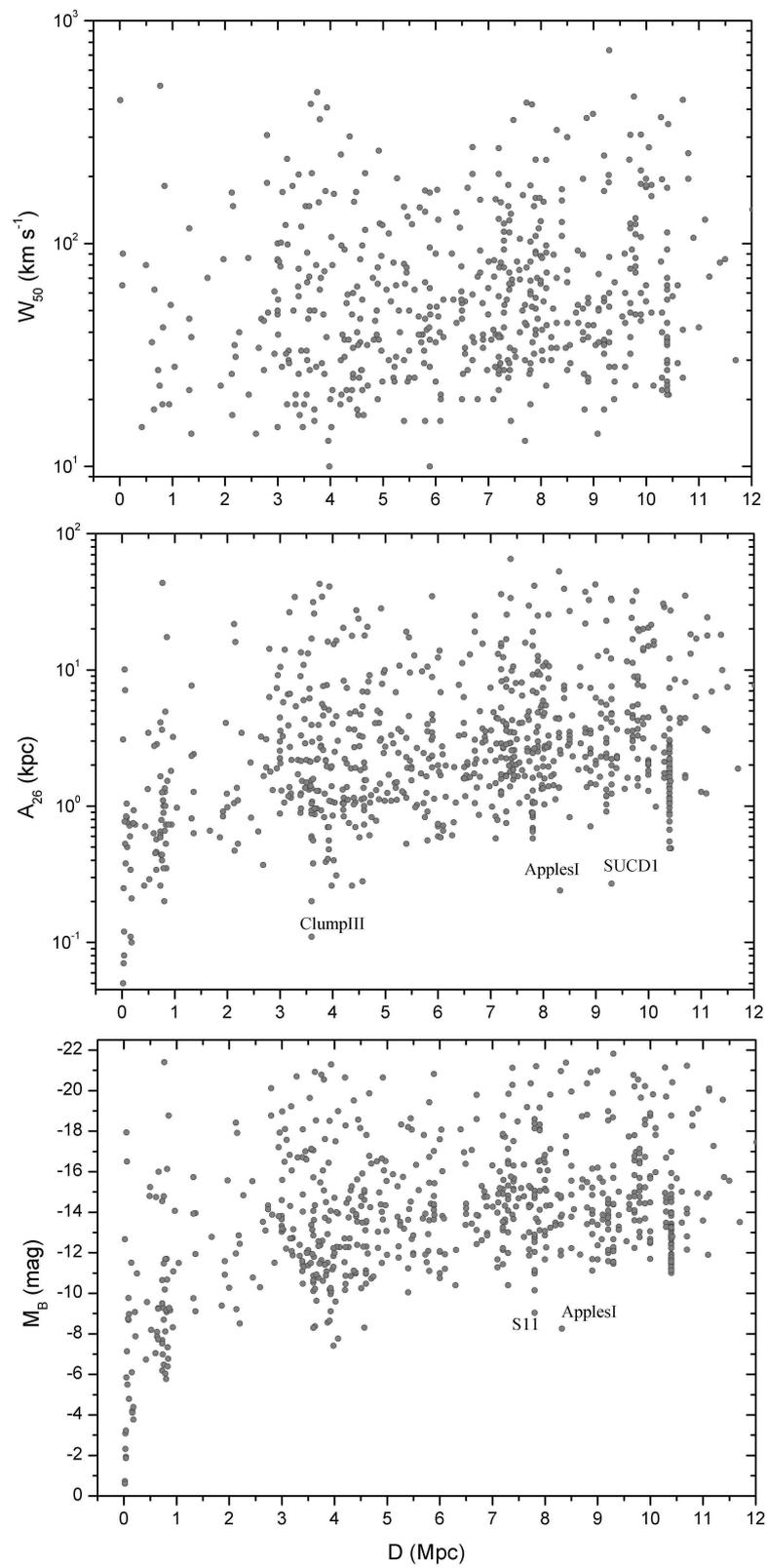


Рис. 3.3: Распределение близких галактик по абсолютной величине (нижняя панель), линейному диаметру (средняя панель) и ширине линии HI (верхняя панель). На графиках отмечены некоторые ультраслабые карлики.

мени с HST, показывает (Karachentsev et al. 2009), что популяция таких сложных для обнаружения крошечных объектов без газа и населённых только звёздами старой популяции, может достигать  $N \sim 10^3\text{--}10^4$  в LV и, таким образом, быть доминирующей среди всех других типов галактик.

Верхняя панель рисунка 3.4 показывает распределение средней поверхностной яркости галактик LV на различных расстояниях. Если мы исключим карликовые системы Местной Группы с  $SB > 26.5 \text{ mag arcsec}^{-2}$ , тогда окажется, что средняя поверхностная яркость почти не зависит от расстояния. Карликовые компаньоны Андромеды и Млечного Пути с  $SB = (27\text{--}31) \text{ mag arcsec}^{-2}$  различимы только благодаря тому, что они разрешаются на индивидуальные звезды. Очевидно, что большое количество таких спутников могут существовать вокруг более далёких нормальных галактиках. Специальный обзор подобных объектов в группе галактик вокруг M 81 подтверждает это предположение (Chiboucas et al. 2009).

В космологических моделях, описывающих структуру тёмного гало в галактиках, центральная плотность материи предполагается одинаковой вне зависимости от размера и массы гало (Navarro et al. 1996). При этом масса и размер гало связаны соотношением  $\mathfrak{M}_{\text{DM}} \sim R^3$ . Если распределение звёздной материи следует распределению тёмной, мы можем ожидать похожее соотношение  $L \sim A^3$  между полной светимостью галактики и её диаметром, которое предполагает связь  $SB \sim (1/3)M_B$ . Это соотношение показано прямой линией на нижней панели рисунка 3.4. Как можно видеть, выборка LV в целом следует ожидаемому соотношению достаточно хорошо. Отклонение от неё, видимое на низкой поверхностной яркости, возникает из-за систематической переоценки размеров карликовых галактик, профиль поверхностной яркости лежит полностью ниже холмберговской изофоты.

### 3.3 Распределение галактик внутри 11 Мпк

На рисунке 3.5 представлено распределение галактик по их оценкам расстояния, выполненное различными методами. По очевидным причинам, медианы оценок существенно различаются для различных методов. Наименьшее медианное значение  $D \sim 4$  Мпк оказывается для подвыборки наиболее точных (5–10 %) оценок расстояния, основанных на измерении светимости TRGB, зависимости период-светимость

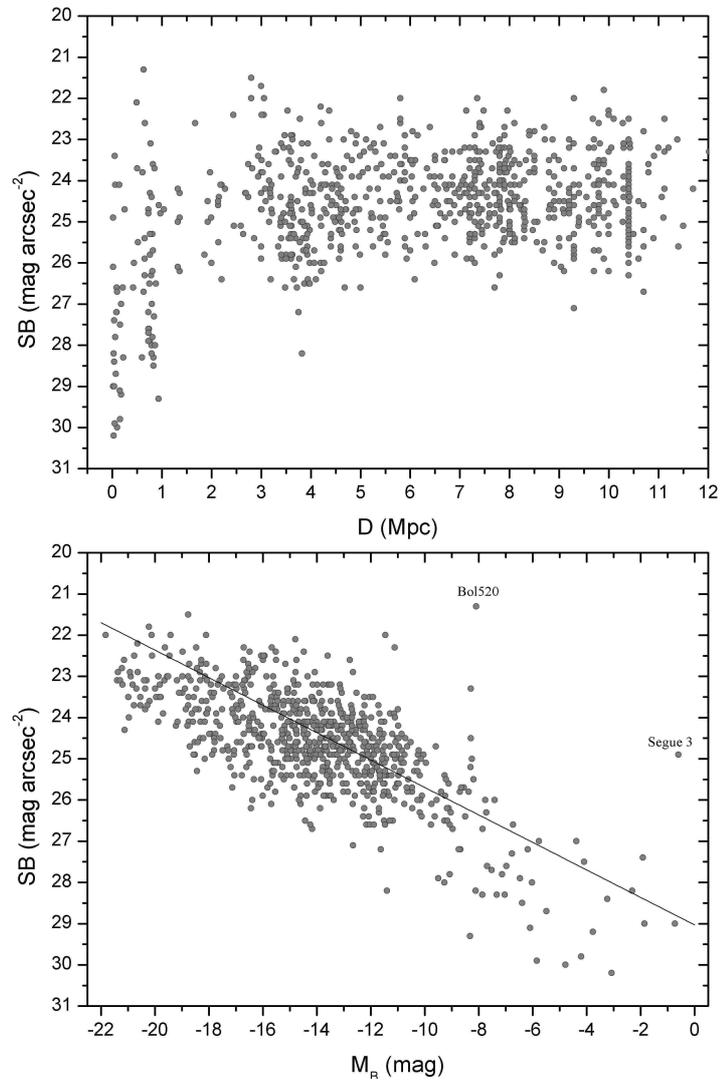


Рис. 3.4: Средняя поверхностная яркость галактик LV в зависимости от их абсолютной величины (нижняя панель) и расстояний (верхняя панель). Линия символизирует случай постоянной пространственной плотности светимости.

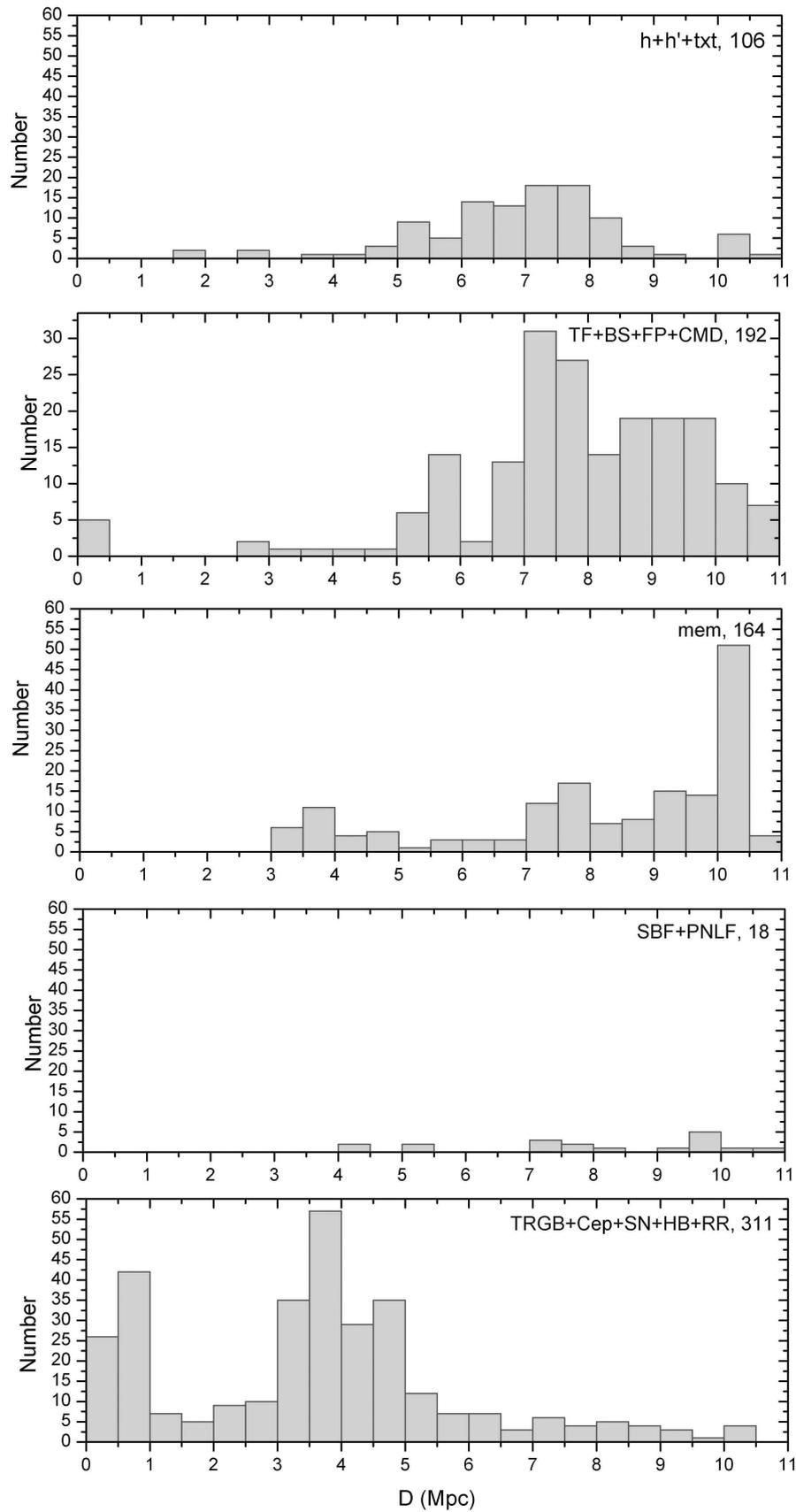


Рис. 3.5: Распределение 756 близких галактик по расстояниям, определенным различными методами.

цефеид и яркости сверхновых {rgb + ser + SN}.

Распределение галактик LV на небе показано на рисунке 3.6 в экваториальных (нижняя панель) и галактических (верхняя панель) координатах. Галактики с расстояниями  $D = (1-11)$  Мпк показаны кружками, чей размер отражает светимость галактики, а цвет — расстояние. На этом рисунке не показаны члены Местной Группы с расстояниями  $D < 1$  Мпк. Лохматая серая линия соответствует области сильного поглощения в нашей Галактике. Распределение галактик показывает их концентрацию в области хорошо известных близких групп вокруг M 81, Centaurus A, M 83, IC 342, NGC 253, M 101, NGC 6946, Leo I и других. Карта демонстрирует протяжённую область в Геркулесе-Орле, практически полностью лишённую галактик, так называемую Местную Пустоту (Войд) (Tully 1988). Этот войд тянется далеко за пределы LV.

Распределение галактик внутри сферы радиусом 11 Мпк показано на рисунке 3.7 в проекциях на декартовы сверхгалактические координаты SGX–SGY, SGZ–SGY. Размер кружков характеризует светимость галактик в то время, как цвет соответствует пекулярной скорости  $V_{\text{pec}} = (V_{\text{LG}} - 73D)$ . Кластеризация галактик в группы, также, как и в сверхгалактической плоскости, хорошо заметна. Эти панели показывают, что галактики с большими пекулярными скоростями располагаются вдали от сверхгалактической плоскости, и галактики с  $V_{\text{pec}} > +300 \text{ км с}^{-1}$  концентрируются в области  $\text{SGY} > 6$  Мпк, демонстрируя тенденцию падения в направлении скопления в Деве (координаты  $\text{SGY} = +16$  Мпк,  $\text{SGX} \simeq \text{SGY} \simeq 0$ ). Это показывает, что характер движений галактик в LV далёк от невозмущенного хаббловского потока.

### 3.4 Морфология и масштабные соотношения

Хорошо известно, что галактики как с доминирующим диском ( $T > 3$ ), так и с доминирующим балджем ( $T < 4$ ), формируют “фундаментальную плоскость” в пространстве параметров {светимость-размер-амплитуда внутренних движений}. Три проекции этого распределения в координатах  $\{M_B, A_{26}, V_{\text{max}}\}$  показаны на рисунке 3.8. Галактики поздних типов ( $T > 3$ ) отмечены тёмными точками, тогда как объекты раннего типа — светлыми кружками. Наиболее чёткая корреляция видна между линейным диаметром и абсолютной величиной галактик (верхняя

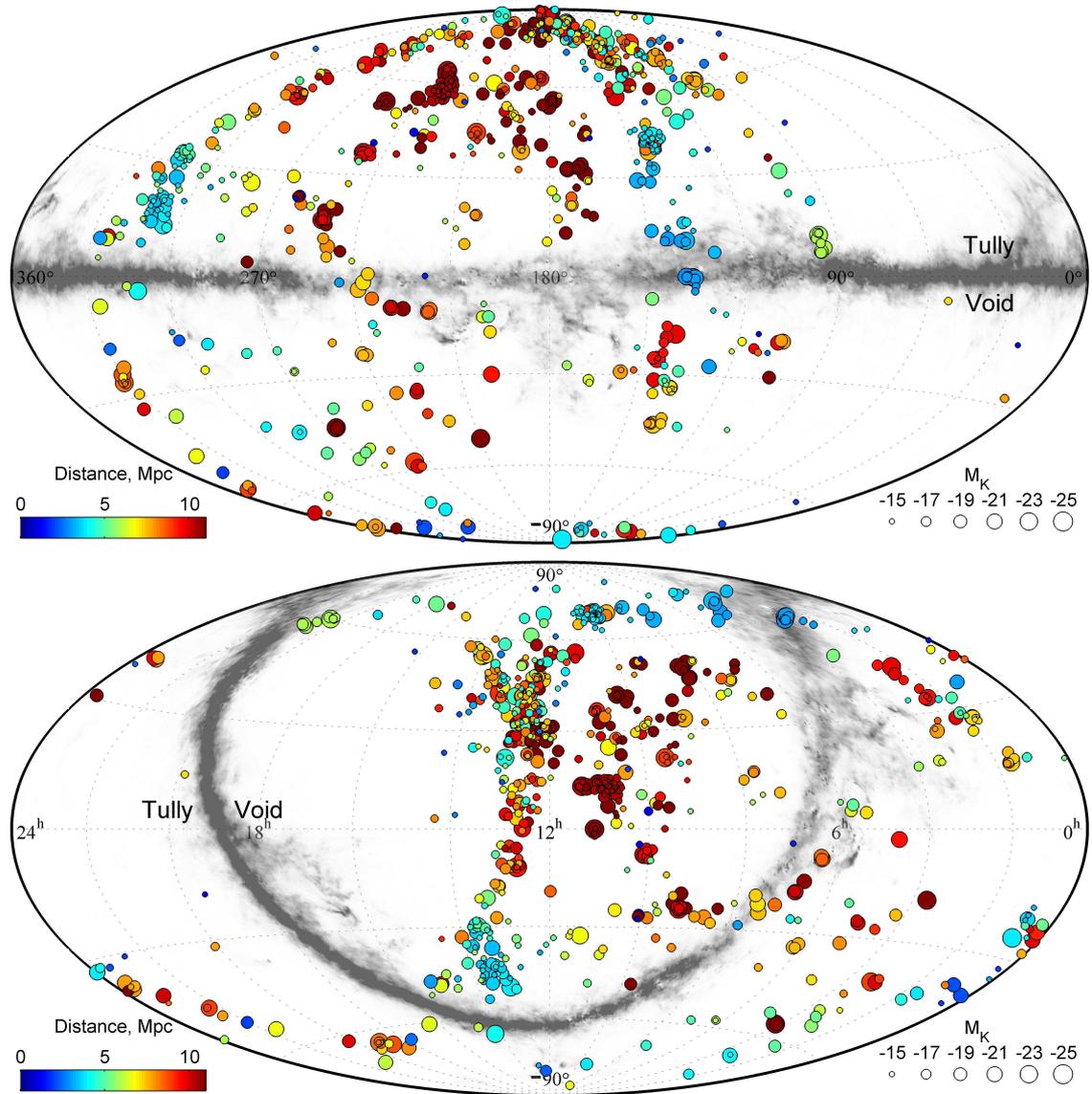


Рис. 3.6: Распределение близких галактик на небе в экваториальных (нижняя панель) и галактических (верхняя панель) координатах. Члены Местной Группы не показаны. Расстояние до галактики показано цветом кружка, в то время как размер пропорционален светимости. Зона избегания в Млечном Пути показана серой полосой.

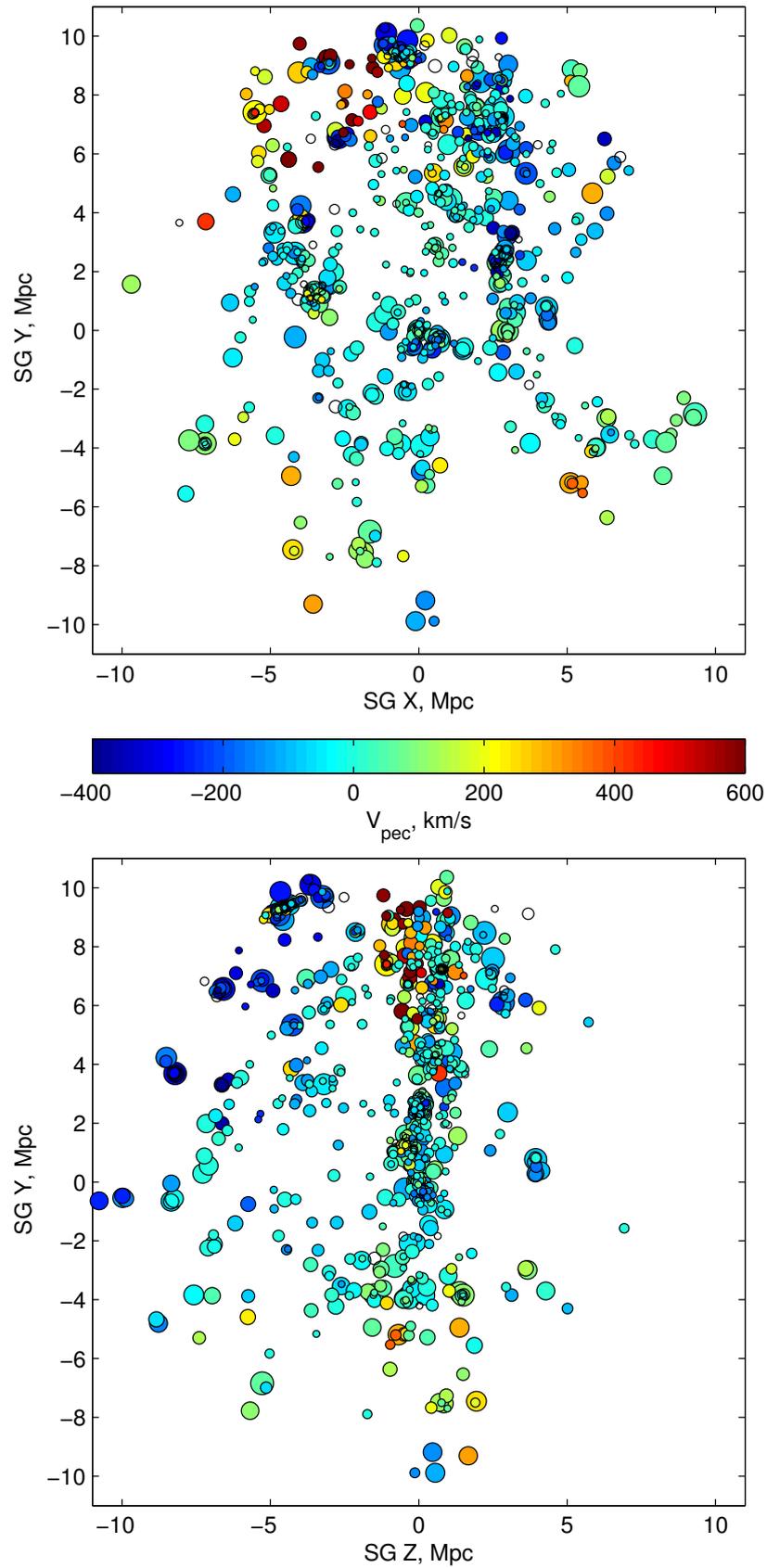


Рис. 3.7: Распределение галактик LV внутри 11 Мпк в декартовых сверхгалактических координатах. Светимость галактик пропорциональна размеру кружков, а цвет обозначает пекулярные скорости, согласно цветовой шкале.

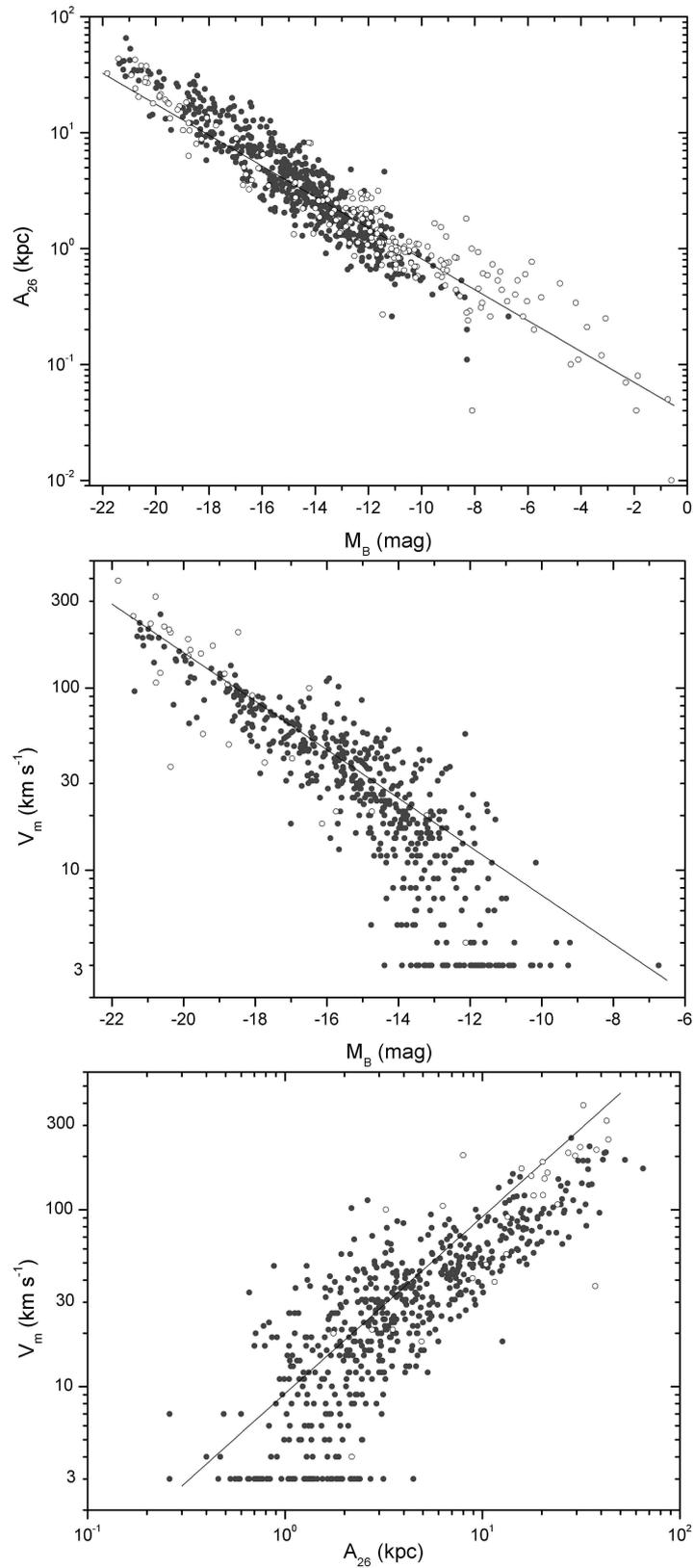


Рис. 3.8: Масштабное соотношение между абсолютной величиной, холмберговским диаметром и скоростью вращения галактик LV. Поздние типы ( $T > 3$ ) галактик показаны серыми точками, в то время как раннего типа — светлыми кружками.

панель). Прямая линия соответствует постоянной пространственной плотности внутри изофоты Холмберга,  $\log A_{26} \propto -(2/15)M_B$ . Галактики следуют ей только в первом приближении. Напомним, что диаметры слабых карликовых сфероидальных спутников Млечного Пути и Андромеды были оценены на уровне, который намного слабее, чем изофота Холмберга.

Соотношение между скоростью вращения галактики и её абсолютной величиной показано на средней панели. Прямая линия демонстрирует кубическое соотношение  $L_B \sim V_{\max}^3$ , которое также известно как голубое соотношение Талли-Фишера,  $M_B \sim -7.5 \log V_{\max}$ . Карликовые галактики в правом нижнем углу диаграммы систематически отклоняются от линии регрессии для нормальных галактик. В карликовых галактиках, имеющих скорость вращения меньше  $30 \text{ км с}^{-1}$ , турбулентные движения в газе с типичной величиной около  $10 \text{ км с}^{-1}$  играют существенную роль при определении массы галактик. Тщательный учёт этого эффекта может улучшить соотношение Талли-Фишера в широком диапазоне светимости.

Нижняя панель рисунка 3.8 показывает, что корреляция между размером галактик и амплитудой вращения следует ожидаемой линейной зависимости  $V_{\max} \propto A_{26}$  (прямая линия) только в первом приближении. Разброс данных на этой диаграмме больше, чем на предыдущих двух. Возможно, найдутся и другие наблюдательные параметры, скажем, радиус половины светимости и квадратичную сумму круговой и турбулентной скоростей, которые улучшат это соотношение.

Светимость, размер и амплитуда вращения различаются для галактик различных морфологических типов. Их распределения в зависимости от  $T$  показаны на трёх панелях рисунка 3.9. Для каждого глобального параметра,  $M_B$ ,  $A_{26}$  и  $V_{\max}$ , среднее значение примерно следует параболической зависимости от типа с максимумом  $T \simeq 4$ , т.е. Sbc. Разброс всех трёх зависимостей минимален вблизи максимума, что, вероятно, вызвано специфическими динамическими условиями, присущими этому типу галактик. Отметим, что количество галактик левее пика на зависимости  $V_{\max}$  от  $T$  значительно меньше, чем на двух других панелях. Низкое содержание газа в галактиках ранних типов обычно не позволяет получать аккуратные измерения круговых скоростей, что может приводить к значительным скрытым селекционным зависимостям при анализе диаграмм, аналогичным представленным на рисунке 3.8.

Необходимо отметить, что в морфологической классификации Хаббла тип ир-

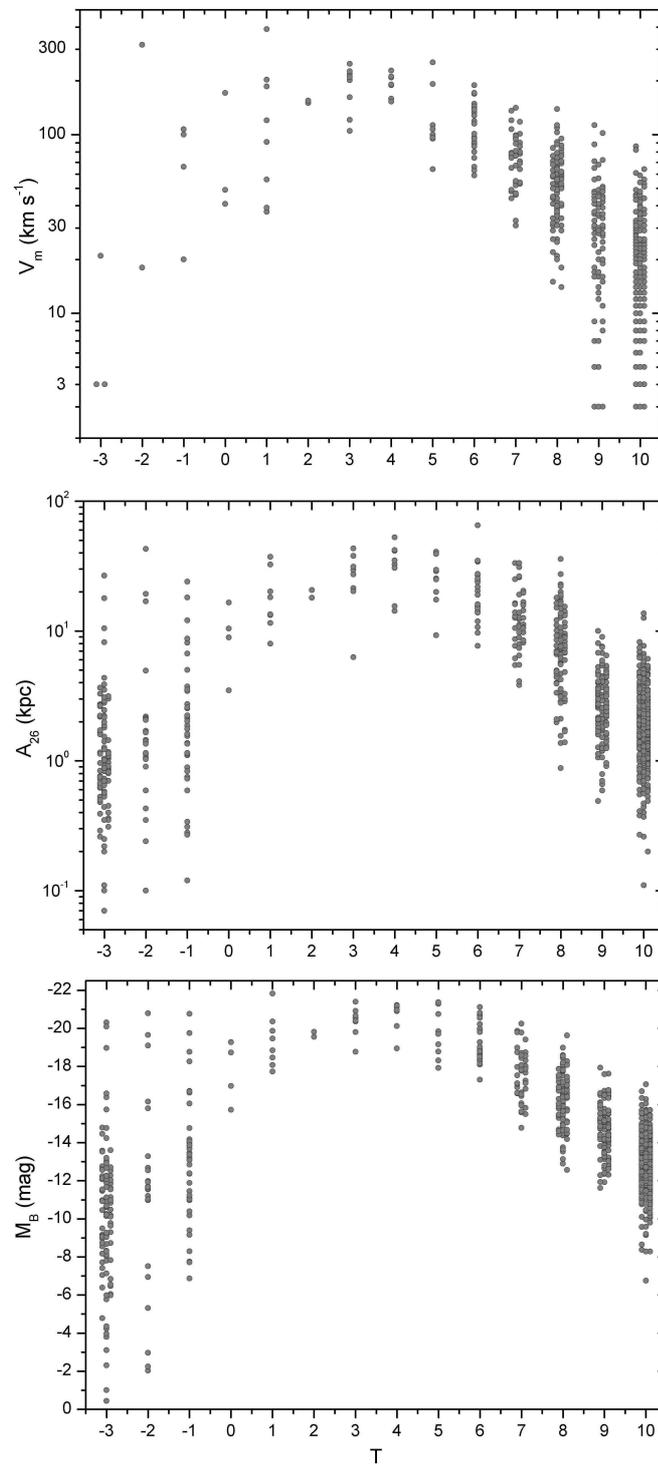


Рис. 3.9: Абсолютная величина, холмберговский диаметр и скорость вращения галактик LV как функция их морфологического типа.

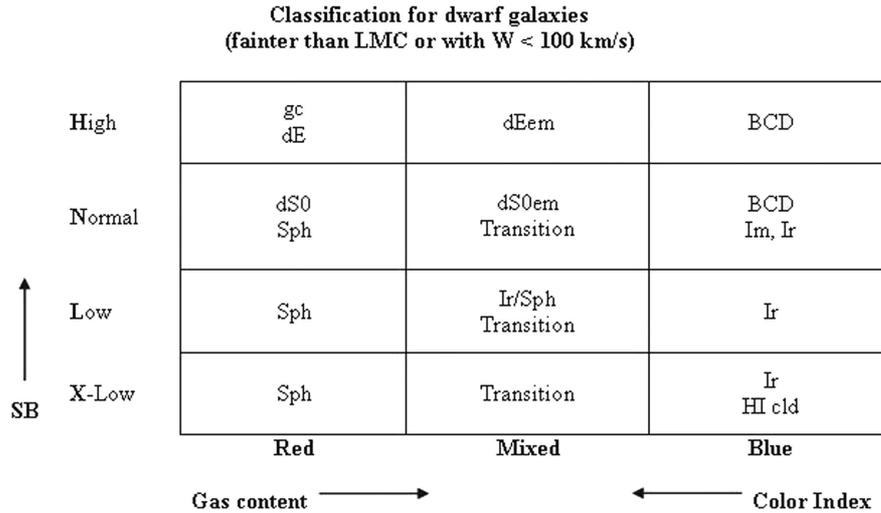


Рис. 3.10: Классификация карликовых галактик, основанная на цвете или содержании газа и поверхностной яркости. Верхний левый угол потенциально включает шаровые скопления, и противоположный правый нижний угол может содержать внегалактические HI-облака.

регулярных галактик был своего рода мусорной корзиной, куда выбрасывались “уродливые” объекты. Однако, примерно три четверти объектов в LV являются карликовыми галактиками, которые требуют более детальной классификации. К примеру, карликовые сфероидальные и нормальные эллиптические галактики обычно обозначаются одним и тем же численным кодом  $T < 0$ , хотя их физические свойства кардинально различны. Проблемы классификации также возникают для “переходного” (“transient”) типа карликовых галактик,  $Tr$ , которые объединяют особенности сфероидальных (Sph) и иррегулярных (Ir) систем. Даже из-за малых ошибок классификации такие объекты могут “скакать” с одного конца численной шкалы  $T$  на другой. Как видно из предыдущего рисунка, распределение карликовых галактик по  $M_B$ ,  $A_{26}$  и  $V_{max}$  образует толстую полосу, означая необходимость более совершенной классификации карликовых систем.

Для описания морфологии карликовых галактик с большей точностью мы ввели двухпараметрическую схему, которая принимает во внимание как поверхностную яркость карликовых систем: H — высокая, N — нормальная, L — низкая, X — экстремально низкая, так и цвет галактики (или наличие эмиссии): Ir, Im, BCD — голубые; Tr, dS0em, dEem — смешанные; и Sph, dE — красные. Эта схема показана на рисунке 3.10. В её нижнем правом углу могут находиться внегалактические

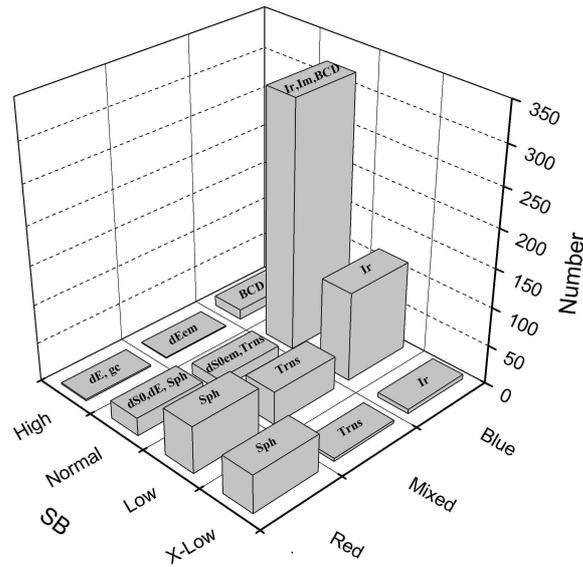


Рис. 3.11: Та же самая классификация карликовых галактик, как и на рисунке 3.10, но с указанием количества галактик, попадающих в каждую ячейку.

HI-облака, а шаровые скопления — в верхнем левом углу. Наша классификация не претендует на особое эволюционное значение, скорее она позволяет более точно отражать структуру галактик со светимостью ниже чем у БМО.

Двумерная классификация (рисунок 3.10), предложенная нами, основана на взаимосвязи цвета (или наличием эмиссии) и поверхностной яркости. На рисунке 3.11 показано распределение карликовых галактик на нашей схеме. Ячейки на схеме значительно различаются по степени заполнения, что, очевидно, обусловлено условиями формирования карликовых систем и их дальнейшей эволюции в различном окружении. Однако, 2D-форма этой диаграммы может быть подвержена значительным селекционным эффектам: галактики экстремально низкой поверхностной яркости и бедные газом, такие как Apples I, могут легко оставаться незамеченными как в оптических, так и в радио-обзорах. Из гистограммы 3.12 следует, что, хотя распределения карликовых галактик по визуальной градации поверхностной яркости и перекрывается, они показывают чёткую тенденцию зависимости медианы от поверхностной яркости: H: 23.0, N: 24.2, L: 25.2 и X: 27.6 mag arcsec<sup>-2</sup>. Наблюдаемая разница в средней поверхностной яркости карликовых галактик достигает более 10 величин, и эта разница, очевидно, вызвана особенностями звездообразования в галактиках.

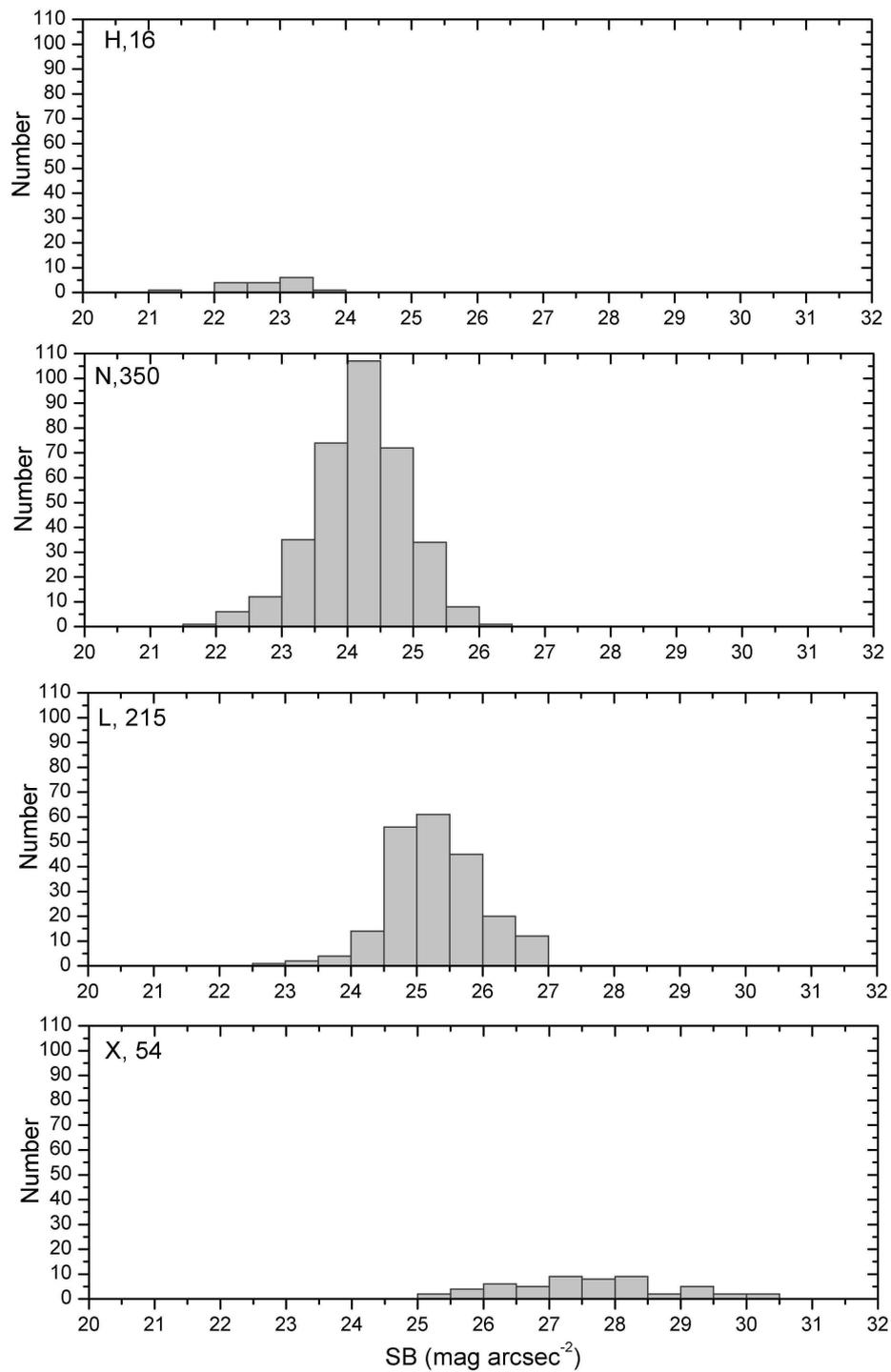


Рис. 3.12: Распределение 605 карликовых галактик LV согласно их средней поверхностной яркости. Галактики экстремально низкой (X), низкой (L), нормальной (N) и высокой (H) поверхностной яркости, показаны на соответствующих панелях.

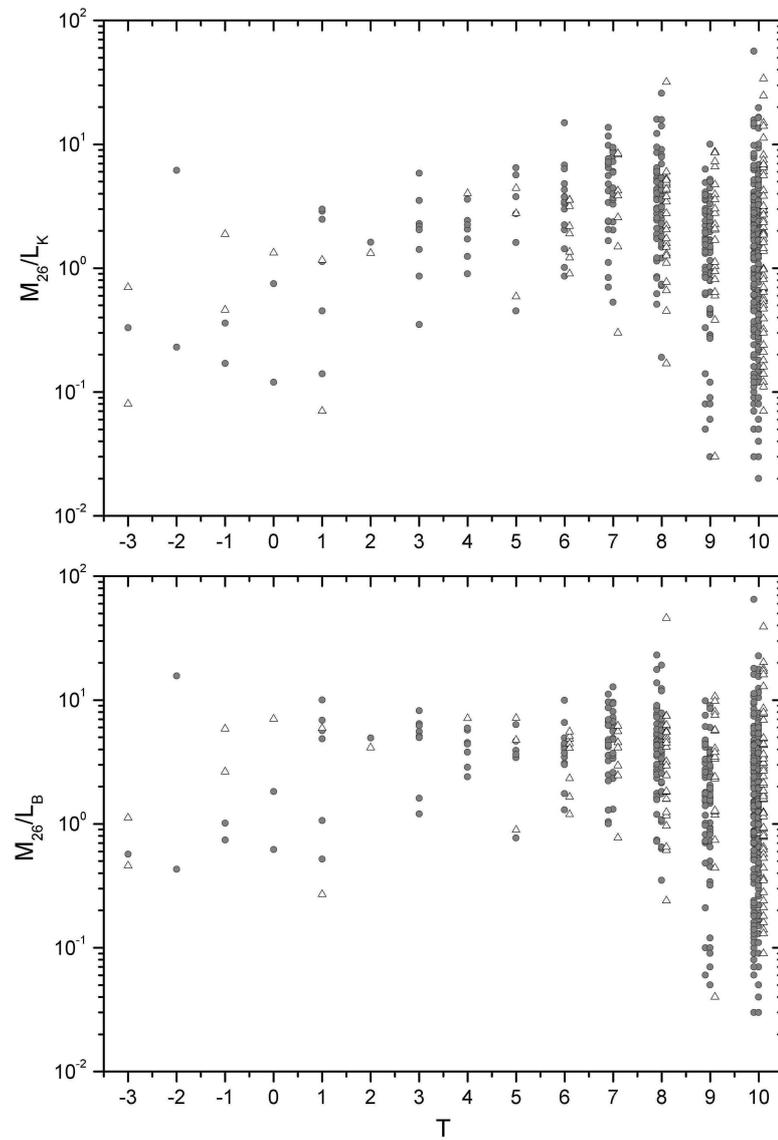


Рис. 3.13: Отношение индикативной массы к светимости в  $B$  и  $K_s$  фильтрах в зависимости от морфологического типа галактик в LV. Галактики повернуты к нам “лицом” (наклон  $i < 45^\circ$ ) и показаны светлыми треугольниками.

Важной динамической характеристикой галактик является отношение индикативной массы внутри холмберговской изофоты к полной светимости. На рисунке 3.13 представлено распределение отношения масса-светимость в  $B$  и  $K_s$  фильтрах для различных морфологических типов. Галактики с углом наклона к лучу зрения  $i < 45^\circ$ , для которых оценка  $\mathfrak{M}_{26.5}$  может содержать большую неопределённость, отмечены светлыми символами. Оба отношения растут от ранних типов к поздним, что наиболее заметно для отношения  $\mathfrak{M}_{26.5}/L_K$ . Однако, при переходе от спиральных галактик (Sd, Sm) к иррегулярным (BCD, Im, Ir), заметно существенное (около 4-х раз) падение среднего отношения  $\mathfrak{M}_{26.5}/L$ . Этот эффект может быть связан с различием в структуре и кинематике галактик в присутствии или отсутствии спиральной структуры, в частности, за счёт вклада турбулентных движений, игнорируемых в оценке массы  $\mathfrak{M}_{26.5}$ .

### 3.5 Основные HI свойства галактик

Свойства водорода различных выборок галактик, ограниченных потоком в линии HI, видимой величиной или угловым диаметром галактик неоднократно исследовались (Roberts and Haynes 1994; Zwaan et al. 2003; Martin et al. 2010). Эти выборки имеют сильное смещение в пользу дисковых галактик высокой светимости и не отражают HI-свойства галактик в объёме, где доминируют карликовые галактики. В настоящее время более 70% галактик LV детектированы в нейтральном водороде, и верхний предел HI-потоков известен ещё для  $\sim 14\%$  галактик. Гигантский прогресс был достигнут благодаря массовым HI-обзорам в Parkes (HIPASS) и Arecibo (ALFALFA), и в рамках специального обзора близких карликовых галактик, выполненных Huchtmeier на Effelsberg радиотелескопе. Однако, на высоких склонениях ( $\delta > +38^\circ$ ) все ещё есть значительное число близких галактик, не наблюдавшихся в HI. Планируемые “слепые” HI-обзоры северного неба (WNSHS) в Westerbork<sup>2</sup> очевидно, быстро заполняют этот пробел.

На рисунке 3.14 представлено отношение массы водорода к  $B$  и  $K_s$  светимости в зависимости от амплитуды скорости вращения галактик,  $V_{\max}$  (нижняя и средняя панели). Выборка близких галактик демонстрирует хорошо известный эффект, что среднее отношение  $\mathfrak{M}_{\text{HI}}/L_B$  возрастает от  $\sim 0.1 \mathfrak{M}_\odot/L_\odot$  до  $\sim 0.7 \mathfrak{M}_\odot/L_\odot$

<sup>2</sup><http://www.astron.nl/~jozsa/wnsbs>

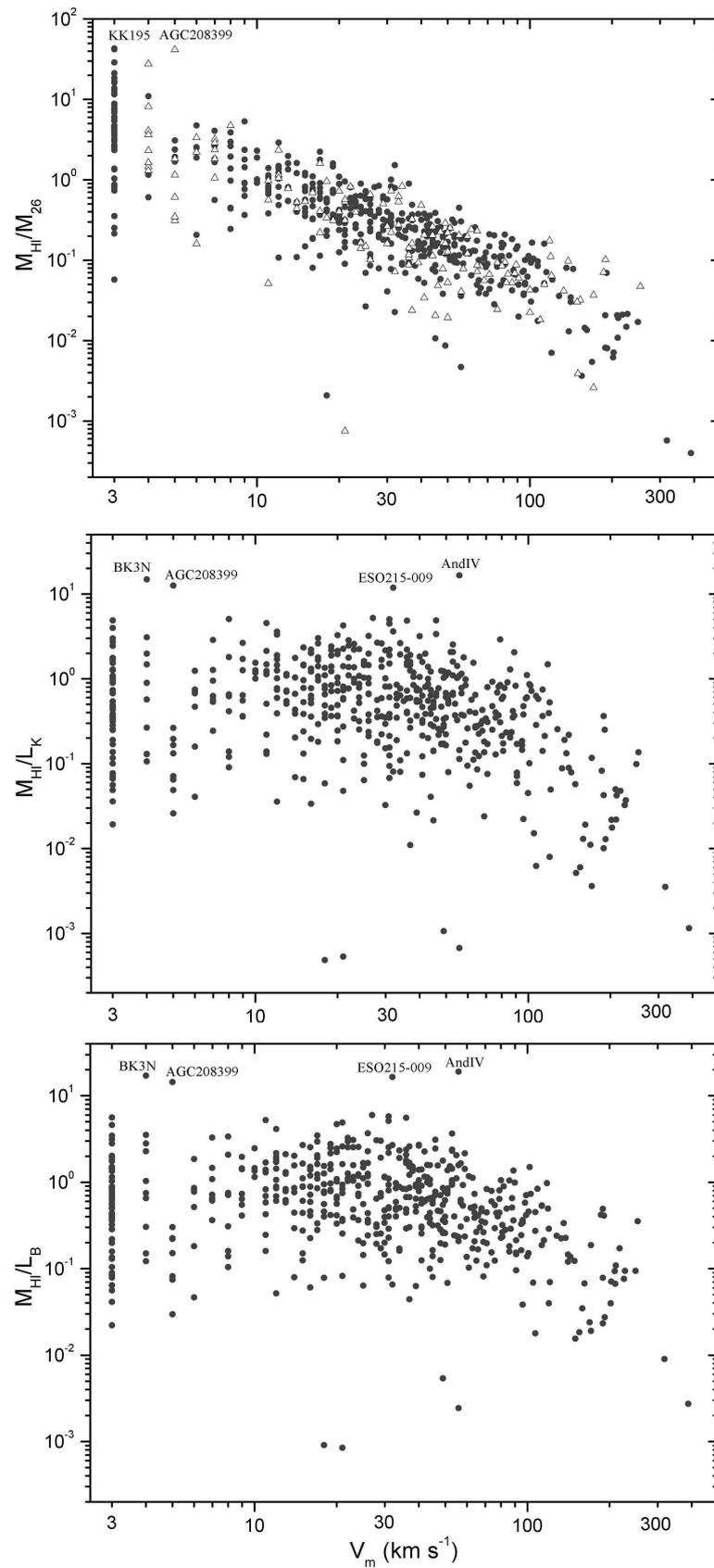


Рис. 3.14: Отношение массы водорода к светимости в  $B$  и  $K_s$  фильтрах (нижняя и средняя панели) в зависимости от скорости вращения галактик. На верхней панели представлено отношение массы водорода к индикативной массе. Галактики с малыми наклонами к лучу зрения показаны светлыми треугольниками.

при переходе от нормальных спиральных галактик к карликовым системам с  $V_{\max} < 50 \text{ км с}^{-1}$ . Эта особенность, как правило, приписывается более низкой скорости звездообразования в карликовых галактиках с турбулентными движениями, сравнимыми с круговой скоростью, где регулярное вращение и волны плотности ускоряют процесс звездообразования. Отметим, что самые маленькие карлики с  $V_{\max} < 6 \text{ км с}^{-1}$  показывают тенденцию к уменьшению отношения  $\mathfrak{M}_{\text{HI}}/L$ . Возможно, это связано с тем, что мелкая потенциальная яма карликовых систем не способна удерживать большие массы газа.

Светимость галактики в  $K_s$  полосе является хорошим индикатором её звёздной массы,  $\mathfrak{M}_{\text{star}}$ , так как она практически нечувствительна к внутреннему поглощению и присутствию молодого звёздного населения. Учитывая, что  $\mathfrak{M}_{\text{star}}/L_K \simeq 1 \mathfrak{M}_{\odot}/L_{\odot}$  (Bell et al. 2003), отношение  $\mathfrak{M}_{\text{HI}}/L_K$ , показанное на средней панели графика 3.14, фактически эквивалентно отношению масс газа и звёзд в галактиках. Для карликовых галактик с  $V_{\max} < 50 \text{ км с}^{-1}$ , среднее значение отношения  $\mathfrak{M}_{\text{HI}}/L_K$  составляет  $\sim 0.7 \mathfrak{M}_{\odot}/L_{\odot}$ . Принимая во внимание коррекцию за обилие гелия и молекулярного газа,  $\mathfrak{M}_{\text{gas}} = 1.85 \mathfrak{M}_{\text{HI}}$  (Fukugita and Peebles 2004), мы получаем среднее отношение массы газа к массе звёзд для карликовых галактик равным  $\mathfrak{M}_{\text{gas}}/\mathfrak{M}_{\text{star}} = 1.3$ . Следовательно, более половины массы барионов в карликовых галактиках, детектируемых в HI, остаётся переработанной в звёздную компоненту.

На верхней панели рисунка 3.14 показано поведение отношения массы водорода к динамической массе внутри радиуса Холмберга в зависимости от  $V_{\max}$ . Для нормальных галактик ( $V_{\max} > 100 \text{ км с}^{-1}$ ) медианное значение равно  $\mathfrak{M}_{\text{HI}}/\mathfrak{M}_{26.5} \sim 0.03$ , в то время как у карликовых галактик с  $V_{\max} < 20 \text{ км с}^{-1}$  оно возрастает до  $\mathfrak{M}_{\text{HI}}/\mathfrak{M}_{26.5} \sim 1$ , в некоторых случаях достигая значения  $\mathfrak{M}_{\text{HI}}/\mathfrak{M}_{26.5} > 10$ . Только малая доля этих экстремальных отношений возникает из-за ошибок определения угла наклона галактики  $i$  (случаи с  $i < 45^\circ$  отмечены светлыми треугольниками).

Как отмечали Roberts and Haynes (1994), важным глобальным параметром, характеризующим условия звездообразования в галактике, является средняя поверхностная плотность водорода,  $\mathfrak{M}_{\text{HI}}/A_{26}^2$ . Распределение галактик LV по этому параметру показано на рисунке 3.15 в зависимости от амплитуды скорости вращения,  $V_{\max}$ , и морфологического типа,  $T$ . В области  $T \geq 0$  средняя плотность  $\mathfrak{M}_{\text{HI}}/A_{26}^2$  слабо растёт к поздним типам, показывая наименьший разброс для га-

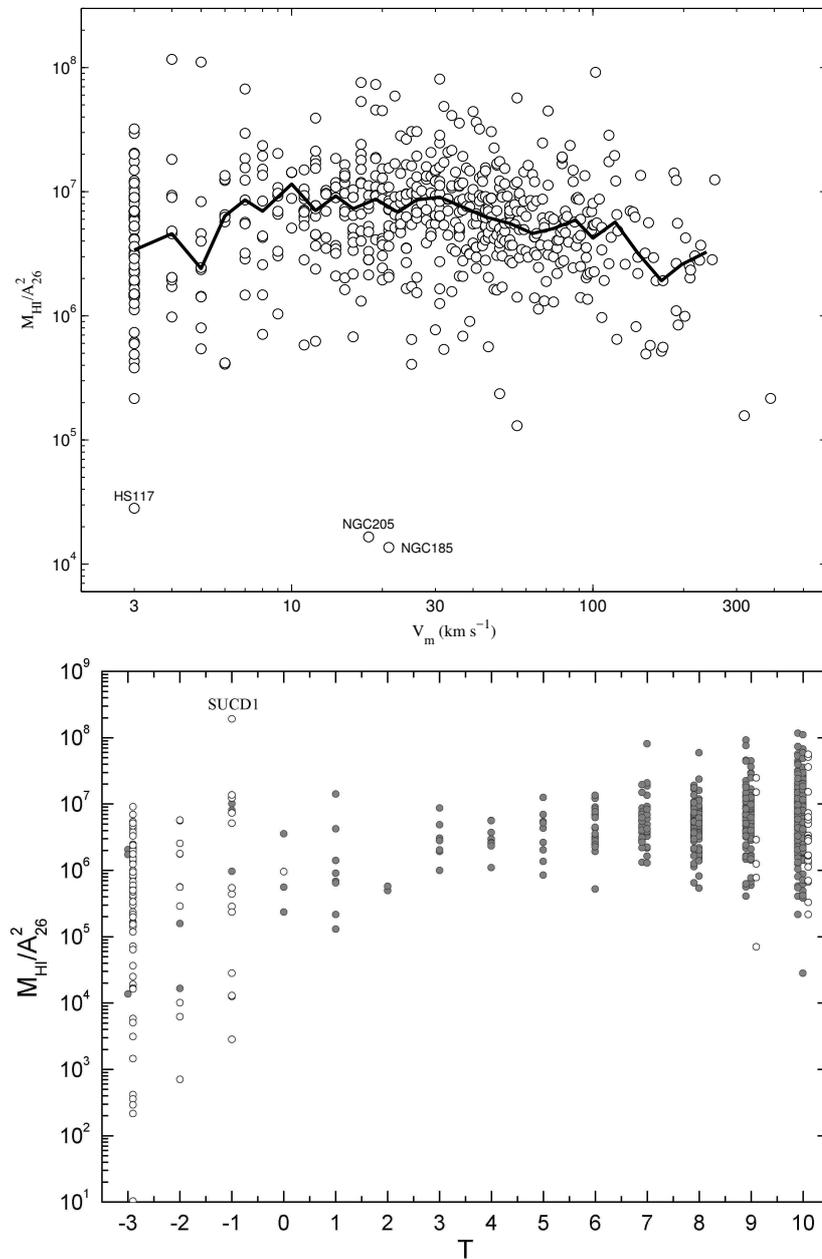


Рис. 3.15: Зависимость между средней поверхностной плотностью водорода и скоростью вращения галактик показана на верхней панели. Толстой линией показан ход бегущей медианы. Зависимость средней поверхностной плотности от морфологического типа представлена на нижней панели. Объекты с оценками верхнего предела на массу водорода показаны светлыми кружками.

лактик  $T = 4$  (Sbc). Большие вариации поверхностной плотности водорода на обоих концах морфологической шкалы легко объясняются особенностями их эволюции: истощение резервов газа в E, S0-галактиках, выметание газа из карликовых систем во время вспышек звездообразования и/или их прохода через гало массивных галактик. Для самых слабых карликов со скоростью вращения  $V_{\max} < 6 \text{ км с}^{-1}$  наблюдается заметное падение средней поверхностной плотности водорода.

### 3.6 Связь с окружением

Различные индикаторы могут быть использованы для количественного описания плотности окружения галактики. Karachentsev and Makarov (1999) предложили использовать “приливной индекс”, как меру воздействия соседей на данную галактику. Приливное ускорение, оказываемое телом “ $n$ ” массы  $\mathfrak{M}_n$  на расстоянии  $D_{in}$  на объект “ $i$ ” протяжённостью  $dl$  в приближении точечных масс, пропорционально  $a_n \sim \mathfrak{M}_n / D_{in}^3 dl$ . Тогда, приливной индекс галактики определяется как:

$$\Theta_i^1 = \max_n [\log(\mathfrak{M}_n / D_{in}^3)] + C. \quad (3.3)$$

Объект, оказывающий наибольшее приливное воздействие, в дальнейшем называется основным возмущителем “Main Disturber” (MD). Значение константы  $C = -10.96$  выбиралось из соображений, чтобы  $\Theta = 0$  на “сфере нулевой скорости” относительно основного возмущителя. Таким образом, галактики с  $\Theta > 0$  являются членами групп, а объекты с отрицательными значениями  $\Theta$  могут рассматриваться как изолированные галактики.

Для каждой галактики в LV мы оценивали приливной индекс  $\Theta^1$  по формуле (3.3) в предположении, что массы галактик пропорциональны их  $K_s$ -светимости. Приливной индекс  $\Theta^1$  или, что эквивалентно, контраст звёздной плотности, вызванный вкладом одного, наиболее важного соседа, MD, может существенно изменяться во времени из-за орбитальных движений галактик. Поэтому представляется разумным использовать и другие параметры для характеристики локального окружения. В качестве такого более надёжного индикатора мы рассматриваем индекс:

$$\Theta^5 = \log\left(\sum_{n=1}^5 \mathfrak{M}_n / D_{in}^3\right) + C, \quad (3.4)$$

который является суммой контрастов плотности, вызванных пятью наиболее значимыми соседями. Значение константы  $C$  берётся таким же, как и в уравнении (3.3).

Кроме того, мы использовали третий индикатор окружения — логарифм средней плотности  $K_s$ -светимости галактик внутри сферы радиусом 1 Мпк вокруг рассматриваемой галактики, за исключением её самой, выраженный в единицах глобальной средней плотности  $4.28 \times 10^8 L_\odot \text{ Мпк}^{-3}$  (Jones et al. 2006):

$$\Theta^j = \log \frac{j_K(1)}{j_{K,\text{global}}}, \quad (3.5)$$

где центральная галактика не включается в оценку средней плотности. Отметим, что некоторые галактики не имеют соседей внутри 1 Мпк и для них индекс  $\Theta^j$  был формально приравнен к  $-3.0$ .

Распределение галактик по отношению водородной массы к  $K_s$ -светимости в зависимости от приливных индексов  $\Theta^1$ ,  $\Theta^5$  и контраста плотности светимости  $\Theta^j$  подставлено на рисунке 3.16. Галактики, имеющие измерение только верхнего предела на HI-поток, показаны светлыми кружками. Эти данные иллюстрируют, что максимальное значение  $\mathfrak{M}_{\text{HI}}/L_K$  остаётся примерно постоянным как для галактик поля, так и для членов групп, вне зависимости от принятого индикатора плотности:  $\Theta^1$ ,  $\Theta^5$  или  $\Theta^j$ . В отличие от этого, существует резкое падение минимального значения  $\mathfrak{M}_{\text{HI}}/L_K$  с повышением плотности окружения. Очевидно, что наблюдаемое увеличение дефицита HI в сторону роста плотности связано с выметанием газа из галактик при их тесном взаимодействии. Этот процесс может уменьшать количество водорода в галактике на 2–4 порядка, тем самым влияя на темп звездообразования.

Для оценки темпа звездообразования (SFR) в галактике мы используем соотношение из работы Kennicutt (1998):

$$\text{SFR}[\mathfrak{M}_\odot \text{ yr}^{-1}] = 0.945 \times 10^9 F_c(\text{H}\alpha) D^2 \quad (3.6)$$

где  $D$  — расстояние в Мпк и  $F_c(\text{H}\alpha)$  — полный поток в линии  $\text{H}\alpha$  [ $\text{erg cm}^2 \text{ s}^{-1}$ ], скорректированный за Галактическое и внутреннее поглощение по формуле

$$A_{\text{H}\alpha} = 0.538(A_B^G + A_B^i). \quad (3.7)$$

Удельный темп звездообразования (sSFR) на единицу светимости в  $K_s$ -полосе в зависимости от индикаторов окружения показан на рисунке 3.17. Вид этих диа-

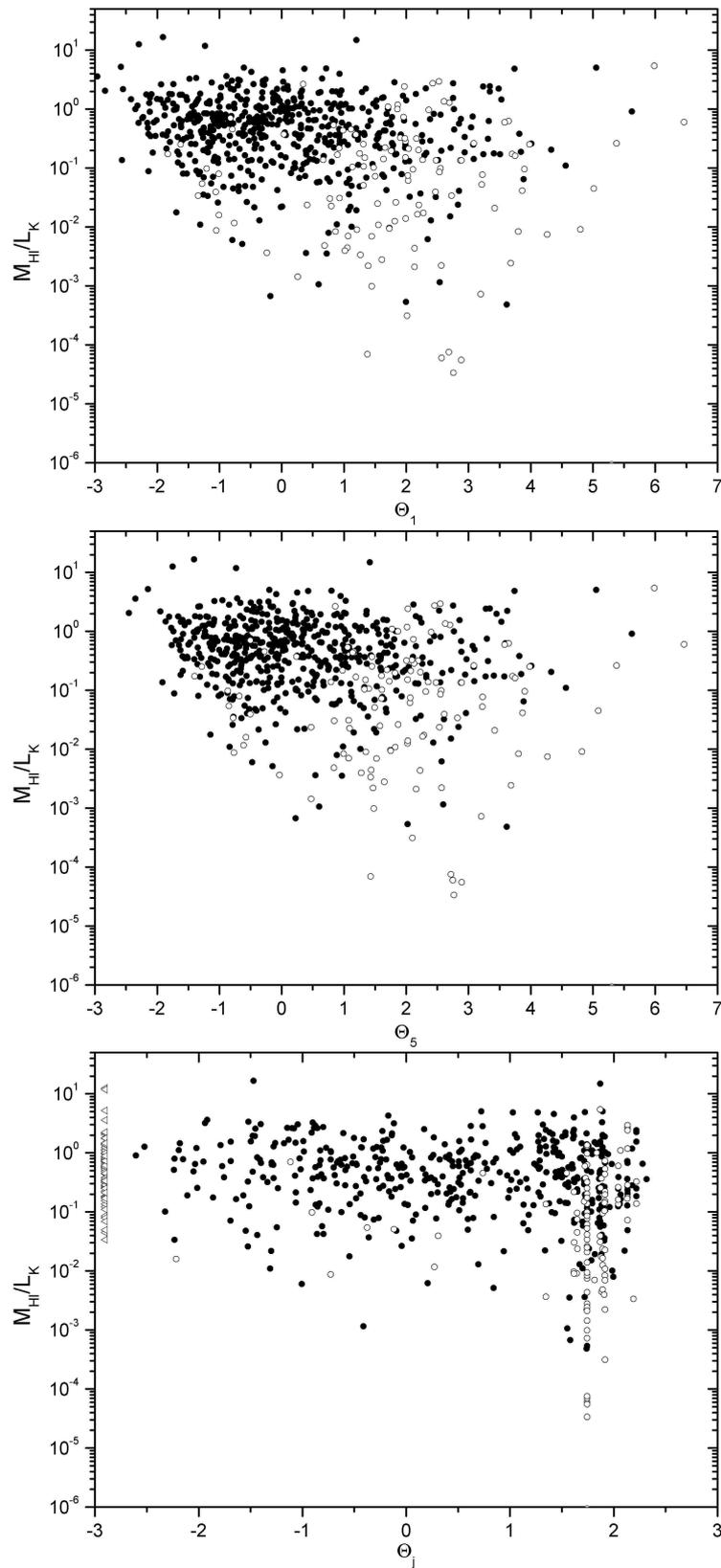


Рис. 3.16: Зависимость отношения массы водорода к светимости в  $K_s$ -фильтре от различных индикаторов плотности окружения. Галактики с положительным приливным индексом обычно соответствуют членам групп. Светлыми кружками отмечены галактики, имеющие только верхний предел на измерение потока HI.

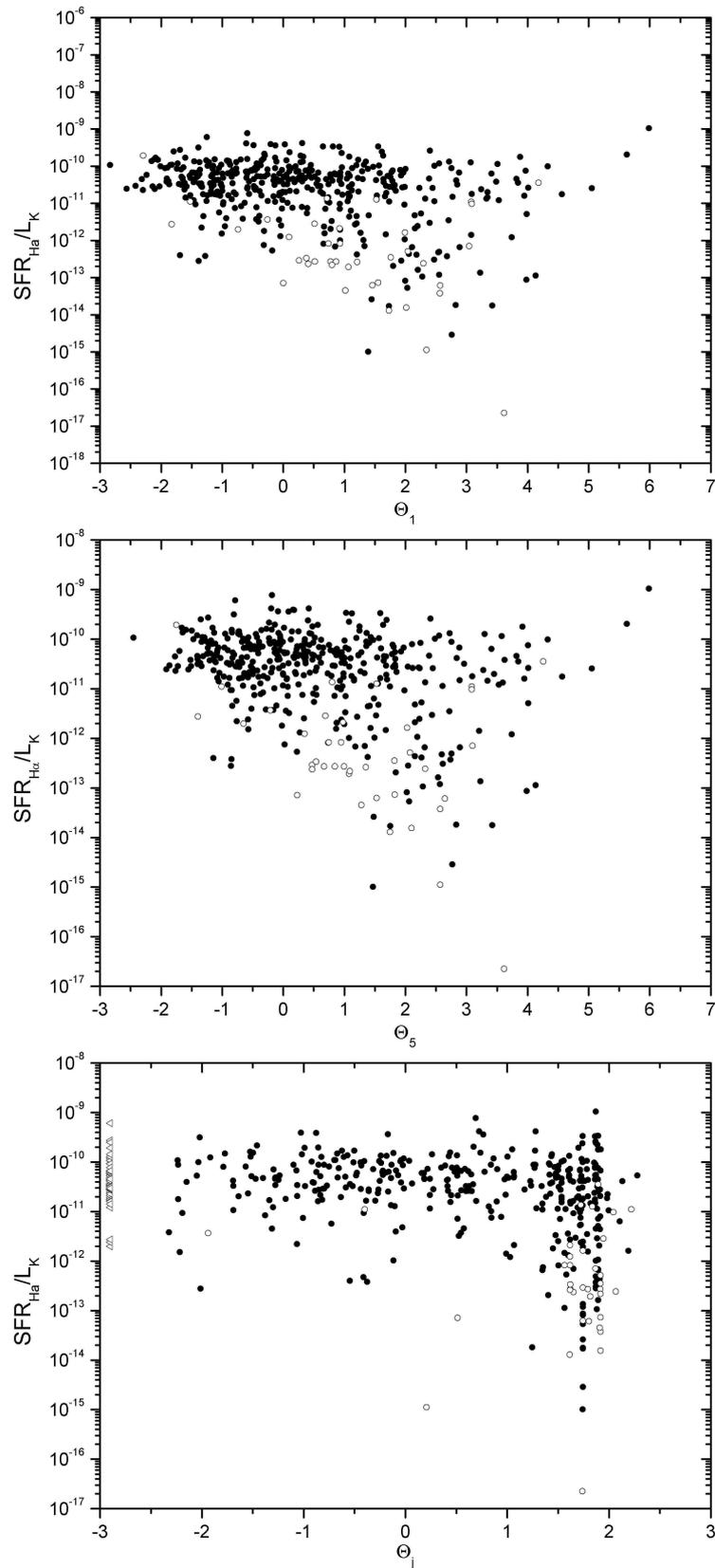


Рис. 3.17: Удельный темп звездообразования 493 галактик LV, оцененный по их H $\alpha$ -поток, в зависимости от различных модификаций приливного индекса. Галактики с верхним пределом на поток в H $\alpha$  показаны светлыми кружками.

грамм напоминает соответствующие зависимости для  $\mathfrak{M}_{\text{HI}}/L_K$  на рисунке 3.16. Увеличение дисперсии на обеих зависимостях,  $\mathfrak{M}_{\text{HI}}/L_K$  и  $\text{SFR}/L_K$ , от изолированных галактик к членам групп иллюстрирует хорошо известный факт, что окружение галактик существенно влияет на процесс преобразования газа в звезды.

$\text{H}\alpha$  потоки измерены примерно для 500 галактик LV. Оценка SFR через поток в линии  $\text{H}\alpha$  соответствует возрасту звёздного населения  $\sim 10 \text{ Myr}$ , характерному для самых массивных звёзд. Другая оценка SFR может быть получена через наблюдения в далёком УФ ( $m_{\text{FUV}}$ -величины представлены в таблице A.1). Следуя Lee et al. (2011) мы используем соотношение

$$\log(\text{SFR}[\mathfrak{M}_{\odot} \text{ yr}^{-1}]) = 2.78 - 0.4m_{\text{FUV}}^c + 2 \log D, \quad (3.8)$$

где  $D$  — расстояние в Мпк, и видимая FUV-величина скорректирована за поглощение

$$m_{\text{FUV}}^c = m_{\text{FUV}} - 1.93(A_B^G + A_B^i). \quad (3.9)$$

SFR, определяемый уравнениями (3.8) и (3.9), соответствуют характерному времени  $\sim 100 \text{ Myr}$ . Однако, эта оценка гораздо сильнее подвержена влиянию ошибок, связанных с учётом внутреннего поглощения в галактиках. В общих чертах зависимость sSFR для 715 галактик (рисунок 3.18) воспроизводит предыдущее распределение. Аналогично предыдущему графику галактики, имеющие только верхние пределы на измерение FUV-потока, показаны светлыми кружками.

В литературе иногда встречается обсуждение того, что эволюция галактик низкой и нормальной поверхностной яркости значительно отличается. Как следует из рисунка 3.19, sSFR, оцененный по светимости галактик в  $\text{H}\alpha$  и FUV, практически не зависит от средней поверхностной яркости галактик на шкале примерно пяти величин. Падение SFR становится заметным только для галактик экстремально низкой поверхностной яркости. Относительное содержание водорода  $\mathfrak{M}_{\text{HI}}/L_B$  растёт в сторону слабой поверхностной яркости, но для  $\text{SB} > 27$  наблюдательная статистика становится очень бедной. Очевидно, что эти эмпирические зависимости требуют теоретической интерпретации.

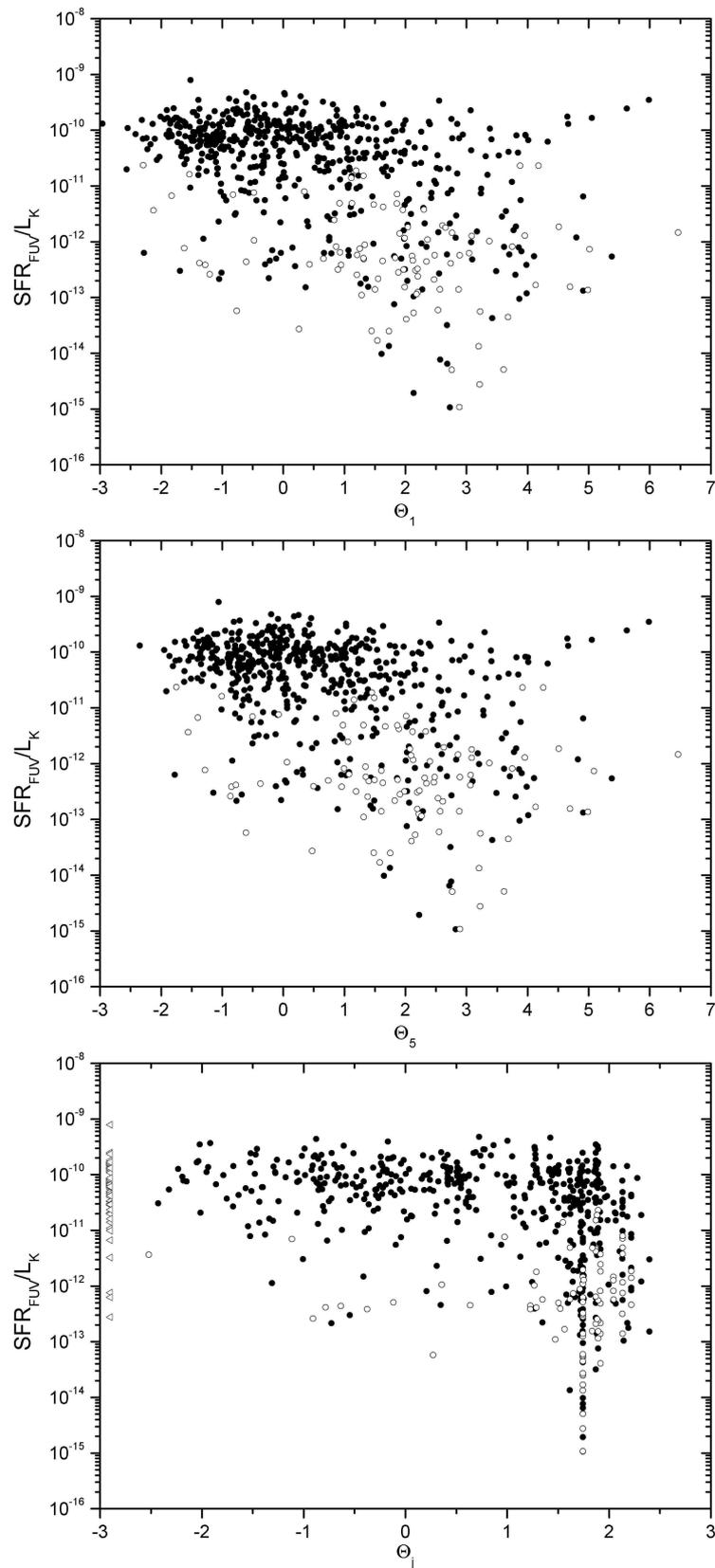


Рис. 3.18: Удельный темп звездообразования для 692 galaxies LV, оцененный по их FUV-потокам, показан в зависимости от трёх индексов, характеризующих окружение. Светлые кружки указывают галактики с оценкой только верхних пределов на FUV-поток.

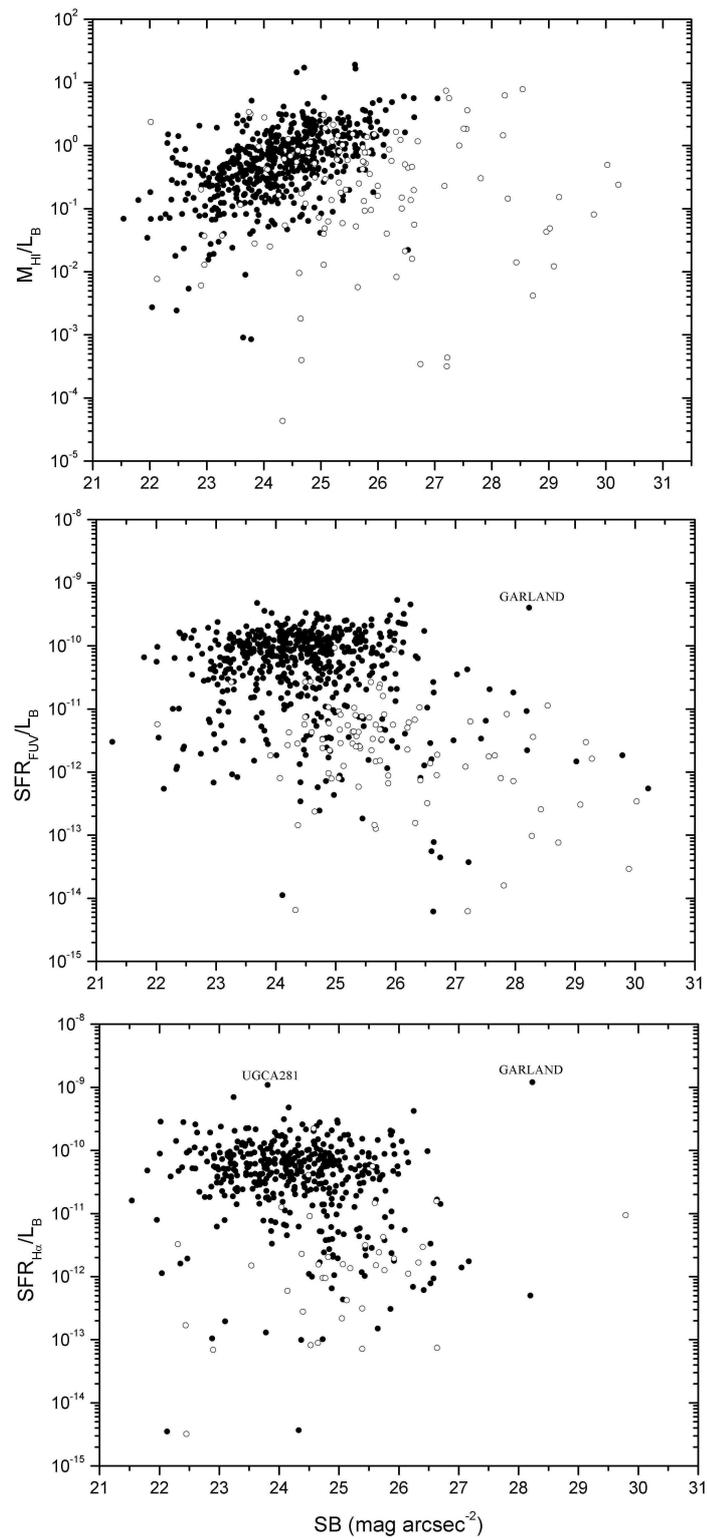


Рис. 3.19: Удельный темп звездообразования и отношение массы водорода к  $B$ -светимости в зависимости от поверхностной яркости галактик. Как и раньше, светлые кружки обозначают галактики только с оценками верхних пределов соответствующих потоков.

### 3.7 Сравнение локальных и глобальных параметров

Согласно SDSS вариации светимости вещества во Вселенной при усреднении в кубическом объёме размером 30 Мпк составляют  $\sim 30\%$  и уменьшаются до  $\sim 10\%$  для куба размером 95 Мпк (Párai and Szapudi 2010). Местный Объём диаметром  $\sim 20$  Мпк содержит многочисленные группы галактик различного состава и морфологии, а также войды, почти полностью лишённые галактик. Поэтому важно иметь количественное представление о том, насколько параметры LV отличаются от глобальных.

Верхняя панель рисунка 3.20 показывает поведение средней плотности светимости в  $B$  (треугольники) и  $K_s$  (кружки) фильтрах внутри сфер различного радиуса. Внутри объёма радиусом  $D = 10$  Мпк средняя плотность  $B$ -светимости равна  $3.0 \times 10^8 L_{\odot} \text{ Мпк}^{-3}$ , что в 2.2 раза выше глобального значения  $(1.3 \pm 0.1) \times 10^8 L_{\odot} \text{ Мпк}^{-3}$ , согласно Blanton et al. (2003); Liske et al. (2003). Для средней плотности светимости локальное значение равно  $j_K(D < 10) = 5.9 \times 10^8 L_{\odot} \text{ Мпк}^{-3}$  и превышает глобальное значение в 1.4 раза,  $4.28 \times 10^8 L_{\odot} \text{ Мпк}^{-3}$  (Jones et al. 2006). Следовательно, несмотря на наличие Местного Войда, LV является областью повышенной плотности средней амплитуды.

Аналогичная зависимость между средней плотностью водорода и радиусом сферы, внутри которой она определялась, показана на средней панели 3.20. Локальная плотность  $0.54 \times 10^8 \mathfrak{M}_{\odot} \text{ Мпк}^{-3}$  внутри  $D = 10$  Мпк близка к глобальному значению  $(0.59 \pm 0.05) \times 10^8 \mathfrak{M}_{\odot} \text{ Мпк}^{-3}$ , согласно данным HIPASS (Zwaan et al. 2003) и ALFALFA (Martin et al. 2010). На верхней панели рисунка 3.20 показан ход средней плотности темпа звездообразования внутри сфер данного радиуса  $D$ . Величина  $j_{\text{SFR}}$ , полученная по данным  $\text{H}\alpha$ , показана кружками, а оценки темпа звездообразования, сделанные по излучению в FUV, изображены треугольниками. Оценки независимых измерений  $j_{\text{SFR}}$  могут рассматриваться как весьма надёжные, учитывая неопределённости, связанные с поправкой за поглощение в далёком УФ. Среднее значение внутри 10 Мпк составляет  $j_{\text{SFR}} = (0.014 \pm 0.003) \mathfrak{M}_{\odot} \text{ yr}^{-1} \text{ Мпк}^{-3}$ . С учётом неполноты нашего  $\text{H}\alpha$ -обзора на периферии LV и УФ-обзора в области сильного Галактического поглощения, это значение согласуется с глобальной величиной средней плотности темпа звездообразования  $(0.018 \pm 0.003) \mathfrak{M}_{\odot} \text{ yr}^{-1} \text{ Мпк}^{-3}$

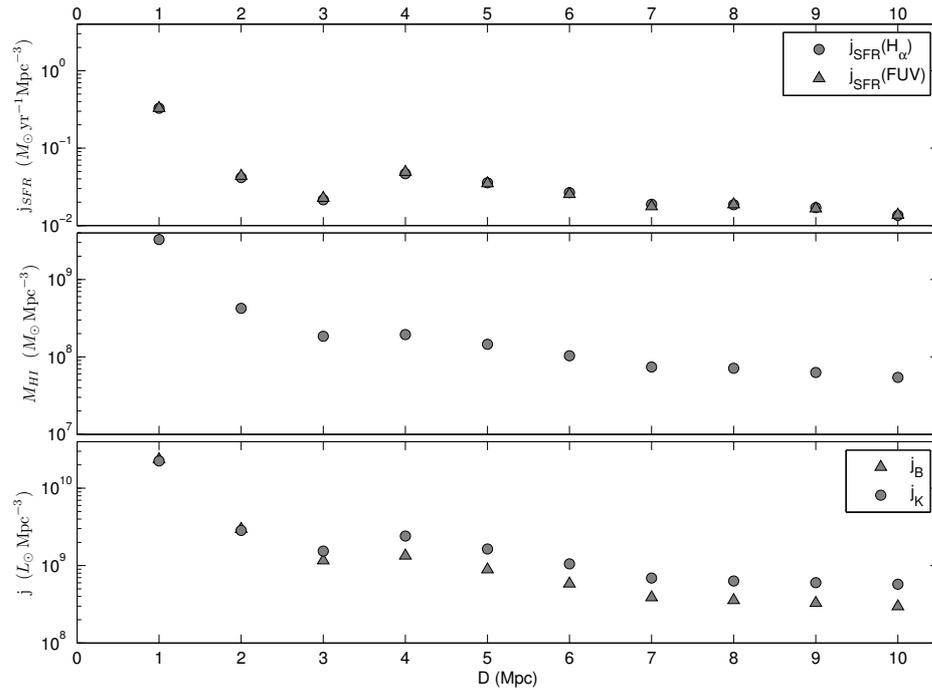


Рис. 3.20: Средняя плотность светимости в  $B$  и  $K_s$  полосах внутри сферы радиусом  $D$  вокруг нашей Галактики (нижняя панель). Аналогичные графики для плотности водорода и плотности SFR, по данным  $\text{H}\alpha$  и FUV наблюдений, показаны на средней и верхней панелях, соответственно.

согласно Salim et al. (2007) и James et al. (2008).

Следовательно, выборка галактик Местного Объёма достаточно хорошо воспроизводит локальную Вселенную по многим характеристикам. Следует подчеркнуть, однако, что только 40% галактик этой выборки имеют оценку расстояния точнее 10–15%. Кропотливая наблюдательная задача измерения расстояний до нескольких сотен галактик внутри 10 Мпк является актуальной проблемой космологии близкой Вселенной.

### 3.8 Функция светимости

В течении многих лет выборка галактик Местного Объёма постепенно улучшалась и увеличивалась. Karachentsev et al. (2004, раздел 4) обсуждает полноту более ранней выборки и заключает, что внутри 8 Мпк она полна на уровне 70–80%. Это подразумевает, что примерно 100 галактик были пропущены в каталоге. Tikhonov and Klypin (2009) изучали полноту Местного Объёма используя два подхода. Они

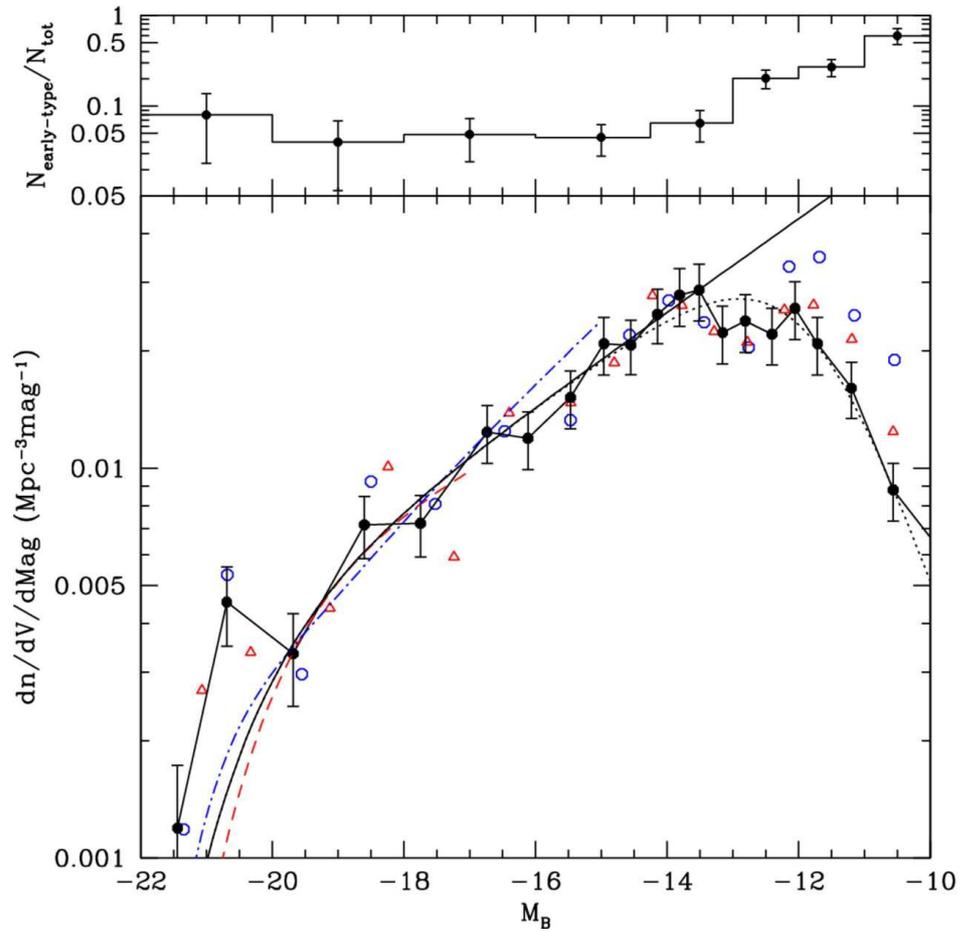


Рис. 3.21: Снизу показана функция светимости галактик Местного Объёма. Чёрные кружки соответствуют выборке внутри 10 Мпк. Усы ошибок обозначают пуассонов шум. LF для выборок 6 и 8 Мпк показаны кружками и треугольниками. Также для сравнения штрих-пунктирной линией нанесена LF из обзора SDSS (Blanton et al. 2005) и штрихами показана LF из обзора 2dFGRS (Norberg et al. 2002a). Из рисунка следует, что LF Местного Объёма полна для  $M_B < -14$  mag. Гладкой кривой показана аппроксимация Шехтера с наклоном  $\alpha = 1.30$  и  $M_* = -20.0 + 5 \log(h)$ . На больших величинах наблюдаемая LF загибается вниз, указывая на неполноту выборок. Пунктирной линией показана подгонка LF для выборки 10 Мпк в диапазоне  $M_B = -(12-14)$  mag. На верхнем графике изображена доля галактик ранних типов в выборке 10 Мпк. Она практически постоянна  $\sim 10\%$  для галактик ярче  $M_B = -13$  mag и круто возрастает для меньших галактик благодаря dSph спутникам вокруг ярких галактик.

исследовали обновлённую выборку (содержащую почти на 100 галактик больше) внутри 8 Мпк для галактик  $M_B < -12$  mag. В качестве индикатора полноты использовалось отношение количества карликовых галактик к ярким. В первом случае, проверялось количество ярких,  $M_B < -15$ , и карликовых,  $M_B = -(12-14.5)$ , систем внутри концентрических слоёв толщиной 1 Мпк. В случае неполноты выборки ожидается падение доли карликовых галактик с расстоянием. Отношение количества карликовых и гигантских галактик не показывает никаких признаков падения и подтверждает полноту выборки. Во втором тесте количество галактик в зоне избегания сравнивалось с подсчётами в направлении галактических полюсов. Для тех же самых двух подвыборок,  $M_B < -15$  и  $M_B = -(12-14.5)$ , Tikhonov and Klypin (2009) насчитали 28 ярких галактик и 18 карликов вблизи галактической плоскости,  $|b| < 15^\circ$ . В направлении галактических полюсов,  $|b| > 75^\circ$ , находится 28 гигантов и 16 карликов. Это даёт отношение карликовых к гигантским галактикам равным 0.64 в направлении полюсов и 0.57 в плоскости Галактики. И снова результаты совместимы с предположением о полноте выборки на тот момент времени. Текущая версия полна примерно до расстояния  $D < 10$  Мпк. Это фактически удваивает объём выборки по сравнению с тем, что использовалось в работе Tikhonov and Klypin (2009).

На рисунке 3.21 показана функция светимости (LF) галактик в каталоге Karachentsev et al. (2013) для различных подвыборок. Результаты для выборок внутри 6 и 8 Мпк были нормализованы так, чтобы иметь ту же самую плотность галактик ярче  $M_B = -14$ , как в выборке 10 Мпк. Существует небольшая вариация между различными подвыборками, но для галактик ярче  $M_B = -14$  они согласуются с простым дробовым шумом. Для более слабых галактик есть ясные указания на неполноту данных: меньшие объёмы имеют больше карликовых галактик с  $M_B = -(10-12)$  mag.

Для сравнения, на рисунке 3.21 также показаны LF из обзоров 2dFGRS (Norberg et al. 2002a) и SDSS (Blanton et al. 2005). Звёздные величины из разных обзоров были переведены в единую шкалу. Для 2dFGRS обзора  $b_J$  величины были преобразованы в  $B$ , при помощи соотношения  $b_j = B - 0.28(B - V)$  (Norberg et al. 2002a), приняв  $(B - V) = 0.5$ . 2dFGRS-функция светимости была получена только для относительно ярких галактик  $M_B < -17.2$  mag. Функция светимости в обзоре SDSS была продолжена до существенно меньших галактик с  $M_B \approx -15$  mag, так как этот

обзор был основан на выборке сравнительно близких галактик  $10\text{--}150 h^{-1}$  Мпк. Мы использовали аппроксимацию двумя функциями Шехтера Blanton et al. (2005, из таблицы 3) в  $g$ -фильтре, которые мы перевели в  $B$  величины, используя соотношение  $g = B - 0.235 - 0.34[B - V - 0.58]$  (Blanton and Roweis 2007) положив  $(B - V) = 0.5$ . Сплошная кривая на рисунке 3.21 показывает функцию Шехтера, описывающую распределение галактик Местного Объёма с  $M_B < -14$  mag:

$$\Phi(L)dL = \phi_* \left(\frac{L}{L_*}\right)^\alpha \exp\left(-\frac{L}{L_*}\right) \frac{dL}{L_*}, \quad (3.10)$$

где  $\phi_* = 1.25 \times 10^{-2} h^3 \text{Мпк}^{-3}$ ,  $\alpha = 1.3$  и  $M_{*,B} = -20.0 + 5 \log(h)$ . Сравнение функций светимости SDSS, 2dFGRS и близких галактик указывает, что выборка галактик Местного Объёма является “типичной” среди рассмотренных объёмов. Единственное систематическое отличие проявляется в избытке наиболее ярких галактик с  $M_B \approx -21$  в Местном Объёме. Во всем остальном это нормальная выборка.

Мы оценили неполноту данных для галактик с  $M_B > -14$  через отклонение наблюдаемой функции светимости от аппроксимации Шехтера, описывающей распределение ярких галактик (пунктирная кривая на рисунке 3.21). Отношение  $f_{\text{select}} = N_{\text{obs}}/N_{\text{Sch}}$  двух величин даёт поведение селекционной функции галактик в Местном Объёме. Эта величина может быть аппроксимирована как:

$$f_{\text{select}}^{-1}(M_B) = 1 + 10^{0.6(M_B - M_0)}, \quad M_0 = -11.9. \quad (3.11)$$

Согласно этой аппроксимации, 90% полнота наблюдается на  $M_B = -13.5$ , которая, в среднем, соответствует  $V_{\text{los}} \approx 20 \text{ км с}^{-1}$ . Выборка недосчитывается половины галактик при  $M_B = -12$  и  $V_{\text{los}} \approx 13 \text{ км с}^{-1}$ . Руководствуясь этим, можно оценить селекционную функцию для круговой скорости  $V_{\text{los}}$ :

$$f_{\text{select}}^{-1}(V_{\text{los}}) = 1 + \left[ \frac{V_{\text{los}}}{13 \text{ км с}^{-1}} \right]^{-4.5}. \quad (3.12)$$

Коррекция за неполноту каталога состоит в умножении наблюдаемого количества галактик с данной  $V_{\text{los}}$  на  $f_{\text{select}}^{-1}(V_{\text{los}})$ , приведённой в уравнении (3.12). Эта коррекция существенна только для самых маленьких галактик. К примеру, она составляет 5% для галактик с  $V_{\text{los}} = 25 \text{ км с}^{-1}$ , и совершенно незначительна для больших галактик.

Можно задаться вопросом, может ли поверхностная яркость галактик быть ответственной за расхождение между наблюдениями и  $\Lambda$ CDM-моделью. Полнота

данных по поверхностной яркости обсуждалась в разделе §3.2 (Karachentsev et al. 2013). На нижней панели рисунка 3.4 показана средняя поверхностная яркость галактик внутри радиуса Холмберга в UNGC-каталоге. Существует большой разброс галактик по поверхностной яркости для данной абсолютной величины,  $B_{\text{tot}}$ . Несмотря на это, существует чёткий тренд: более яркие галактики в среднем имеют более высокую поверхностную яркость. Есть указания, что выборка становится менее полной ниже  $SB \approx 26 \text{ mag arcsec}^{-2}$ , но непонятно, является ли этот эффект самостоятельным ограничением выборки, или просто проявлением неполноты данных ниже  $B_{\text{tot}} \approx -12$ .

### 3.9 Насколько типичен Местный Объём?

Местный Объём содержит почти тысячу галактик и, таким образом, можно ожидать, что в какой-то степени это репрезентативная выборка галактик внутри сферы радиусом  $\sim 10$  Мпк, выбранная так, чтобы не оказаться в войде или в скоплении галактик. Действительно, функция светимости в фильтре  $B$ , представленная на рисунке 3.21, соответствует эти ожиданиям: функция светимости в Местном Объёме близка к функции светимости галактик в обзоре SDSS в области перекрывающихся величин. Как это возможно при относительно небольшом размере Местного Объёма?

Нужно иметь в виду, что Местный Объём не является случайно выбранной сферой радиусом 10 Мпк, центрированной на галактику типа Млечного Пути. Если бы это было так, то средняя плотность была бы в  $\sim 2-3$  раза выше наблюдаемой (к примеру, Hogg et al. 2005; Zehavi et al. 2011), что связано с большой амплитудой корреляционной функции на шкале нескольких Мпк. Он также должен был бы иметь очень большой уровень флуктуаций: время от времени он будет попадать либо в скопления галактик, либо в почти пустые войды. Однако, одно из свойств Местного Объёма делает его более репрезентативной выборкой усреднённой Вселенной, и делает плотность внутри сферы радиусом 10 Мпк близкой к средней плотности во Вселенной. Фактически Местный Объём не имеет больших групп или скоплений внутри своих границ.

Мы можем измерить величину флуктуаций и проверить эффекты различных условий выбора, изучая свойства аналогов Местного Объёма в численных рас-

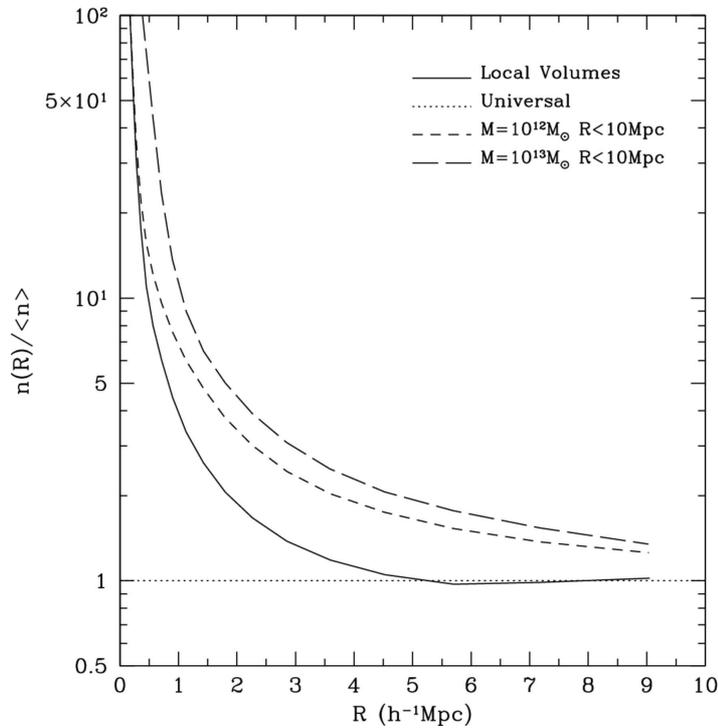


Рис. 3.22: Плотность количества гало и субгало на расстоянии  $R$  от центра аналогов Местного Объёма в  $\Lambda$ CDM космологических расчётах (сплошная кривая). Аналоги центрировались на гало с вириальной массой  $(1-2) \times 10^{12} h^{-1} M_{\odot}$  и должны были иметь от 6 до 12 гало с  $V_{\text{circ}} > 170 \text{ км с}^{-1}$  внутри сферы радиусом  $7 h^{-1}$  Мпк. Штрихом и длинным штрихом показаны профили плотности количества гало для сфер, центрированных на гало массой  $10^{12} h^{-1} M_{\odot}$  и  $10^{13} h^{-1} M_{\odot}$  без каких либо ограничений на его окружение. Пик плотности на малых,  $< 1 h^{-1}$  Мпк, радиусах отражает большое значение корреляционной функции на малых расстояниях. На больших радиусах аналоги Местного Объёма имеют плотность количества гало, близкое к среднему значению, в то время как выборки без ограничений оказываются в среднем существенно более плотными.

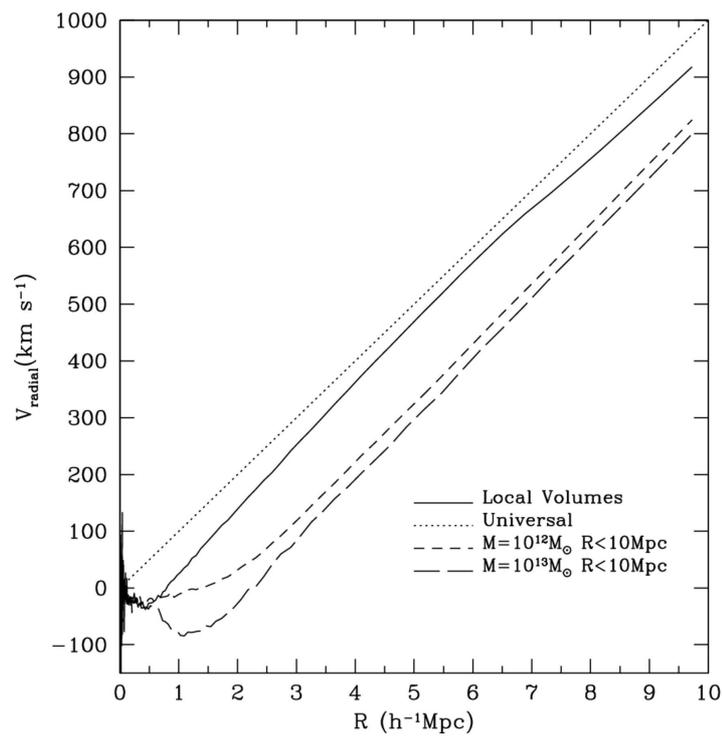


Рис. 3.23: Средняя лучевая скорость гало на расстоянии  $R$  от центров аналогов Местного Объёма (сплошная кривая). Также показаны зависимости скорости от расстояния выборок без ограничений центрированных на гало массами  $10^{12} h^{-1} \mathcal{M}_{\odot}$  (короткие штрихи) и  $10^{13} h^{-1} \mathcal{M}_{\odot}$  (длинные штрихи). Пунктирная линия соответствует невозмущенной хаббловской скорости.

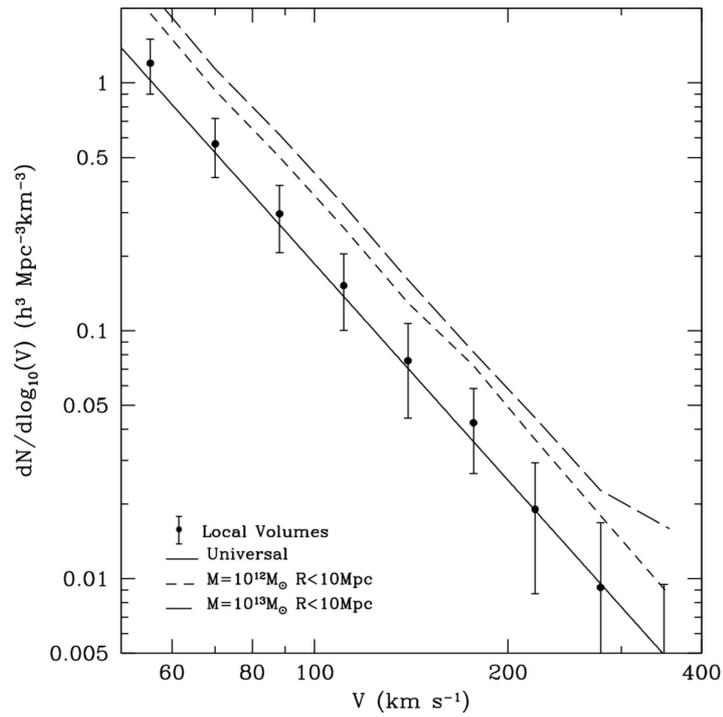


Рис. 3.24: Функция круговой скорости гало и субгало различных выборок из BolshoiP космологических расчётов. Сплошная кривая показывает функцию скоростей для всех гало в расчётах. Кружками с усами ошибок показано среднее и стандартное отклонение функции для аналогов Местного Объёма. Выборки без ограничения показаны коротким и длинным штрихом. В среднем, аналоги Местного Объёма показывают небольшое систематическое отклонение от функции круговой скорости, построенной по всем гало. Стандартное отклонение больше, чем пуассоново, но все равно достаточно мало.

чётах в  $\Lambda$ CDM-модели. Для этого мы использовали симуляцию BolshoiP. В качестве центра кандидата в местный Объём мы выбирали гало в диапазоне масс  $(1-2) \times 10^{12} h^{-1} \mathcal{M}_{\odot}$ . Далее мы отбирали только те кандидаты, которые внутри радиуса  $7 h^{-1}$  Мпк имели численность больших гало и субгало  $N_{\text{large}} = (6-12)$  с максимумом круговой скорости большей  $V_{\text{max}} > 170 \text{ км с}^{-1}$ . Это количество больших гало сравнимо с количеством гигантских галактик, наблюдающихся в Местной Объёме (смотри, к примеру, рисунок 3.26). Мы использовали гало и субгало с максимальной круговой скоростью больше  $V_{\text{max}} > 50 \text{ км с}^{-1}$  без какой либо коррекции за барионы.

Усреднённый профиль плотности количества и усреднённая зависимость лучевой скорости от расстояния гало у кандидатов в Местный Объём показаны на рисунках 3.22 и 3.23. Отклонения от хаббловского потока относительно малы для аналогов Местного Объёма. Как можно было ожидать, есть существенное превышение плотности и, следовательно, большие отклонения от хаббловского потока на шкале меньше  $\sim 2 h^{-1}$  Мпк. Более плотные в среднем выборки без ограничений на окружение, приводят к замедлению скорости расширения этих областей, наблюдаемой как большие отклонения от хаббловского потока даже на больших  $\sim 5-10 h^{-1}$  Мпк расстояниях. Это просто отражает факт того, что выборка центрируется на большое гало, и гало сильно скоррелированы на малых масштабах. Тем не менее, кандидаты в Местный Объём имеют значительно меньшие отклонения на больших масштабах, что является отражением селекционного критерия: так же, как реальный Местный Объём, эти кандидаты не могут иметь большие группы или скопления внутри их границ.

На рисунке 3.24 показана функция скорости гало для кандидатов в Местный Объём внутри сферы радиусом  $7 h^{-1}$  Мпк вместе с двумя аналогичными функциями для выборок без ограничений. В среднем, кандидаты в Местный Объём показывают небольшие систематические отклонения от функции скоростей для полной симуляции. Флуктуации больше пуассоновых оценок, но тем не менее по-прежнему достаточно малы.

## 3.10 Обилие галактик в поле

### Введение

Функция скорости, которая определяется как обилие галактик с данной круговой скоростью, является одной из фундаментальных статистических свойств галактик. Она родственна значительно более известной и исследованной статистике: функции светимости — обилию галактик с данной светимостью. Функция светимости более легка в измерении и, действительно, существует большое количество оценок LF (к примеру, Norberg et al. 2002b; Bell et al. 2003; Blanton et al. 2005; Montero-Dorta and Prada 2009). С теоретической точки зрения есть существенная разница между функциями светимости и скоростей. Теоретическое предсказание светимости оказывается гораздо более сложной задачей. Светимость и звёздная масса являются результатом сложной истории образования звёзд в галактике. Они зависят от истории аккреции и слияний, и от множества других процессов, работающих в ходе эволюции галактики: звёздный ветер, взрывы сверхновых, галактические фонтаны и многие другие. Это делает светимость и звёздную массу очень ценными инструментами для изучения эволюции Вселенной, но это же делает их очень сложными для предсказания.

Тестирование теоретических предсказаний обилия галактик можно проводить с использованием полуаналитических моделей (the Semi-Analytical Models =SAMs) (к примеру, White and Frenk 1991; Somerville and Primack 1999; Benson et al. 2003; Somerville et al. 2012). К сожалению, SAMs использует много предположений и параметров, которые делают теоретические предсказания до некоторой степени неуверенными. Основной источник неопределённости возникает из-за отсутствия детального понимания того, как галактики формируются и эволюционируют во Вселенной. Другими популярными подходами связи гало тёмной материи с галактиками являются методы соответствия обилия гало (the halo abundance matching =HAM) (Kravtsov et al. 2004; Conroy et al. 2006; Trujillo-Gomez et al. 2011) и распределение занятости гало (the halo occupation distribution =HOD) (Berlind and Weinberg 2002; Kravtsov et al. 2004; Zentner et al. 2005). Эти методы часто используются для предсказания кластеризации галактик на различных красных смещениях. Однако, они предполагают конкретный вид функции светимости или функции звёздных масс, и поэтому не могут быть использованы для проверки теоретиче-

ского предсказания обилия галактик.

Так как круговая скорость измеряет массу во внутренней области гало тёмной материи (около  $\sim 20$  кпк для гало массы Млечного Пути), где располагается наблюдаемая галактика, и так как круговая скорость не зависит от сложной истории звездообразования, функция скорости может быть предсказана с гораздо большей точностью, чем функция светимости. Это делает функцию круговой скорости отличным инструментом для проверки теории (Cole and Kaiser 1989; Shimasaku 1993; Gonzalez et al. 2000; Zavala et al. 2009; Trujillo-Gomez et al. 2011).

Количество спутников в Местной Группе является примером мощности функции скоростей для проверки космологических предсказаний (Klypin et al. 1999; Moore et al. 1999). Сравнение предсказанного обилия субгало с данной круговой скоростью в космологических  $N$ -body расчётах с наблюдаемым количеством спутников чётко указало на огромное несоответствие между теорией и наблюдениями. Объяснения этого разногласия включают различные эффекты: нагрев во время эпохи реионизации (Barkana and Loeb 1999; Bullock et al. 2001; Shapiro et al. 2004) и обратное влияние звёзд (stellar feedback) (Dekel and Silk 1986; Mac Low and Ferrara 1999; Kravtsov 2010).

Для решения проблемы также использовались модификации космологической модели. Подавление спектра флуктуаций на малых шкалах в моделях с “тёплой” тёмной материей приводит к существенному уменьшению количества малых гало. По этой причине WDM моделей часто используются для объяснения переизбытка субгало (Colín et al. 2000; Kamionkowski and Liddle 2000; Bode et al. 2001; Kennedy et al. 2014; Polisensky and Ricotti 2014), Schneider et al. (однако, смотри 2014); Schultz et al. (однако, смотри 2014).

Функция круговой скорости затрагивает те же самые ключевые вопросы, что и обилие спутников в Местной Группе (к примеру, предсказание слишком большого количества карликовых гало в  $\Lambda$ CDM-модели). Однако, во многих аспектах это совсем другая статистика. Функция круговой скорости измеряет обилие всех галактик, а не только спутников. Это может показаться нелогичным, но для некоторой круговой скорости, большинство объектов являются “главными”: галактики или гало в расчётах, которые не принадлежат более крупной галактике или гало (Klypin et al. 2011; Nuza et al. 2013; Guo and White 2014). Другое отличие связано с вкладом галактик различных морфологических типов. Большинство членов Мест-

ной Группы являются карликовыми сфероидальными галактиками, в то время как большинство объектов в Местном Объёме составляют карликовые иррегулярные галактики со звездообразованием.

Функцию круговой скорости сравнительно легко предсказать теоретически (Klypin et al. 2011; Trujillo-Gomez et al. 2011), но значительно сложнее получить в наблюдениях. К настоящему моменту существует несколько попыток её наблюдательной оценки с использованием данных SDSS (Gonzalez et al. 2000; Sheth et al. 2003; Choi et al. 2007; Chae 2010) и слепых H I-обзоров HIPASS (Zwaan et al. 2010) и ALFALFA (Papastergis et al. 2011). Несмотря на прогресс в измерениях, остаются расхождения между разными экспериментами. К примеру, данные SDSS (Choi et al. 2007; Chae 2010) и HIPASS (Zwaan et al. 2010) указывают, что функция скорости остаётся постоянной для скоростей  $V \lesssim 100 \text{ км с}^{-1}$ , в то время как Papastergis et al. (2011) обнаружил возрастание количества галактик даже для самых малых наблюдаемых скоростей  $dN/d \log(V) \propto V^\alpha$  с наклоном  $\alpha \approx -0.85$ . В обзорах HIPASS и ALFALFA наблюдается только излучение водорода, означающее, что они не видят галактик ранних типов.

Несмотря на то, что предсказание круговой скорости легче, чем звёздной массы или светимости, тем не менее, для её аккуратной оценки требуются дополнительные усилия и аккуратный учёт различных эффектов. Во-первых, необходимо проведение больших космологических расчётов N-тел с высоким разрешением по массам и силам. Разрешение является важным фактором, так как максимум круговой скорости достигается глубоко внутри вириального радиуса. Для аккуратных оценок функции круговой скорости обычно требуется в 5–10 раз лучшее разрешение, чем для определения функции масс гало (Klypin et al. 2013). Только недавние расчёты с высоким разрешением в большом объёме стали доступны для построения необходимых зависимостей. Вдобавок к высококачественным расчётам необходимо делать коррекцию за влияние барионов: газ и звезды в центральных областях галактик приводят к увеличению круговой скорости (Mo et al. 1998; Klypin et al. 2002; Dutton et al. 2011; Trujillo-Gomez et al. 2011). Эти поправки малы для галактик с круговой скоростью, меньшей  $\sim 100 \text{ км с}^{-1}$ , так как в них доминирует тёмная материя даже в центральных, 5–10 кпк, областях. Для больших галактик эта поправка может составлять 20–50%.

### 3.10.1 Круговые скорости галактик

В данной работе мы тестировали 3 подвыборки галактик Местного Объёма. Выборка галактик с расстояниями  $D \leq 10$  Мпк содержит 733 объектов, 652 из них ярче  $M_B = -10$  и 426 ярче  $M_B = -13$  mag. Выборка с расстояниями  $D \leq 8$  Мпк состоит из 568 галактик, где 488 и 298 ярче  $M_B = -10$  и  $M_B = -13$ , соответственно. Набор объектов с  $D \leq 6$  Мпк включает 378 членов: 303 и 170 ярче  $M_B = -10$  и  $M_B = -13$ , соответственно.

Каталог Местного Объёма содержит существенную долю галактик раннего типа. Это чрезвычайно важно для сравнения наблюдений с теоретическими предсказаниями функции скоростей: галактики всех морфологических типов присутствуют в каталоге Местного Объёма. Это существенно отличается от каталогов, полученных в результате слепых HI обзоров HIPASS (Zwaan et al. 2010) и ALFALFA (Papastergis et al. 2011), которые не чувствительны к бедным газом галактикам.

Доля галактик раннего типа в Местном Объёме возрастает с падением светимости объектов. Только 6–7% ярких,  $M_B < -16$ , объектов являются линзовидными или эллиптическими галактиками, в то время как доля сфероидальных галактик среди всех карликов с  $-10 > M_B > -13$  составляет 31%.

Галактики, для которых нет измерений HI-скоростей, в большинстве своём являются галактиками ранних типов (E или dSph,  $\sim 10\%$  всех галактик). Для части галактик, в основном карликов, HI-измерения пока недоступны ( $\sim 10\%$  всех галактик). Галактикам без измерений ширины линии HI мы приписали дисперсию лучевых скоростей  $V_{\text{los}}$ , используя усреднённую зависимость скорость-светимость в K-полосе для галактик с измеренными скоростями внутренних движений. Для построения зависимости мы использовали следующие данные.

Для галактик малых масс мы используем измерения Kirby et al. (2014) и Geha et al. (2010) дисперсии скоростей звёзд в карликовых сфероидальных и эллиптических галактик Местной Группы. Источником звёздных величин для этих галактик в K-фильтре стал обновленный каталог близких галактик Karachentsev et al. (2013). Для более крупных галактик мы использовали дисперсии скоростей звёзд из каталога ATLAS3D галактик раннего типа (Cappellari et al. 2013). Мы сопоставили галактики из каталога ATLAS3D с объектами из обзора красных смещений в 2MASS (Huchra et al. 2012). Для уменьшения ошибок, связанных с определени-

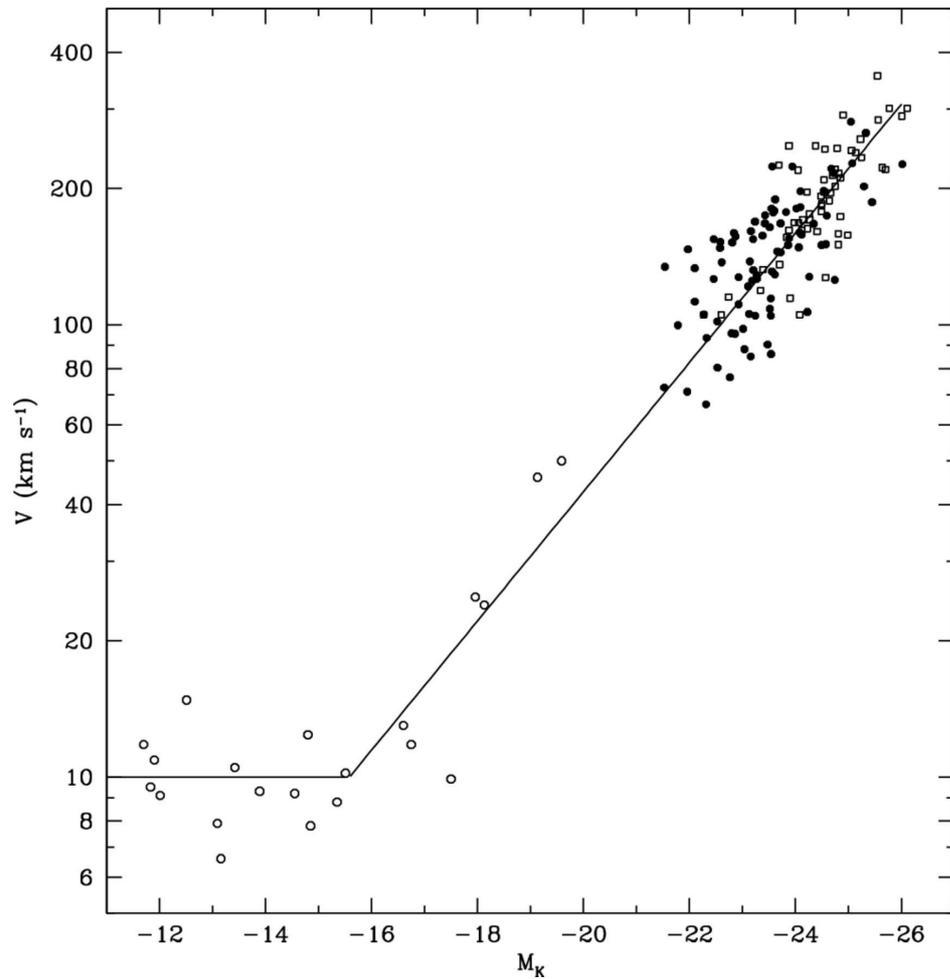


Рис. 3.25: Зависимость дисперсии скоростей звёзд от абсолютной величины галактик раннего типа в  $K$ -фильтре в различных наблюдательных выборках. Светлыми кружками показаны карликовые галактики Местной Группы. Галактики из каталога ATLAS3D (Cappellari et al. 2013) нанесены чёрными точками. Светлые квадраты соответствуют compilации галактик ранних типов из работы Trujillo-Gomez et al. (2011). Линия показывает аппроксимацию уравнением (3.13) для  $V_{\text{los}}(M_K)$ .

ем расстояний и, как следствие, светимости, мы использовали только галактики с расстояниями более 16 Мпк. Кроме того, мы использовали сводку круговой скорости галактик ранних типов, приведённую в приложении работы Trujillo-Gomez et al. (2011). Для этих галактик мы принимали индекс цвета  $(K - B) = -3.5$  и делили круговую скорость на  $\sqrt{3}$  для оценки дисперсии скоростей на луче зрения. Результат показан на рисунке 3.25.

Приведённый график показывает, что для ярких галактик с  $M_K < -18$  дисперсия скоростей  $V_{\text{los}}$  зависит от светимости, в то время как для карликов эта зависимость отсутствует. Оба этих эффекта хорошо известны: зависимость Фабер-Джексона для ярких эллиптических галактик и отсутствие зависимости динамической массы внутри центральной части  $\sim 500$  пк для карликовых сфероидальных галактик (к примеру, Strigari et al. 2008). Как и следовало ожидать, разброс данных зависимости  $V_{\text{los}}$ -L относительно большой — около 20% в дисперсии скоростей. Тем не менее с данной точностью зависимость на рисунке 3.25 даёт нам возможность оценивать ширину линии галактик, для которых отсутствуют измерения H I. Конкретно, мы используем следующую аппроксимацию наблюдательных данных:

$$V_{\text{los}} = \begin{cases} 70 \times 10^{-(21.5+M_K)/7} \text{ км с}^{-1} & \text{if } M_K < -15.5, \\ 10 \text{ км с}^{-1} & \text{if } M_K > -15.5. \end{cases} \quad (3.13)$$

Низкая точность определения  $b/a$  для некоторых галактик заставляют нас использовать распределение амплитуд скоростей на луче зрения  $V_{\text{los}}$  без коррекции за наклон. В связи с этим, мы следуем предложению Papastergis et al. (2011) и используем ширину профиля линии H I как основную характеристику наблюдаемых галактик. Для облегчения сравнения с теорией, вместо полной ширины  $W_{50}$  мы используем половину ширины  $V_{\text{los}}$  как приближение спроецированной круговой скорости.

На рисунке 3.26 представлено распределение амплитуд скоростей на луче зрения  $V_{\text{los}}$  галактик Местного Объёма. Общее увеличение числа галактик на больших расстояниях просто является отражением увеличения объёма рассматриваемого пространства. Однако, существует реальное уменьшение плотности галактик на расстоянии  $D \approx 2$  Мпк, за которым следует пик плотности в районе  $D \approx 3.5$  Мпк из-за наличия больших групп галактик на этом расстоянии. Другим эффектом является постепенное увеличение числа галактик раннего типа для галактик низкой

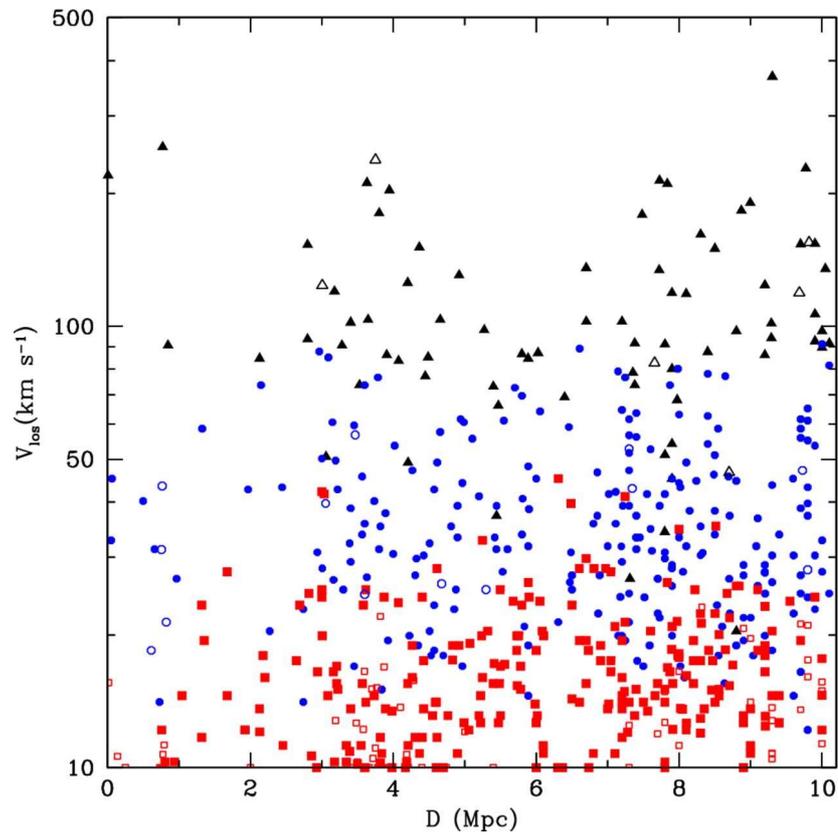


Рис. 3.26: Распределение амплитуд скоростей на луче зрения  $V_{\text{los}}$  галактик в наблюдениях в зависимости от расстояния от нашей Галактики. Светлыми символами отмечены галактики ранних типов, а закрашенными — поздних. Цветом закодирована светимость: от ярких (чёрный  $M_B > -18$ ), через промежуточные (синий,  $-14 > M_B > -18$ ), к карликовым (красный,  $M_B > -14$ ) галактикам. Повышение числа галактик на расстоянии  $D \approx 3.5 - 4$  Мпк возникает благодаря присутствию больших групп вокруг галактик NGC 5128, M 81 и IC 342.

светимости. Неполнота выборки проявляется как очевидное отсутствие галактик с  $V_{\text{los}} \lesssim 15 \text{ км с}^{-1}$  на расстояниях более 5 Мпк.

Есть два способа сравнения результатов наблюдений распределения ширины линии H I с теорией:

1. Можно применить поправки к теоретическим предсказаниям, как было предложено Papastergis et al. (2011). Это делается отдельно для дисковых галактик и галактик ранних типов. Для галактик поздних типов мы предполагаем случайную ориентацию дисков в пространстве, в то время как для эллиптических галактик коррекция не применяется, для них мы предполагаем  $V_{\text{los}} = V/\sqrt{2}$ .
2. Также возможно депроектировать наблюдательную выборку в предположении случайной ориентации дисковых галактик в пространстве. Это может быть сделано различными способами, здесь мы используем параметрическую подгонку. Мы используем аналитическую функцию распределения круговой скорости со свободными параметрами, где параметры настраиваются так, чтобы воспроизвести наблюдаемое распределение ширины.

Поскольку, как правило, нейтральный водород выходит далеко за пределы оптического радиуса даже для карликовых галактик (к примеру, Côté et al. 2000; Swaters et al. 2002; Begum et al. 2008; Walter et al. 2008; Moiseev 2014), измерения ширины линии H I, с использованием  $W_{50}$ , обеспечивают оценку скорости вращения на очень больших расстояниях. Чтобы быть более точными, эти измерения обнаруживают *максимум* кривой вращения в области, где есть детектируемое количество водорода. Но достаточно ли далеко простирается эта область? Когда мы сравниваем эти скорости с теоретическими предсказаниями, мы используем  $V_{\text{max}}$  круговой скорости тёмного гало, который также достигается на больших расстояниях. Следовательно, мы должны проверить действительно ли нейтральный водород простирается достаточно далеко, чтобы достоверно оценивать  $V_{\text{max}}$ .

Для большинства галактик протяжённость H I-компоненты неизвестна. Тем не менее, есть множество галактик, для которых данные измерения существуют, и мы будем использовать две выборки галактик, чтобы пролить свет на этот вопрос. Первая выборка — обзор FIGGS (Begum et al. 2008), который среди прочего публикует данные о  $W_{50}$  и размерах галактик в H I, соответствующих поверхностной

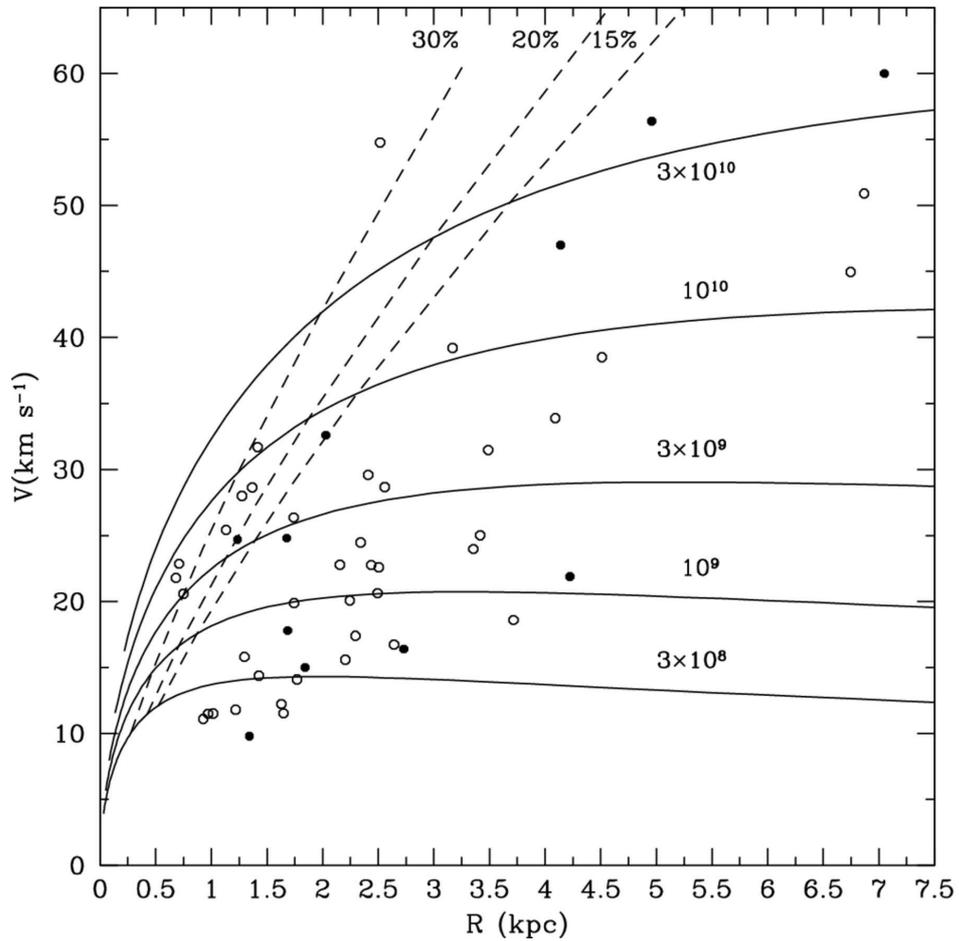


Рис. 3.27: Протяжённость  $R$  нейтрального водорода в галактиках с различными круговыми скоростями. Светлыми кружками показана выборка галактик из работы Begum et al. (2008), а чёрными — Moiseev (2014). Сплошные кривые демонстрируют зависимость круговой скорости гало тёмной материи со средней концентрацией и вириальной массой, указанной на графике. Пунктирные линии обозначают ошибки определения  $V_{\max}$  из наблюдений из-за недостаточной протяжённости газа в галактиках, погруженных в гало тёмной материи. Цифры указывают минимальную величину коррекции для галактик, находящихся справа от штриховых линий.

плотности  $10^{19}$  атомов на  $\text{см}^{-2}$ . Мы отобрали галактики, для которых известны высокоточные оценки расстояния методом TRGB (см. главу 1). На рисунке 3.27 светлые символы соответствуют скоростям вращения, скорректированным за наклон, из обзора FIGGS. Вдобавок мы нанесли данные из компиляции галактик с HI-измерениями из работы Moiseev (2014), которые показаны чёрными кружками на том же самом рисунке. Похожий результат получен Ferrero et al. (2012) и Papastergis et al. (2015).

Сплошными линиями на рисунке 3.27 показаны профили круговой скорости для гало тёмной материи с распределением плотности Наваро-Френка-Вайта (NFW Navarro et al. 1997) и средней концентрации. Вириальные массы каждого гало в солнечных единицах указаны на рисунке. Штриховыми линиями показаны возможные коррекции к значению  $V_{\text{max}}$  из-за того, что HI измеряется только в центральной области гало: коррекция меньше указанного значения для всех галактик, находящихся правее от данной штриховой линии. Если предположить, что каждая галактика имеет NFW-профиль со средней концентрацией, тогда должна существовать NFW кривая скорость, проходящая через каждую галактику на графике. К примеру, если галактика находится справа от штриховой линии с 15% меткой, тогда  $W_{50}$ , после всех коррекций за наклон, даёт оценку  $V_{\text{max}}$  с ошибкой менее 15%. Несмотря на то, что коррекция за малую протяжённость нейтрального водорода в некоторых галактиках может составлять  $\sim (20-30)\%$ , из рисунка видно, что обычно HI простирается достаточно далеко, чтобы измерить  $V_{\text{max}}$  с относительно небольшой погрешностью.

### 3.10.2 Теоретические предсказания функции круговой скорости

Для предсказания распределения галактик по круговой скорости из космологического моделирования необходимо выполнить несколько шагов:

- Найти теоретическое распределение круговой скорости  $V_{\text{circ}}$  гало тёмной материи. Большие космологические расчёты часто предоставляют такую возможность (к примеру Gonzalez et al. 2000; Klypin et al. 2011; Nuza et al. 2013; Schneider et al. 2014). Функция распределения  $dN/dV$  должна учитывать субгало. Если это не так, необходимо провести коррекцию.

- Скорректировать круговые скорости тёмной материи за падение барионов на центр гало.
- Предполагая случайную ориентацию дисков галактик и используя наблюдаемую долю галактик ранних типов, рассчитать распределение “наблюдаемых” скоростей  $dN/dV_{\text{los}}$ .

Наши предсказания базируются на большом числе предположений. Мы считаем, что максимум круговой скорости гало тёмной материи, полученный в космологических расчётах и скорректированный за влияние барионов, даёт оценку наблюдаемой ширины линии водорода H I. Это предположение разумно, если нейтральный водород простирается до больших размеров, где круговая скорость тёмного гало достигает максимума. Из рисунка 3.27, на котором нанесены галактики с детальным измерением кривой вращения в H I, видно, что это условие в большинстве случаев выполняется. Наша процедура также предполагает, что процессы, связанные со звездообразованием и обратным влиянием звёзд, не изменяют полную массу галактик, включая массу тёмного вещества, внутри радиуса протяжённости водорода (как правило в  $\sim 3$  раза превышающего оптический размер галактик). Более детально это будет представлено в разделе §3.10.4.

Для построения функции круговой скорости  $dN/d \log V_{\text{circ}}$  в  $\Lambda$ CDM модели использовался набор расчётов MultiDark (Klypin et al. 2014). А именно, использовались Bolshoi (Klypin et al. 2011) и MultiDark (Prada et al. 2012) расчёты для космологических параметров WMAP7 (Jarosik et al. 2011). Для космологических параметров миссии Planck (Planck Collaboration et al. 2014) использовались BolshoiP и MDPL расчёты (Klypin et al. 2014). Эти расчёты были произведены с кодом ART и Gadget.

Гало в расчётах идентифицировалось методом Bound Density Maximum (BDM) (Riebe et al. 2013). Для каждого гало или субгало алгоритм определяет максимум круговой скорости,  $V_{\text{max}}$ . В дальнейшем для  $V_{\text{max}}$  используется обозначение  $V_{\text{circ}}$  и называется круговой скоростью.

Расчёты Bolshoi и BolshoiP полны для гало и субгало вплоть до  $V_{\text{circ}} = 50 \text{ км с}^{-1}$  (Klypin et al. 2011). Multidark и MDPL — полны вплоть до  $\sim 160 \text{ км с}^{-1}$  (Klypin et al. 2013). Результаты расчётов для гало и субгало представлены на рисунке 3.28. Для малых  $V_{\text{circ}}$  функция распределения круговой скорости очень близ-

ка к степенной. Это степенное поведение функции круговой скорости согласуется с результатами расчётов с существенно большим разрешением индивидуальных гало и малых областей (к примеру, Diemand et al. 2008; Klypin et al. 2011; Sawala et al. 2014). Это позволяет экстраполировать наши результаты в область малых значений  $V_{\text{circ}}$ .

Мы используем следующую аппроксимацию дифференциальной функции круговой скорости для гало и субгало в области  $V_{\text{circ}} = (10\text{--}400) \text{ км с}^{-1}$ :

$$\frac{dN}{d \log_{10} V_{\text{circ}}} = A \left( \frac{V_{\text{circ}}}{100 \text{ км с}^{-1}} \right)^{-2.90} h^3 \text{ Мпк}^{-3}, \quad (3.14)$$

где нормировка  $A$  равна

$$A = \begin{cases} 0.130, & \text{WMAP7,} \\ 0.186, & \text{Planck.} \end{cases} \quad (3.15)$$

Кроме того, мы используем предсказания функции круговой скорости для моделей с тёплой тёмной материей, полученные Schneider et al. (2014) для масс нейтрино  $m_{\text{WDM}} = 1, 2, 4 \text{ кэВ}$ . Функция круговой скорости была получена для функции масс гало (Schneider et al. 2013) и зависимости концентрации гало от массы (Schneider et al. 2012). Функция WDM-масс была оценена для WMAP7-космологии (Jarosik et al. 2011), используя расчёты N-тел и была аппроксимирована аналитическими моделями. Эти оценки были сделаны только для отдельных гало и, следовательно, не включают в себя субгало. Доля спутников для данной круговой скорости  $V_{\text{circ}}$  сравнительно мала. Мы учитываем потерянные субгало в работе Schneider et al. (2014) умножением обилия отдельных гало на фактор 1.25, то же самое отношение субгало как в  $\Lambda\text{CDM}$ -модели для круговой скорости  $V_{\text{circ}} \lesssim 200 \text{ км с}^{-1}$ . Это является хорошим приближением для круговой скорости больше  $\sim 80 \text{ км с}^{-1}$ , так как эффекты, связанные с WDM, относительно малы для этих скоростей и масс нейтрино, рассмотренных здесь ( $m_{\text{WDM}} \gtrsim 1 \text{ кэВ}$ ). Для меньшей круговой скорости данный фактор, скорее всего, переоценивает эффект, однако должно существовать значительное количество малых спутников для объяснения количества карликовых спутников в Местной Группе и Местном Объёме. Таким образом, наша оценка доли субгало в WDM-моделях выглядит более-менее разумно.

На практике мы использовали аналитическую аппроксимацию данных, предоставленных Schneider et al. (2014). Следующее аналитическое приближение даёт

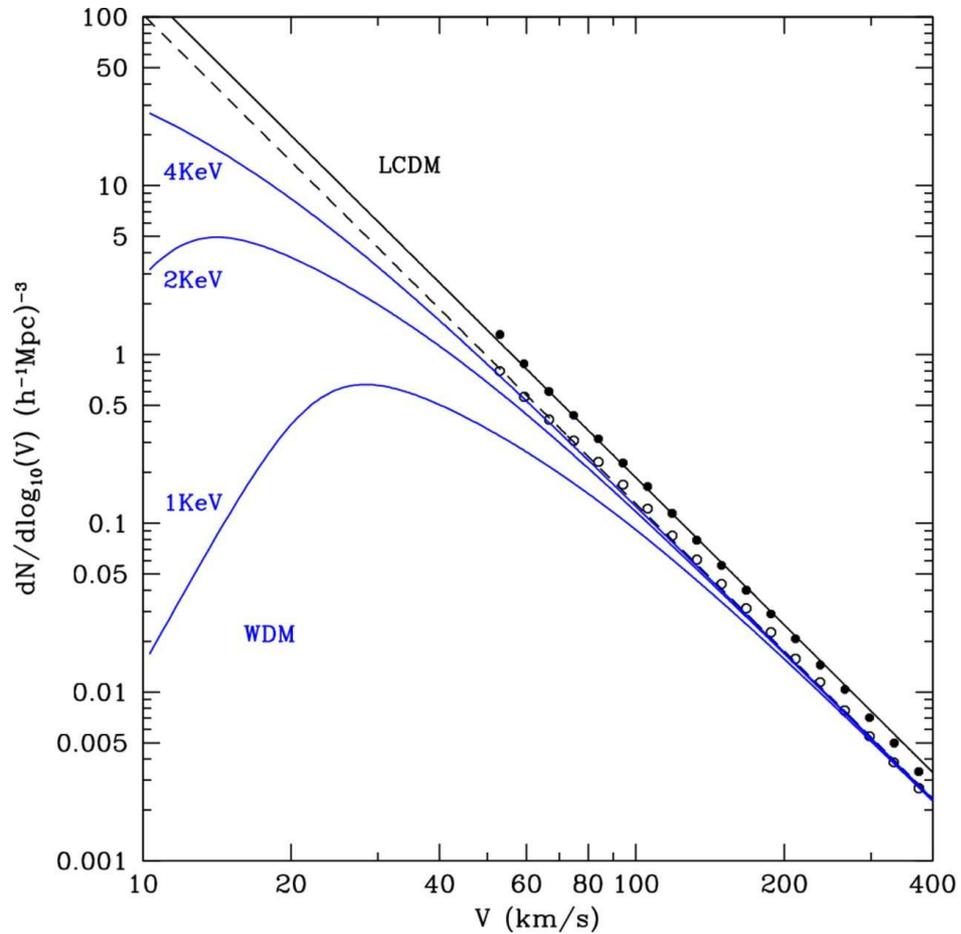


Рис. 3.28: Функция круговой скорости гало в  $\Lambda$ CDM и WDM моделях. Кружками показаны результаты Bolshoi-расчётов (Klypin et al. 2011) для WMAP7-космологии. Штриховой линией дана степенная аппроксимация. Чёрными точками приведены расчёты BolshoiP (Klypin et al. 2014) для Planck-космологии. Верхняя сплошная линия показывает степенную аппроксимацию в этом случае. Остальные (голубые) линии — аналитические аппроксимации WDM-модели для WMAP7 космологических параметров (Schneider et al. 2014) для различных масс нейтрино, указанных на рисунке.

2% точность для WDM-функции круговой скорости, скорректированной за обилие субгало:

$$\left. \frac{dN}{d \log_{10} V} \right|_{\text{WDM}} = \frac{1}{S(V, m_{\text{WDM}})} \left. \frac{dN}{d \log_{10} V} \right|_{\Lambda\text{CDM}}, \quad (3.16)$$

где WDM фактор подавления  $S(V, m_{\text{WDM}})$  есть

$$S(V, m_{\text{WDM}}) = 1 + 7200 \left[ 1 + \left( \frac{m_{\text{WDM}} V}{23 \text{ км с}^{-1}} \right)^{6.2} \right] \times \left( \frac{m_{\text{WDM}} V}{10 \text{ км с}^{-1}} \right)^{-8.2}. \quad (3.17)$$

Здесь WDM-массы  $m_{\text{WDM}}$  даны в единицах 1 кэВ. На рисунке 3.28 представлены результаты для функции скоростей в моделях WDM. Отметим, что функция WDM скоростей имеет простую зависимость от массы,  $m_{\text{WDM}}$ : фактор подавления  $S(V, m_{\text{WDM}})$  в уравнениях (3.16–3.17) зависит только от произведения  $V m_{\text{WDM}}$ . По-видимому, это связано с тем, что  $\Lambda\text{CDM}$  функция круговой скорости для соответствующего диапазона скоростей  $V_{\text{circ}} \lesssim 200 \text{ км с}^{-1}$  очень близка к степенному закону, и, поэтому, масштабно независима.

Это простое соотношение позволяет оценивать влияние WDM на функцию круговой скорости для любых масс  $m_{\text{WDM}}$  и любых космологических параметров. Для сравнения с наблюдениями, мы шкалировали обилие гало в WDM-моделях к Planck космологическим параметрам, используя уравнения (3.14-3.15) для  $dN/d \log V|_{\Lambda\text{CDM}}$  и фактор подавления  $S$  из уравнения (3.17).

Детальный анализ влияния барионов на функцию круговой скорости был сделан в работах Trujillo-Gomez et al. (2011) и Dutton et al. (2011). Воздействие барионов мало для галактик, населяющих гало с массами  $V \lesssim 100 \text{ км с}^{-1}$ . Более массивные галактики сильнее подвержены этому влиянию. К примеру, моделирование Млечного Пути (Klypin et al. 2002), в котором использовались  $\Lambda\text{CDM}$  предсказания (профиль NFW с реалистичным значением параметров концентрации и спина), показывает, что максимум круговой скорости гало, состоящего только из тёмного вещества, должен быть  $\sim (160\text{--}170) \text{ км с}^{-1}$ . Учитывая, что наблюдаемая скорость вращения нашей Галактики равна  $V \approx 230 \text{ км с}^{-1}$ , мы получаем, что барионы увеличивают круговую скорость в 1.3–1.4 раза. В данной работе мы аппроксимировали сложные эффекты влияния барионов, используя простую функцию, описывающую результаты, представленные на рисунке 12 из работы Trujillo-Gomez et al. (2011). В отличии от оригинальной работы Trujillo-Gomez et al. (2011),

где круговая скорость оценивалась на расстоянии 10 кпк от центра гало, мы всегда используем максимум круговой скорости  $V_{\max}$ . Конкретно, мы использовали следующую аппроксимацию:

$$V_{\text{DM}} = V_{\text{DM+bar}} \left[ 1 + 0.35x^6 (1 + x^6)^{-1} \right]^{-1}, \quad (3.18)$$

$$x \equiv \frac{V_{\text{DM+bar}}}{120 \text{ км с}^{-1}}, \quad (3.19)$$

где  $V_{\text{DM}}$  — максимум круговой скорости гало, состоящего только из тёмной материи, и  $V_{\text{DM+bar}}$  — круговая скорость скорректированная за влияние барионов.

### 3.10.3 Функция скорости галактик

На левой панели рисунка 3.29 показаны оценки функции скорости галактик Местного Объёма для разных подвыборок. Плотность количества галактик в каждой подвыборке не совсем одинакова, в основном из-за большого избытка ярких галактик на расстоянии 3.5–4 Мпк от Млечного Пути. Эффект флуктуаций уменьшается с ростом объёма, и для выборки 10 Мпк плотность количества галактик уже близка к средней плотности в гораздо большей выборке галактик из SDSS, как это видно из рисунка 3.21. По этой причине оценки обилия галактик в выборках 6 и 8 Мпк были нормализованы так, чтобы иметь ту же самую плотность количества галактик ярче  $M_B = -14$ , как и выборка 10 Мпк. После приведения к той же самой плотности сравнение различных подвыборок служит индикатором устойчивости оценок функции скоростей.

Сплошная кривая на графике соответствует аппроксимации данных внутри 10 Мпк:

$$\frac{dN}{d \log_{10} V_{\text{los}}} = 13.6 V_{\text{los}}^{-1} \left[ 1 + \left( \frac{V_{\text{los}}}{135 \text{ км с}^{-1}} \right)^4 \right]^{-1/2} h^{3-3}. \quad (3.20)$$

На правой панели рисунка 3.29 мы сравниваем нашу функцию скоростей с данными HIPASS (Zwaan et al. 2010) и ALFALFA (Papastergis et al. 2011). Наши оценки систематически выше потому, что HIPASS и ALFAFA не могут наблюдать бедные газом галактики ранних типов, в то время как эти объекты включены в выборку Местного Объёма. Однако, доля галактик раннего типа сравнительно мала, как видно из верхней панели рисунка 3.21. Таким образом, можно заключить, что согласие между различными каталогами достаточно хорошее для скоростей в диапазоне  $V_{\text{los}} \approx (25\text{--}150) \text{ км с}^{-1}$ . На малых величинах функция скорости галактик в

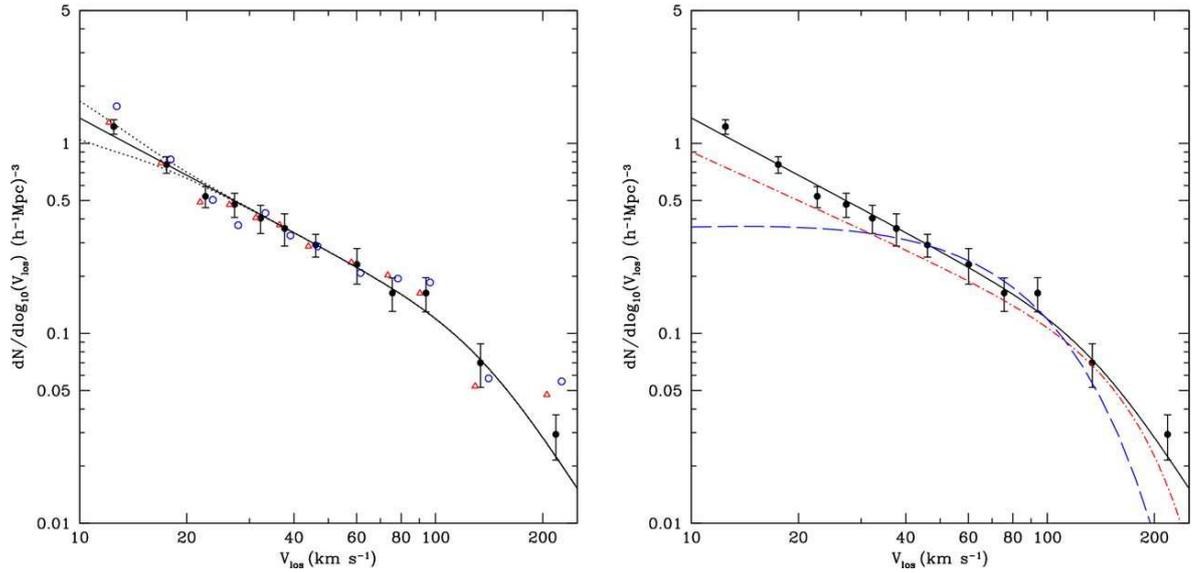


Рис. 3.29: Функция распределения  $V_{\text{los}}$  для галактик Местного Объёма. *Левая панель:* Различными символами показан результат для нескольких подвыборок галактик Местного Объёма. Чёрные кружки с барами ошибок обозначают выборку 10 Мпк, в то время как светлые кружки и треугольники обозначают подвыборки 6 и 8 Мпк, соответственно. Бары ошибок соответствуют пуассоновым статистическим флуктуациям. Сплошной кривой представлена аналитическая подгонка, данная уравнением (3.20). Сравнение подвыборок показывает стабильность функции скоростей при вариации размера выборки. *Правая панель:* Сравнение функции распределения скоростей галактик Местного Объёма (чёрные точки с барами ошибок и чёрная кривая) с HI-полушириной, полученных в ALFALFA (штрихпунктирная линия, Papastergis et al. 2011) и HIPASS (штриховая линия, Zwaan et al. 2010) обзорах. Местный Объём вдобавок к галактикам поздних типов и богатых газом, содержит галактики ранних типов, которые теряются в HI-обзорах.

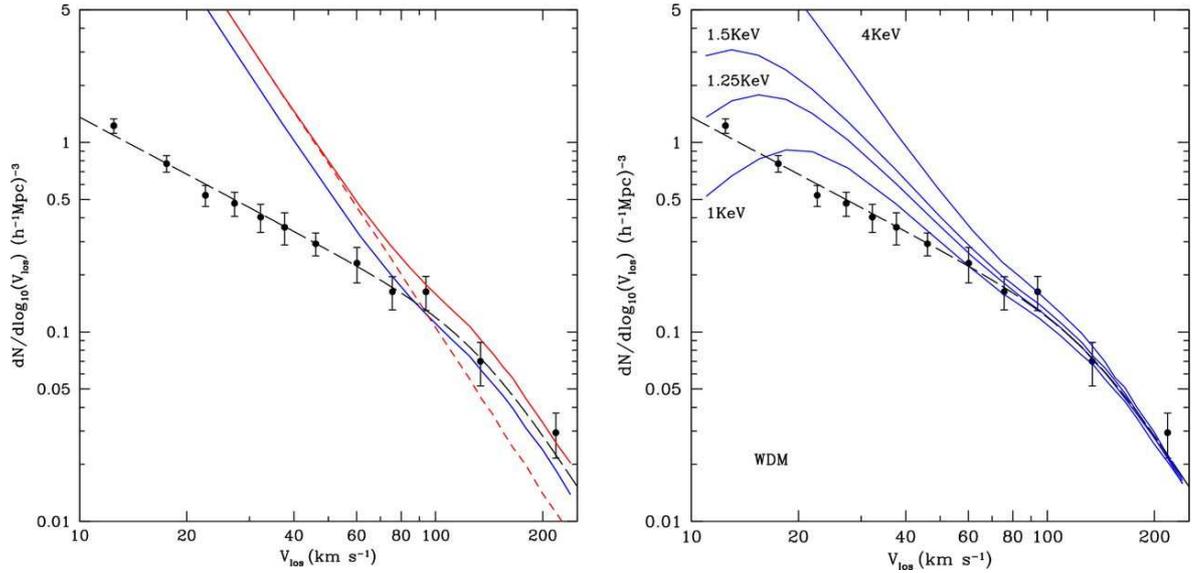


Рис. 3.30: Сравнение распределения функции  $V_{\text{los}}$  для галактик Местного Объёма с теоретическими предсказаниями для  $\Lambda$ CDM (на левой панели) и WDM моделей (правая панель, для космологических параметров миссии Планк). Чёрными точками и чёрной штриховой линией показана функция скорости выборки галактик 10 Мпк. *Левая панель:* Теоретические предсказания для  $\Lambda$ CDM-модели с космологическими параметрами Планка показаны верхней сплошной красной линией. Нижняя синяя линия соответствует предсказанию для космологии WMAP7. Штриховая красная линия соответствует предсказаниям модели только с тёмной материей, без коррекции за падение барионов. Повышенная масса барионов, в основном из-за звёзд в центральных регионах гало, приводит к возрастанию круговой скорости, видимой на графике как сдвиг от штриховой кривой к сплошной. Местном Объёме даёт существенно более высокую плотность объектов, чем получено в обзорах HIPASS и ALFALFA. В основном, это связано с возрастанием доли галактик, бедных газом и, возможно, из-за неполноты данных обзора HIPASS.

Мы сравниваем наши результаты с теоретическими предсказаниями на рисунке 3.30. На левой панели мы сопоставляем наблюдательную функцию с предсказаниями  $\Lambda$ CDM-модели с параметрами миссии Планк. Коррекция за падение барионов становится все более важной для  $V_{\text{los}} \gtrsim 60 \text{ km s}^{-1}$ . Благодаря этой поправке  $\Lambda$ CDM-модель даёт достаточно точное описание количества ярких галактик. На малых скоростях  $V_{\text{los}}$  эффекты, связанные с барионами, незначительны. Очевидно, что здесь теория имеет существенные проблемы.

Однако, реальной проблемой для модели является обилие сравнительно больших карликовых галактик с  $V_{\text{los}} = (30\text{--}40) \text{ км с}^{-1}$ .  $\Lambda\text{CDM}$  переоценивает количество таких галактик в 3.5–7.5 раз для модели с планковскими параметрами. Эти галактики практически не зависят от возможных последствий реионизации, и звездообразование в них не может быть остановлено взрывом нескольких сверхновых. Эти галактики относительно яркие —  $M_B \approx -15\text{--}16$ . До этой светимости каталог Местного Объёма практически полон. Мы определённо можем исключить возможность того, что  $\sim (70\text{--}80)\%$  этих галактик потеряны в наблюдениях. Иными словами, чрезвычайно трудно примирить  $\Lambda\text{CDM}$  предсказания с наблюдениями.

WDM-модели оказываются не намного лучше при описании наблюдаемой функции скорости. На правой панели рисунка 3.30 мы проверяем предсказания WDM-моделей. Модели с  $m_{\text{WDM}} > 1.5 \text{ кэВ}$  могут быть исключены, так как они не обеспечивают достаточного подавления количества карликовых галактик. Меньшие массы помогают подавить рост функции скоростей в области малых масс, но вид зависимости  $dN/d \log V$  оказывается неправильным. К примеру, модель с  $m_{\text{WDM}} = 1.0 \text{ кэВ}$  находится выше наблюдательных данных с  $V_{\text{los}} = (20\text{--}40) \text{ км с}^{-1}$  и, в то же время, она теряет галактики с меньшим  $V_{\text{los}}$ . Дальнейшее уменьшение  $m_{\text{WDM}}$  будет улучшать согласие с галактиками с  $(20\text{--}40) \text{ км с}^{-1}$ , но обрушивать функцию скорости для объектов с  $\sim 10 \text{ км с}^{-1}$  и все сильнее расходиться с наблюдениями.

Функция круговой скорости  $dN/d \log V$  наблюдаемых галактик может быть реконструирована в статистическом смысле, следуя той же процедуре, по которой мы делаем переход от теоретической функции круговой скорости  $dN/d \log V$  к распределению амплитуд на луче зрения  $dN/d \log V_{\text{los}}$ . Мы используем аналитическую функцию трёх параметров. Для каждого набора параметров мы делаем предсказание  $dN/d \log V_{\text{los}}$ , предполагая случайную ориентацию дисков галактик и учитывая наблюдаемую долю галактик ранних типов. Варьируя свободные параметры, мы получаем приемлемую подгонку к наблюдательным данным. Наилучшая аппроксимация наблюдаемой круговой скорости галактик:

$$\frac{dN}{d \log_{10} V} = 0.18 \left[ \frac{V}{100 \text{ км с}^{-1}} \right]^{-1} \times \exp \left( - \left[ \frac{V}{250 \text{ км с}^{-1}} \right]^3 \right) h^3 \text{ Мпк}^{-3}. \quad (3.21)$$

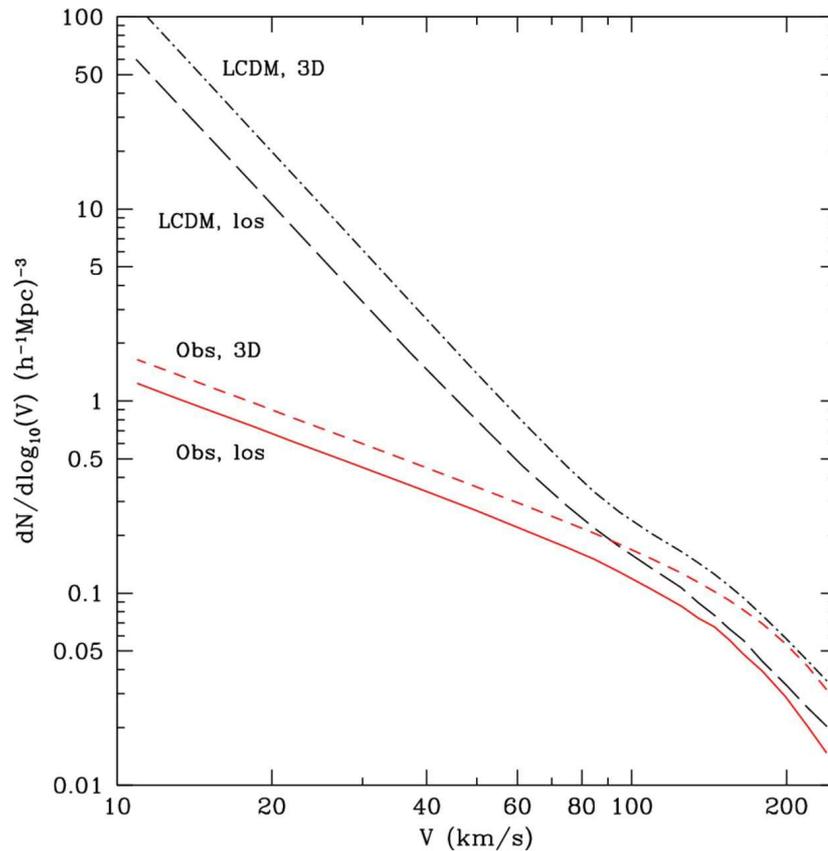


Рис. 3.31: Соотношение между 3D-круговой скоростью  $dN/d\log V$  и амплитудой на луче зрения  $dN/d\log V_{\text{los}}$  в наблюдениях (сплошная и штриховая красные линии) и для модели  $\Lambda$ CDM с планковскими параметрами (чёрные штрихпунктирная и штриховая линии). Красная штриховая линия показывает нашу аппроксимацию функции круговой скорости в Местном Объёме. Расхождение между  $\Lambda$ CDM моделью и наблюдениями становится немного хуже в случае 3D круговой скорости по сравнению с проекцией на луч зрения.

Отметим, что наклон функции круговой скорости  $dN/d \log V$  близок, но слегка меньше наклона соответствующей функции амплитуд на луче зрения  $dN/d \log V_{\text{los}}$ . Можно показать аналитически, что для чистого степенного закона  $dN/d \log V$  функция амплитуд  $dN/d \log V_{\text{los}}$  должна иметь в точности такой же наклон. Небольшое различие в наклонах между  $dN/d \log V$  и  $dN/d \log V_{\text{los}}$ , видимое на графике 3.31, возникает благодаря загибу  $dN/d \log V$  для больших  $V$ .

Сравнение наблюдаемой и теоретической функций круговой скорости, представленное на рисунке 3.31, приводит к тому же самому заключению, которое мы сделали, сопоставляя функции амплитуд на рисунке 3.30:  $\Lambda$ CDM обеспечивает хорошее согласие для массивных галактик с  $V_{\text{los}} > 70 \text{ км с}^{-1}$ , но имеет проблемы с объяснением количества галактик с меньшими скоростями. Это расхождение слегка больше для функции  $dN/d \log V$  по сравнению с  $dN/d \log V_{\text{los}}$ . К примеру, для  $V_{\text{los}} = 40 \text{ км с}^{-1}$  расхождение с планковской  $\Lambda$ CDM составляет 3.5 раз для амплитуд на луче зрения и 6 раз для круговой скорости. Качественно, понятно почему расхождения сильнее в пространстве  $V$ : доля галактик с заданными  $V_{\text{los}}$  больше количества галактик с большими круговыми скоростями  $V$ , для которых  $\Lambda$ CDM даёт правильное предсказание.

### 3.10.4 Дискуссия

Оценки обилия галактик с данной амплитудой вращения на луче зрения  $V_{\text{los}}$ , представленной на рисунке 3.29 для различных наблюдаемых выборок, показывают, что результаты в основном согласуются для галактик промежуточных размеров с  $V_{\text{los}} \approx (25\text{--}150) \text{ км с}^{-1}$ . Результаты, полученные для Местного Объёма, оказываются систематически выше оценок HIPASS (Zwaan et al. 2010) и ALFALFA (Papastergis et al. 2011), однако, в основном, это связано с тем, что HI-измерения не чувствительны к галактикам ранних типов, которые представлены в Местном Объёме. Результаты ALFALFA (Papastergis et al. 2011) и Местного Объёма хорошо согласуются после коррекции за долю галактик ранних типов в Местном Объёме, как показано на рисунке 3.21. Этот обнадеживающий вывод указывает, что в результате мы имеем аккуратную оценку обилия галактик в широком диапазоне круговой скорости (10–200) км с<sup>-1</sup>.

На рисунке 3.32 сравниваются наблюдаемые оценки круговой скорости с теоре-

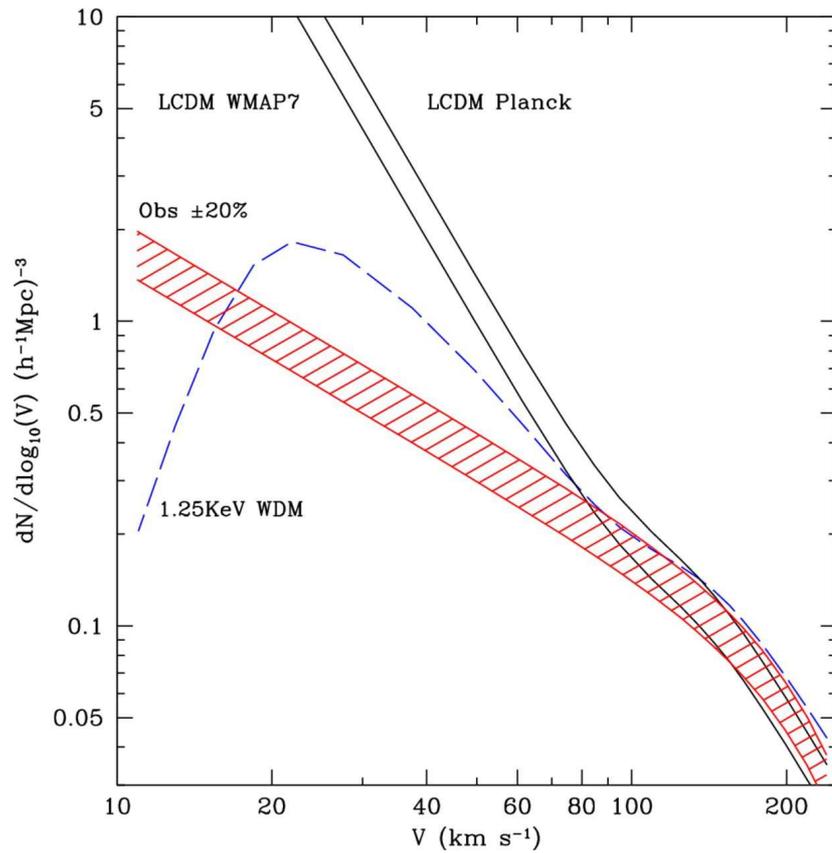


Рис. 3.32: Сравнение наблюдаемой и теоретической оценок функции круговой скорости галактик. Заштрихованная зона показывает область наблюдаемой функции скоростей: полоса соответствует 20 % разбросу вокруг реконструированной функции скорости в Местном Объёме, как дано в уравнении (3.21). Сплошной линией показано предсказание  $\Lambda$ CDM модели. Штриховая линия соответствует наилучшему предсказанию WDM модели с массой нейтрино  $m_{\text{dwm}} = 1.35$  кэВ.

тическими предсказаниями для  $\Lambda$ CDM и WDM моделей. Обе теоретические модели имеют серьёзные проблемы. Модель WDM предсказывает неправильную форму для функции скорости: она занижает количество галактик с малыми скоростями в 2–3 раза, в то же время, завышает обилие галактик со скоростью  $30 \text{ км с}^{-1}$ .  $\Lambda$ CDM модель с планковскими параметрами переоценивает количество карликовых галактик с  $V \lesssim 60 \text{ км с}^{-1}$ . Как показано на рисунке 3.32 WDM модель с массой  $m_{wdm} = 1.25 \text{ кэВ}$  предсказывает в  $\sim 2$ –3 меньше карликов с  $V = (10\text{--}15) \text{ км с}^{-1}$  и в 2 раза больше галактик с  $V \approx 25 \text{ км с}^{-1}$ . Как видно из рисунка 3.30, уменьшение массы нейтрино до  $m_{wdm} = 1.0 \text{ кэВ}$  решает проблемы галактик с  $V \approx 25 \text{ км с}^{-1}$ , но также обрушивает функцию на малых масштабах, ещё сильнее уменьшая обилие карликов с  $V = (10\text{--}15) \text{ км с}^{-1}$ , примерно ещё в 2 раза. Таким образом, *кажется, нет такой массы нейтрино, чтобы дать приемлемую подгонку к данным.*

Дополнительные ограничения на WDM-модель поступают из наблюдений леса в Луман- $\alpha$  (к примеру, Seljak et al. 2006; Viel et al. 2008, 2013). Недавние результаты Viel et al. (2013) ограничивают массу нейтрино  $m_{wdm} > 2 \text{ кэВ}$  на уровне  $4\sigma$ . Наши результаты указывают, что масса нейтрино выше 2 кэВ несовместима с наблюдаемым обилием карликовых галактик Местного Объёма в поле. Наши выводы относительно неспособности WDM моделей объяснить данные наблюдений согласуются с Schneider et al. (2014). Несмотря на то, что наши оценки обилия галактик поля находятся выше предыдущих, предсказания  $\Lambda$ CDM для функции скорости дают по-прежнему значительно более высокие значения по сравнению с наблюдениями. Это не является ни новым, ни удивительным (Tikhonov and Klypin 2009; Trujillo-Gomez et al. 2011; Schneider et al. 2014). Сильно завышенная оценка количества спутников (Klypin et al. 1999; Moore et al. 1999) в  $\Lambda$ CDM модели — хорошо известная проблема, и она имеет ту же самую природу, как и завышенная оценка количества галактик в поле. Тем не менее, функция скорости галактик поднимает проблему на другой уровень.

Интересно сравнить переизбыток спутников в Местной Группе с переизбытком галактик в поле:

1. Большинство галактик Местного Объёма не являются спутниками, поэтому, проблема галактик в поле не может быть решена обращением к таким эффектам, как приливные силы и обдирание газа лобовым давлением благо-

даря наличию центральной гигантской галактики. Для спутников, близких к центральной галактике (например, на расстояниях меньше вириального радиуса) обдирание и приливы являются возможным решением проблемы структурных свойств больших сфероидальных галактик (Zolotov et al. 2012; Arraki et al. 2014), так называемой проблемы “too big to fail” (Boylan-Kolchin et al. 2011).

Однако, ожидается, что эти процессы не могут быть достаточно эффективными для спутников на периферии ( $\gtrsim 300$  кпк) Местной Группы. Действительно, Garrison-Kimmel et al. (2014) нашли избыток теоретически предсказанных больших ( $V_{\max} > 30 \text{ км с}^{-1}$ ) спутников. Эта ситуация сходна с обсуждаемой нами проблемой обилия карликовых галактик в поле.

2. Основная проблема в Местной Группе связана с карликовыми сфероидальными галактиками. В Местном Объёме наиболее проблематичными являются карликовые иррегулярные галактики, богатые газом и с текущим звездообразованием.
3. Проблема спутников проявляется для сравнительно малых галактик с  $V \lesssim 20 \text{ км с}^{-1}$  и  $\mathcal{M}_{\text{vir}} \lesssim 10^9 h^{-1} \mathcal{M}_{\odot}$ . Практически нет проблемы с числом спутников с  $V > 30 \text{ км с}^{-1}$ : теория предсказывает их столько же, сколько и наблюдается (e.g., Klypin et al. 1999; Kravtsov 2010). Ситуация гораздо хуже в поле, где разногласие уже очень сильное для галактик с  $V = 40 \text{ км с}^{-1}$  и вириальной массой  $\mathcal{M}_{\text{vir}} \approx 10^{10} h^{-1} \mathcal{M}_{\odot}$ . Это может быть выражено несколькими способами. Для  $V = 40 \text{ км с}^{-1}$  отношение количества  $dN/d \log V$  предсказанных (уравнение (3.14)) к наблюдаемым (уравнение (3.21)) галактикам равно 6 для планковской космологии. Полное число галактик в Местном Объёме (расстояния  $< 10$  Мпк) с круговыми скоростями в диапазоне  $V = (30\text{--}50) \text{ км с}^{-1}$  равно  $\sim 200$ , в то время как теория предсказывает на  $\sim 1000$  больше.

Как можно решить эту проблему?

**Наблюдения:** Возможно, и скорее всего, при наблюдениях потеряно значительное количество маленьких карликовых галактик с  $V < 20 \text{ км с}^{-1}$ . Однако, для скорости  $V = 20 \text{ км с}^{-1}$  расхождение с теорией составляет фактор 20. Для согласования наблюдений с  $\Lambda$ CDM моделью большинство карликов должны

быть пропущены в выборке Местного Объёма: это маловероятное предположение, учитывая хорошую воспроизводимость функции светимости вплоть до  $M_B = -14$ .

Основная проблема возникает с большими галактиками в диапазоне скоростей  $V = (30-50) \text{ км с}^{-1}$ . Эти галактики яркие,  $M_B \approx -16$ , и нереалистично предполагать, что на шкале Местного Объёма теряется около 1000 таких галактик. Мы можем предположить, что большая часть этих объектов являются сфероидальными карликовыми галактиками очень низкой поверхностной яркости — значительно ниже  $25 \text{ mag}/\square''$ . Однако, до сих пор не найдено ни одной подобной яркой галактики экстремально низкой поверхностной яркости.

**Теория:** Сложность решения проблемы переизбытка галактик в поле связана с тем, что часть этих галактик являются относительно большими с  $\mathcal{M}_{\text{vir}} \approx 10^{10} h^{-1} \mathcal{M}_{\odot}$  и  $V_{\text{max}} \approx 30 \text{ км с}^{-1}$ . К примеру, нагрев в ходе реионизации вряд ли может повлиять на эти объекты. Другая возможность связана с тем, что в большинстве этих галактик не было звездообразования. Однако, это предположение также не помогает, потому что эти объекты должны сохранять их нейтральный водород и, следовательно, должны наблюдаться как HI-облака без наличия звёзд. Однако, подобные массивные тёмные HI-облака не найдены. Масса облаков должна быть порядка  $\mathcal{M}_{\text{HI}} \sim (3-5) \times 10^7 \mathcal{M}_{\odot}$ , если они следуют барионной зависимости Талли-Фишера.

Можно думать, что уплотнение центрального каспа тёмной материи в карликовых галактиках в результате многочисленных эпизодов сжатия и расширения из-за вспышек звездообразования в центрах галактик может решить проблему с обилием карликовых галактик (к примеру, Mashchenko et al. 2006; Pontzen and Governato 2012). Действительно, большие вариации гравитационного потенциала формирующейся карликовой галактики способны уменьшить плотность тёмной материи в центральной области, что в свою очередь уменьшает круговую скорость (Governato et al. 2010; Teyssier et al. 2013; Di Cintio et al. 2014; Madau et al. 2014). К сожалению, это уменьшение центральной плотности тёмной материи не решает проблему автоматически.

Тёмная материя, которая была разогрета и выдавлена из каспа, не покидает

галактику. Она просто уходит из центрального каспа и оседает на несколько большем радиусе (Teysier et al. 2013; Madau et al. 2014). Внутри этого радиуса полная масса не изменяется и, следовательно, круговая скорость не изменяется также. Вопрос только в том, насколько он велик и как он соотносится с размером, определенным в наблюдениях ширины линии H I.

Кривые вращения карликовых галактик растут даже на больших расстояниях от центра. Таким образом, эта периферия определяет наблюдаемый профиль H I-линии (к примеру, Oh et al. 2008; Moiseev 2014). Проблема в том, что нейтральный водород в галактиках простирается до очень больших радиусов: существенно дальше оптического радиуса, где происходит нагрев тёмного вещества. К примеру, данные на рисунке 3.27 указывают, что газ в галактиках со скоростью вращения  $30\text{--}40\text{ км с}^{-1}$  тянется на 2–4 кпк. (Смотри также рисунок 3 из работы Ferrero et al. (2012) и рисунок 5 и В.1 в Papastergis et al. (2015) с похожими результатами). Гидродинамические расчёты показывают, что размер ядра в таких галактиках должен быть  $\sim 1$  кпк (Teysier et al. 2013; Di Cintio et al. 2014; Madau et al. 2014), что не достаточно для существенного уменьшения ширины линии H I на  $\sim 4$  кпк. Проблема становится только хуже для меньших галактик со скоростью вращения  $\sim 20\text{ км с}^{-1}$  и вириальной массой  $\mathcal{M}_{\text{vir}} \approx 10^9 \mathcal{M}_{\odot}$ . Современные расчёты (Di Cintio et al. 2014; Madau et al. 2014) указывают, что энергии звездообразования недостаточно для уплотнения ядра тёмной материи в этих галактиках. Возможно, что в современных расчётах не реализованы все эффекты влияния звездообразования, и более аккуратные модели дадут большее падение плотности.

Другим возможным решением проблемы переизбытка карликовых гало является возможность существования большого числа потерянных галактик чрезвычайно низкой поверхностной яркости, в которых звездообразование находится на уровне, необходимом для поддержания газа в ионизованном состоянии. Таким образом, эти галактики будут недетектируемы ни в оптике, ни в радио.

### 3.11 Основные результаты главы 3

- Представлен каталог 869 близких галактик, охватывающий все небо. Он содержит галактики с индивидуальными оценками расстояния менее 11 Мпк, либо лучевые скорости, приведённые к центроиду Местной Группы,  $V_{LG} < 600 \text{ км с}^{-1}$ . Каталог содержит наблюдательные данные: угловой диаметр; видимые величины в  $FUV$ ,  $B$  и  $K_s$  полосах; потоки в линиях  $H\alpha$  и  $H I$ ; морфологические типы; ширины линии  $H I$ ; радиальные скорости и оценки расстояния. 108 карликовых галактик выборки до сих пор остаются без измерений лучевых скоростей.
- Каталог предоставляет информацию о физических параметрах галактик и их окружении: линейный холмберговский диаметр; абсолютная величина в  $B$ -фильтре; поверхностная яркость; водородная, звёздная и индикативная массы; скорость вращения, скорректированная за наклон; и три индикатора, характеризующих плотность их локального окружения.
- Каталог создан на основе базы данных галактик Местного Объёма<sup>3</sup>. База данных содержит наиболее свежую информацию. Кроме таблиц, суммирующих наблюдательные и физические характеристики галактик, база данных предоставляет доступ к  $H\alpha$ -изображениям, полученным в ходе обзора на телескопе БТА.
- Были кратко обсуждены распределение и движения галактик внутри LV. Получены различные масштабные соотношения, характеризующие галактики выборки. Сравнивая средние плотности светимости, массы водорода и темпа звездообразования, было продемонстрировано, что Местный Объём хорошо воспроизводит соответствующие глобальные характеристики Вселенной.
- Функция круговой скорости  $dN/dV$  галактик является фундаментальной статистикой, чрезвычайно чувствительной к теоретическим предсказаниям (Cole and Kaiser 1989; Shimasaku 1993; Gonzalez et al. 2000; Zavala et al. 2009; Trujillo-Gomez et al. 2011; Schneider et al. 2014). Из-за сложности измерений согласованные оценки  $dN/dV$  для различных выборок стали давать только в

<sup>3</sup><http://www.sao.ru/lv/lvgdb>

последнее время (Zwaan et al. 2010; Papastergis et al. 2011). Местный Объём позволяет оценивать функцию скорости с необходимой точностью, что было бы сложно обеспечить при использовании других выборок. Это связано с тем, что в Местном Объёме мы наблюдаем галактики низкой светимости и всех морфологических типов.

- Построена функция скорости для галактик всех морфологических типов в Местном Объёме с точностью  $\sim 10\%$  в диапазоне скоростей  $V = (10 - 200) \text{ км с}^{-1}$ . Она имеет пологий наклон  $dN/d\log V \propto V^\alpha, \alpha \approx -1$  для малых круговых скоростей и относительно резкий спад для больших скоростей. Этот результат согласуется с данными ALFALFA-обзора (Papastergis et al. 2011), после коррекции за  $\sim 10\text{--}20\%$  долю галактик ранних типов, не детектируемых в HI.
- Найдено, что стандартная  $\Lambda$ CDM модель даёт хорошее предсказание наблюдаемого обилия галактик промежуточных размеров с  $V_{\text{los}} \gtrsim 70 \text{ км с}^{-1}$  и соответствующими вириальными массами  $\mathcal{M}_{\text{vir}} \gtrsim 3 \times 10^{10} \mathcal{M}_\odot$ . Однако пологий наклон функции скорости для галактик с  $V_{\text{los}} \lesssim 40 \text{ км с}^{-1}$  категорически расходится со стандартной  $\Lambda$ CDM моделью, которая предсказывает наклон  $\alpha = -3$  для гало и субгало тёмной материи по результатам численного моделирования. WDM модели, вне зависимости от массы WDM частиц, также не могут объяснить наблюдения.
- Переизбыток галактик поля во многих аспектах отличается от более известной проблемы переизбытка спутников в Местной Группе. В отличие от Местной Группы, где проблема проявляется в обилии бедных газом сфероидальных систем с  $V \sim 10 \text{ км с}^{-1}$  и на малых расстояниях от гигантских галактик, в поле проблема существует для богатых газом галактик со звездообразованием со скоростями  $V \sim 30\text{--}40 \text{ км с}^{-1}$  и на больших расстояниях от массивных соседей.

### 3.12 Список основных работ

E. I. Kaisina, D. I. Makarov, I. D. Karachentsev, and S. S. Kaisin. Observational database for studies of nearby universe. *Astrophysical Bulletin*, **67**, 115–122, January

2012.

- I. D. Karachentsev, V. E. Karachentseva, W. K. Huchtmeier, and D. I. Makarov. A Catalog of Neighboring Galaxies. AJ, **127**, 2031–2068, April 2004.
- I. D. Karachentsev, D. I. Makarov, V. E. Karachentseva, and W. K. Huchtmeier. Catalogue of Nearby Galaxies and the Local Cosmic Web. In A. P. Fairall and P. A. Woudt, editors, Nearby Large-Scale Structures and the Zone of Avoidance, volume 329 of Astronomical Society of the Pacific Conference Series, pages 255–264, June 2005.
- I. D. Karachentsev, V. Karachentseva, W. Huchtmeier, D. Makarov, S. Kaisin, M. Sharina, and L. Makarova. Mining the Local Volume. Astrophysics and Space Science Proceedings, **5**, 21, 2008.
- I. D. Karachentsev, D. I. Makarov, and E. I. Kaisina. Updated Nearby Galaxy Catalog. AJ, **145**, 101, April 2013.
- A. Klypin, I. Karachentsev, D. Makarov, and O. Nasonova. Abundance of field galaxies. MNRAS, **454**, 1798–1810, December 2015.
- D. I. Makarov. Velocity Field in the Local Volume. In Y. V. Baryshev, I. N. Taganov, and P. Teerikorpi, editors, Problems of Practical Cosmology, Volume 1, volume 1, pages 106–109, 2008.

## Глава 4

# Группы галактик в Местном Сверхскоплении и его окрестностях

### Введение

Современные массовые обзоры красных смещений, такие как 2dF (Colless et al. 2001), HIPASS (Zwaan et al. 2003), 6dF (Jones et al. 2004), ALFALFA (Giovanelli et al. 2005), и SDSS (Abazajian et al. 2009), значительно обогатили наши знания о крупномасштабной структуре Вселенной. Благодаря сплошным обзорам неба красные смещения стали известны не только для гигантских, но и для большого числа карликовых галактик. Однако, обзоры в отдельных участках неба или узких полосах до красных смещений  $z \simeq 0.1-1.0$  оказались недостаточными для анализа структуры и кинематики мелкомасштабных образований типа Местной группы, поскольку в них терялось множество карликовых галактик из-за их низкой светимости. К примеру, в Слоановском обзоре среднее расстояние между галактиками с измеренными лучевыми скоростями составляет 9 Мпк, что превышает диаметр типичного скопления и на порядок больше размера типичной группы галактик. К примеру, плотность галактик с известными скоростями в хорошо изученном Местном Объёме на два порядка выше. Следовательно, разумная стратегия в изучении групп галактик состоит в создании репрезентативного каталога близких систем до красных смещений  $z \approx 0.01$  по всему небу.

Как показывают наблюдательные данные, большая часть галактик обитает в группах с количеством членов от двух до нескольких сотен и больше. Наша Галактика и её спутники не являются исключением, образуя группу с населением  $\sim 25$ ,

причём количество известных спутников с каждым годом становится все больше. Основные свойства Местной Группы и других ближайших, а, следовательно, и наиболее изученных групп, исследовались Karachentsev (2005). Благодаря своей распространённости, группы галактик вносят основной вклад в среднюю плотность вещества во Вселенной. Однако, согласно Karachentsev (2005), их вклад в плотность вещества в Местном Объёме составляет всего  $\Omega_M^{\text{loc}} \sim 0.1$  в единицах критической плотности, что существенно меньше средней плотности Вселенной  $\Omega_M \sim 0.28$  (Fukugita and Peebles 2004; Spergel et al. 2007). Столь большая разница может быть связана с малостью Местного Объёма, где статистика групп недостаточна или не покрывает всего разнообразия систем по их морфологии и структуре. Следовательно, важно определить среднюю плотность материи в большем объёме, где статистические флуктуации не вносят существенной неопределённости. Очевидный путь разрешения этой проблемы состоит в увеличении исследуемого объёма до размеров, включающих все Местное сверхскопление с его ближайшим окружением. Объём пространства размером 80 Мпк может считаться достаточно большим, чтобы дать хорошее приближение средних свойств Вселенной, несмотря на ожидаемую на этом масштабе 15% вариацию плотности от средней (Párai and Szapudi 2010).

Успешные попытки создания каталогов близких групп были сделаны в работах Vennik (1984, 1987); Tully (1987, 1988); Magtesyan (1988), где использовался иерархический метод дендрограмм, предложенный Materne (1978, 1979). Каталог и атлас групп галактик Tully насчитывает 179 пар и групп, выделенных среди 2367 галактик с радиальными скоростями менее  $3000 \text{ км с}^{-1}$ . Таким образом, примерно две трети галактик оказались членами кратных систем. Основываясь на оценках вириальных масс в этих системах, Tully определил нижний предел на среднюю плотность в изученном объёме равной  $\Omega_M^{\text{loc}} \simeq 0.08$ . Похожие оценки,  $\Omega_M^{\text{loc}} \sim 0.08$  и  $0.05$ , были получены Vennik (1987) и Magtesyan (1988), соответственно. Однако, другие авторы Huchra and Geller (1982); Maia et al. (1989), используя независимый подход, так называемый “friend of friend” алгоритм, получили в 3–5 раз более высокую оценку  $\Omega_M$ .

Как хорошо известно, количество тёмной материи на единицу светимости галактик возрастает от малых групп к богатым скоплениям. Однако, вириальные области скоплений содержат всего 5–10% от общего числа галактик, ещё пример-

но столько же объектов ассоциируется с невириализованными перифериями этих скоплений. Около половины галактик входит в группы типа нашей Местной группы, около четверти располагаются в рассеянных облаках, и всего 5–10% находятся в общем поле. При таком несколько условном и грубом разбиении, основной вклад в глобальную среднюю плотность материи дают именно группы галактик. Однако, характерные оценки массы групп отличаются у разных авторов более чем на порядок. Это обстоятельство подчёркивает необходимость дальнейших усилий по уточнению вириальных масс групп галактик, что имеет самое важное значение для космологии.

За последние десятилетия количество галактик с известными скоростями в объёме Местного Сверхскопления и его окрестностях возросло более, чем в четыре раза. Обновление наблюдательной базы данных о лучевых скоростях и появление однородного 2MASS фотометрического обзора галактик в ближнем-ИК по всему небу (Jarrett et al. 2003, 2000) открывают новые возможности по детальному изучению структуры и кинематики близких групп галактик. Ниже мы рассматриваем галактики с лучевыми скоростями относительно центроида Местной группы  $V_{LG} < 3500 \text{ км с}^{-1}$ . После исключения зоны сильного поглощения на галактических широтах  $|b| < 15^\circ$  мы зафиксировали в этом объёме 10403 галактики, к которым применили разработанный нами критерий выделения кратных систем. Свойства систем галактик с населённостью от четырёх и выше рассматриваются в разделе §4.6.

В разделе §4.4 будут рассмотрены только двойные галактики, поскольку именно эта выборка наиболее отчётливо иллюстрирует особенности использованного нами критерия. Двойные галактики являются наиболее простыми кратными системами. Они представляют первый шаг при переходе от изолированных галактик к скоплениям в иерархии систем галактик. Изучение пар важно для статистического анализа масс галактик и эволюции орбитальных параметров. Детальное изучение двойных галактик было предпринято Караченцев (1987), который составил каталог 603 изолированных пар галактик северного неба с компонентами ярче  $B = 15.7 \text{ mag}$  (обозначены в NED как KPG). Эти пары выделялись по условию изолированности относительно соседних в проекции галактик без привлечения данных о лучевых скоростях.

Триплеты галактик являются наименее населёнными представителями групп,

члены которых (в отличие от пар) совершают хаотические некеплеровские движения вокруг общего центра масс. Однако, если в тройной системе одна галактика доминирует по массе (светимости), то движения остальных двух могут рассматриваться как почти замкнутые кеплеровские движения спутников вокруг главного компонента. Это обстоятельство позволяет по-разному определять массу тройных систем, используя как вириальную, так и орбитальную (проеекционную) оценку массы. Первый список триплетов галактик был составлен Karachentseva et al. (1979). Он содержит 83 системы северного неба с компонентами ярче 15.7 mag, отобранные по условию локальной изолированности относительно соседних в проекции галактик. Позднее этот список был дополнен триплетами галактик южного неба (Karachentseva and Karachentsev 2000b), которые отбирались по аналогичному условию локальной обособленности. В базе данных NED эти тройные системы обозначены, соответственно, именами KTG и KTS. Характеристики тройных систем в Местном сверхскоплении рассматриваются в разделе §4.5.

В работе Karachentsev and Makarov (2008) было обращено внимание на большое количество пар, состоящих исключительно из карликовых галактик. Среди подобных систем встречаются галактики чрезвычайно низкой металличности, к примеру, известная система I Zw 18 и пара галактик HS 0822+3542a и SAO 0822+3545 (Chengalur et al. 2006). Большинство кратных карликовых галактик содержит молодое звёздное население, что проявляется в цвете и морфологии систем. Радио наблюдения подобных объектов показали, что в них есть большие запасы нейтрального водорода (Ekta et al. 2006). Tully et al. (2006), исследуя трёхмерное распределение близких галактик на шкале до 3 Мпк по высокоточным фотометрическим расстояниям, выделили системы карликовых галактик в окрестностях Местной Группы. Такие структуры, названные ассоциациями карликовых галактик, имеют отношения “масса-светимость” в диапазоне  $100\text{--}1000 M_{\odot}/L_{\odot}$  и содержат большое количество тёмной материи. Обнаружение пар карликовых галактик на масштабе Местного Сверхскопления указывает на распространённость подобных систем во Вселенной. Группы карликов будут рассмотрены в раздела §4.7.

Популяция изолированных галактик представляет большой интерес для проверки различных сценариев происхождения и эволюции галактик. Располагаясь в областях самой низкой плотности материи, изолированные галактики не подвергались заметному воздействию со стороны их близкого окружения. Предпола-

гаются, что на протяжении последних нескольких миллиардов лет эволюция этих объектов управлялась сугубо внутренними причинами по сценарию “closed box”. В этом смысле динамически обособленные галактики служат опорной выборкой при изучении влияния окружения на такие свойства галактики как морфология, химический состав и темпы звездообразования. Список наиболее изолированных галактик представлен в разделе §4.8.

## 4.1 Исходные наблюдательные данные

Основными источниками данных о лучевых скоростях, видимых величинах, морфологических типах и других параметрах галактик нам служили базы данных HyperLEDA<sup>1</sup> (Makarov et al. 2014) и NED<sup>2</sup>. Следует сразу отметить, что использование баз данных требует критического подхода. Обе базы содержат значительное количество “спама”. Достаточно типичным случаем является неверная идентификация объектов из-за опечаток или неточных координат, в особенности это справедливо для старых каталогов и наблюдений. Не умаляя важности и неизбежности массовых автоматизированных обзоров неба, наподобие 6dF или SDSS, заметим, что они порождают значительное количество ошибочных красных смещений. Видимые величины и лучевые скорости из обзора SDSS часто соответствуют отдельным узлам и ассоциациям в ярких галактиках, и это только вершина айсберга различных источников засорения баз данных. Сколь важна необходимость исключения астрономического “спама” видно из рисунка 4.1, на котором показано распределение галактик по красным смещениям,  $z$ , опубликованным в NED из обзора DEEP-2, основной целью которого было изучение далёких галактик на  $z \sim 1$ . Только этот автоматизированный обзор привносит более 700 ложных объектов с гелиоцентрическими лучевыми скоростями  $V_h \leq 300 \text{ км с}^{-1}$ . Мы учли и исправили, где было возможно, эти случаи, особенно существенные при отборе тесных пар галактик, что явилось наиболее тяжёлой и трудоёмкой частью нашей работы. Поскольку базы данных постоянно обновляются и на смену исправленным в них появляются все новые неверные данные, исправление ошибок приобретает бесконечный характер. Поэтому мы зафиксировали выборку исходных данных на

<sup>1</sup><http://leda.univ-lyon1.fr>

<sup>2</sup><http://nedwww.ipac.caltech.edu>

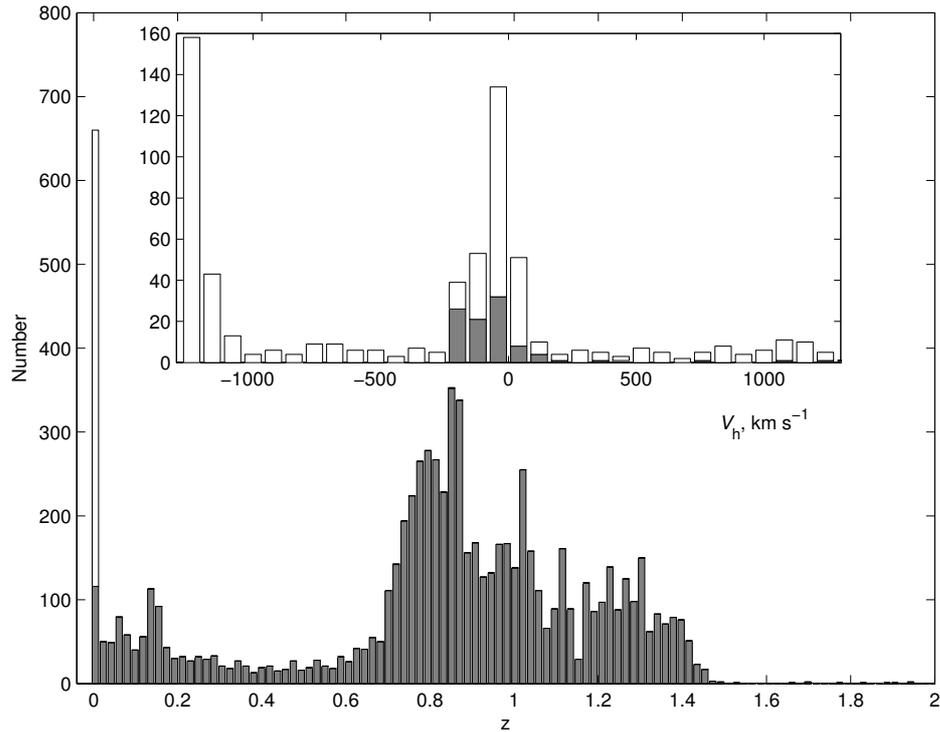


Рис. 4.1: Распределение галактик из спектрального обзора DEEP-2 по красным смещениям. Пик в окрестности  $z = 0$  показан на врезке в увеличенном масштабе по лучевым скоростям  $V_h$ . Объекты с  $V_h \leq 300 \text{ км с}^{-1}$  являются звёздами нашей Галактики или ошибками измерений. Белым цветом отмечены звезды, а серым — галактики, в соответствии с типом объекта в базе данных NED.

середины (июнь) 2006 года.

Вдобавок мы провели независимое отождествление HI-источников из обзора HIPASS в оптике, уточняя их координаты и определяя видимые величины и морфологические типы галактик (Karachentsev et al. 2008b). Множество карликовых галактик, особенно низкой поверхностной яркости, были просмотрены нами на цифровых изображениях DSS с целью определения их основных характеристик: голубой звёздной величины  $B_T$  и типа  $T$ . Типичная ошибка нашей визуальной оценки видимой величины галактики составляет  $\sim 0.5^m$ , а средняя погрешность определения типа около  $\pm 2$  в цифровой шкале, использованной Вокулером в каталоге RC3 (de Vaucouleurs et al. 1991).

Как известно, наилучшим индикатором звёздной массы галактики является её инфракрасная звёздная величина. Звёздная масса вносит основной вклад в барионную массу большинства, но не всех галактик. На поток в ближнем ИК-

диапазоне слабо влияет наличие в галактике пыли и молодых голубых звёздных комплексов. По этой причине, в качестве фотометрической основы мы взяли обзор всего неба 2MASS (Jarrett et al. 2000, 2003) в его наиболее длинноволновой  $K_s$ -полосе на  $\lambda = 2.16\mu m$ . Оценки звёздных величин галактик, сделанные в других оптических ( $B, V, R, I$ ) и ближних инфракрасных полосах ( $J, H$ ) мы переводили в  $K_s$ -величины, используя синтетические цвета галактик из работ Buzzoni (2005); Fukugita et al. (1995). Наибольшее количество фотометрических данных для галактик приходится на  $B$ -полосу. Основываясь на зависимостях между показателем цвета  $B - K$  и морфологическим типом, обсуждавшихся Jarrett et al. (2003); Karachentsev and Kutkin (2005), мы использовали следующие соотношения для среднего показателя цвета:

$$\langle B - K \rangle = \begin{cases} +4.10 & \text{для ранних типов, } T \leq 2, (E, S0, Sa), \\ 4.60 - 0.25T & \text{для промежуточных типов } T = 3-8, \\ +2.35 & \text{для поздних типов } T \geq 9 (Sm, Im, Irr). \end{cases} \quad (4.1)$$

Заметим, что из-за коротких экспозиций 2MASS обзор оказался нечувствительным к галактикам с низкой поверхностной яркостью и голубым цветом. Примерно для тысячи карликовых иррегулярных и сфероидальных галактик, обнаруженных Karachentseva and Karachentsev (1998, 2000a) в объёме Местного Сверхскопления, имеются только глазомерные оценки  $B$ -величины, преобразованные в  $K_s$ -величины по указанной выше рецептуре. Несмотря на отсутствие хорошей  $K_s$ -фотометрии, богатые газом dIrr-галактики имеют высокоточные лучевые скорости, измеренные по нейтральному водороду в линии 21 см, и являются важными “пробными частицами” для тестирования гравитационных потенциалов групп галактик. Необходимость перевода  $B$ -величин в  $K_s \sim 35\%$  галактик вносит заметную неопределённость в оценку светимости этих объектов, однако, так как это в основном применяется к карликовым галактикам низкой светимости, большие ошибки в оценке их интегральных величин практически не влияют на результаты кластеризации с помощью нашего алгоритма и не могут существенно изменить свойства групп.

Мы собрали все имеющиеся в NurretLEDA и NED измерения лучевых скоростей для галактик в Местном Сверхскоплении и его окрестностях. Ненадёжные и неточные измерения, а именно, с ошибкой измерения скорости, превышающей

75 км с<sup>-1</sup>, исключались из рассмотрения. В данных автоматических обзоров, таких как SDSS, 2dF и 6dF, были удалены измерения со скоростями < 600 км с<sup>-1</sup>, как вероятные случаи проекции звёзд Млечного Пути на далёкую галактику. Если для галактики имелось несколько измерений лучевой скорости, мы выбирали медианное значение, а ошибку скорости оценивали как дисперсию всех не отскакивающих измерений.

Необходимо отметить, что Местная Группа со всем известными членами исключалась из расчётов, так как алгоритм не использует информацию о реальных расстояниях и работает только с радиальными скоростями для кластеризации. Это делает невозможным оценку расстояний галактик в Местной Группе, что приводит к путанице с членством галактик в Местном Объёме.

Всего в нашей исходной выборке, очищенной от недостоверных и сомнительных случаев, содержится 10914 галактик с лучевыми скоростями в системе Местной группы  $V_{LG} < 3500$  км с<sup>-1</sup>, расположенных на галактических широтах  $|b| > 15^\circ$ . Для всех этих галактик определены видимые величины и морфологические типы. Чтобы не исказить процесс кластеризации на границах рассматриваемого объёма, также в расчётах мы использовали данные о галактиках, расположенных в пограничных областях с  $10^\circ < |b| < 15^\circ$  и в диапазоне скоростей  $3500 < V_{LG} < 4000$  км с<sup>-1</sup>, поскольку сюда могли попасть отдельные члены групп с большими вириальными скоростями. В результате, выборка полностью содержит Местное Сверхскопление (центр на  $V_{LG} \simeq 1200$  км с<sup>-1</sup>) с его дальними окрестностями, окружающими пустотами и отрогами соседних скоплений.

## 4.2 Два подхода к отбору кратных систем галактик

Для выделения групп галактик в выборке, ограниченной видимой звёздной величиной галактик или же расстоянием, были предложены различные алгоритмы. Все эти алгоритмы можно свести к двум основным классам: перколяции, использующий так называемый метод “friend of friend”, и таксонометрии, основанный на построении иерархического древа.

Применяя метод перколяции, Huchra and Geller (1982) объединяли галактики в группы по условию, чтобы проекции их взаимных линейных расстояний и разности лучевых скоростей были меньше пороговых значений  $R_c$  и  $V_c$ . При  $R_c = 0.52$  Мпк

и  $V_c = 600 \text{ км с}^{-1}$  они сгруппировали в CfA обзоре около 74% галактик и получили группы с характерным размером  $R_H = 1.1 \text{ Мпк}$ , дисперсией лучевых скоростей  $\sigma_v = 208 \text{ км с}^{-1}$  и средней вириальной массой  $\lg(\mathcal{M}_{\text{vir}}/\mathcal{M}_{\odot}) = 13.5$ . Этот метод применялся многими авторами к различным выборкам галактик. Недостатком метода является произвольность выбора двух параметров перколяции  $R_c$  и  $V_c$ , с вариацией которых сильно меняются характерные размеры и массы групп, а также процент галактик, входящих в группы. Отслеживая параметрами  $R_c$  и  $V_c$  некий средний контраст плотности числа галактик, перколяционный критерий упускает многие реальные группы в областях низкой плотности и кластеризует большие невириализованные агрегаты в областях повышенной плотности. Другой недостаток метода “friend of friend” проявляется в сильной зависимости параметров групп от их расстояния от наблюдателя,  $D$ . Многочисленные попытки ослабить эту зависимость путём введения переменных величин  $R_c(D)$  и  $V_c(D)$  приводили к субъективному произволу. Применение перколяции к галактикам 2MASS обзора (Crook et al. 2007) привело к выделению 1258 групп и 1710 пар галактик по относительному контрасту плотности  $\delta\rho/\rho = 80$ . В целом, члены групп и пар составляют 36% и 17% всей выборки. Группы с числом членов  $n \geq 5$  имеют характерный проекционный радиус около 1 Мпк, дисперсию лучевых скоростей  $\sim 200 \text{ км с}^{-1}$  и среднюю вириальную массу  $\lg(\mathcal{M}_{\text{vir}}/\mathcal{M}_{\odot}) \sim 13.5$ . При глубине рассмотренной 2MASS выборки  $D_{\text{max}} = 140 \text{ Мпк}$  вклад вириальных масс групп, выделенных перколяцией, составляет всего  $\Omega_M = 0.10 - 0.13$ . При рассмотрении списка этих групп возникают многочисленные вопросы. В частности, неясно, почему в пределах Местного сверхскопления наибольшая масса приходится на комплекс скоплений Eridanus+Fornax I, а не Virgo как центр Местного Сверхскопления.

Следуя другому, “таксонометрическому” методу, Tully (1987, 1988) и Vennik (1984) объединяли галактики в пары по максимальной величине отношения их светимости к кубу взаимного расстояния ( $L_{ik}/R_{ik}^3$ ). Затем такая пара заменялась на “частицу” с суммарной светимостью, и процесс поиска наиболее плотной пары, с  $\max(L_{ik}/R_{ik}^3)$ , повторялся. Завершался процесс созданием единого иерархического “дерева”, ветви которого объединяли всю рассматриваемую выборку галактик. Отсечение ветвей дерева на некоем уровне контраста объёмной светимости давало набор ветвей-групп, размеры и вириальные массы которых зависели от выбранного контраста плотности (светимости). Применяя метод дендрограмм, Tully (1987)

получил характерный проекционный радиус группы 0.32 Мпк, среднюю дисперсию лучевых скоростей  $\sigma_v = 100 \text{ км с}^{-1}$  и отношение вириальной массы к синей светимости  $\mathfrak{M}_{\text{vir}}/L_B = 95 \mathfrak{M}_{\odot}/L_{\odot}$ , которое оказалось существенно ниже среднего отношения для групп из списка Huchra and Geller (1982).

Практическое использование как метода перколяции, так и метода дендрограмм, игнорирует индивидуальные свойства галактик, рассматривая их как неразличимые частицы. Очевидно, что одни и те же пороговые величины  $R_c$  и  $V_c$  будут достаточны (и даже избыточны) для кластеризации пары карликовых галактик, но явно недостаточны, чтобы связать пару гигантских галактик. Такая неадекватность критерия приводит к систематическому искажению оценок вириальных масс.

### 4.3 Алгоритм кластеризации

Группирование галактик в небольшие системы можно осуществить с учётом индивидуальных свойств галактик, рассматривая две произвольные галактики как виртуальную связанную пару (Karachentsev 1994; Makarov and Karachentsev 2000). Следуя этому очевидному соображению, мы требуем, чтобы пространственная разность скоростей  $V$  у физической пары галактик и их пространственное взаимное расстояние  $R$  удовлетворяли условию отрицательности полной энергии

$$\frac{V^2 R}{2G\mathfrak{M}} < 1, \quad (4.2)$$

где  $\mathfrak{M} = \mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2$  — полная масса пары галактик, и  $G$  — постоянная тяготения. Однако, из наблюдений мы знаем только проекцию скорости  $V_r$  на луч зрения и проекцию расстояния  $R_{\perp}$  на картинную плоскость. Две галактики с очень малой разницей лучевых скоростей, но на большом расстоянии в проекции на небо могут удовлетворять условию (4.2), не являясь при этом физически связанными. Следовательно условие отрицательности полной энергии пары галактик, выраженное через наблюдаемые величины,

$$\frac{V_r^2 R_{\perp}}{2G\mathfrak{M}} < 1, \quad (4.3)$$

должно быть дополнено ограничением на максимальное расстояние между компонентами при их фиксированной массе  $\mathfrak{M}$ . Условие пребывания компонентов пары

внутри сферы “нулевой скорости” (Sandage 1986) имеет вид

$$\frac{\pi H_0^2 R_{\perp}^3}{8G\mathfrak{M}} < 1, \quad (4.4)$$

где  $H_0$  — постоянная Хаббла. Необходимо отметить, что оба условия (4.3) и (4.4) являются консервативными по отношению к факторам проекции, то есть использование в (4.3) и (4.4) проекционных взаимных скоростей и расстояний вместо пространственных не исключает истинные, физические пары. Однако, эти условия могут пропускать в каталог групп ложные (оптические) пары. Кроме того, квадрат разности лучевых скоростей  $V_r^2$  в паре должен быть скорректирован за ошибки измерения.

Наш алгоритм группирования галактик является фактически разновидностью перколяционного метода. Сперва мы выделяем все пары, удовлетворяющие условиям (4.3) и (4.4). Затем, все пары с каким-либо общим компонентом объединяются в группу. Если галактика оказывается спутником нескольких более массивных галактик, она присоединяется к наиболее массивному соседу. В частности, одна группа может оказаться подгруппой внутри более массивной структуры. В этом смысле наш алгоритм сочетает в себе преимущества и метода “friend of friend”, и иерархического подхода. На следующем шаге мы замещали галактики, образующие группу, на фиктивный объект суммарной светимости всех её членов и со средней лучевой скоростью. После этого мы повторяем все шаги, начиная с первого, до тех пор, пока хоть одна пара галактик будет удовлетворять критериям выделения. Хотя алгоритм основан на попарном сравнении индивидуальных галактик, на конечном шаге критерии выделения уже определяются свойствами всей группы как целого.

В алгоритме используется информация только о координатах, красных смещениях и звёздных величинах объектов. Расстояния до галактик определялись по закону Хаббла с  $H_0 = 73 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ . Масса оценивалась по интегральной светимости галактики в ближнем ИК диапазоне  $K_s$  и в предположении, что все галактики имеют одинаковые отношения “масса-светимость”

$$\mathfrak{M}/L_K = \kappa(\mathfrak{M}_{\odot}/L_{\odot}), \quad (4.5)$$

где  $\kappa$  — принято равным 6. Фактически, значение  $\kappa = 6$  является единственной более-менее произвольной безразмерной величиной в нашем алгоритме. Для

выбора наилучшего значения  $\kappa$  мы “тренировали” алгоритм кластеризации (4.3–4.5), применяя его к детальному трёхмерному распределению галактик в Местном Объёме, где членство галактик в группах известно по высокоточным измерениям расстояний. Karachentsev (2005) приводит список членов нескольких близких групп вокруг галактик, таких как Центавр А и М 81. К сожалению, как это было отмечено в разделе §4.1, из-за использования лучевой скорости в качестве индикатора расстояния, мы не можем тестировать алгоритм на наиболее изученной Местной Группе. Поэтому мы использовали другие близкие группы в Местном Объёме. Выбор  $\kappa = 6$  является компромиссом между потерей реальных членов и засорением групп ложными компаньонами. При  $\kappa \leq 4$  мы теряем значительное количество реальных членов, в то время как  $\kappa \geq 8$  приводит к появлению в группах сомнительных объектов. Более того,  $\kappa > 10$  приводит к объединению галактик в протяжённые и явно невириализованные агрегаты. При выбранной нами величине  $\kappa = 6$  карликовые спутники в известных близких группах располагаются, как правило, внутри сферы нулевой скорости вокруг массивных галактик этих групп.

## 4.4 Двойные галактики

Каталог пар галактик с описанием колонок вынесен в приложение В.1.

Доля галактик, входящих в двойные системы, в Местном Сверхскоплении и его окрестностях составляет 10%, что несколько меньше их обилия 12–17% по данным Crook et al. (2007); Huchra and Geller (1982); Magtesyan (1988);ourgoulhon et al. (1992). Распределение числа пар по средней лучевой скорости показано на рисунке 4.2. Медиана этого распределения соответствует  $2389 \text{ км с}^{-1}$ . Общая карта распределения центров пар на небе представлена в экваториальных координатах на рисунке 4.3. Зона сильного галактического поглощения выделена серой заливкой. Как видно из этой карты, а также из пространственного распределения в декартовых галактических координатах (рисунок 4.4), расположение центров пар не обнаруживает чёткой крупномасштабной структуры. Однако на мелких масштабах  $\sim 1 \text{ Мпк}$  имеет место избыточное ассоциирование пар друг с другом по сравнению с равномерно случайным распределением. Примером таких тесных пар из пар могут служить пары 21+22 или 194+195.

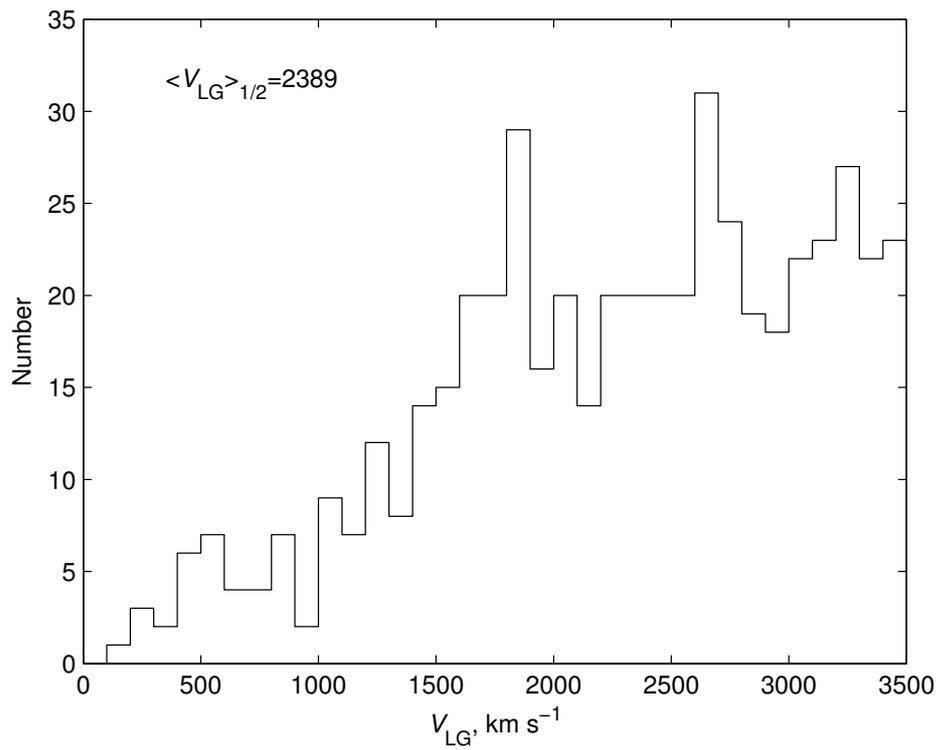


Рис. 4.2: Распределение пар по средней лучевой скорости относительно Местной группы.

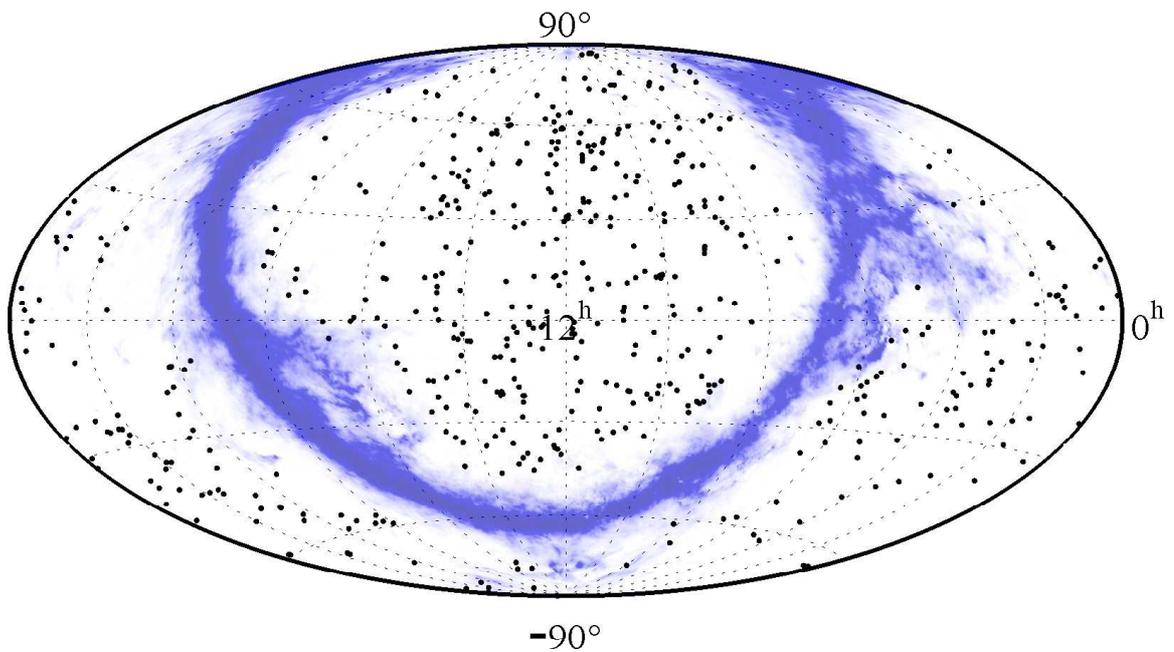


Рис. 4.3: Карта распределения пар в Местном сверхскоплении на небе в экваториальных координатах. Серая клочковатая полоса показывает область сильного галактического поглощения.

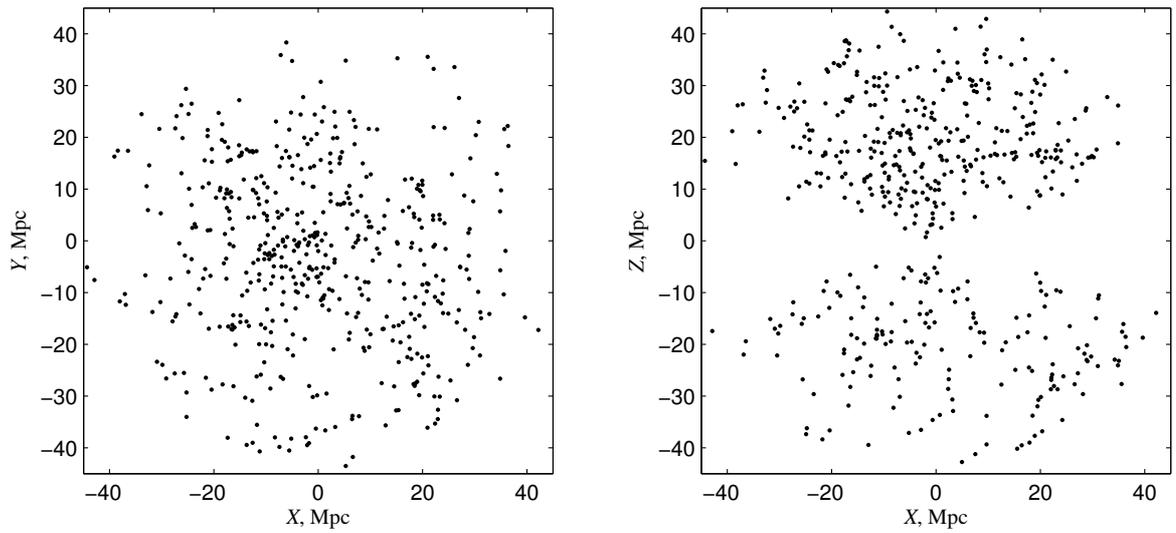


Рис. 4.4: Проекция в декартовых галактических координатах пространственного распределения пар в Местном сверхскоплении.

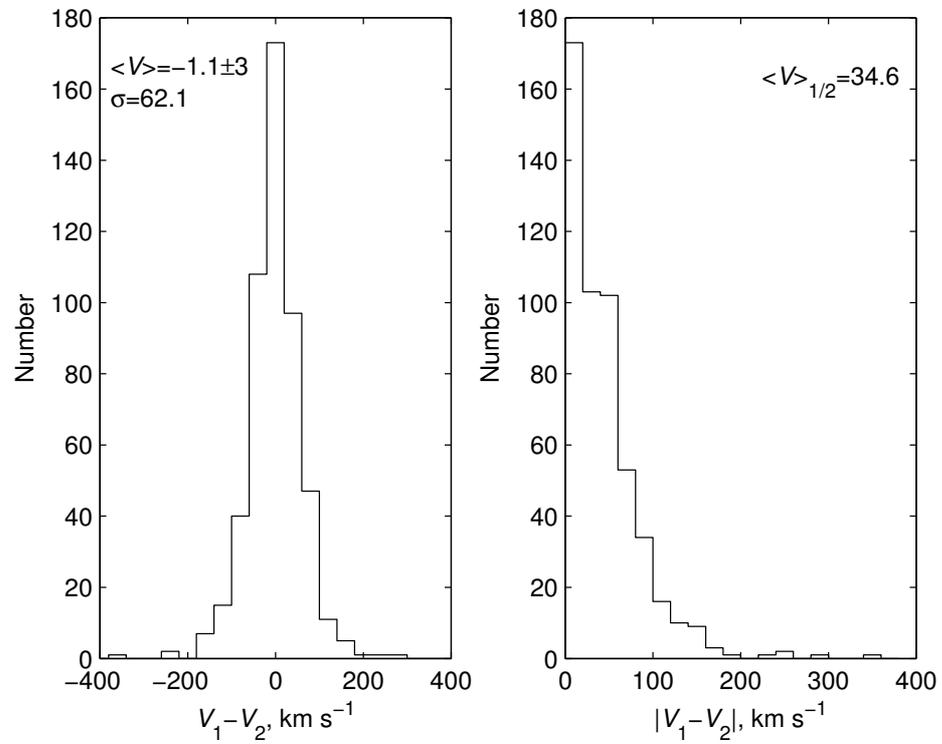


Рис. 4.5: Распределение разницы лучевых скоростей спутников относительно главного компонента пары.

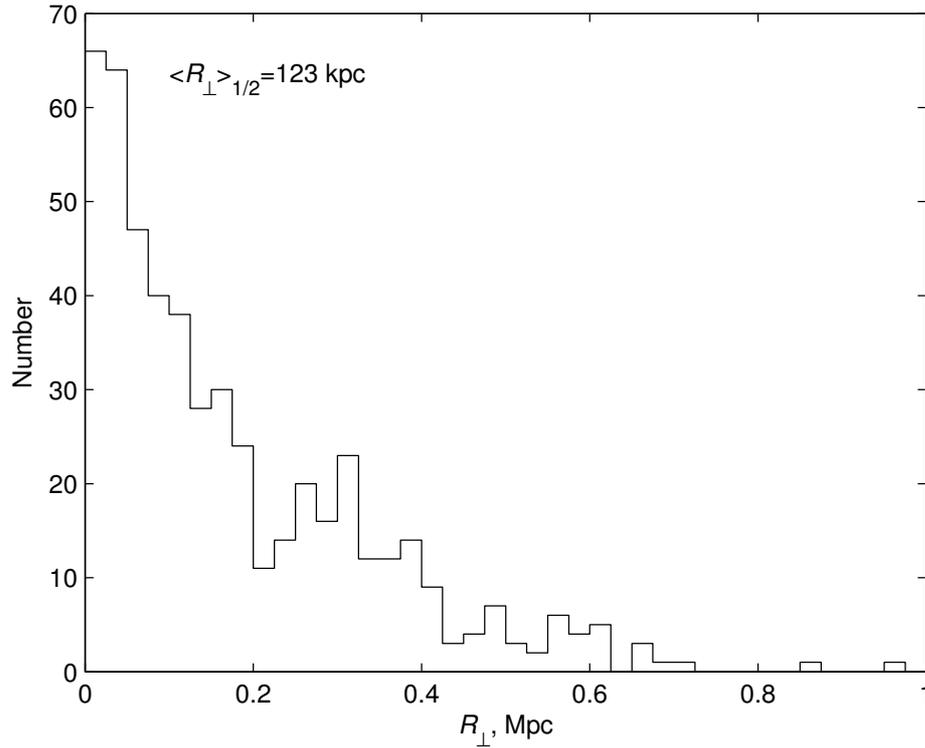


Рис. 4.6: Распределение пар Местного сверхскопления по проекции линейного расстояния между компонентами.

Рисунок 4.5 демонстрирует распределение разности лучевых скоростей спутника относительно главного компонента пары. Распределение имеет вполне симметричный вид со средней разностью  $-1 \pm 3 \text{ км с}^{-1}$ , что свидетельствует об отсутствии в нашей выборке избытка положительных скоростей, который обсуждался *Arg* (1982) для спутников M31 и других близких галактик. Средняя квадратичная разность скоростей у компонентов 509 пар составляет  $\sigma_v = 62 \text{ км с}^{-1}$ . При этом распределение оказывается гораздо более острым вблизи нуля, по сравнению с гауссовым. Отметим также, что у 60% пар ошибка измерения разности скоростей превышает саму разность. Несмещенные оценки орбитальной массы для таких пар оказываются отрицательными (не указаны в одиннадцатой колонке таблице В.1). С учётом искажающего влияния ошибок, истинное распределение на рисунке 4.5 должно иметь ещё более острый пик при нулевом значении разности. Подчеркнём, что для надёжной оценки средней массы пар, ошибки измерения лучевых скоростей их компонентов должны быть уменьшены в несколько раз.

На рисунке 4.6 приведено распределение 509 пар по проекции линейного расстояния между компонентами. Медиана распределения соответствует 123 кпк,

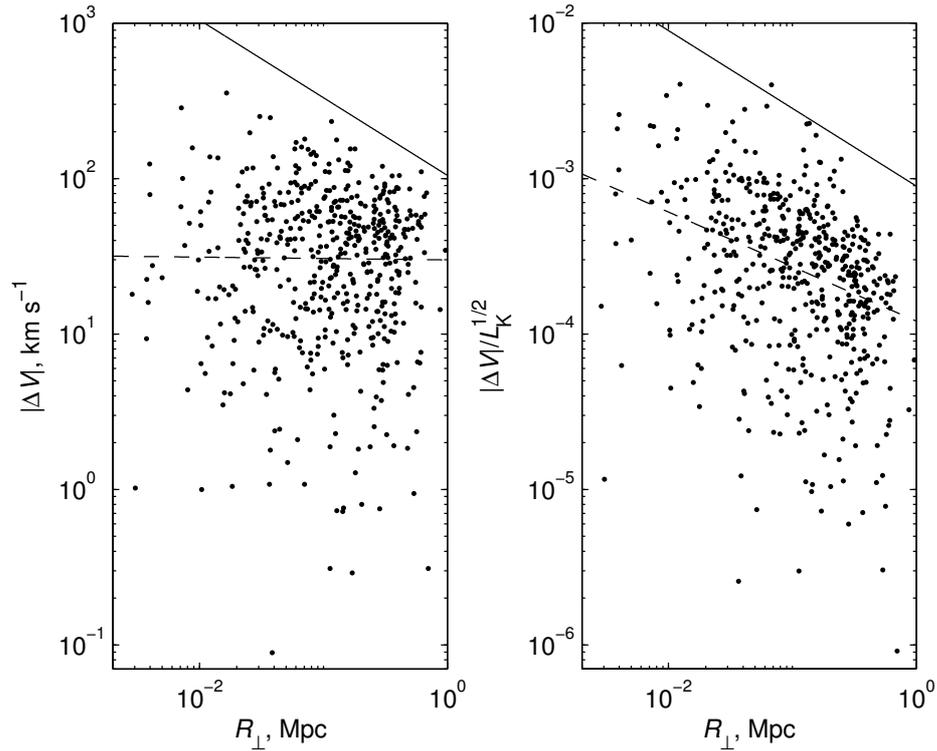


Рис. 4.7: Распределение пар Местного сверхскопления по разности лучевых скоростей и проекции взаимного расстояния.

среднее равно 177 кпк, а в самых широких парах взаимные расстояния компонентов достигают 1 Мпк. В целом, популяция двойных галактик хорошо обрисовывает линейный размер типичного тёмного гало в  $\Lambda$ CDM модели. Распределение  $N(R_{\perp})$  может быть представлено степенным законом с показателем  $\alpha = -1.1$ . Двумерное распределение пар по разности лучевых скоростей и проекции взаимных расстояний компонентов изображено на рисунке 4.7 в логарифмической шкале. Несмотря на сильное влияние факторов проекции, совокупность пар обнаруживает тенденцию уменьшения  $\Delta V$  с расстоянием между компонентами, но линия регрессии (пунктир) имеет наклон, очень близкий к нулю, что заметно отличается от кеплеровского (сплошная прямая). Эта огибающая прямая проведена сверху по значениям  $\Delta V = 121 \text{ км с}^{-1}$  и  $R = 750 \text{ кпк}$ , примерно отвечающим Андромеде и нашей Галактике как широкой паре галактик. Заметим, что нормировка  $\Delta V$  на суммарную светимость пары приближает наклон линии регрессии к кеплеровскому наклону.

На левой и правой панели рисунка 4.8 представлено распределение яркого (1) и слабого (2) компонентов пар по видимым (слева) и абсолютным (справа) вели-

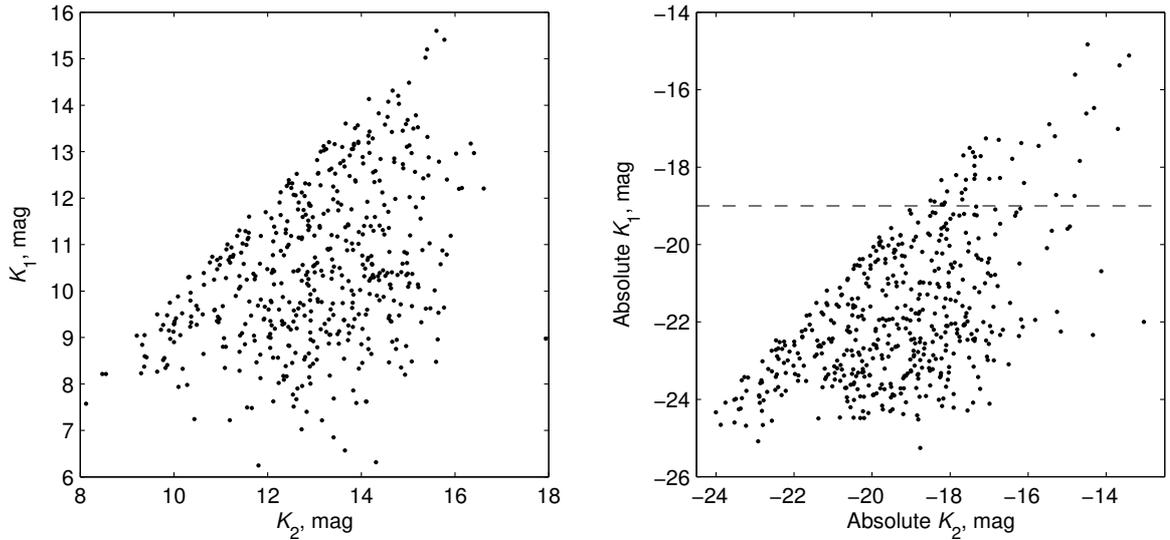


Рис. 4.8: Распределение яркого (1) и слабого (2) компонентов пар в Местном сверхскоплении по видимым (слева) и абсолютным (справа)  $K_s$ -величинам.

чинам в  $K_s$ -полосе. Оба распределения заполняют более или менее равномерно широкий сектор возможных значений в диапазоне до 10 звёздных величин. Около 40% пар имеют компоненты, различающиеся по светимости не более чем в 10 раз. Вместе с тем, встречаются галактики, например, NGC 3044, NGC 2683, NGC 3621, у которых карликовые спутники на  $7 \div 10$  звёздных величин слабее главной галактики. Особое наше внимание привлекают пары, расположенные в правом верхнем углу рисунка 4.8 (правый). Пунктирная линия на нем отмечает уровень  $M_K = -19.0$  (светимость SMC), над которым располагаются пары с обеими карликовыми компонентами. В области светимости слабее SMC находится 41 пара, подобная UGC 5272 и её спутнику (пара 159). Другим примером является пара BCD карликов низкой металличности SAO 0822+3545 и SDSS J0825+3532 (пара 113), исследованная Chengalur et al. (2006). Почти все эти парные карликовые системы богаты газом и содержат молодое голубое звёздное население. Средняя разность лучевых скоростей у компонентов этих пар всего  $25 \text{ км с}^{-1}$ , а медиана проекции взаимного расстояния равна 30 кпк (среднее 42 кпк). Такие пары голубоватых карликов со значительными запасами газа и активным звездообразованием могут быть особой разновидностью мелких кратных систем на стадии, близкой к слиянию компонентов. С другой стороны, наличие в Местном Объёме подобных групп, состоящих исключительно из карликовых галактик, было отмечено Tully et al. (2006). Подчеркнём, что старые перколяционные критерии оказывались

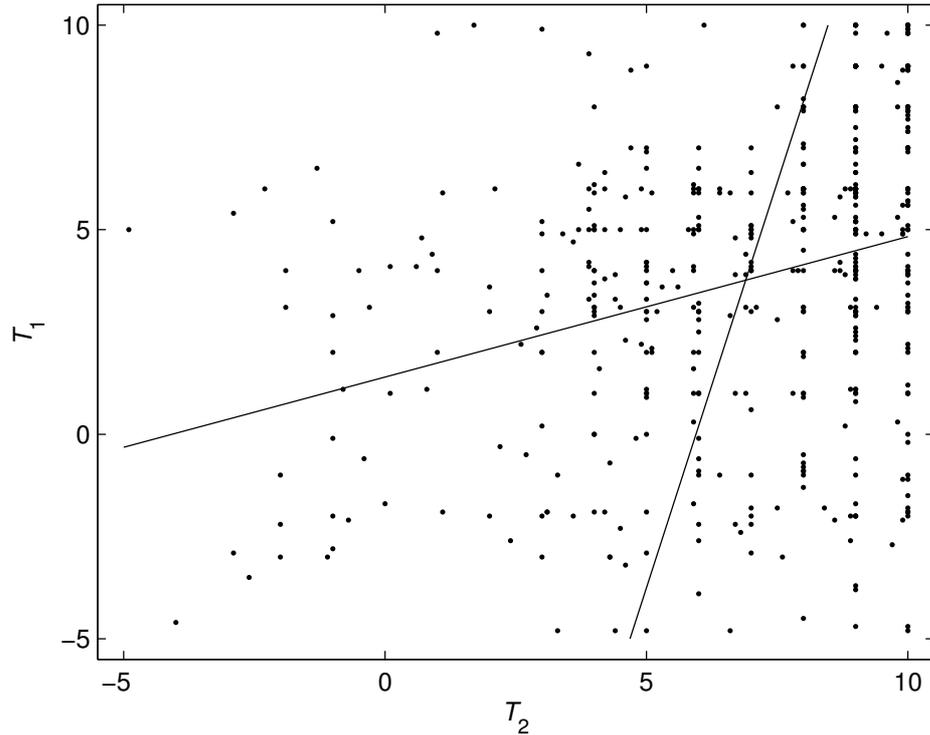


Рис. 4.9: Распределение пар Местного сверхскопления по типам яркого (1) и слабого (2) компонентов. Линиями показаны прямая и обратная регрессии.

нечувствительными к выявлению кратных карликовых систем. Их обнаружению способствовало углублённое изучение населения Местного Объёма, и применение более рафинированного алгоритма поиска групп. Очевидно, что перспективным методом исследования кинематики и эволюционного статуса карликовых пар и групп были бы их наблюдения в радиолинии HI с высоким угловым и спектральным разрешением.

На рисунке 4.9 приведено распределение 509 пар по морфологическим типам яркого (1) и слабого (2) компонентов. В среднем, главная галактика имеет более ранний тип,  $\langle T_1 \rangle = 3.8$ , чем её спутник  $\langle T_2 \rangle = 6.9$ , что легко объясняется известной корреляцией между светимостью и морфологическим типом галактик. Линии прямой и обратной регрессии на рисунке 4.9 показывают наличие слабой корреляции морфологических типов компонентов, что также может быть вызвано эффектом светимости.

Масса определялась выражением (Heisler et al. 1985)

$$\mathfrak{M}_p = \frac{16}{G\pi} \Delta V^2 R_{\perp}, \quad (4.6)$$

через разность лучевых скоростей компонентов и проекцию на небе их линейного

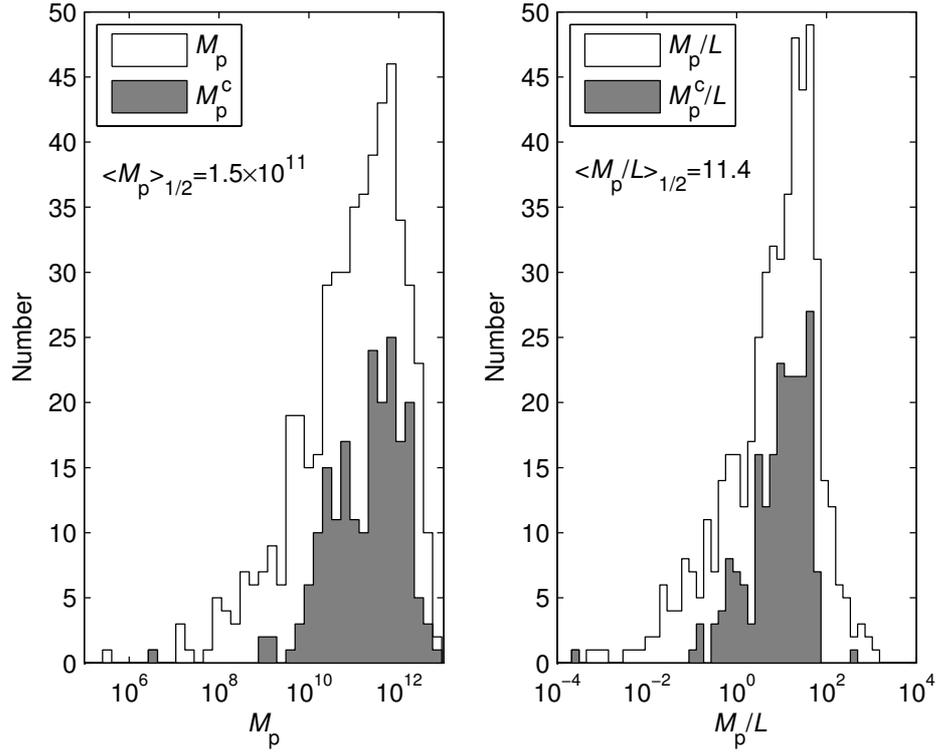


Рис. 4.10: Распределение пар Местного сверхскопления по оценкам орбитальной массы и отношения орбитальной массы к светимости.

взаимного расстояния. Расстояние до центра пары выражалось через среднюю лучевую скорость относительно центроида Местной группы при  $H = 73 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ . Рисунок представляет распределение пар галактик по оценкам орбитальной массы и отношения массы к светимости в солнечных единицах, сделанным согласно (4.6). Медианная масса пар составляет  $1.5 \times 10^{11} \mathcal{M}_\odot$ , а медианное отношение массы к светимости равно  $11.3 \mathcal{M}_\odot/L_\odot$ , что почти в два раза больше отношения  $\kappa = 6$ , принятого нами для индивидуальных галактик. Однако эти оценки массы являются статистически смещёнными оценками. Как мы уже отмечали, у более чем половины пар ошибки измерения разности лучевых скоростей превышают саму разность. Чтобы получить несмещённую оценку массы, нам необходимо заменить  $V_{12}^2$  в уравнении (4.6) на  $(V_{12}^2 - \sigma_1^2 - \sigma_2^2)$ . Тогда у 60% пар оценки массы становятся отрицательными, и медианное отношение массы к светимости также будет отрицательным,  $-3 \mathcal{M}_\odot/L_\odot$ . Распределения пар по оценкам  $\mathcal{M}$  и  $\mathcal{M}/L$ , скорректированным за ошибки измерения скоростей, выделены серым цветом, но на них представлены только пары в области положительных значений массы. Все эти данные иллюстрируют тот факт, что в современных оптических спектраль-

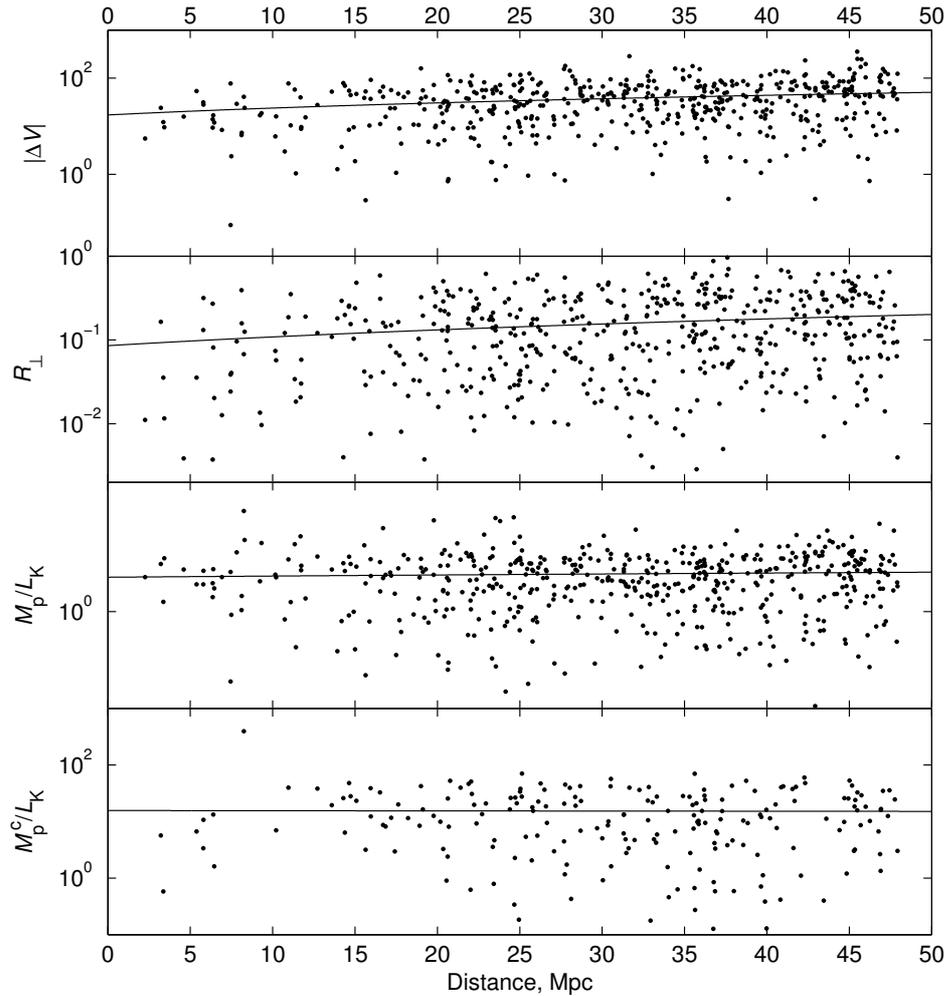


Рис. 4.11: Характеристические диаграммы, показывающие изменение свойств выделенных пар с расстоянием.

ных обзорах галактик (2dF, SDSS, 6dF) точность измерения лучевых скоростей с ошибкой  $\sim 50 \text{ км с}^{-1}$  совершенно недостаточна для надёжного определения средней массы пар. Очевидно, что необходимы специальные наблюдения двойных галактик с высоким спектральным разрешением, чтобы снизить ошибки скоростей до  $5\text{--}10 \text{ км с}^{-1}$ .

Рисунок 4.11 показывает, как меняется разность лучевых скоростей, проекционное расстояние между компонентами и отношение орбитальной массы к светимости у двойных галактик с их расстоянием от наблюдателя. Разумеется, относительное количество пар с обеими карликовыми компонентами в нашей выборке заметно падает к окраинам рассматриваемого объёма. Однако средние динамические характеристики ансамбля пар мало зависят от расстояния. Это обстоятельство снова демонстрирует преимущество использованного нами критерия, где

учитываются индивидуальные свойства галактик.

Наиболее детальное изучение двойных галактик было предпринято Караченцев (1987), который составил каталог 603 изолированных пар галактик северного неба с компонентами ярче  $B = 15.7^m$  (обозначены в NED как KPG). Эти пары выделялись по условию изолированности относительно соседних в проекции галактик без привлечения данных о лучевых скоростях. Позднее Reduzzi and Rampazzo (1995) использовали такой же критерий и выделили 409 пар на южном небе (обозначены в NED как RR). Условие изолированности способствовало выделению более тесных двойных систем с более яркими компонентами. Характерная глубина KPG-выборки составляет  $6350 \text{ км с}^{-1}$ , то есть значительно больше рассматриваемой здесь выборки в объёме Местного Сверхскопления. После учёта разнообразных эффектов селекции в каталоге изолированных пар, относительное число галактик в двойных системах было оценено как  $12 \pm 2\%$ . Будучи объектами на порядок более высокой светимости ( $\sim 1.3 \times 10^{11} L_{\odot}$  при переводе в  $K$ -полосу), KPG-пары отличаются большой разностью лучевых скоростей,  $\langle V_{12} \rangle = 120 \text{ км с}^{-1}$ . При среднем расстоянии между компонентами всего  $\langle R_{\perp} \rangle = 40 \text{ кпк}$ , изолированные пары имеют умеренное среднее отношение орбитальной массы к светимости  $\langle \mathfrak{M}/L_B \rangle = 7.8 \mathfrak{M}_{\odot}/L_{\odot}$  и почти не указывают на присутствие у них тёмного гало на этом масштабе.

Из нашего списка в пределы сравнительно хорошо изученного Местного Объёма попадает 16 пар. Там, где для компонентов близких пар измерены индивидуальные расстояния, их величины подтверждают пространственную близость членов пары. Однако, в случае галактик NGC 4449 и UGC 7577 (пара 281) их расстояния: 4.21 Мпк и 2.54 Мпк указывают на очевидную случайную близость этих галактик на луче зрения. Несмотря на малую разность лучевых скоростей ( $252 \text{ км с}^{-1}$  и  $240 \text{ км с}^{-1}$ ) и относительную изолированность ( $II = 2.3$ ), эти члены близкого облака CVnI не могут считаться обособленной физической парой.

Среди изолированных пар каталога KPG есть несколько известных близких пар, в частности, NGC 5194 + NGC 5195 (M51) и NGC 672 + IC 1727. Наш критерий (4.2)–(4.4) кластеризует эти галактики, однако переводит их статус из пар в группы ввиду наличия других карликовых спутников. Следует отметить, что свойства кратных галактик, выделяемых тем или другим критерием, выглядят в Местном Объёме несколько иначе, чем в глубоких выборках, из-за нарастающей

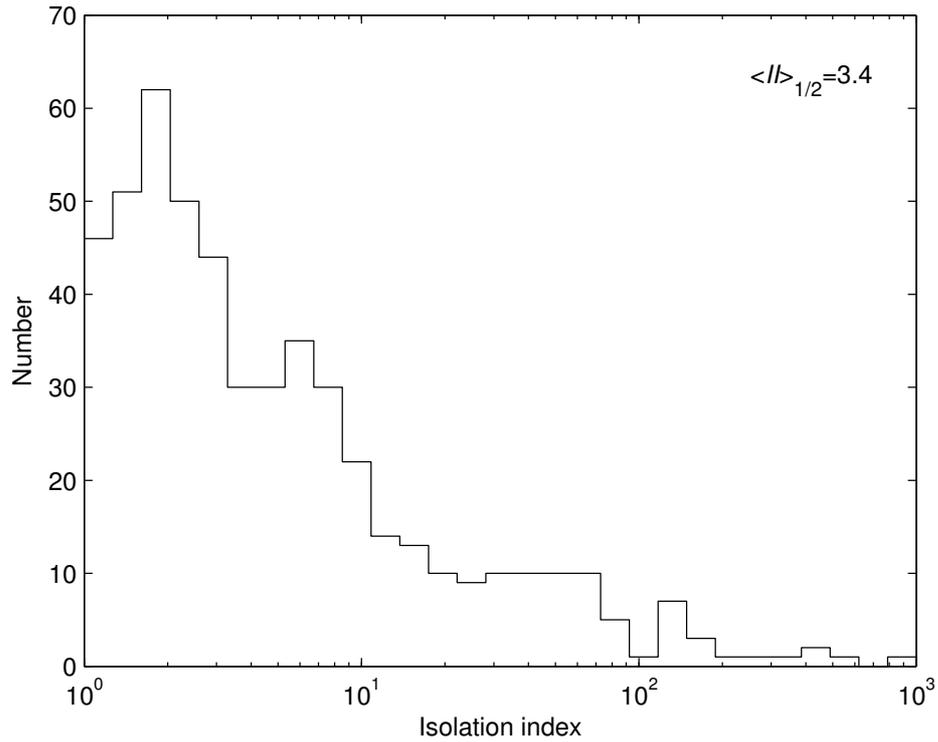


Рис. 4.12: Распределение пар Местного сверхскопления по индексу изолированности относительно окрестных галактик.

потери карликовых объектов с ростом расстояния. Вероятно, по этой причине относительное число галактик в двойных системах, 12–17%, в выборках с глубиной  $\sim 100$  Мпк оказывается несколько выше, чем в объёме Местного сверхскопления (10%) и в Местном Объёме (7%).

Представленные в нашем каталоге пары галактик были отобраны, не прибегая к условию их изолированности. Поэтому с обнаружением новых карликовых галактик в объёме Местного Сверхскопления, а также измерением лучевых скоростей у соседних с парой галактик, список пар будет пополняться новыми объектами, а некоторые пары будут переходить в категорию систем более высокой кратности. Несмотря на некоторую маргинальность нашего списка пар в таблице В.1, эта многочисленная выборка даёт достаточно правильное представление о кинематике самых мелких, простейших систем в объёме диаметром 95 Мпк. Среди рассматриваемых пар около 40% имеют безразмерный параметр  $II > 5$ , что позволяет считать их достаточно изолированными системами (рисунок 4.12). При медианной массе пары  $1.5 \times 10^{11} M_{\odot}$  и медианном расстоянии между компонентами в проекции на небо  $R_{\perp} = 123$  кпк, типичный контраст плотности у ансамбля наших пар составляет  $\Delta\rho/\rho_c \sim 500$  в единицах критической плотности. При таком

контрасте системы галактик могут считаться динамически обособившимися относительно хаббловского потока. С другой стороны, имея медиану модуля разности лучевых скоростей компонентов всего  $35 \text{ км с}^{-1}$  и медианную проекцию взаимных расстояний  $123 \text{ кпк}$ , типичная пара из нашего каталога характеризуется “временем пересечения”  $\sim 3.5 \times 10^9$  лет. Следовательно, за хаббловское время компоненты типичной пары успели совершить всего около четырёх оборотов вокруг общего центра масс.

Применение нового алгоритма кластеризации, который учитывает индивидуальные свойства галактик, привело к обнаружению неожиданно большого числа пар, состоящих из карликовых галактик. Многие компоненты этих систем, расположенных вдалеке от нормальных галактик, обладают большими запасами газа и характеризуются активным звездообразованием. Примеры таких бинарных карликовых систем, скажем I Zw 18, были известны давно. Среди них часто встречаются объекты с рекордно низкой металличностью (Ekta et al. 2006). В нашем списке триплетов галактик со скоростями  $V_{LG} < 3500 \text{ км с}^{-1}$  тоже встречаются тройные карликовые системы с голубыми компонентами. По ряду признаков, кратные системы карликовых галактик не отличаются от ассоциаций близких карликов, описанных Tully et al. (2006). Ближайший представитель этой популяции находится прямо на границе Местной группы и включает NGC 3109, Sex A, Sex B и Antlia. Взаимные скорости у компонентов этих “тёмных групп” составляют всего  $\sim 10 \text{ км с}^{-1}$ , то есть сравнимы с ошибками измерения скоростей. Эволюционный статус кратных карликовых галактик остаётся пока совершенно неясным. Согласно данным численного моделирования Bekki (2008), эволюция таких карликовых систем с протяжёнными газовыми оболочками может управляться процессом их последовательного слияния с возбуждением вспышек звездообразования. Нам представляются весьма перспективными массовые наблюдения их в линии  $21 \text{ см}$  на радиотелескопах апертурного синтеза с разрешением  $\sim 1 \text{ км с}^{-1}$ . Свойства групп, состоящих исключительно из карликовых галактик, рассмотрены в разделе §4.7.

## 4.5 Триплеты галактик

Каталог тройных галактик с описанием колонок вынесен в приложение В.2.

Распределение тройных систем по расстоянию от наблюдателя имеет прибли-

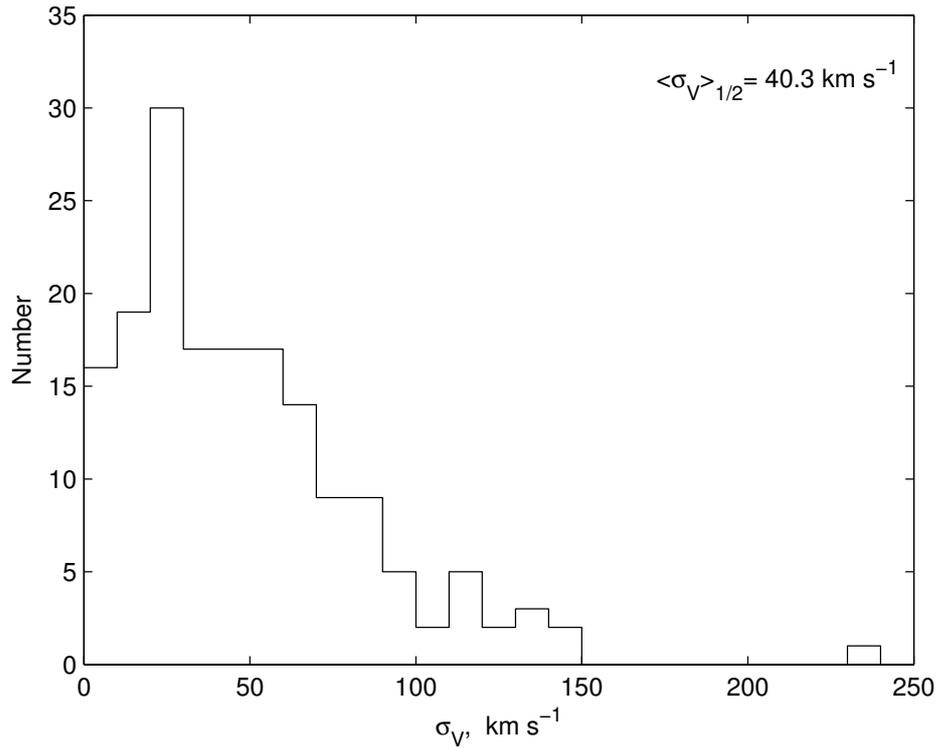


Рис. 4.13: Распределение тройных систем галактик по дисперсии лучевых скоростей компонентов.

зительно такой же вид, что и двойных галактик с медианной скоростью  $\langle V_{LG} \rangle_{1/2} = 2358 \text{ км с}^{-1}$  против  $2389 \text{ км с}^{-1}$  у пар. Дисперсия лучевых скоростей у триплетов заключена в диапазоне  $\sigma_v < 250 \text{ км с}^{-1}$  с медианой  $40 \text{ км с}^{-1}$  (рисунок 4.13). Однако, вид распределения  $N(\sigma_v)$  сильно искажён ошибками измерения лучевых скоростей. После квадратичного вычитания ошибок, медианная дисперсия лучевых скоростей в триплетах уменьшается до  $24 \text{ км с}^{-1}$ . Почти у половины всех триплетов (44%) дисперсия лучевых скоростей меньше ошибок измерения, что делает оценки массы для них практически неопределёнными.

На рисунке 4.14 представлено распределение тройных систем по среднему гармоническому радиусу в проекции на картинную плоскость. Медиана гармонического радиуса,  $155 \text{ кпк}$ , близка к характерному радиусу тёмного гало в стандартной космологической модели.

Рисунок 4.15 демонстрирует кинематические особенности тройных систем галактик. На левой его панели дисперсия лучевых скоростей показывает слабую отрицательную корреляцию с гармоническим радиусом триплета. Степень корреляции заметно возрастает в случае дисперсии скоростей, нормированной на суммарную светимость триплета (средняя панель). На правой панели сопоставлены

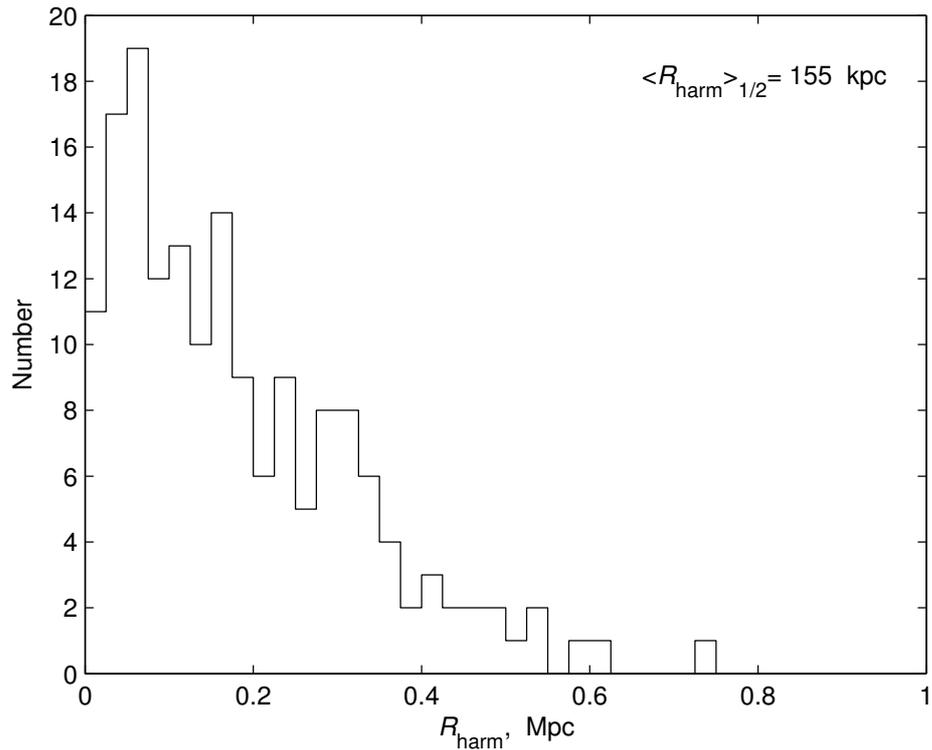


Рис. 4.14: Распределение тройных систем галактик по среднему гармоническому радиусу.

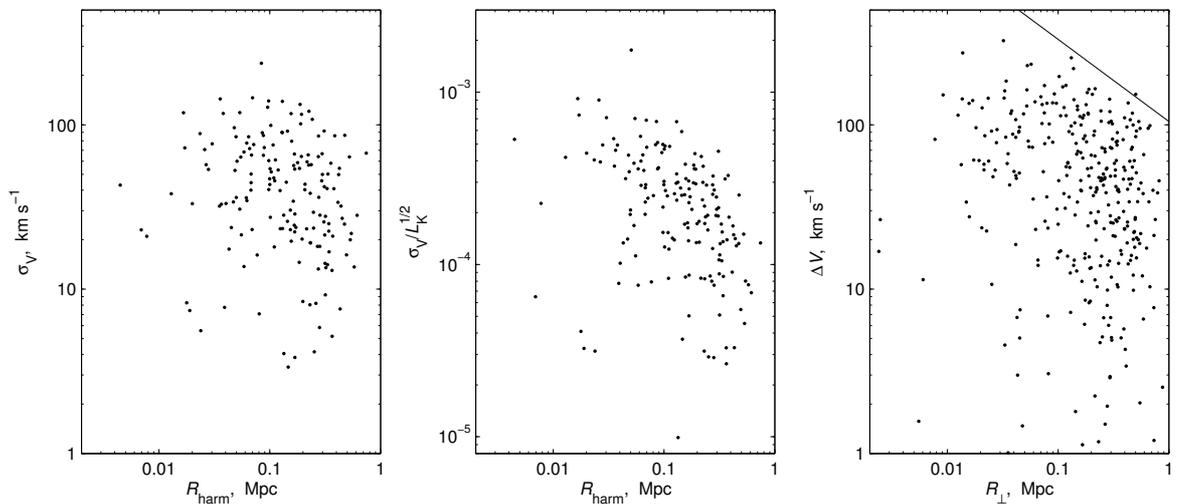


Рис. 4.15: Соотношение между кинематическими особенностями тройных систем: (левая панель) между дисперсией скоростей и гармоническим радиусом триплета; (средняя панель) между дисперсией лучевых скоростей, нормированной на суммарную светимость триплета, и гармоническим радиусом; (правая панель) между разностью лучевых скоростей компонентов и проекционным расстоянием между ними. Прямая линия в правом верхнем углу соответствует случаю широкой пары, как наша Галактика и М 31.

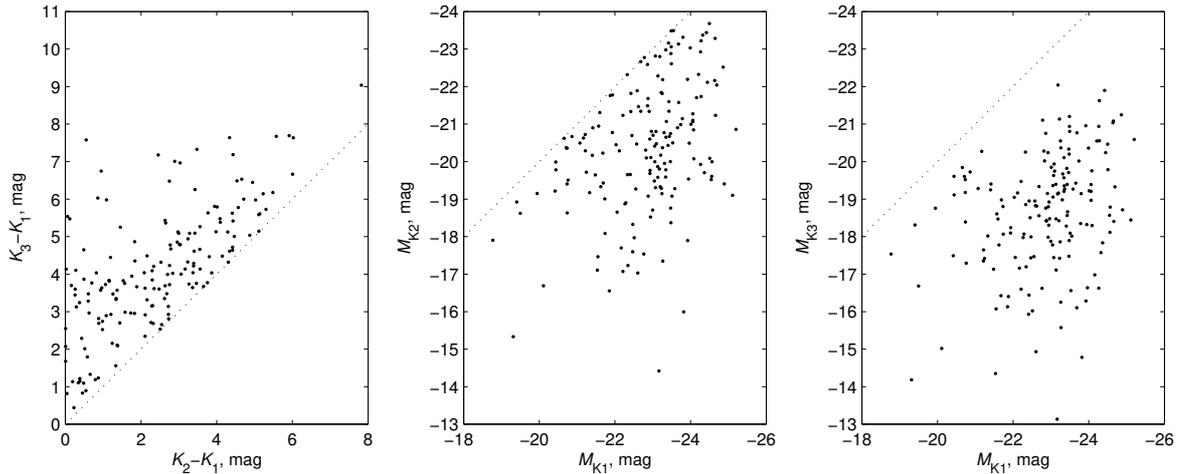


Рис. 4.16: Распределение галактик в триплетах по звёздным величинам в  $K$ -полосе. Индексы 1, 2 и 3 обозначают последовательность компонентов по их светимости.

проекционные расстояния спутников и разности их лучевых скоростей, относительно главной, самой яркой галактики триплета. Прямая линия на рисунке соответствует верхнему пределу для широкой пары типа М 31 и нашей Галактики с  $\Delta V_{12} = 121 \text{ км с}^{-1}$  и  $R_{12} = 750 \text{ кпк}$ .

Распределение галактик в тройных системах по звёздным величинам представлено на трёх панелях рисунка 4.16. Как следует из левой панели, разности видимых  $K_s$ -величин второго и третьего компонента относительно главного члена триплета распределены более-менее равномерно в широком диапазоне от 0 до (6–7) mag. Любопытно, что в нашу выборку триплетов попала галактика NGC 3521 (триплет 74), которая присутствует в каталоге изолированных галактик Караченцевой (Karachentseva 1973) под номером KIG 461. Обзор близких карликовых галактик Karachentsev et al. (2000); Huchtmeier et al. (2001) обнаружил у NGC 3521 два физических спутника с видимыми величинами на 7.8 и 9.0 mag слабее главного компонента. Будучи на проекционном расстоянии от NGC 3521 около 100 кпк, оба очень слабых спутника не нарушают динамической изолированности главной галактики. На средней и правой панелях рисунка 4.16 показаны распределения по абсолютным величинам второго и третьего компонента в зависимости от яркости главной галактики, соответственно. В среднем, второй компонент триплета слабее главного на 2.5 mag, а третий — на 4.0 mag, то есть около 90% светимости типичного триплета сосредоточено в его главном компоненте.

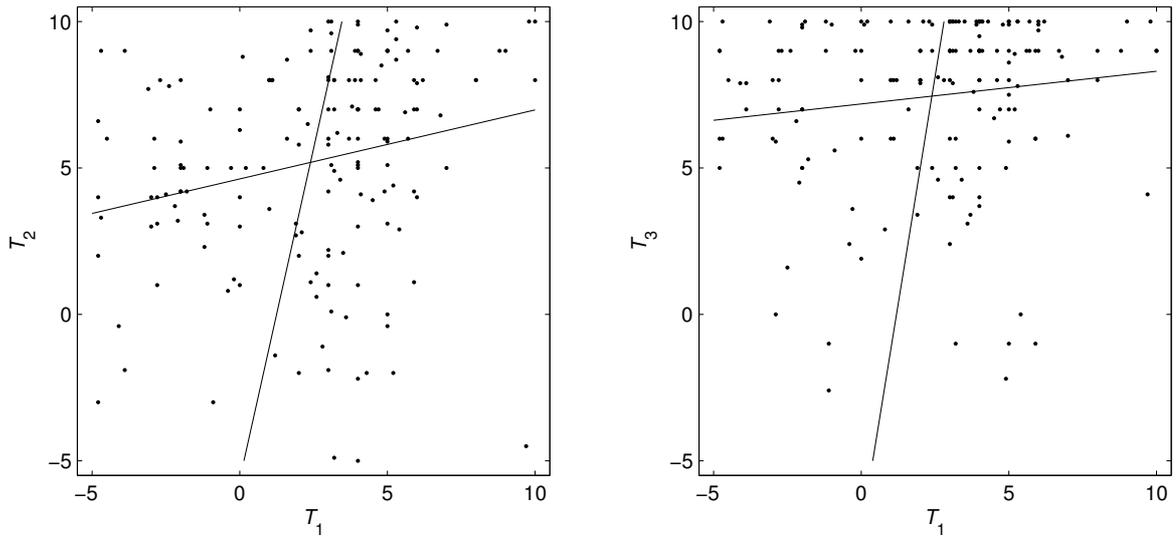


Рис. 4.17: Соотношение между морфологическими признаками главной галактики триплета (1) и её спутников (2 — среднего и 3 — слабого по светимости). Прямыми линиями показаны прямая и обратная регрессии.

Широкий диапазон отношения светимости компонентов показывают также и двойные галактики (Karachentsev and Makarov 2008), выделенные в том же самом объёме Местного Сверхскопления. Среди них мы отмечали популяцию пар, оба компонента которых являются карликовыми иррегулярными галактиками. Как правило, эти парные карлики отличаются малой разницей лучевых скоростей и большим обилием нейтрального водорода. Такие системы часто имеют общую HI-оболочку. Подобные объекты встречаются и среди триплетов (31, 43, 71, 130, 136, 142), но их относительное число не так велико, как среди двойных галактик. Отметим также, что главный компонент тройной системы имеет медианную абсолютную величину  $-23.0$  mag, тогда как главный компонент двойной системы имеет медиану  $M_K = -22.4$  mag. Поскольку селекция пар и триплетов проводилась в одном и том же объёме, мы можем заключить, что более высокая светимость главной галактики благоприятствует наличию у неё ещё одного спутника.

Распределение главных компонентов триплетов и его спутников по морфологическим типам показано на двух диаграммах рисунка 4.17. Между морфологическими типами компонентов наблюдается слабая положительная корреляция. Медианные значения типа у первого, второго и третьего по яркости компонентов равны соответственно 3.1 (Sb), 6.0 (Sc) и 8.0 (Sd). Заметим, что в парах галактик медианные морфологические типы главного компонента и его спутника составля-

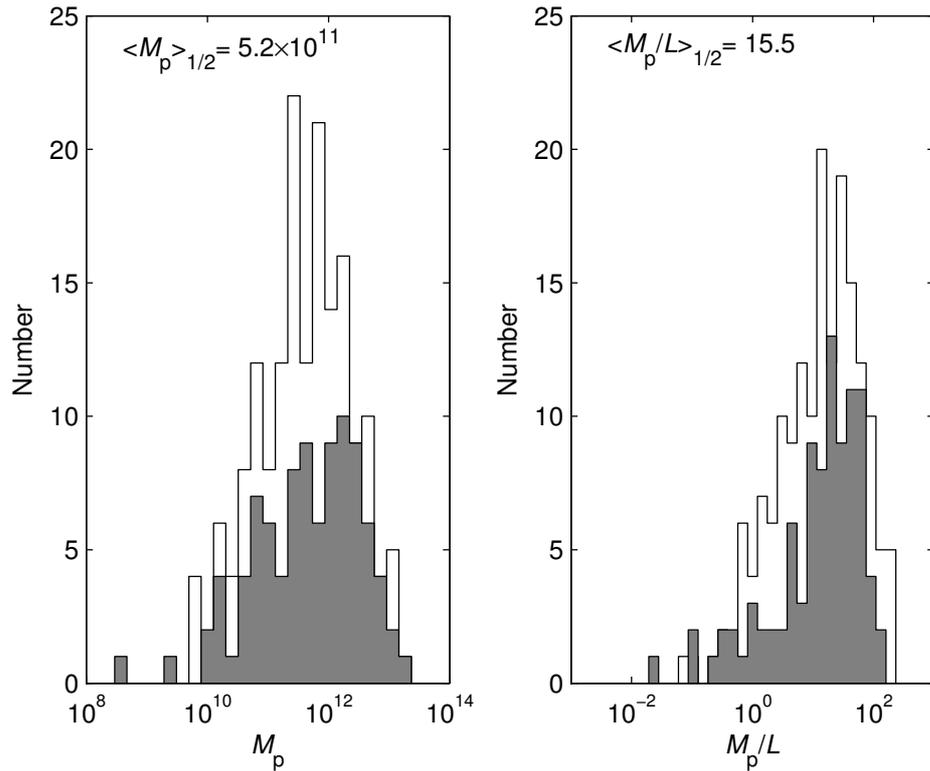


Рис. 4.18: Распределение тройных систем галактик по оценкам проекционной массы (слева) и отношению проекционной массы к светимости (справа) в логарифмическом масштабе. Серым цветом показано распределение несмещенных оценок массы, исправленных за ошибки измерения лучевых скоростей.

ют 3.8 и 6.9 в той же цифровой шкале Вокулера RC3 (de Vaucouleurs et al. 1991). Указанные морфологические различия компонентов кратных систем, вероятно, обусловлены наличием известной корреляции между светимостью галактики и её морфологическим типом.

Как следует из рисунка 4.18, распределение триплетов по логарифму проекционной массы (левая панель) имеет вполне симметричный вид с медианой  $5.2 \times 10^{11} \mathcal{M}_{\odot}$ . Соответствующее распределение отношения проекционной массы к полной  $K_s$ -светимости триплетов (правая панель) характеризуется медианой  $15.5 \mathcal{M}_{\odot}/L_{\odot}$ . Однако эти оценки  $\mathcal{M}_p$  и  $\mathcal{M}_p/L_K$  являются завышенными, поскольку получены без учёта ошибок измерения лучевых скоростей. Как мы уже отмечали, у 44% триплетов ошибки скоростей превышают дисперсию лучевых скоростей, что формально приводит к отрицательным оценкам массы. Сохраняя только тройные системы с положительными несмещенными оценками массы  $\mathcal{M}_p^c$ , мы получаем распределения (показаны серым цветом) с медианами, соответственно,  $5.3 \times 10^{11} \mathcal{M}_{\odot}$

и  $18.4 \mathcal{M}_{\odot}/L_{\odot}$ . Разумеется, игнорирование случаев  $\mathcal{M}_p^c < 0$  также приводит к статистическому смещению (завышению) средней массы триплета. Как и в случае двойных галактик Местного Сверхскопления, мы вынуждены констатировать, что низкая точность измерения лучевых скоростей у многих галактик не позволяет пока сделать надёжную оценку средней массы триплетов.

Рисунок 4.19 показывает, как меняются основные характеристики выборки тройных систем с расстоянием до них. Мы видим тенденцию небольшого роста дисперсии скоростей, гармонического радиуса и светимости триплета с расстоянием. При этом среднее отношение проекционной массы к светимости остаётся практически постоянным, что свидетельствует о преимуществе нашего критерия для выделения кратных систем по сравнению с другими критериями, которые приводят к сильным эффектам селекции с увеличением глубины выборки.

Изолированные тройные системы северного и южного неба (KTG (Karachentseva et al. 1979) и KTS (Karachentseva and Karachentsev 2000a)) отбирались среди галактик ярче фиксированной видимой величины по условию локальной обособленности относительно соседних в проекции галактик. По сравнению с нашей новой выборкой, ограниченной расстоянием галактик, это условие способствовало выделению более компактных тройных систем с компонентами более высокой светимости. Общее число KTG+KTS систем,  $N=159$ , лишь немногим уступает числу триплетов нашей выборки в Местном Сверхскоплении. Из-за существенного различия по условиям отбора и по глубине, обе выборки имеют всего 6 общих триплетов:  $15=KTS$  22,  $36=KTS$  36,  $45=KTG$  23,  $130=KTS$  52,  $147=KTS$  60 и  $166=KTG$  80. При формировании выборки KTG+KTS лучевые скорости галактик не принимались во внимание. Измерения лучевых скоростей у KTG+KTS галактик показали, что значительная часть этих тройных систем ( $\sim 40\%$ ) содержат случайные (оптические) компоненты, наличие которых завышает дисперсию лучевых скоростей в системе и её вириальную массу. После исключения систем с оптическими компонентами, выборка KTG+KTS триплетов характеризуется следующими медианными параметрами: дисперсией лучевых скоростей  $\sigma_v = 96 \text{ км с}^{-1}$ , гармоническим радиусом  $R_h = 54 \text{ кпк}$ , логарифмом вириальной массы  $\lg(\mathcal{M}_{\text{vir}}/\mathcal{M}_{\odot}) = 12.3$  и отношением вириальной массы к светимости  $\sim 50 \mathcal{M}_{\odot}/L_{\odot}$  в синей  $B$ -полосе.

Большинство тройных систем галактик в выборке Местного Сверхскопления не являются изолированными триплетами. Как следует из рисунка 4.20, медианный

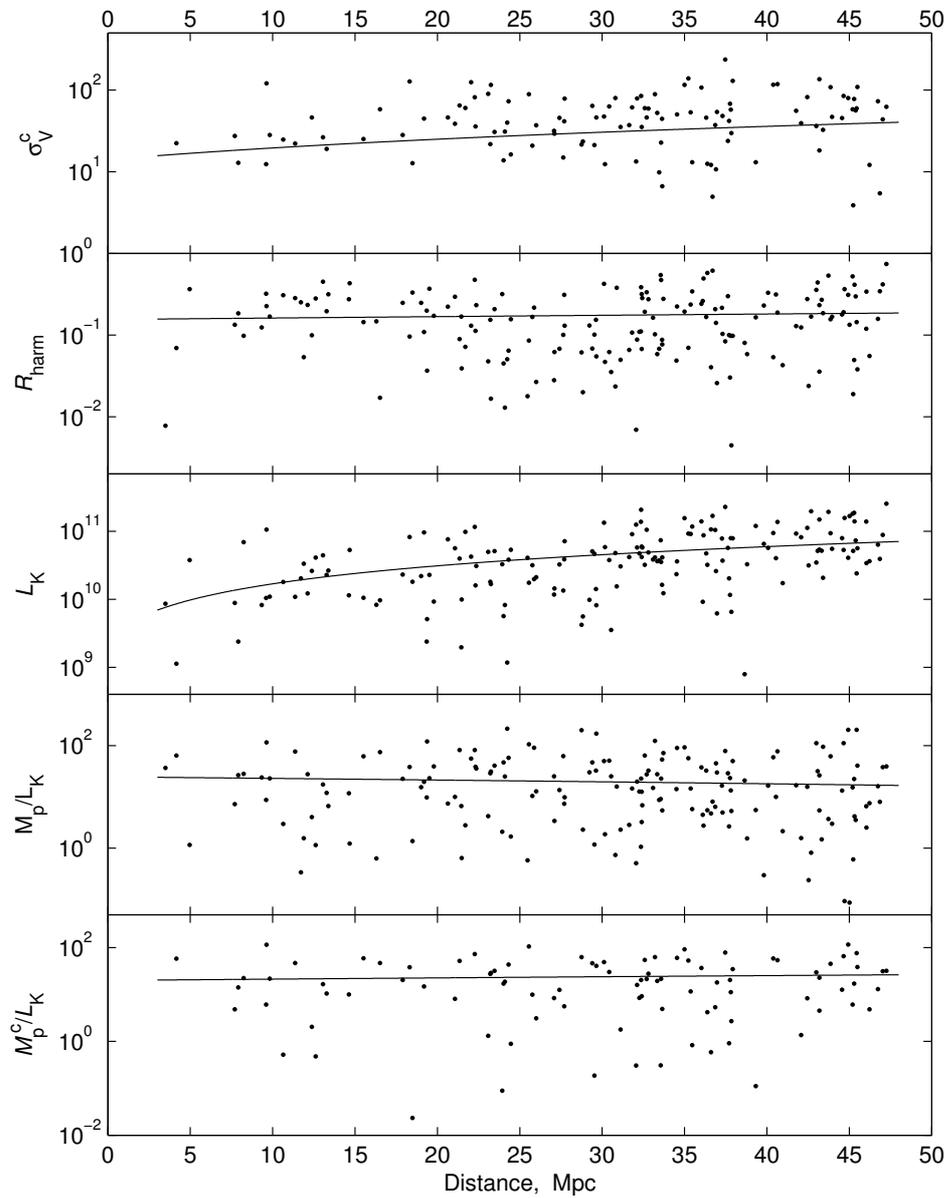


Рис. 4.19: Изменение различных параметров тройных систем с расстоянием до наблюдателя. Линии показывают ход соответствующих робастных регрессий.

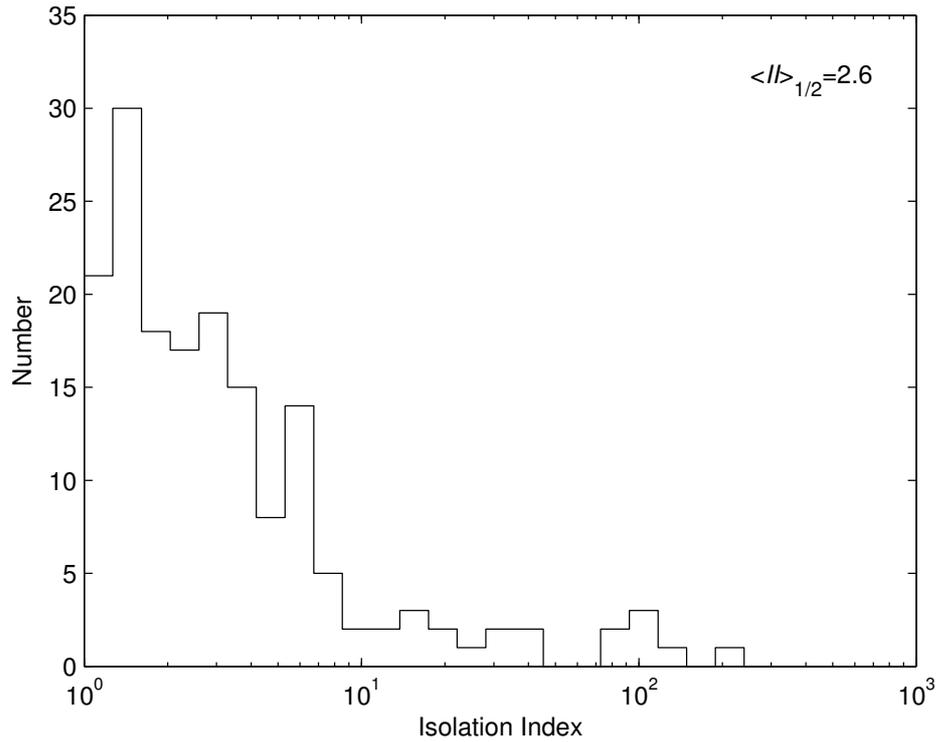


Рис. 4.20: Распределение тройных систем галактик по индексу изолированности.

индекс изолированности у них составляет всего 2.6, против 3.4 у двойных галактик в этом же объёме. Только 46 из 168 триплетов (27%) имеют  $II > 5$ , при котором их можно считать относительно изолированными системами.

Среди 168 триплетов таблицы В.2 семь систем (24, 31, 44, 74, 105, 166 и 167) располагаются внутри сравнительно хорошо изученного Местного Объёма, ограниченного расстоянием  $D = 10$  Мпк. Эти объекты характеризуются несколько меньшим индексом изолированности (медиана 1.9), меньшей интегральной светимостью (медиана  $\lg L_K/L_\odot = 10.0$ ) и дисперсией лучевых скоростей (медиана  $21 \text{ км с}^{-1}$ ). В тех случаях, когда у компонентов триплетов измерены индивидуальные расстояния (Karachentsev et al. 2004), их величина подтверждает членство галактик в единой системе.

Необходимо заметить также, что некоторые близкие триплеты, попавшие в список изолированных систем, например, триплет во Льве (NGC 3379/84/89), перешли в категорию групп более высокой населённости после обнаружения у них новых карликовых спутников.

Представленный список тройных систем галактик в Местном сверхскоплении и его близких окрестностях включает в себя 504 галактики. Это составляет 5% от общего числа галактик в объёме  $V_{LG} < 3500 \text{ км с}^{-1}$  и  $|b| > 15^\circ$ , что в два раза меньше

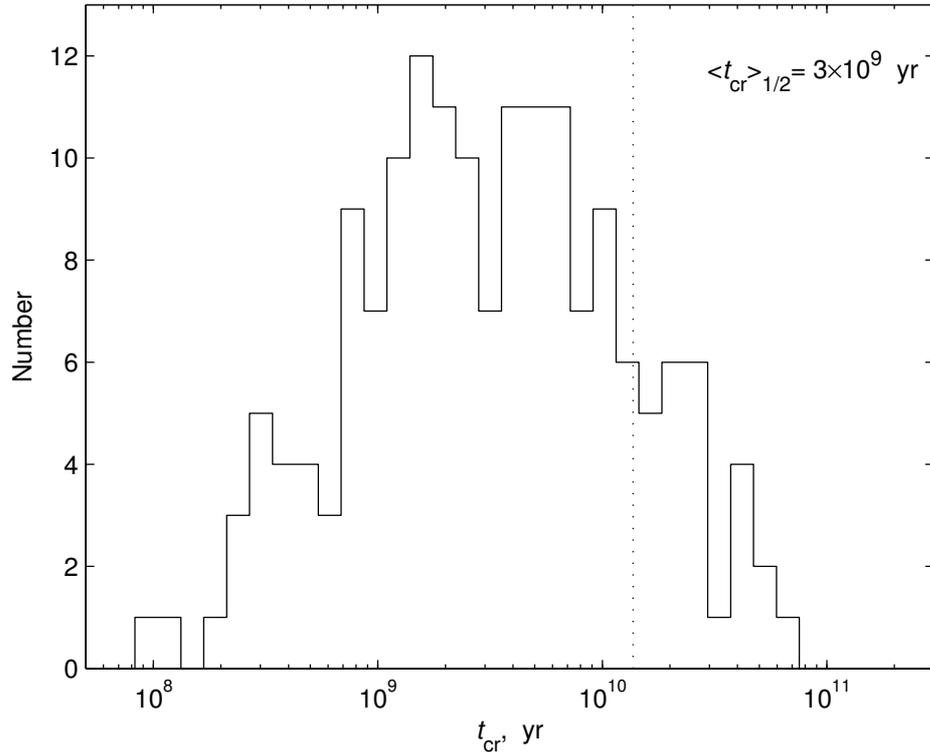


Рис. 4.21: Распределение тройных систем по “времени пересечения”. Пунктирная линия отмечает возраст Вселенной, равный  $13.7 \times 10^9$  лет.

относительного числа двойных галактик (10%) в данном объёме. По сравнению с выборкой более далёких изолированных триплетов KTG и KTS, тройные системы в Местном Сверхскоплении имеют в среднем в три раза большие линейные размеры, в два раза меньшую дисперсию скоростей и в три раза меньшую интегральную светимость. Эти различия вполне объяснимы, как следствие разных условий отбора в выборках, ограниченных или видимой величиной галактик, или же их расстоянием. В самом близком Местном Объёме ( $D < 10$  Мпк) относительное число членов тройных систем почти такое же (4%), но доля карликовых галактик среди них ещё выше, чем в Местном Сверхскоплении. Несмотря на значительную потерю в относительном числе карликовых галактик при переходе от близких к далёким объёмам, среднее отношение динамической (проекционной) массы триплета к его светимости остаётся практически постоянным (рисунок 4.19).

При характерном линейном радиусе триплета 155 кпк и характерной массе  $5 \times 10^{11} \mathcal{M}_{\odot}$  типичный контраст плотности в тройной системе составляет  $\delta\rho/\rho_c \sim 100$  в единицах критической плотности. Это свидетельствует о “динамической зрелости” триплетов в нашей выборке. Как показывает рисунок 4.21, более 90% трой-

ных систем имеют “время пересечения”  $t_{cr} = R_H/\sigma_v$  меньше возраста Вселенной,  $13.7 \times 10^9$  лет. Крайние значения на этом распределении,  $t_{cr} > 10^{10}$  лет и  $< 10^8$  лет, очевидно обусловлены влиянием факторов проекции и ошибок измерения лучевых скоростей. Медиана распределения,  $3.0 \times 10^9$  лет, означает, что компоненты большинства тройных систем успели совершить несколько оборотов/осцилляций вокруг общего динамического центра.

Подчеркнём, что внутренние движения галактик в тройных системах невелики и характеризуются медианой  $\sigma_v = 40 \text{ км с}^{-1}$ . В триплетах, представленных карликовыми галактиками, вириальные движения составляют всего  $\sim 20 \text{ км с}^{-1}$ . В последние годы все большее число таких систем обнаруживаются в Слоановском обзоре неба. Однако, ошибки измерения лучевых скоростей в SDSS и других современных автоматизированных обзорах ( $\sim 50 \text{ км с}^{-1}$ ) совершенно “замывают” движения этих объектов. Чтобы получить надёжную оценку массы тройных систем галактик, необходима специальная программа измерения их лучевых скоростей с точностью не хуже  $10 \text{ км с}^{-1}$ .

## 4.6 Группы и облака галактик

### 4.6.1 Каталог групп

Критерий (4.3–4.5) кластеризации с параметром  $\kappa = 6$  использовался для объединения в группы 10914 галактик с  $V_{LG} < 3500 \text{ км с}^{-1}$ , расположенных вне зоны Млечного Пути  $|b| > 15^\circ$ . Это привело к идентификации 395 групп с населением более  $n \geq 4$  членов. Всего эти группы содержат 4381 галактик. Вместе с 1018 компонентами двойных систем, обсуждавшихся в разделе §4.4 (Karachentsev and Makarov 2008), и 504 членами триплетов, описанных в разделе §4.5 (Makarov and Karachentsev 2009), в том же самом объёме, полное количество кластеризованных галактик равно 5903 или 54% полного числа галактик.

Каталог галактик групп представлен в двух формах: короткой и полной. Таблица В.3 в приложении В.3 содержит короткую версию основных свойств групп. Полная версия, с указанием всех индивидуальных членов каждой группы, доступна в электронной форме<sup>3</sup> и в базе данных EDD<sup>4</sup>. Кроме того, информация о

<sup>3</sup><http://www.sao.ru/hq/dim/groups>

<sup>4</sup><http://edd.ifa.hawaii.edu/>

членстве галактик в группах внесена в базу данных LEDA<sup>5</sup>.

### 4.6.2 Основные свойства групп

Распределение групп галактик на небе в экваториальных координатах дано на трёх панелях рисунка 4.22. Распределение групп разбито на три слоя по лучевым скоростям  $V_{LG} < 1200$ ,  $1200 < V_{LG} < 2400$  и  $2400 < V_{LG} < 3500$  км с<sup>-1</sup>, показанных на верхней, средней и нижней панелях. Каждая группа изображена кругом, диаметр которого пропорционален полной  $K_s$ -светимости, то есть звёздной массе, членов группы. Цветом показан морфологический тип главного члена группы от ранних E, S0 типов со старым звёздным населением (красный) до поздних Irr, BCD галактик с молодым населением (голубой). Для удобства, маленькими черными точками нанесено распределение отдельных галактик со скоростями, лежащими в тех же интервалах. Ключковатая кольцеобразная полоса соответствует области сильного поглощения во Млечном Пути согласно Schlegel et al. (1998).

Как и ожидалось, комплекс групп в области Девы, где находится центр Местного Сверхскопления, доминирует в пределах ближнего объёма ( $V_{LG} < 1200$  км с<sup>-1</sup>). Наиболее богатая группа ( $n = 355$  членов) ассоциируется с гигантской эллиптической галактикой M 49 = NGC 4472. Близлежащие группы, содержащие в сумме 1558 объектов, располагаются в основном вдоль экватора Местного Сверхскопления. Другие, наиболее массивные группы в этом объёме, сконцентрировались вокруг M 105 = NGC 3379 (Leo I) и NGC 1553 (Dorado). Среди близких галактик наш критерий выделил практически все знакомые группы вокруг M 81, NGC 253, Cen A, M 83, NGC 628, M 51, M 101, NGC 891/1023, M 104 (Sombbrero) и других.

В среднем объёме ( $1200 < V_{LG} < 2400$  км с<sup>-1</sup>) продолжают быть видны следы концентрации групп внутри области Девы, однако, эффект Местного Сверхскопления едва заметен. Наиболее массивная группа с населением  $n = 111$  в этом объёме — это скопление в созвездии Печь (Fornax cluster), собранное вокруг галактики NGC 1399. Совокупность групп в Печи и Эридане (NGC 1332/1395/1407) объединяет 379 членов. Вдобавок к этому, есть массивные группы вокруг NGC 5846 ( $n = 74$ ) и NGC 5746 ( $n = 39$ ).

В дальней части рассмотренного объёма (нижняя панель на рисунке 4.22) груп-

<sup>5</sup><http://leda.univ-lyon1.fr/>

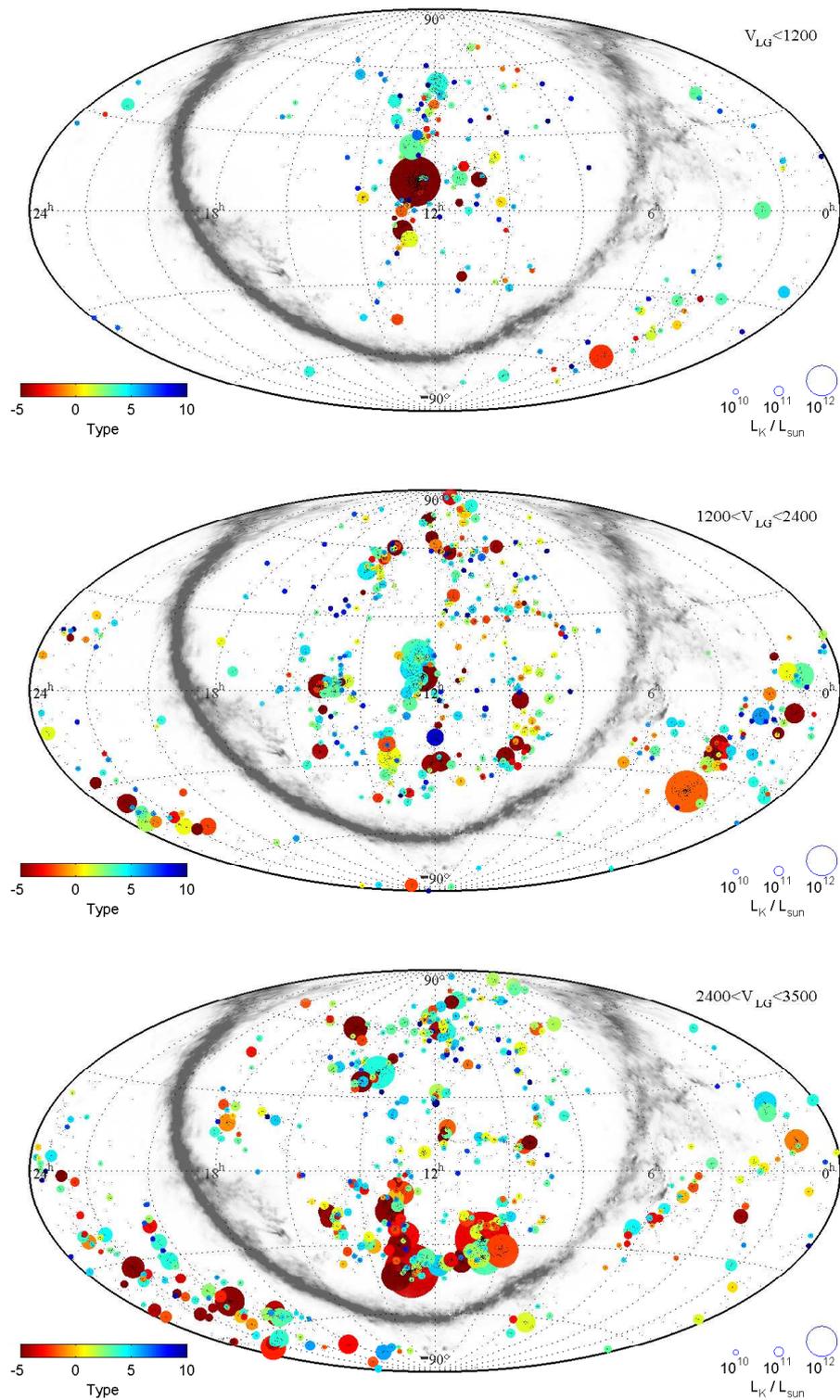


Рис. 4.22: Распределение групп на небе в экваториальных координатах. Группы нарисованы кружками с диаметром, пропорциональном их  $K_s$ -светимости. Цвет указывает на морфологический тип главной галактики в группе. Распределение разбито на три области по лучевым скоростям. Маленькими точками показано распределение отдельных галактик в тех же интервалах скоростей. Область сильного поглощения в Галактике показана серой полосой.

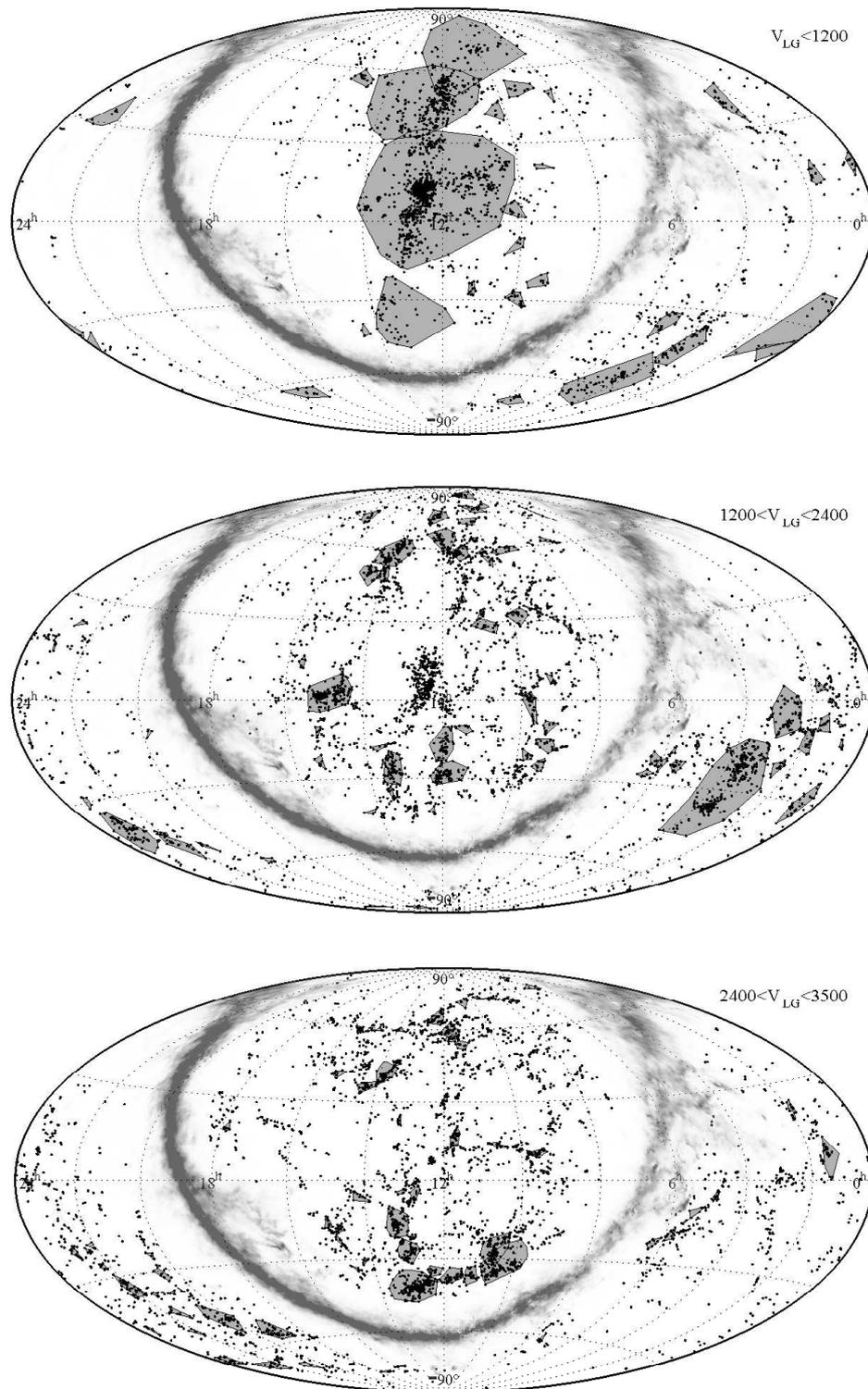


Рис. 4.23: Распределение на небе ассоциаций, выделенных алгоритмом кластеризации с  $\kappa = 40$ . Серые многоугольники показывают реальные угловые размеры систем. Три панели соответствуют тем же самым областям, как и на рисунке 4.22.

пы демонстрируют тенденцию располагаться вдоль волокон. Наиболее массивные группы: Centaurus (NGC 4696), Antlia (NGC 3268) и Hydra (NGC 3311) имеют массы, сопоставимые с массами скоплений Virgo и Fornax. Легко заметить, что цвет кружков на всех панелях коррелирует с их размером, демонстрируя хорошо известный наблюдательный факт, что E и S0 галактики обычно встречаются среди ярчайших членов богатых групп и скоплений.

Увеличивая параметр кластеризации  $\kappa$  в уравнении (4.5), можно собрать галактики в более протяжённые агрегаты (облака), которые не будут удовлетворять условию вириального равновесия. Однако, члены таких ассоциаций, вероятно, все ещё лежат внутри общей поверхности нулевой скорости, и, таким образом, со временем объединятся с последующей вириализацией. Три панели рисунка 4.23 показывают распределение галактик по небу с тем же самым разбиением по скоростям, как и на рисунке 4.22. Серые многоугольники показывают области таких агрегатов в соответствии с их реальными угловыми размерами на небе. В ближнем объёме (верхняя панель) большинство протяжённых агрегатов находится в скоплении в Деве, и их угловой размер примерно соответствует диаметру сферы нулевой скорости скопления, который равен  $2R_0 = 46^\circ$  согласно Karachentsev and Nasonova (2010). На средней панели в объёме  $1200 < V_{LG} < 2400 \text{ км с}^{-1}$  наиболее протяжённый агрегат соответствует ассоциации групп в Печи и Эридане. Его угловой размер также близок к диаметру  $2R_0$ , который равен  $\simeq 22^\circ$  по оценке Nasonova et al. (2011). Эти соответствия указывают, что размеры других ассоциаций на рисунке 4.23 также находятся в согласии с размерами их областей нулевой скорости. Нужно отметить, что есть значительная популяция галактик, располагающаяся вне групп и облаков. Их распределение не выглядит случайным, показывая корреляцию с распределением центров групп. Наиболее изолированные из этих галактик поля, рассмотренных в разделе §4.8 (Karachentsev et al. 2011a), представляют особый интерес, так как длительное время своей жизни не подвергались воздействию соседей и эволюционировали в изоляции.

Среди 10914 галактик в рассмотренном объёме, индивидуальные оценки расстояния известны для менее чем 2000 галактик. Большинство из них являются спиральными галактиками, где расстояния определяются по соотношению Талли-Фишера (Tully and Fisher 1977) между светимостью и амплитудой вращения галактик с точностью около 20%. Однако, для обеспечения единообразия мы ис-

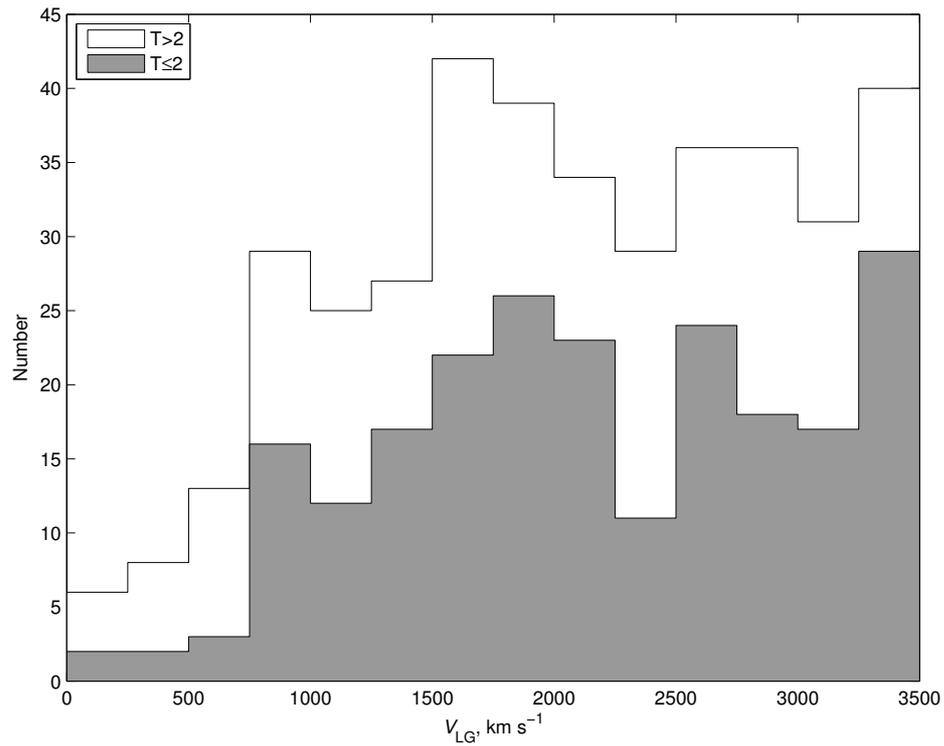


Рис. 4.24: Распределение 395 выделенных групп по радиальной скорости. Группы, где главная галактика с доминирующим балджем ( $T \leq 2$ ), показаны серым.

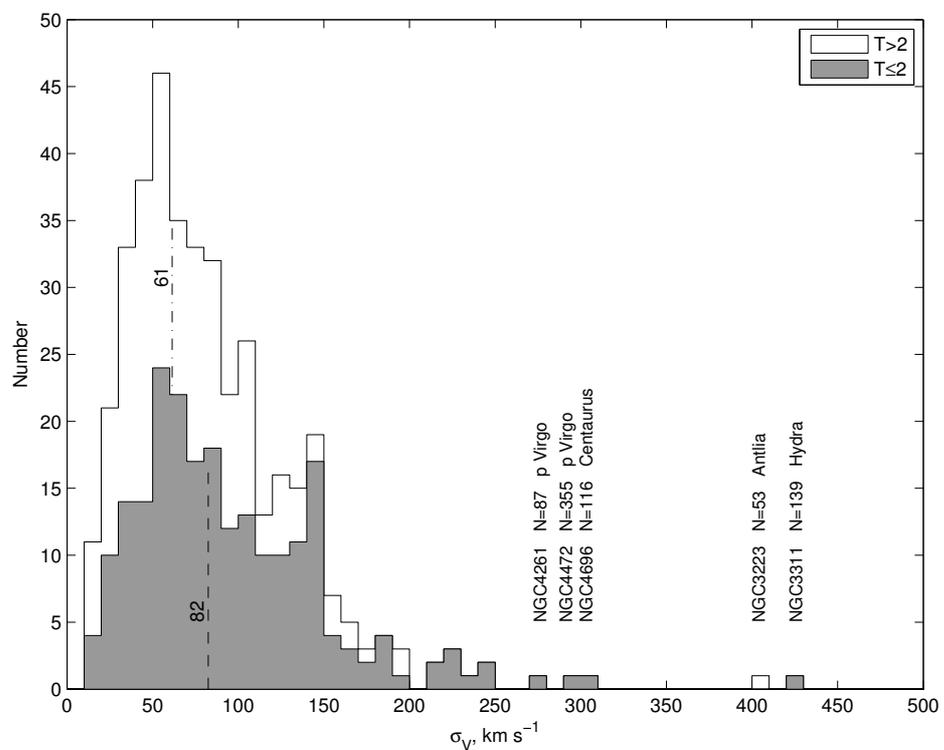


Рис. 4.25: Распределение групп по дисперсии скоростей вдоль луча зрения. Группы с главной галактикой с доминирующим балджем показаны серым.

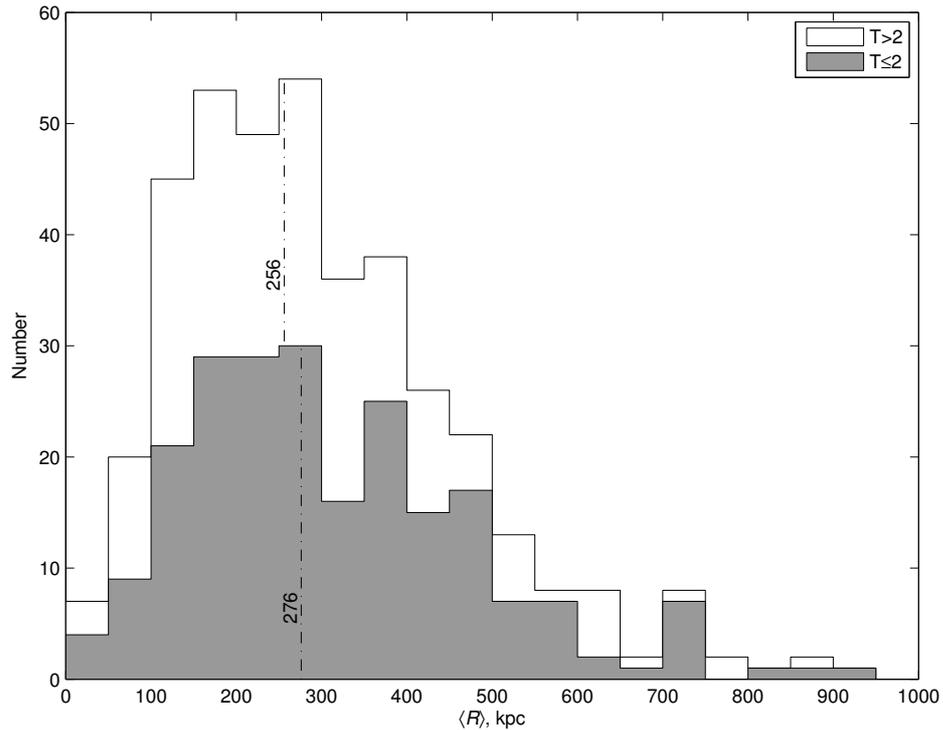


Рис. 4.26: Распределение групп по среднему проекционному радиусу. Группы с главной галактикой с доминирующим балджем показаны серым.

пользовали только хаббловские расстояния галактик  $D = V_{LG}/H_0$ , что, конечно, искажает истинную картину распределения групп галактик в Местной Вселенной. Распределение 395 выделенных групп по радиальным скоростям показано на рисунке 4.24. Группы, в которых главный член является галактикой с хорошо развитым балджем ( $T \leq 2$ ), отмечены серым цветом. Как видно из рисунка, распределение  $N(V_{LG})$  заметно отличается от однородного, показывая избыток групп из комплексов в Деве и Печи со скоростями около  $1500 \text{ км с}^{-1}$ . В Местном Объёме ( $V_{LG} < 750 \text{ км с}^{-1}$  виден недостаток групп с главными галактиками раннего типа. Это отражает хорошо известный эффект морфологической сегрегации с окружением, потому что наша Галактика лежит на границе Местного Сверхскопления вдали от высокой концентрации галактик.

Рисунок 4.25 показывает распределение групп по дисперсии скоростей на луче зрения. Значение  $\sigma_V$  в группах лежит в пределах от 10 до  $450 \text{ км с}^{-1}$  с медианой, равной  $74 \text{ км с}^{-1}$ . В группах, где основная галактика принадлежит к E, S0, Sa типам, медианная дисперсия ( $82 \text{ км с}^{-1}$ ) слегка выше, чем в группах с главной галактикой позднего типа ( $61 \text{ км с}^{-1}$ ). Так как в современных оптических

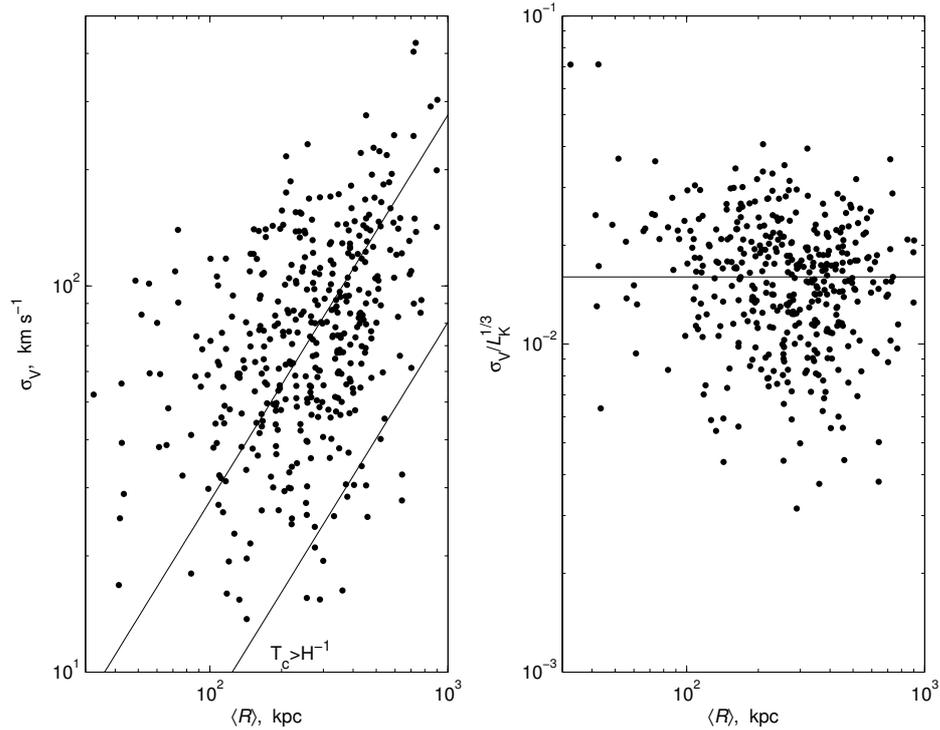


Рис. 4.27: Слева показана зависимость дисперсии радиальных скоростей от среднего проекционного радиуса групп. На правом графике изображена зависимость дисперсии скоростей, нормализованных на полную  $K_s$ -светимость группы, от среднего проекционного радиуса.

обзорах красных смещений типичная ошибка скорости составляет  $\sim 40 \text{ км с}^{-1}$ , их влияние на величину вириальных движений оказывается существенным. Группы, находящиеся в хвосте распределения и помеченные на рисунке 4.25, оказываются с преобладанием галактик ранних типов.

Согласно данным из рисунка 4.26, средний проекционный радиус групп изменяется в широком диапазоне от 33 кпк до 903 кпк, с медианой 268 кпк. Группы с доминирующей галактикой раннего типа (показаны серым) имеют линейный размер слегка больше (276 кпк), чем другие (256 кпк). Очевидно, что наблюдаемый разброс линейных размеров скорее имеет физическую природу, чем вызван эффектами проекции.

Двумерное распределение 395 групп по линейному размеру и дисперсии скоростей представлено на левой панели рисунка 4.27. Несмотря на большой разброс, видна слабая позитивная корреляция между  $\sigma_V$  и  $\langle R \rangle$ . Прямая линия в правом нижнем углу указывает, где “время пересечения” в группе превосходит хаббловское

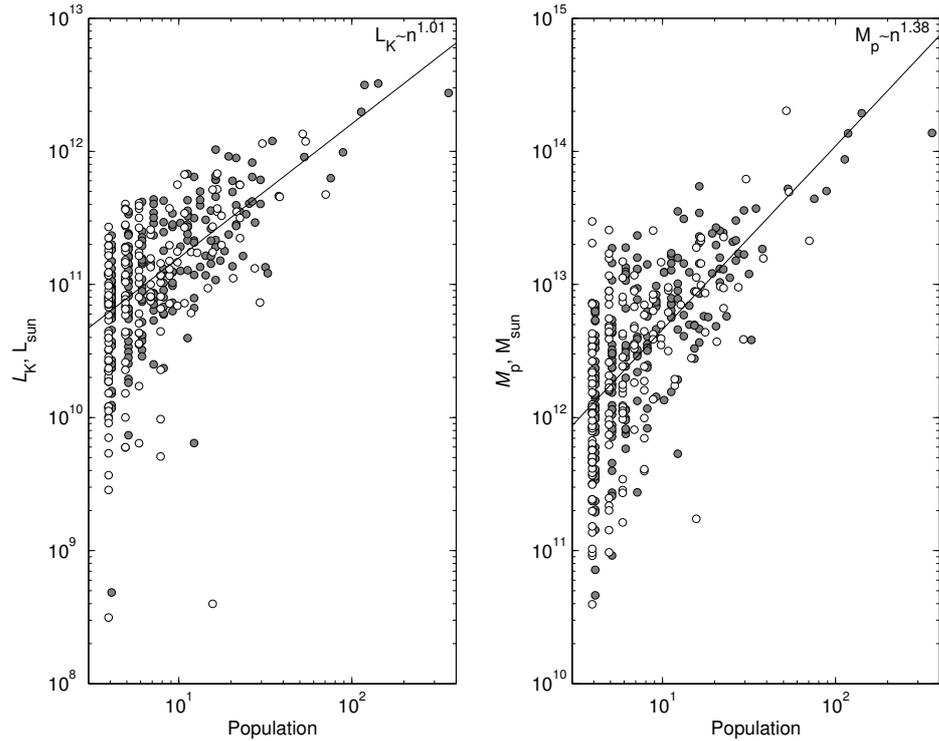


Рис. 4.28: Полная  $K_s$ -светимость (слева) и проекционная масса (справа) в зависимости от населённости группы членами с известными скоростями. Группы с доминирующей галактикой раннего типа выделены серым цветом.

время Вселенной  $H_0^{-1}$ . Только 3% всех групп превышает этот лимит, в основном из-за эффектов проекции. Правая панель на рисунке 4.27 изображает похожее распределение, но с радиальной дисперсией скоростей, нормализованной на полную  $K$ -светимость группы. Прямая линия соответствует случаю, когда дисперсия скоростей пропорциональна линейному размеру,  $\sigma_V \propto \langle R \rangle$ , а полная светимость группы пропорциональна её размеру,  $L_K \propto \langle R \rangle^3$ .

Рисунок 4.28 показывает, как полная  $K$ -светимость (на левом графике) и проекционная масса (на правой панели) изменяются с ростом популяции галактик в группе. Серые и белые кружки обозначают системы с главной галактикой с доминирующим балджем или диском, соответственно. Линиями показаны линейные регрессии:  $\log L_K \propto 1.01 \lg n$  и  $\log \mathcal{M}_p \propto 1.38 \lg n$ , различные наклоны которых указывают, что масса группы растёт с ростом населённости быстрее, чем светимость. Это может означать, что либо барионная фракция уменьшается в более массивных группах, или, что более правдоподобно, совокупная эффективность звездообразования ниже.

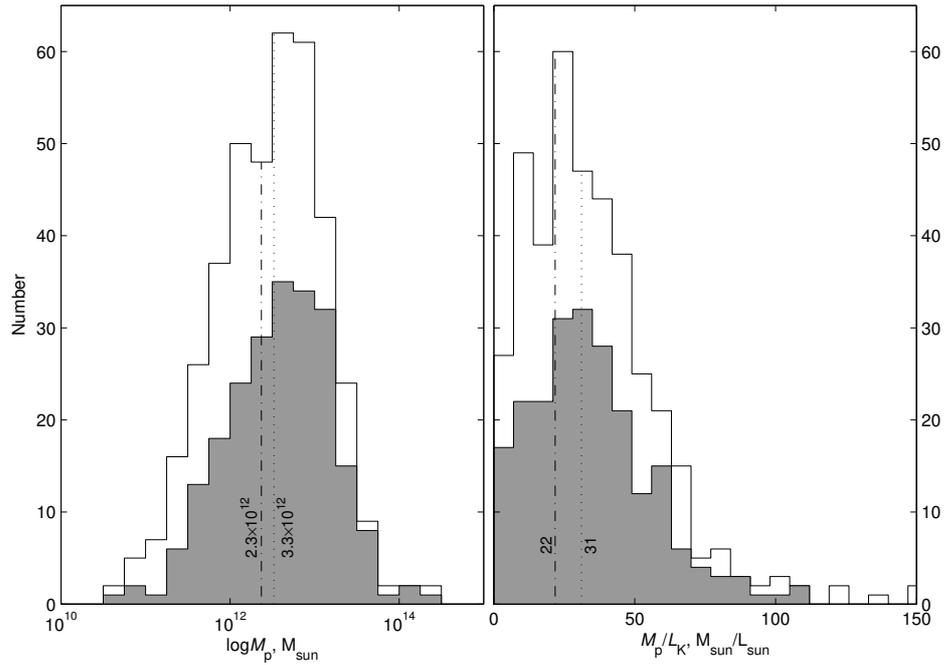


Рис. 4.29: Распределение групп по проекционной массе (слева) и соответствующему отношению масса-светимость в  $K_s$  полосе (справа), в логарифмической шкале. Пунктирная вертикальная и штриховая линии указывают смещённую и несмещённую (исправленную за ошибки измерения) медианы, соответственно.

Как мы отмечали, современные оптические обзоры дают недостаточную точность измерения лучевых скоростей даже для сравнительно близких галактик. Это нашло своё отражение заметным образом на оценках масс групп. Гистограмма распределения количества групп по логарифму проекционной массы демонстрируется на левой панели рисунка 4.29. Распределение имеет достаточно симметричный вид с медианой  $3.3 \times 10^{12} \mathcal{M}_\odot$ . Медиана распределения масс групп с главной галактикой с доминирующим балджем (серая часть гистограммы) составляет  $4.0 \times 10^{12} \mathcal{M}_\odot$ . Учёт вклада ошибок измерения скоростей через квадратичный вычет из дисперсии соответствующих ошибок уменьшает медиану до  $2.3 \times 10^{12} \mathcal{M}_\odot$ . Похожий эффект проявляет себя в распределении групп по величине отношения масса-светимость (правая панель рисунка 4.29), где медианы смещённой и несмещённой оценок равны 31 и 22  $\mathcal{M}_\odot/L_\odot$ , соответственно. Поэтому, пренебрежение реальной точностью измерений приводит к переоценке массы групп в среднем на 30%.

На первый взгляд разница между принятым значением  $\kappa = 6$ , полученным адаптацией алгоритма к группам в Местном Объёме, и оцененным значением

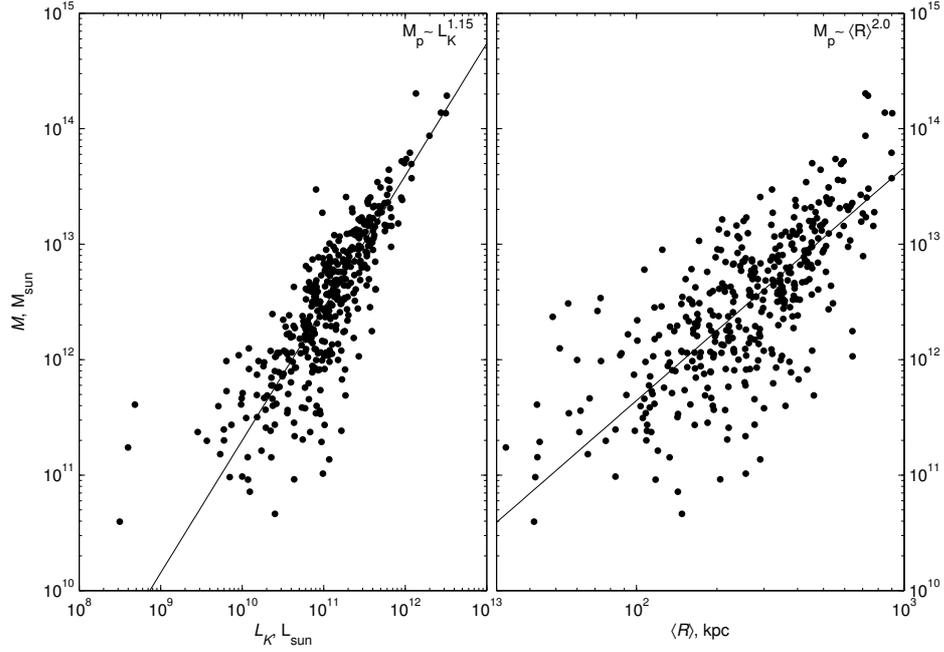


Рис. 4.30: Проекционная масса группы в зависимости от полной светимости в  $K$  (слева) и среднего проекционного радиуса (справа). Пунктирной линией показана линейная регрессия данных.

$\mathfrak{M}/L_K = 22$  для групп, выделенных этим алгоритмом, выглядит подозрительно. Однако здесь нет противоречия. Критерии (4.3–4.4) не используют никаких предположений о проекционных эффектах. Эти неравенства справедливы для наблюдаемых величин, потому, что эффекты проекции приводят только к уменьшению реального расстояния между галактиками и их реальной относительной скоростью. Для вириализованных систем коррекция за эффекты проекции равна  $3\pi/2$  для критерия (4.3). Таким образом, ожидаемое значение  $\mathfrak{M}/L_K$  примерно равно 28, что находится в хорошем согласии с полученным отношением масса-светимость для групп.

Связь между проекционной массой группы и её светимостью,  $L_K$ , и линейным размером,  $\langle R \rangle$ , показана на двух панелях рисунка 4.30. Линии робастной регрессии с весами, пропорциональными дисперсии разброса, равны  $\lg \mathfrak{M}_p \propto 1.15 \pm 0.03 \lg L_K$  и  $\lg \mathfrak{M}_p \propto 2.0 \pm 0.1 \lg \langle R \rangle$ . Корреляция массы  $\mathfrak{M}_p$  с линейным размером группы оказывается существенно меньше, чем со светимостью.

Рисунок 4.31 демонстрирует распределение 395 групп по их полной светимости  $L_K$  и по отношению проекционной массы к светимости. Группы, где главная галактика принадлежит к ранним типам  $T \leq 2$  показаны серым цветом, и остальные

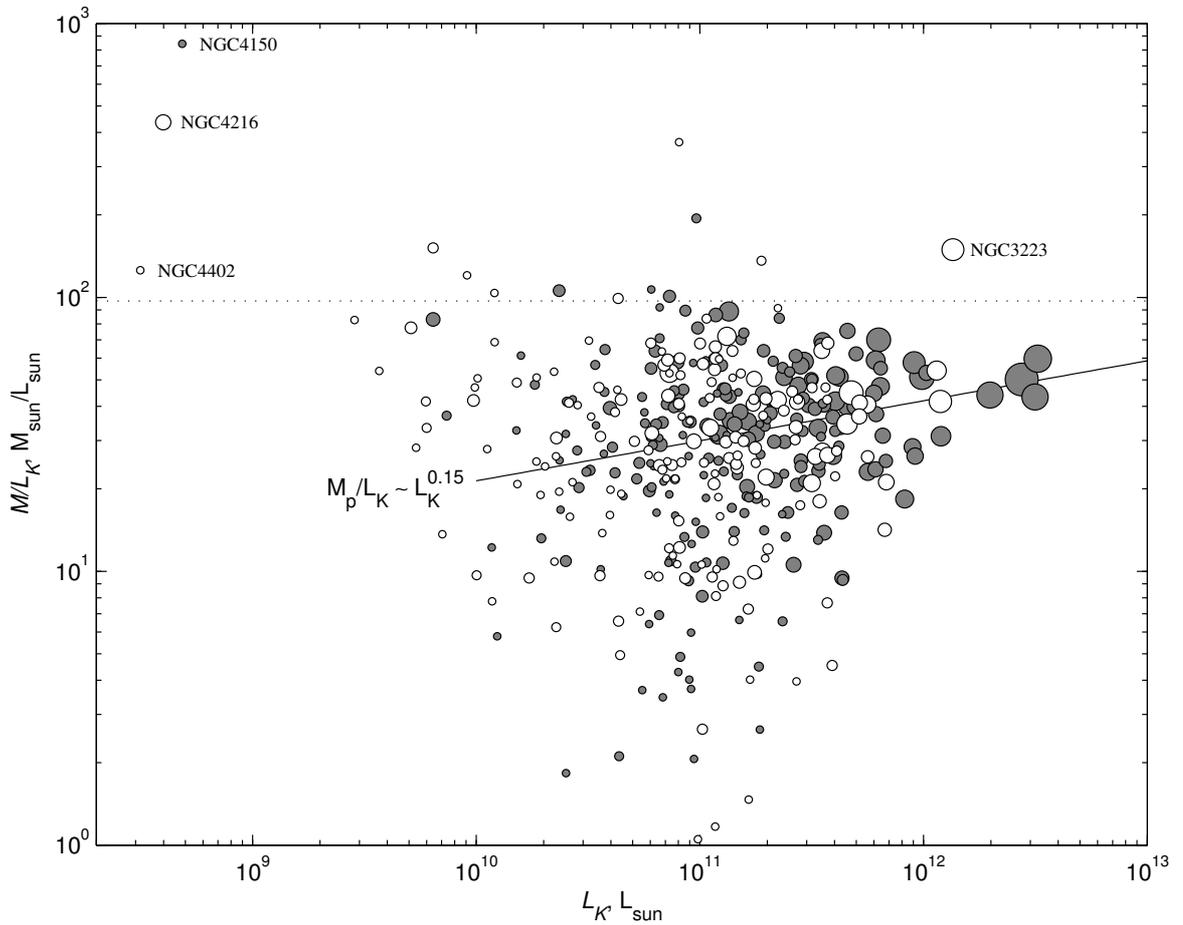


Рис. 4.31: Отношение масса-светимость групп как функция  $K$ -светимости. Группы показаны кружками, пропорциональными их населённости. Группы с главной галактикой раннего типа показаны серым цветом. Горизонтальная пунктирная линия отмечает значение глобального космического отношения,  $97 M_{\odot}/L_{\odot}$ , соответствующего  $\Omega_M = 0.28$ . Регрессия (прямая линия) проведена с учётом  $K$ -светимости группы в качестве статистического веса.

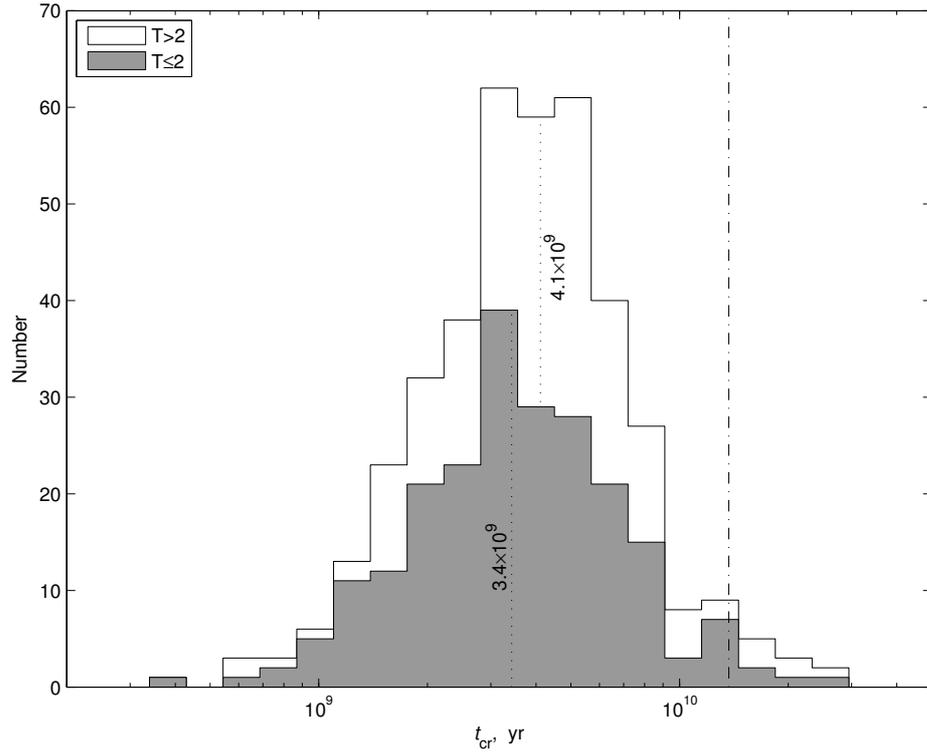


Рис. 4.32: Гистограмма распределения групп по времени пересечения. Группы с главной галактикой, в которой доминирует балдж, как и раньше, показаны серым цветом. Вертикальная линия отсекает возраст Вселенной, 13.7 Gyr.

группы изображены белыми кружками. Размер кружков пропорционален количеству галактик в группе. Горизонтальная пунктирная линия отмечает величину  $\mathfrak{M}/L_K = 97 \mathfrak{M}_\odot/L_\odot$ , которая соответствует средней плотности  $K$ -светимости  $j_K = 4.28 \times 10^8 L_\odot \text{ Мпк}^{-3}$  (Jones et al. 2006), принимая постоянную Хаббла равной  $H_0 = 73 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$  и параметр плотности материи  $\Omega_M = 0.28$  в стандартной  $\lambda$ CDM-модели.

Видно, что область низких значений  $\mathfrak{M}_p/L_K < 5 \mathfrak{M}_\odot/L_\odot$  занимают малонаселённые группы  $n = 4-6$ . Примером такой группы может служить система вокруг спиральной галактики NGC 660 с  $R_h = 235$  кпк и дисперсией скорости всего  $29 \text{ км с}^{-1}$ . В области высоких значений  $\mathfrak{M}_p/L_K > 97 \mathfrak{M}_\odot/L_\odot$  находится 10 групп, большинство из которых имеют  $n = 4-6$  членов, и оказались здесь из-за случайных вариаций эффектов проекции. В действительности, только одна группа в области  $\mathfrak{M}_p/L_K > 97$  NGC 3223 (Antlia) является массивной группой (скоплением) с большим числом членов с известными радиальными скоростями,  $n=53$ . Вдобавок, эта область  $\mathfrak{M}_p/L_K > 97$  содержит три группы низкой светимости: NGC 4216

( $n = 16$ ), NGC 4402 ( $n = 4$ ) и NGC 4150 ( $n = 4$ ). Первые две группы находятся в ядре скопления в Деве и имеют средние радиальные скорости  $+55 \text{ км с}^{-1}$  и  $+117 \text{ км с}^{-1}$ , соответственно. В соответствии со скоростями оценки расстояния и светимости этих групп оказались аномально низкими, что и привело к фиктивно высокому отношению  $\mathfrak{M}_p/L_K$ . Недостаток нашего алгоритма, когда расстояния до группы определяется средней радиальной скоростью галактик, наиболее заметен в областях с большими пекулярными скоростями. Некоторые группы, идентифицированные нами в центре скопления в Деве, скорее всего, являются фиктивными группами, а не реальными подсистемами скопления в Деве. Наибольшее отношение  $\mathfrak{M}_p/L_K = 843 \mathfrak{M}_\odot/L_\odot$  оказалось у группы из 5 галактик вокруг NGC 4150 в области Coma I. Средняя радиальная скорость группы,  $+211 \text{ км с}^{-1}$ , соответствует расстоянию 2.9 Мпк, в то время как индивидуальные расстояния до NGC 4150 и других галактик в группе в 4–5 раз больше. Скорее всего эти галактики с малыми лучевыми скоростями имеют большую компоненту пекулярной скорости в направлении падения на центр скопления в Деве.

Линия  $\lg \mathfrak{M}_p/L_K \propto 0.15 \lg L_K$  на рисунке 4.31 соответствует корреляции между массой и светимостью из рисунка 4.30. Она показывает, что отношение масса-светимость групп возрастает в среднем от малых к большим группам. Интересно отметить, что пересечение этой зависимости с линией, соответствующей  $\Omega_M = 0.28$ , может произойти для групп со светимостью  $L_K \simeq 3 \times 10^{14} L_\odot$ , которая сопоставима с полной светимостью Местного Сверхскопления.

Важным параметром систем галактик является время пересечения. Принимая во внимание эффекты проекции, оно описывается уравнением

$$t_{cr} = \frac{4}{\pi\sqrt{3}} \frac{\langle R_\perp \rangle}{\sigma_V}, \quad (4.7)$$

где среднее проекционное попарное расстояние,  $R_\perp$ , является характерным размером, а дисперсия скоростей,  $\sigma_V$ , — характеристикой внутренних движений в группе. Распределение 395 групп по  $t_{cr}$  представлено на рисунке 4.32, который имеет достаточно симметричный вид с медианным значением 3.8 млрд. лет. Группы с доминирующей E, S0, Sa галактикой характеризуются слегка более коротким временем пересечения, 3.4 млрд. лет, против 4.1 млрд. лет для других групп. Только 3% групп имеют  $t_{cr} > 13.7$  млрд. лет. Поправка за ошибки измерений увеличивают это значение примерно на 19%. Следовательно, основная доля групп, выделенных

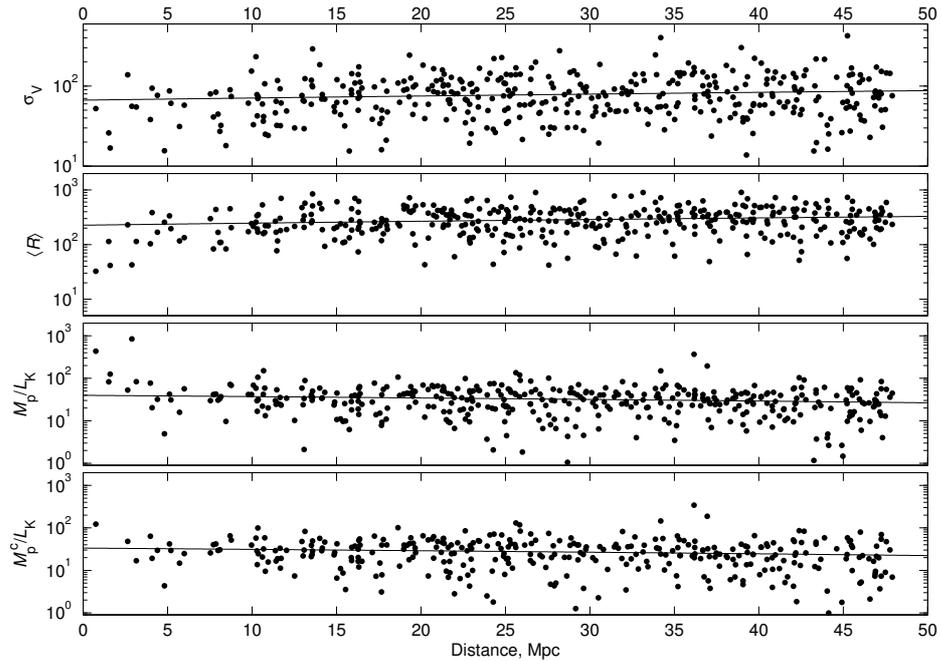


Рис. 4.33: Графики сверху вниз: дисперсия скоростей, средний радиус в проекции, отношение масса-светимость и скорректированное отношение масса-светимость как функция расстояния. Линии показывают линейную регрессию данных.

нашим алгоритмом, может рассматриваться как динамически проэволюционировавшие системы.

### 4.6.3 Сравнение с другими каталогами

Как видно из рисунка 4.33, дисперсия радиальных скоростей и линейный размер групп имеют слабую тенденцию возрастать с расстоянием. Однако, среднее отношение проекционной массы к светимости, как скорректированное, так и не скорректированное за ошибки измерений, практически не зависит от расстояния. Другими словами, физические требования, положенные в основу критерия кластеризации, а именно отрицательность полной энергии реальной пары и условие нахождения внутри радиуса нулевой скорости, оказываются слабо чувствительными к потере карликовых галактик с возрастанием расстояния. Следовательно, наш критерий не требует специальной настройки безразмерного параметра  $\kappa$  в зависимости от расстояния группы.

Необходимо напомнить, что населённость групп  $n$ , указанная в нашем каталоге, соответствует количеству членов группы с известными скоростями. Кроме

этих галактик, группа может содержать большое количество карликовых галактик без оценок лучевой скорости. Такие карликовые системы (dSph и dIrr), обычно имеющие низкую поверхностную яркость, были найдены Karachentseva and Karachentsev (1998); Karachentsev and Karachentseva (2004); Karachentsev et al. (2007) в больших количествах в близких группах,  $D \leq 15$  Мпк, при визуальной инспекции POSS-II изображений. Eigenthaler and Zeilinger (2010) использовали обзор SDSS для поиска карликовых членов группы NGC 5846. Mahdavi et al. (2005); Tully and Trentham (2008); Trentham and Tully (2009) провели поиск карликов в группах NGC 5846, NGC 5353/4 и NGC 1023, используя изображения высокого разрешения, полученные с MegaCam CCD камерой CFHT-телескопа. Большое количество карликовых членов в скоплениях в Деве и Печи было найдено Binggeli et al. (1985); Ferguson (1989); Ferguson and Sandage (1990); Mieske et al. (2007). Физическая принадлежность этих объектов должна быть подтверждена через измерение расстояний и/или радиальных скоростей.

Сравнение членства в группах в нашем и других каталогах достаточно проблематично из-за существенной разнице объёмов пространства, покрываемый разными каталогами, а также из-за отличий в используемых данных о лучевых скоростях, которые быстро увеличиваются со временем. Тем не менее, хорошо известные группы, такие как NGC 5371, NGC 5846, показывают хорошее согласие в их составе.

Используя каталог соседних галактик “A Catalog of Neighboring Galaxies” (CNG) (Karachentsev et al. 2004), который содержит индивидуальные расстояния до большинства галактик внутри  $D < 10$  Мпк, и указывающий членство галактик в близких группах, мы сравнили население этих групп в старом ( $n_{CNG}$ ) и новом ( $n_{МК}$ ) каталогах. Как видно из рисунка 4.34, в большинстве из 23 близких групп наблюдается хорошее согласие между количеством членов групп. Исключением является группа NGC 4278 (Coma I), которая находится в сложной области вблизи Девы, где несколько групп перекрываются на экваторе Местного Сверхскопления и важную роль играет “падение” на центр скопления в Деве (Virgocentric infall). Нужно подчеркнуть, что сравнение, проведённое нами, относится к “холодной” области Местного Объёма. Применение нашего алгоритма к области скоплений (Virgo, Fornax) с большими нехабловскими скоростями может породить фиктивные группы.

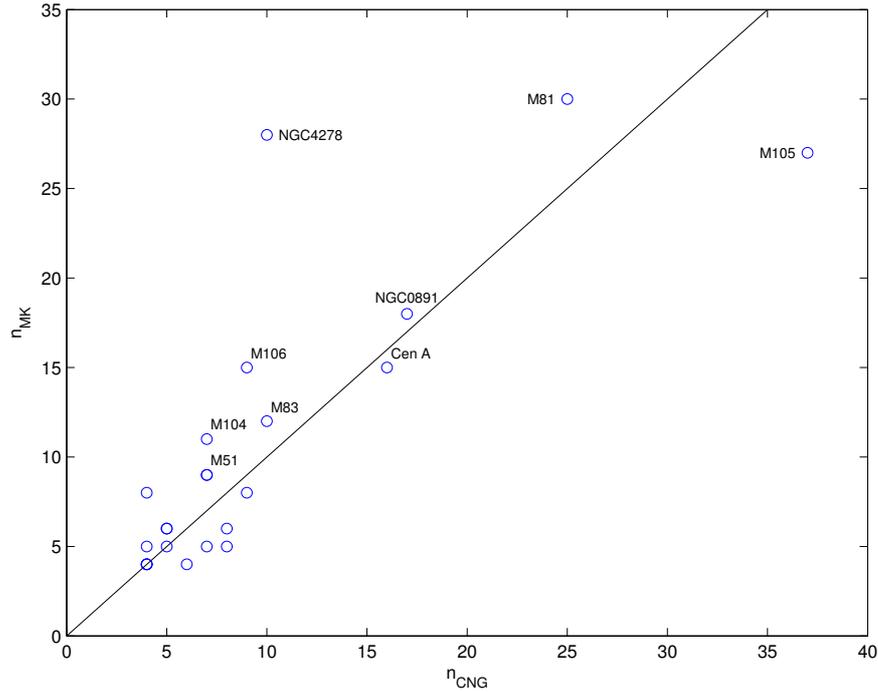


Рис. 4.34: Количество галактик в группах Местного Объёма (с известными скоростями), выделенных алгоритмом кластеризации, в сравнении с населённостью групп из CNG-каталога (Karachentsev et al. 2004).

Некоторые авторы (Jones et al. 2003; Díaz-Giménez et al. 2008; von Benda-Beckmann et al. 2008) предложили отличать специальную категорию “ископаемых” (“fossil”) групп, где основная галактика существенно превосходит все другие члены по светимости. Динамическая эволюция таких групп может проходить по другому сценарию, чем у других групп. Примером “ископаемой” группы в Местном Объёме может служить М 104 (Sombbrero), где разница  $K$ -величин между ярчайшей и второй по яркости галактиками равна  $K_2 - K_1 = 2.98$  mag, или М 101 с разницей  $K_2 - K_1 = 3.97$  mag. Группа NGC 2903 имеет наибольшую разницу по яркости в Местном Объёме  $K_2 - K_1 = 5.64$  mag. Группы галактик вокруг М 51 ( $K_2 - K_1 = 0.12$ ), NGC 4244 (0.18), NGC 55 (0.13), Cen A (0.52) и М 81 (0.81) лежат на противоположной стороне зависимости  $K_2 - K_1$  в Местном Объёме. Если мы примем за “ископаемые” группы с  $K_2 - K_1 > 2.50$  mag, тогда наш каталог содержит 81 такую группу, или 21% от их полного числа. Две верхние панели рисунка 4.35 показывают распределение 395 групп по линейному размеру  $\langle R \rangle$  и полной светимости  $L_K$ . “Ископаемые” группы показаны серым цветом. Нижняя панель демонстрирует связь между отношением проекционной массы к светимо-

сти и  $K_2 - K_1$ . “Ископаемые” с  $K_2 - K_1 > 2.50$  mag показывают чуть меньший средний размер, светимость и  $\mathfrak{M}_p/L_K$ , чем обычные группы.

Как было отмечено выше, наш алгоритм кластеризации галактик может работать не очень надёжно в “горячих” областях с большими нехаббловскими движениями. В Деве, как в центре Местного Сверхскопления, наш критерий выделяет 46 групп и псевдогрупп. На уровне меньшего контраста плотности с параметром  $\kappa = 40$  они все сливаются в ассоциацию вокруг M 49, принадлежность к которой можно отследить в колонке (12) таблицы В.3. В сумме ассоциация галактик в Деве содержит 1558 галактик с полной светимостью  $L_K^{\text{Virgo}} = 1.4 \times 10^{13} L_\odot$  и суммой проекционных масс  $\Sigma \mathfrak{M}_p^{\text{Virgo}} = 6.0 \times 10^{14} \mathfrak{M}_\odot$ . Эта масса близка к полной массе скопления в Деве, как одиночного динамического агрегата  $\mathfrak{M}_{\text{vir}} = (7 \pm 1) \times 10^{14} \mathfrak{M}_\odot$ , в соответствии с Hoffman et al. (1980); Tully and Shaya (1984); Tonry et al. (2000). Также отметим, что для конгломерата групп в скоплении в Деве, полученном нами, отношение  $\Sigma \mathfrak{M}_p / \Sigma L_K = 43 \mathfrak{M}_\odot / L_\odot$  практически совпадает с вириальной оценкой  $\mathfrak{M}_{\text{vir}} (< 1.8 \text{ Мпк}) / L_K = (48 \pm 6) \mathfrak{M}_\odot / L_\odot$ , полученной McLaughlin (1999) внутри радиуса 1.8 Мпк.

В области другого близкого скопления, в Печи (Fornax), наш алгоритм идентифицирует 27 кратных систем с полным количеством членов, равным 379, которые на низком контрасте плотности ( $\kappa = 40$ ) объединяются в ассоциацию NGC 1399=Fornax (последняя колонка таблицы В.3). Полная светимость ассоциации в Печи и Эридана равна  $\Sigma L_K^{\text{For+Eri}} = 5.0 \times 10^{12} L_\odot$ , и сумма проекционных масс есть  $\Sigma \mathfrak{M}_p^{\text{For+Eri}} = 2.1 \times 10^{14} \mathfrak{M}_\odot$ . Отношение этих величин  $\Sigma \mathfrak{M}_p / \Sigma L_K = 43 \mathfrak{M}_\odot / L_\odot$  несколько выше, чем отношение  $32 \mathfrak{M}_\odot / L_\odot$ , полученное Desai et al. (2004) для скопления в Печи  $L_K^{\text{Fornax}} = 1.8 \times 10^{12} L_\odot$  и  $\mathfrak{M}_p^{\text{Fornax}} = 5.9 \times 10^{13} \mathfrak{M}_\odot$ .

Мы предполагаем, что среди 27 кратных систем, выделенных нами в области Печи и Эридана, большинство являются реальными подструктурами этого комплекса, который не достиг ещё динамического равновесия. Интересно отметить, что группа NGC 1386 со средней лучевой скоростью  $+755 \text{ км с}^{-1}$  имеет наибольшее отношение массы к светимости в этом комплексе  $\mathfrak{M}_p / L_K = 106 \mathfrak{M}_\odot / L_\odot$ . Соответствующее хаббловское расстояние группы равно 10.3 Мпк. Однако, Tonry et al. (2001) определили индивидуальные расстояния до трёх галактик в этой группе: NGC 1386, NGC 1395 и E 358–59, и среднее расстояние по ним получается равным  $(19.3 \pm 1.6) \text{ Мпк}$ . Очевидно, что эта группа падает с дальней стороны на скопле-

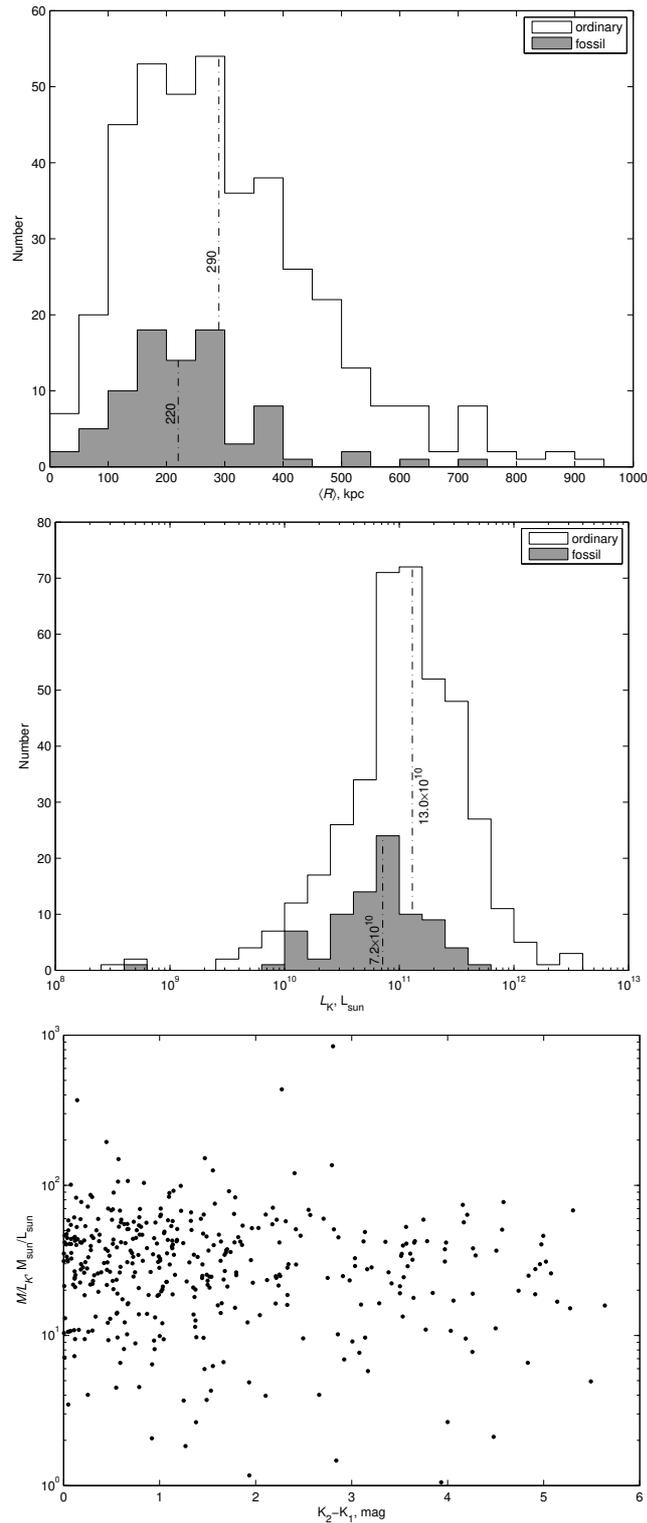


Рис. 4.35: Свойства “ископаемых” групп (показаны серым цветом) по сравнению с другими группами. Верхний график: количество групп в зависимости от среднего размера в проекции. Средний: количество групп в зависимости от  $K_s$ -светимости. Нижний: отношение проекционной массы к светимости в зависимости от разницы  $K$ -величин между ярчайшей и второй по яркости членами группы.

ние в Печи. С более точной оценкой расстояния отношение проекционной массы к светимости группы NGC 1386 уменьшается до значения  $57 \mathfrak{M}_\odot / L_\odot$ .

Сравнение между двумя богатыми комплексами в Деве и Печи-Эридана даёт отношение количества галактик в этих скоплениях равным  $N^{\text{Virgo}} / N^{\text{For+Eri}} = 4.1$ , отношение светимости  $L_K^{\text{Virgo}} / L_K^{\text{For+Eri}} = 2.7$  и отношение проекционных масс  $\mathfrak{M}_p^{\text{Virgo}} / \mathfrak{M}_p^{\text{For+Eri}} = 2.8$ . В качестве курьёза отметим, что Crook et al. (2007) оценили отношение проекционных масс этих скоплений  $\mathfrak{M}_p^{\text{Virgo}} / \mathfrak{M}_p^{\text{For+Eri}} = 0.23$ , что находится в противоречии с многочисленными наблюдательными данными.

Наиболее массивная структура внутри расстояния  $D = 40$  Мпк — это скопление в Деве, которое содержит 18% галактик этого объёма, 15% полной  $K$ -светимости и 15% проекционной массы. Такая доля барионов, а также тёмной материи, содержащаяся в богатых скоплениях, вполне согласуется с общепринятыми представлениями.

В таблице В.3 группа из 9 галактик вокруг М 51 выделяется среди оставшихся 394 групп своей слабой изолированностью. Кластеризация галактик в ассоциации на более низком контрасте плотности приводит к резкому возрастанию количества галактик, присоединяющихся к этой группе. Будучи группой средней компактности  $R_h = 182$  кпк, и объединяясь с другими группами (NGC 4244, NGC 4258, NGC 4490, NGC 4736), группа М 51 при  $\kappa = 40$  превращается в протяжённую ассоциацию с 405 членами, полной  $K$ -светимостью  $2.0 \times 10^{12}$  и отношением сумм проекционных масс к суммарной светимости групп  $\Sigma \mathfrak{M}_p / \Sigma L_K = 38 \mathfrak{M}_\odot / L_\odot$ . Эта рыхлая формация известна в литературе как Облако галактик в Гончих Псах, CVn I.

## 4.7 Группы карликовых галактик в Местном Сверхскоплении

### 4.7.1 Построение выборки

В разделе §4.4 было обращено внимание на существование неожиданно большого числа пар, состоящих из карликовых галактик (Karachentsev and Makarov 2008). Несмотря на то, что подобные системы известны давно, и самая известная — пара галактик I Zw 18 A и I Zw 18 C (Davidson et al. 1989), до недавнего времени группы

карликовых галактик не привлекали к себе пристального внимания.

На рисунке 4.8 из раздела §4.4 демонстрируется распределение пар галактик по светимости первого и второго по яркости члена группы. Системы, привлёкшие наше внимание, расположены выше горизонтальной линии, которая примерно соответствует яркости SMC. Мы составили список групп карликовых галактик, взяв за основу каталоги групп в Местном Сверхскоплении (Karachentsev and Makarov 2008; Makarov and Karachentsev 2009, 2011). Выборка галактик из этих работ была незначительно модифицирована. Были добавлены и обновлены скорости и звёздные величины галактик по литературным данным, в ходе работы были уточнены и исправлены данные в HyperLEDA. Также была обновлена информация о группах галактик в Местном Сверхскоплении, с использованием оригинального алгоритма кластеризации. В список карликовых групп были включены системы, в которых ярчайшая галактика слабее  $M_K = -19$  mag в фильтре  $K_s$ , и эти группы не являются подструктурами более ярких образований. Это позволило отобрать, в основном, карликовые иррегулярные галактики с небольшим количеством галактик поздних типов (Sdm-Sm) среди наиболее ярких объектов.

Полученная выборка была очищена от ложных систем, возникающих в областях больших отрицательных пекулярных скоростей вблизи скоплений галактик. Для них определение расстояния по закону Хаббла может приводить к существенной недооценке полной светимости галактик.

Вокруг отобранных систем в области  $\sim 1^\circ \times 1^\circ$  в зоне покрытия SDSS проводился визуальный поиск возможных членов групп без известных лучевых скоростей. Основным критерием визуального отбора являлось морфологическое соответствие кандидатов известным членам и данному красному смещению. Также в список отбирались кратные карликовые системы, которые были выявлены в ходе просмотра изображений в рамках проверки надёжности информации о галактиках в базе данных HyperLEDA. Этот поиск был не систематическим, он затрагивал только галактики, по тем или иным причинам привлёкшие наше внимание.

Отметим, что в ходе визуального поиска кратных карликовых систем на изображениях Слоановского обзора неба было выявлено более 20 кандидатов, которые в дальнейшем не прошли проверку на изолированность. Эти тесные системы карликов оказались подсистемами вокруг ярких галактик или внутри более массивных групп.

Список групп карликовых галактик приведён в Таблице В.4 приложения В.4.

**J0714+44.** Расстояния до галактик этой очень изолированной группы были получены Makarova and Karachentsev (1998) по ярчайшим голубым звёздам. В пределах ошибок измерения они находятся на одинаковом удалении, 7.2 Мпк для UGC 3698, 7.9 для NGC 2337 и 8.6 для UGC 3817 с типичной ошибкой  $\sim (1 \div 1.5)$  Мпк. Это даёт ещё одно независимое указание на физическую связь галактик в системе. Отметим, что NGC 2337 и UGC 3698 располагаются на расстоянии 25 кпк в проекции друг от друга, в то время как UGC 3817 удалена от них на  $2.3^\circ$  или на 0.3 Мпк в проекции. Такие расстояния характерны для ассоциаций карликовых галактик.

**J0742+16.** Данная пара совместно с UGC 3755 и UGC 4115 образует ассоциацию 14+19 из работы Tully et al. (2006). Все эти галактики имеют высокоточные оценки расстояния по TRGB. Несмотря на небольшую лучевую скорость, они располагаются на расстоянии 8.05 (UGC 3974) и 8.02 (CGCG 087–033) Мпк. Большая пекулярная скорость  $\sim -420$  км/с связана с “местной аномалией скоростей” (Tully et al. 1992).

**J0911+42.** По своей структуре пара напоминает близкую яркую иррегулярную галактику NGC 4449 с активным звездообразованием, которая поглощает карликовую сфероидальную галактику низкой поверхностной яркости d1228+4358 (Karachentsev et al. 2007; Huchtmeier et al. 2009), что рассматривается как пример слияния карликовых галактик (Martínez-Delgado et al. 2012). При этом пара J0911+42 является существенно более изолированной, а основная галактика примерно на 3 mag слабее NGC 4449 (отметим, что NGC 4449 не прошла в наш список из-за своей достаточно высокой светимости  $M_K = -20.4$ ).

**J1110+40 В.** Карликовая галактика низкой поверхностной яркости с неизвестной лучевой скоростью находится на расстоянии  $1.9'$  ( $\sim 23$  кпк в проекции) к югу от KUG 1107+403 и является возможным спутником этой галактики.

**J1131–35.** Является тесной парой галактик на расстоянии  $16''$ , или 2.6 кпк в проекции друг от друга. Скорость известна только для одной из них.

**J1150–00.** На расстоянии  $3'$  на северо-запад от пары UM 456 и UM 456A расположена галактика UM 455, но её лучевая скорость существенно больше ( $V_{LG} = 3680$  км/с).

**J1244+62.** Представляет из себя цепочку из 5 карликовых галактик, протя-

нувшуюся на 180 кпк. Вероятно, система находится в стадии формирования.

**J1310+34.** Диск галактики UGC 8246 искривлён, возможно, из-за взаимодействия со вторым компонентом пары.

**J1337+32.** Наиболее населённая группа в нашем списке, состоит из 6 членов. Одна из галактик, J1337+32 F, была включена в группу по морфологическим признакам. Обзор SDSS даёт для этой галактики, SDSS J133704.69+315337.9, скорость  $V_h = 41791$  км/с. Однако, качество спектра не позволяет надёжно оценить красное смещение. По морфологии этой галактики низкой поверхностной яркости можно заключить, что данная скорость ошибочна.

**J1355+04 B.** Была обнаружена И. Караченцевым (частное сообщение) на расстоянии  $2.2'$  или 1.6 кпк в проекции от близкой изолированной карликовой галактики ККН 98. J1355+04 B на 2–2.5 звёздной величины слабее ККН 98, что, в случае нахождения их на одном расстоянии, делает её сопоставимой по яркости с ультра-слабыми карликами нашей Галактики.

**J1423+21.** Пара карликовых галактик на расстоянии  $1'$  или 8 кпк друг от друга. Лучевая скорость  $V_h = 2049$  объекта ADBS 142335+2131 была получена в ходе Arecibo Dual-Beam Survey Rosenberg and Schneider (2000) и, возможно, соответствует обоим объектам.

**J1437+59.** Тесная пара карликовых галактик на расстоянии  $43''$  или 7 кпк в проекции. Скорость известна только для одного объекта.

**J1648+21.** Сложная структура галактики J1648+21 A вызвана либо вспышкой звездообразования, либо приливным воздействием галактики UGC 10549, хотя они находятся довольно далеко ( $45$  кпк в проекции) друг от друга. Третий член группы, J1648+21C, расположен на расстоянии  $29'$  к северу, или в 300 кпк в проекции, от двух более ярких галактик.

#### 4.7.2 Основные свойства групп карликовых галактик

Распределение групп карликовых галактик на небе показано на рисунке 4.36. Подавляющее большинство систем сосредоточено в трети неба, покрытой обзором SDSS. Этот факт отражает сильную наблюдательную селекцию, присущую нашей выборке. К сожалению, селекционные эффекты практически не поддаются учёту. На полноту наших данных влияют как зоны покрытия современных обзоров

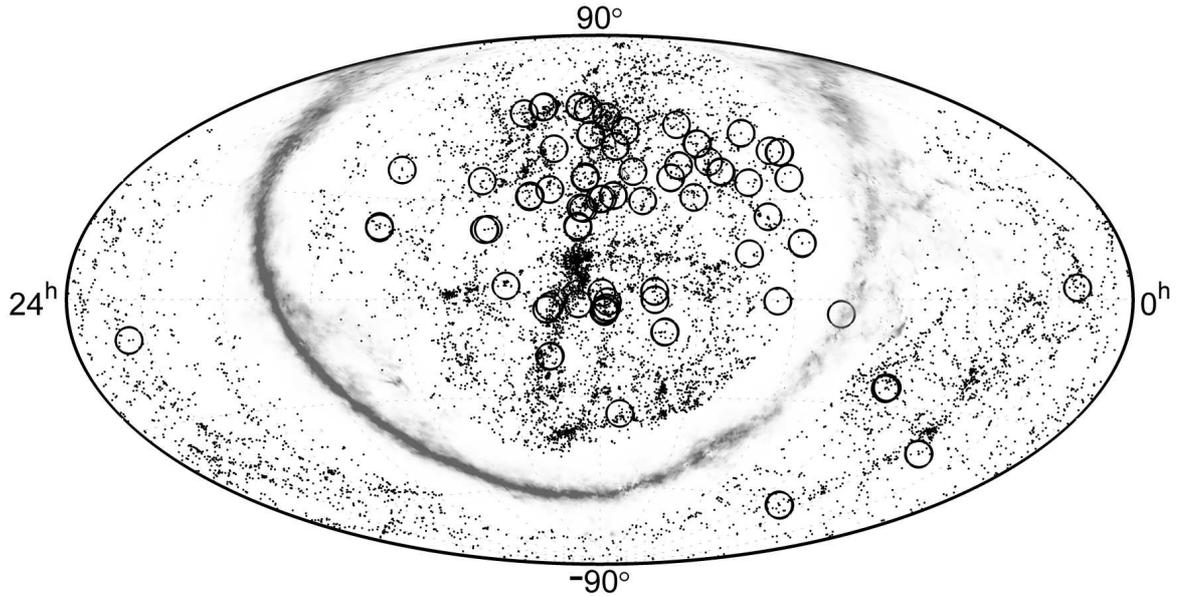


Рис. 4.36: Распределение групп карликовых галактик на небе. Точки отмечают положение близких ( $V_{LG} < 3500$  км/с) галактик. Группы карликов выделены кружками. Млечный Путь показан облаками серого цвета.

неба, так и отбор кандидатов для дальнейшего спектрального исследования. Как правило, галактики низкой светимости и низкой поверхностной яркости оказываются недоступны для наблюдений. Можно ожидать, что реальное число групп, состоящих исключительно из карликовых галактик, заметно больше выделенных 57 штук ( $\sim 5\%$  от общего числа групп) на масштабе Местного Сверхскопления. Несмотря на селекционные эффекты, можно отметить, что кратные карликовые системы избегают известных концентраций светящегося вещества, а их распределение существенно более однородно. Отметим, что карликовые группы избегают области  $15^h < \alpha < 18^h$ , что особенно заметно при сравнении с аналогичной областью, симметричной относительно плоскости Местного Сверхскопления. Это, по всей видимости, является следствием чрезвычайного дефицита карликовых галактик в Местной Пустоте (Huchtmeier et al. 2000a).

Рисунок 4.37 показывает функцию светимости объектов нашей выборки в сравнении с ассоциациями карликовых галактик. Группы карликов (показаны чёрным цветом) занимают тот же диапазон абсолютных звёздных величин, что и ассоциации (показаны светло-серым цветом). Полнота данных Каталога Близлежащих Галактик (Karachentsev et al. 2004) на шкале до 2 Мпк близка к 100% вплоть до  $M_B = -10$ . Очевидно, что резкое уменьшение числа галактик слабее

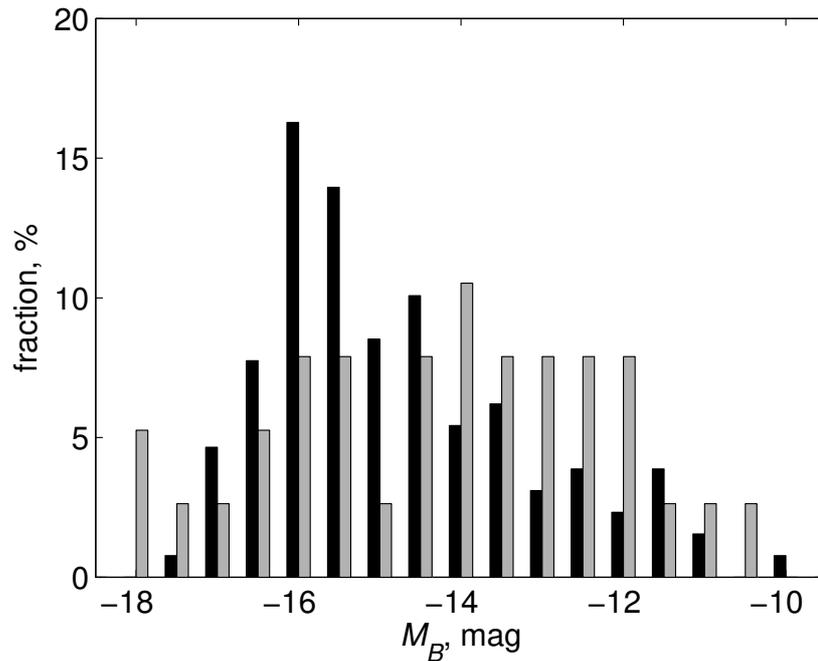


Рис. 4.37: Функция светимости галактик нашей выборки в сравнении с ассоциациями Tully et al. (2006).

$M_B = -15.5$  mag в нашем списке объясняется наблюдательной селекцией. Предполагая пропорциональность функции светимости галактик в группах карликов распределению, полученному для галактик на шкале до 3 Мпк, и учитывая, что обзор SDSS, вносящий основной вклад в наши данные, покрывает примерно треть неба, мы можем грубо оценить полное количество систем карликовых галактик на шкале Местного Сверхскопления. Групп карликовых галактик должно быть в 5–6 раз больше найденного нами количества.

Как видно из рисунка. 4.38, группы карликовых галактик представлены в широком диапазоне значений индекса изолированности ( $II$ ). Этот индекс показывает, во сколько раз нужно увеличить массы всех галактик, чтобы данная группа или галактика оказалась гравитационно связанной с другими системами.  $II \sim 1$  означает, что система находится вблизи зоны гравитационного влияния или, иными словами, вблизи сферы нулевой скорости более массивного соседа. Большие величины  $II$  соответствуют областям пониженной плотности вещества во Вселенной вдали от массивных гравитирующих центров.

На Рис. 4.39 показано распределение групп по размерам и внутренним движениям в системе. Чёрными символами отмечены группы карликов различной чис-

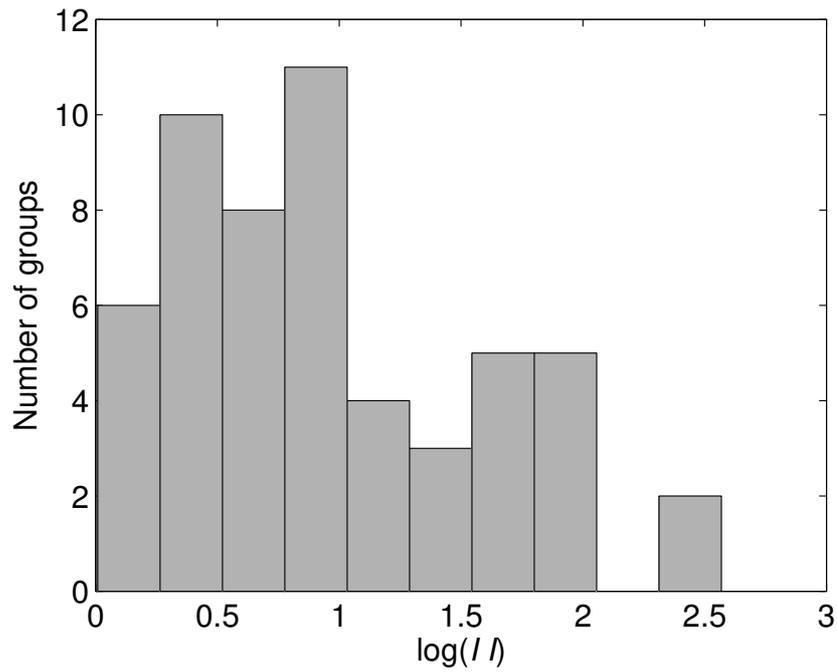


Рис. 4.38: Распределение групп карликовых галактик по индексу изолированности.

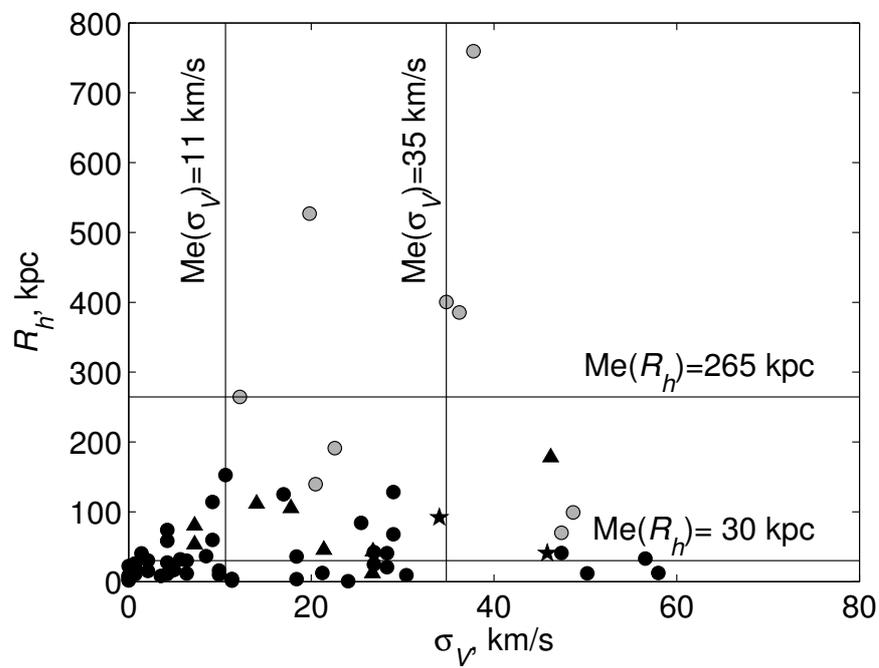


Рис. 4.39: Зависимость размера групп от внутренней дисперсии скоростей. Чёрными символами отмечены группы из нашей выборки (кружки — пары, треугольники — триплеты, звезды — более населённые системы). Серые кружки — ассоциации Tully et al. (2006).

Таблица 4.1: Сравнение основных параметров для обычных групп Местного Сверхскопления (ГМСС), групп карликовых галактик (ГК) и ассоциаций карликовых галактик (АК).

	$n$	$\sigma_V$ км с <sup>-1</sup>	$R_h$ кпк	$\mathfrak{M}_p$ $10^{10}\mathfrak{M}_\odot$	$L$ $10^9 L_\odot$	$\mathfrak{M}/L$ $\mathfrak{M}_\odot/L_\odot$
ГМСС	1082	42	160	61	42	21
$n = 2$	516	24	121	14	17	11
$n = 3$	171	41	156	46	40	15
$n \geq 4$	395	74	204	330	120	31
АК	7	35	265	38	1.0	380
ГК	57	11	30	0.96	0.35	45
$n = 2$	47	9	22	0.29	0.29	26
$n = 3$	8	20	67	4.6	0.69	83
$n \geq 4$	2	40	66	26	2.0	129

ленности: точки соответствуют парам, треугольниками изображены триплеты, а звезды — группы большей населённости. Дисперсия лучевых скоростей в группах карликов ( $\sigma_V$ ) доходит до  $60 \text{ км с}^{-1}$  с медианным значением  $11 \text{ км с}^{-1}$ , а проекционный размер групп не превышает  $200 \text{ кпк}$ , с медианным значением  $30 \text{ кпк}$ .

Основные параметры групп галактик в Местном Сверхскоплении, ассоциаций и групп карликовых галактик собраны в сводной Таблице 4.1. В ней приведены медианные значения дисперсии скоростей  $\sigma_V$ , гармонического радиуса систем  $R_h$ , проекционной массы  $\mathfrak{M}_p$ , светимости  $L$  и отношения масса-светимость  $\mathfrak{M}/L$ . Для групп в Местном Сверхскоплении и групп карликов приведены параметры как для всей совокупности, так и для конкретных конфигураций: пар ( $n = 2$ ), триплетов ( $n = 3$ ) и остальных групп ( $n \geq 4$ ). Сопоставление данных показывает, что группы карликов являются наиболее компактными образованиями. Протяжённость групп из нашей выборки примерно на порядок меньше нормальных групп или ассоциаций. Дисперсии скоростей отличаются не столь кардинально, но и здесь группы карликовых галактик характеризуются минимальными значениями, в семь раз уступая нормальным группам и в три раза — ассоциациям. Несмотря на это, кратные карликовые системы занимают промежуточное положение по отношению мас-

сы к светимости между типичными группами галактик и ассоциациями. Список карликовых групп составляют 47 пар, 8 триплетов и только 2 группы большей населённости. Это слишком мало для исследования статистических различий между системами различной населённости. Однако, можно отметить систематические изменения физических параметров с ростом количества членов группы. Триплеты карликовых галактик оказываются систематически более широкими, массивными и содержат больше светящейся материи, чем аналогичные пары карликов. Отношение масса-светимость также возрастает с ростом населённости групп.

На рисунке 4.39 серыми кружками показано распределение ассоциаций карликовых галактик Tully et al. (2006). Ассоциации были обнаружены в Местном Объёме исключительно из анализа распределения галактик в пространстве, основанном на измерении высокоточных расстояний. Как было отмечено в работе Tully et al. (2006), практически все карликовые галактики, кроме ККР 25, в объёме до 3 Мпк объединены в группы или ассоциации. Ассоциации представляют собой довольно разреженные структуры. Типичный размер ассоциации ( $R_h = 265$  кпк) практически совпадает с типичным размером групп нормальных галактик, при том, что полная светимость ассоциаций на два порядка ниже, чем светимость групп в Местном Сверхскоплении. Несмотря на то, что группы и ассоциации различаются в три раза по дисперсиям скоростей, они существенно, в девять раз, различаются по характерному размеру. Данный факт отражает принципиальную разницу в построении выборок. Ассоциации были выделены на основе пространственной корреляции объектов, в то время, как группы галактик формировались исключительно на основе кинематической информации, с отбором кандидатов в физически связанные группы галактик. Требование гравитационной связанности групп, наряду с оценкой масс по светимости, приводит к необходимости малых проекционных расстояний и малой разницы скоростей между компаньонами карликовых систем.

Медианное значение светимости групп карликовых галактик составляет  $3.5 \times 10^8 L_\odot$  в  $B$ -полосе, а медианное значение проекционной массы —  $9.6 \times 10^9 M_\odot$ . Это приводит к значению отношения “масса-светимость”, равному 45 в солнечных единицах. Отметим, что индивидуальная оценка массы группы карликовых галактик является крайне неопределённой из-за малой кратности систем (в своём большинстве это двойные галактики). Поэтому мы можем говорить только о

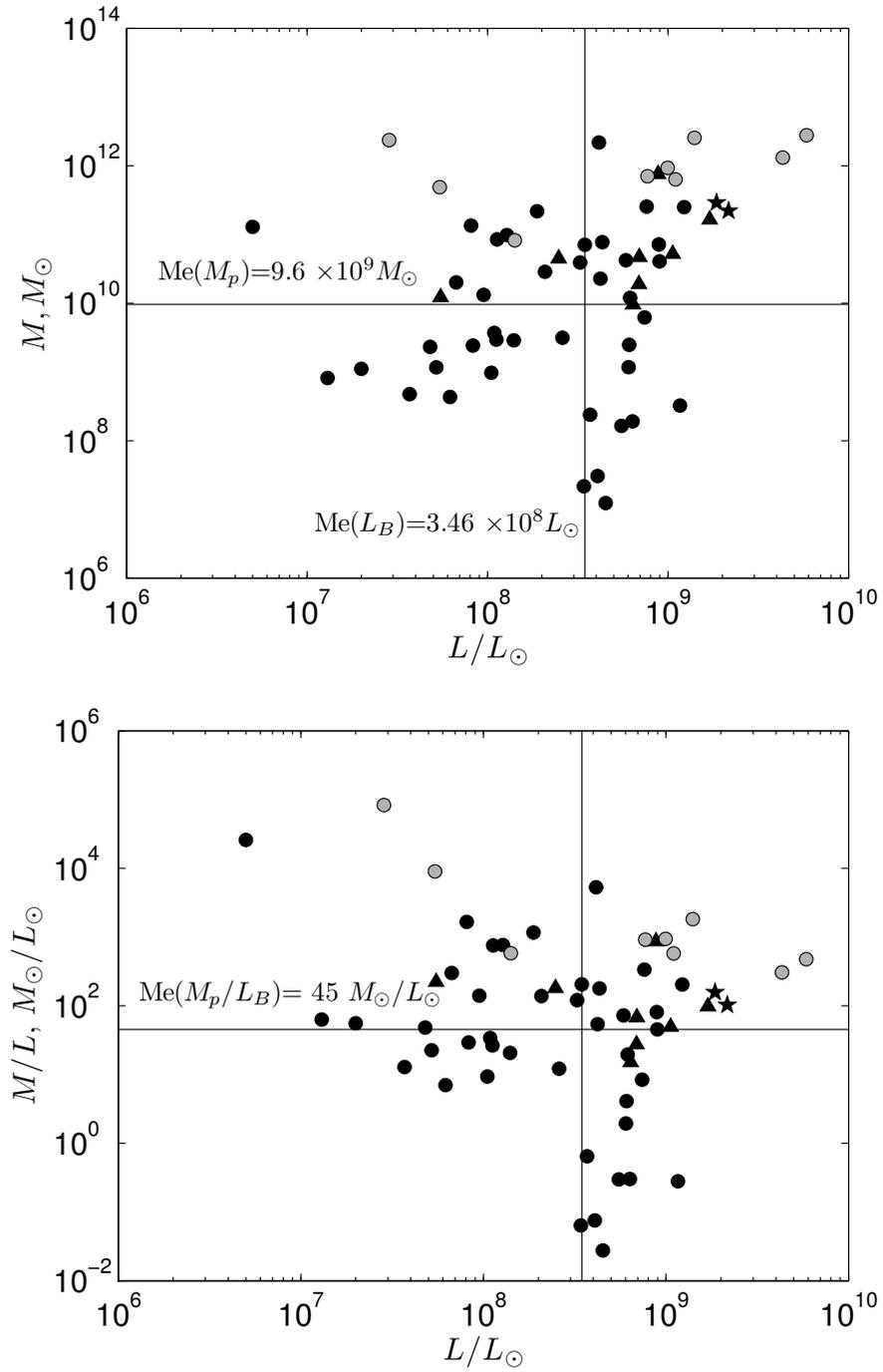


Рис. 4.40: Сверху показана зависимость “масса-светимость” для групп и ассоциаций карликовых галактик; снизу — зависимость “отношение масса-светимость — светимость”. Чёрными символами показаны группы из нашей выборки (пары — точки, триплеты — треугольники, группы с населённостью  $n \geq 4$  — звезды). Серыми кружками отмечены ассоциации карликовых галактик.

средних величинах по ансамблю. На рисунке 4.40 приведены зависимости массы и отношения масса-светимость от полной светимости. Видно, что ассоциации в среднем более массивны, чем группы карликов. Тем не менее, необходимо отметить, что, несмотря на разные алгоритмы выделения, существенную разницу в размерах и дисперсиях скоростей, группы и ассоциациями карликовых галактик формируют непрерывную последовательность на диаграммах масса-светимость. Этот факт отражает генетическое родство этих систем.

В системах карликовых галактик может содержаться существенное количество тёмной материи. Такие “тёмные” агрегаты могут быть очень многочисленны. Из-за сложности обнаружения и исследования они могут “скрывать” значительную долю тёмного вещества при исследовании групп галактик, что может отчасти объяснить проблему “потерянной” массы — расхождения оценок средней плотности Вселенной, полученной по исследованию реликтового излучения и по изучению групп галактик в Местном Сверхскоплении (Makarov and Karachentsev 2011).

Отметим, что вопросы формирования и эволюции систем карликовых галактик остаются крайне малоизученными, что вызвано как сложностью наблюдений и интерпретации, так и теоретического подхода. При изучении групп, состоящих исключительно из карликовых галактик, мы сталкиваемся с большим числом сложностей: низкая поверхностная яркость и малая светимость делают подобные системы труднодоступными в наблюдениях, а малая масса накладывает очень жёсткие ограничения при космологических расчётах.

## 4.8 Изолированные галактики

### Введение

Согласно современным данным Tully (1987); Crook et al. (2007); Makarov and Karachentsev (2011), чуть более половины галактик (54%) сосредоточено в вириализованных группах и скоплениях. Ещё около 20% галактик находится в коллапсирующих зонах вокруг групп и скоплений. Население этих областей со временем также подвергнется вириализации. Остальную четверть галактик относят к так называемым “галактикам общего поля”, которые распределены, в основном, вдоль диффузных волокон, окаймляющих космические пустоты (войды). В стандарт-

ной  $\Lambda$ CDM-модели ускоренного расширения вселенной ожидается, что население общего поля будет испытывать все более слабеющее взаимное гравитационное влияние и никогда не соберётся в вириализованные системы.

Среди довольно распространённой категории галактик поля можно выделить выборку наиболее обособленных галактик, опираясь на взаимные расстояния их ближайших соседей. Простой и эффективный критерий изолированности был предложен Karachentseva (1973). Некоторая галактика с угловым диаметром  $a_1$  считалась изолированной, если все её значимые соседи с угловыми диаметрами  $a_i$  в диапазоне

$$4 \geq a_i/a_1 \geq 1/4 \quad (4.8)$$

располагались на угловых расстояниях

$$X_{1i} \geq 20a_i. \quad (4.9)$$

При отсутствии в то время систематических данных о лучевых скоростях и расстояниях галактик, критерий Караченцевой позволил отобрать среди  $\sim 27000$  галактик северного неба с видимыми величинами  $m_B < 15.7$  mag 1050 изолированных галактик, что составило около 4% от общего числа. Последующие измерения лучевых скоростей у галактик KIG (Karachentseva 1973), а также их соседей подтвердили хорошую пространственную изолированность этих объектов. Позднее Karachentseva et al. (2010) применили аналогичный критерий для поиска изолированных галактик среди протяжённых источников инфракрасного обзора неба 2MASS (Jarrett et al. 2000). Новый каталог 2MIG охватывает все северное и южное небо и содержит 3227 изолированных галактик с видимыми величинами  $K_s < 12.0^m$  и угловыми диаметрами  $a_K > 30''$ . Характерная глубина 2MIG-каталога составляет  $\sim 6500$  км с<sup>-1</sup>, и в эту выборку входит около 6% галактик с соответствующими видимыми величинами и диаметрами.

Для близкого объёма пространства Karachentsev et al. (2004) был составлен каталог 450 галактик, расположенных в сфере радиусом 10 Мпк. Большинство галактик в каталоге соседних галактик имеют индивидуальные оценки расстояния. В этом, наиболее изученном объёме, каждую галактику “ $i$ ” можно было охарактеризовать приливным индексом

$$(TI)_i = \max\{\log(M_k/D_{ik}^3)\} + C, \quad k = 1, 2 \dots n, \quad (4.10)$$

где  $M_k$  — полная масса соседних галактик, удалённых от рассматриваемой галактики на пространственные расстояния  $D_{ik}$ . Значение постоянной  $C$  было выбрано так, чтобы условие  $TI = 0$  соответствовало случаю, когда кеплеровский период движения галактики относительно её главной возмущающей соседки был равен возрасту Вселенной  $T = 13.7$  лет. При таком определении галактики с положительным приливным индексом оказывались членами групп, а условие  $TI < 0$  выделяло популяцию галактик “поля”. Всего в последнюю категорию попало 197 галактик или 44% от их общего числа. Если выделить среди них наиболее изолированные объекты с  $TI < -2.0$ , то их относительное число ( $\sim 5\%$ ) окажется примерно таким же, как в каталогах KIG и 2MIG. У этой категории особо изолированных близких галактик локальная плотность материи, обусловленная соседями, на два порядка ниже средней плотности в каталоге CNG.

Таким образом, в настоящее время имеется всего две выборки, которые охватывают все небо и выделяют около 5% наиболее обособленных галактик: немногочисленная выборка CNG (с  $TI < -2.0$ ) на масштабе 10 Мпк и большая выборка 2MIG на масштабе  $\sim 90$  Мпк. В последнем каталоге из-за ограничения по видимым величинам галактик отсутствует множество карликовых систем, расположенных на далёких расстояниях. Поэтому появилась потребность в новой представительной выборке изолированных галактик, ограниченной не видимой величиной, а расстоянием галактик. Такая выборка промежуточного объёма, заполняющая лакуну между каталогами CNG и 2MIG, была создана нами и рассматривается в этом разделе.

#### 4.8.1 Исходные данные и критерий изолированности.

Создание выборки галактик со скоростями в системе центроида Местной Группы  $V_{LG} < 3500$  км с<sup>-1</sup> (см. раздел §4.1) и выделение среди них структур различной кратности было рассмотрено в предыдущих разделах главы 4. Среди оставшейся популяции галактик поля, не вошедших в группы, мы отобрали особо изолированные галактики, которые удовлетворяют более высокому значению параметра  $\kappa$  (см. уравнение (4.5) в разделе `refalgorithm`). Для этого мы использовали условие

$$\kappa = 6 \cdot (II), \quad (4.11)$$

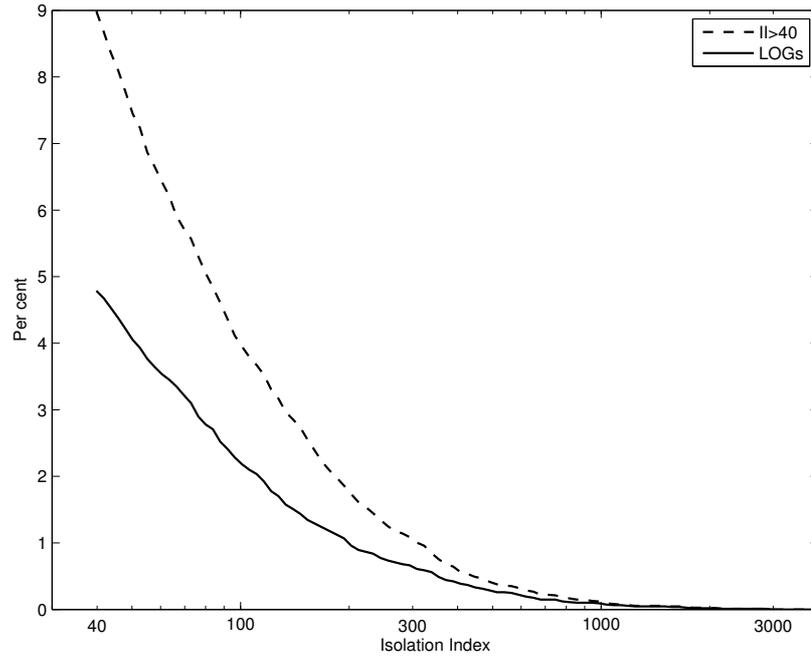


Рис. 4.41: Относительное число галактик, как функция индекса изолированности  $II$  среди галактик с  $V_{LG} < 3500 \text{ км с}^{-1}$  (пунктирная кривая). Сплошная кривая показывает аналогичную зависимость для каталога LOG.

где безразмерная величина ( $II$ ) имеет смысл “индекса изолированности”. При значении ( $II$ ) = 40 всего около 10% галактик сохраняют свою изолированность. Эта выборка из 990 галактик и составила основу нашего каталога.

Использованный нами критерий изолированности (4.3–4.4)+(4.11) фактически опирается на условие динамической обособленности галактики в 3D-пространстве, а не на небе. В этом плане он имеет более ясный физический смысл, чем 2D-критерий Караченцевой (4.8–4.9). Однако, не все галактики в рассматриваемом объёме имеют измеренные лучевые скорости. Чтобы исключить случаи, когда у изолированной по условию (4.3–4.4)+(4.11) галактики может обнаружиться близкий на небе сосед со скоростью, близкой к скорости рассматриваемой галактики, мы применили к уже отобраным 990 галактикам дополнительное ограничение Караченцевой (4.8–4.9). Последовательное использование этих двух критериев сократило нашу выборку с 990 до 520 галактик.

Разумеется, далеко не все галактики, исключённые дополнительным критерием (4.8–4.9), окажутся неизоллированными, когда у их “значимых” в проекции соседей будут со временем измерены лучевые скорости. Более того, результаты проведённой нами пилот-программы измерения лучевых скоростей у галактик

в окрестности предполагаемых изолированных галактик показали (Melnyk et al. 2009), что около 80% из них сохраняют свою изолированность (большинство “значимых” соседей оказываются галактиками дальнего фона с типичной разностью скоростей  $\Delta V_{ik} > 10000 \text{ км с}^{-1}$ ). Несмотря на это, мы предпочли использовать для дальнейшего анализа более строго отобранную выборку, удовлетворяющую критериям как (4.3–4.4)+(4.11), так и (4.8–4.9).

На рисунке 4.41 верхняя (штриховая) кривая показывает, как уменьшается относительное число галактик, удовлетворяющих критерию (4.3–4.4), при все большем значении индекса изолированности  $II$ . К примеру, при переходе от  $II = 40$  к  $II = 400$  процент изолированных галактик падает на порядок. Сплошная (нижняя) линия соответствует случаю, когда используется дополнительное ограничение выборки по условию (4.8–4.9). При  $II = 40$  в выборке остаётся 520 изолированных галактик, т.е. примерно такое же относительное число ( $\sim 5\%$ ), что и в KIG и 2MIG каталогах. Мы обозначили сводку этих 520 галактик как “Local Orphan Galaxies” (=LOG) и будем придерживаться такого сокращения в дальнейшем. Список LOG приведен в приложении §B.5.

Примером ситуации, когда новые измерения красных смещений могут нарушать изолированность галактики, отобранной по критерию (4.3–4.4)+(4.11), служит LOG 227. Возле галактики KUG 0956+420 с  $V_h = 1682 \text{ км с}^{-1}$  обнаружилась соседняя галактика KUG 0956+419, лучевая скорость которой  $V_h = 1737 \text{ км с}^{-1}$  измерена с большой погрешностью ( $\sim 340 \text{ км с}^{-1}$ ). Обе голубые карликовые галактики могут составлять физическую пару с проекционным расстоянием  $\sim 40$  кпк.

## 4.8.2 Основные характеристики галактик LOG

Рисунок 4.42 представляет распределение изолированных галактик по интервалам лучевых скоростей с шагом  $250 \text{ км с}^{-1}$ . Светлая гистограмма показывает общее число галактик, удовлетворяющих условию  $II > 40$ , а затенённая часть гистограммы соответствует галактикам каталога LOG, для которых выполняется дополнительное условие изолированности (4.8–4.9). Ромбами на рисунке отмечен процент LOG от общего количества галактик в каждом интервале скоростей (правая шкала). Как видим, относительное число изолированных галактик практически не

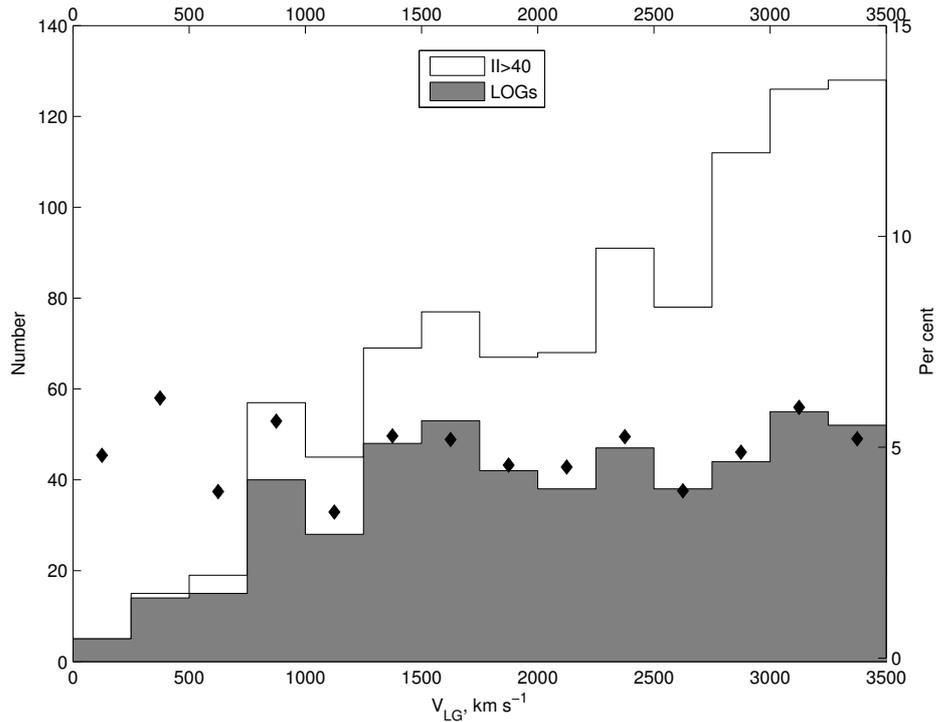


Рис. 4.42: Распределение галактик с индексом изолированности  $II > 40$  (светлая гистограмма) и галактик LOG (серая гистограмма) по лучевым скоростям. Ромбами указано относительное число галактик LOG в каждом интервале скоростей (в процентах на шкале справа).

зависит от расстояния, испытывая статистические флуктуации вокруг среднего значения 4.8%. Приблизительное постоянство процента галактик LOG свидетельствует о том, что использованный нами критерий изолированности работает одинаково эффективно как в близких, так и в далёких объёмах. Это обстоятельство не является тривиальным. К примеру, в выборке изолированных галактик из обзора SDSS (Allam et al. 2005) их относительное число меняется с расстоянием более чем на порядок.

Общее распределение 520 галактик LOG на небе в экваториальных координатах представлено на рисунке 4.43. Галактики более близкого объёма с  $V_{LG} < 2000$  км с<sup>-1</sup> отмечены кружками большего диаметра. Область значительного галактического поглощения вдоль Млечного Пути показана серой клочковатой полосой. Распределение изолированных галактик за пределами зоны  $|b| < 15^\circ$  выглядит довольно равномерным. Некоторый дефицит изолированных объектов заметен в направлении известных близких скоплений Virgo, Fornax и близких групп

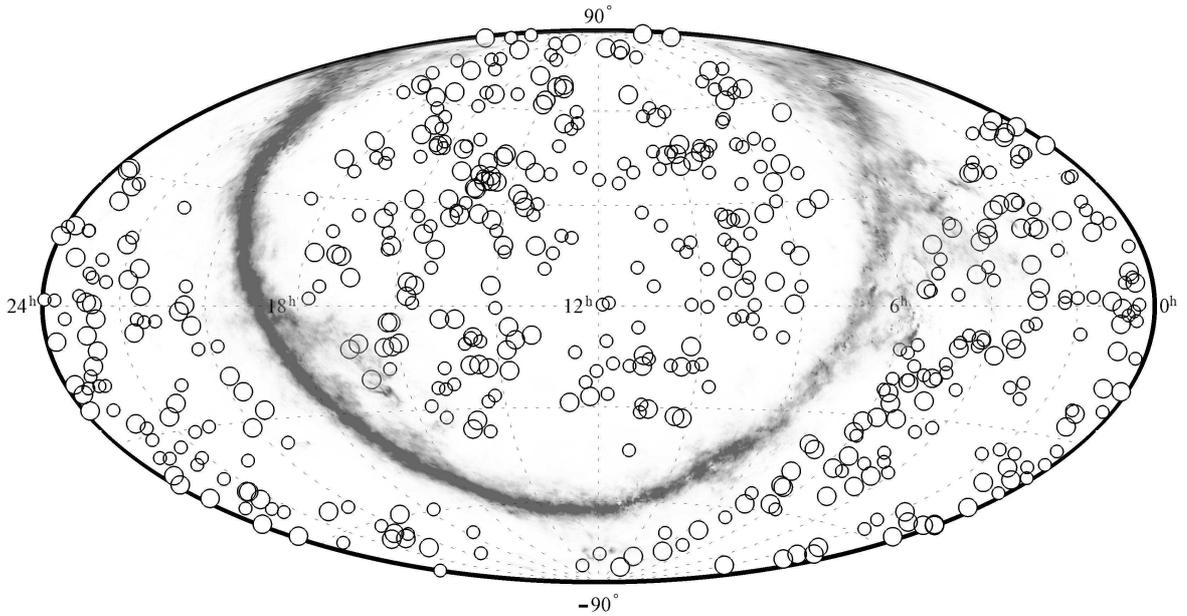


Рис. 4.43: Распределение на небе 520 галактик LOG в экваториальных координатах. Галактики с лучевыми скоростями  $V_{LG} \leq 2000 \text{ км с}^{-1}$  выделены более крупными кружками.

вокруг М 81 и Сеп А.

Важной характеристикой каждой выборки галактик является её морфологический состав, в котором запечатлены особенности эволюции галактик. На рисунке 4.44 представлено распределение 520 галактик LOG, а также всех 990 обособленных галактик с  $II > 40$ , по морфологическим типам. Как следует из этой гистограммы, применение дополнительного условия изолированности (4.8–4.9) не привносит особой избирательности по морфологическим типам. Наиболее часто в выборке LOG представлены самые поздние типы  $T = 8–10$ , то есть Sdm, Im, Ir. На их долю приходится 51% всех галактик. Реже всего среди изолированных встречаются линзовидные и Sa–Sb галактики ( $= 0–3$ ). В каталогах изолированных галактик KIG и 2MIG медиана распределения по типам лежит между  $= 3$  (Sb) и  $= 4$  (Sbc), то есть половина населения этих выборок обладает хорошо выраженными балджами. Относительное число иррегулярных галактик в каталогах KIG и 2MIG оказывается ниже 4%.

Однако, значительная часть различий в морфологическом составе каталогов LOG и KIG, 2MIG обусловлена эффектами избирательности. Будучи выборкой, ограниченной расстоянием, каталог LOG содержит гораздо больше галактик низкой светимости ( $= 10, 9$ ), чем каталоги KIG и 2MIG, где отбор галактик строился

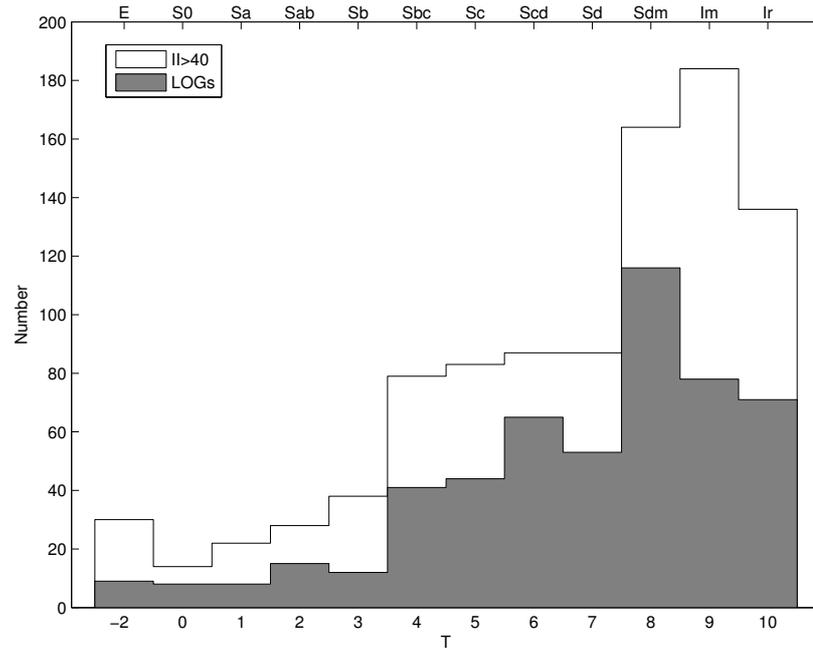


Рис. 4.44: Распределение изолированных галактик по морфологическим типам. Верхняя гистограмма — все 990 галактик с  $II > 40$ , серая гистограмма — 520 галактик каталога LOG.

по их видимой величине. Аналогичный эффект мы видим на примере галактик Местного Объёма, с  $D < 10$  Мпк, среди которых иррегулярные галактики типов 9 и 10 составляют около 70% всей выборки. Отметим также, что среди 33 изолированных галактик, общих для каталогов KIG и LOG, пик распределений по морфологическим типам приходится на  $T = 6$  (Scd), то есть на спирали без выраженных балджей.

Необходимо подчеркнуть, что обнаруживать эволюционные причины различия двух выборок по морфологическому составу обычно бывает непросто, поскольку эти различия в сильной степени маскируются эффектами избирательности при формировании самой выборки. К примеру, две каталожные выборки изолированных галактик, KIG и 2MIG, показывают заметное различие в относительном числе галактик с развитыми балджами. Но это различие вполне ожидаемо и вызвано тем, что в каталог 2MIG отбирались галактики по светимости в ближнем инфракрасном диапазоне, где балджи галактики видны более контрастно, чем в оптической  $B$ -полосе.

Как следует из данных последнего столбца таблицы В.5, около 30% галактик LOG являются инфракрасными IRAS-источниками. Распределение их по морфо-

Таблица 4.2: Галактики ранних морфологических типов ( $T < 1$ ) в каталоге LOG.

LOG	$V_{LG}$	$T$	$M_K$	$\lg \mathfrak{M}_{HI}$	Note
31	3066	0	-21.5	<8.9	IRAS
50	218	-3	-18.9	7.9	IRAS
62	1408	-2	-20.6	8.0	IRAS
104	3449	-1	-23.9	<9.0	IRAS
169	2796	0	-22.1	-	
220	3043	0	-22.1	<8.9	
231	2768	-2	-22.1	9.2	IRAS
256	1876	0	-19.0	-	
264	2226	-3	-21.6	<8.8	
275	3249	-2	-21.5	<9.0	
332	1782	0	-21.7	-	IRAS
407	2120	-1	-20.3	-	
411	3431	0	-21.4	-	IRAS
420	3205	0	-23.1	-	
435	2692	-1	-22.2	-	IRAS
50	3164	0	-22.8	<9.1	IRAS
484	3027	-1	-21.7	<9.1	IRAS
Median			-21.7	<8.9	

логическим типам значительно отличается от общего. Максимум распределения изолированных IRAS-галактик приходится на типы  $= 4-6$ . Такое различие с общей выборкой имеет сугубо селективный характер, поскольку IRAS-потоки тесно коррелируют с массой пылевой компоненты галактик, которая наиболее выражена именно у Sc галактик.

В современных моделях формирования галактик подразумевается, что E и S0 галактики образуются путём многократных слияний дискообразных и иррегулярных галактик. В скоплениях обычно предполагают постоянно действующий механизм превращения спиральных галактик в линзовидные путём выметания из них газа, что препятствует дальнейшему звездообразованию. Таким образом, ожидается, что E и S0 галактики должны встречаться, в основном, в областях высокой плотности материи. Действительно, каталоги KIG и 2MIG содержат всего 16% и 18% E + S0 галактик, соответственно, что ниже их среднего космического обилия ( $\sim 24\%$ ). В каталоге LOG имеется только 17 галактик, классифицированных нами как E и S0 ( $T < 1$ ). Список этих галактик, составляющих менее 4% нашей выборки, представлен в таблице . Здесь и далее расстояния до галактик определялись по их лучевой скорости  $V_{LG}$  при постоянной Хаббла  $H_0 = 73 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ .

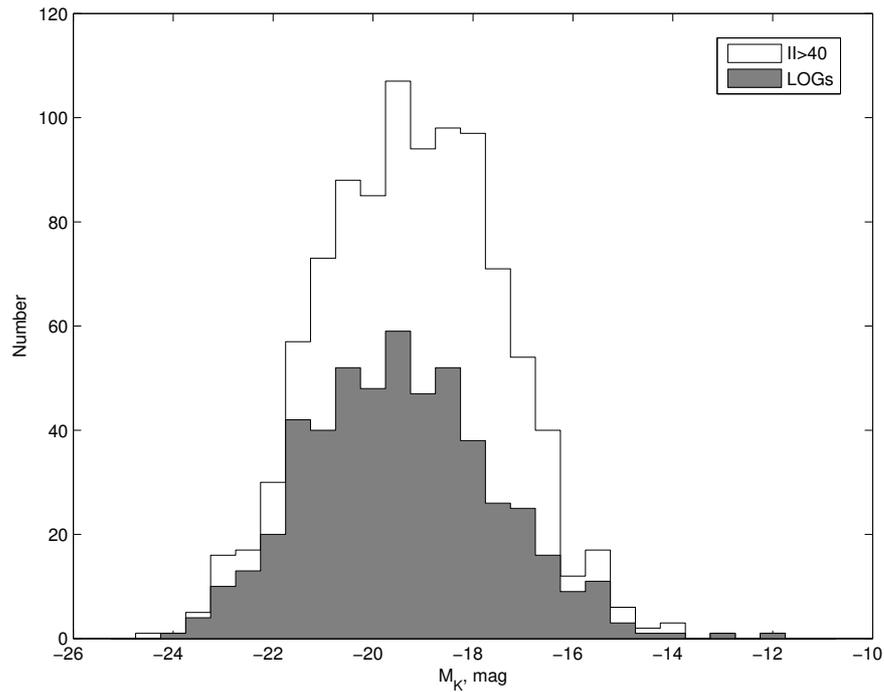


Рис. 4.45: Функция светимости изолированных галактик. Серым отмечено каталожное распределение галактик LOG.

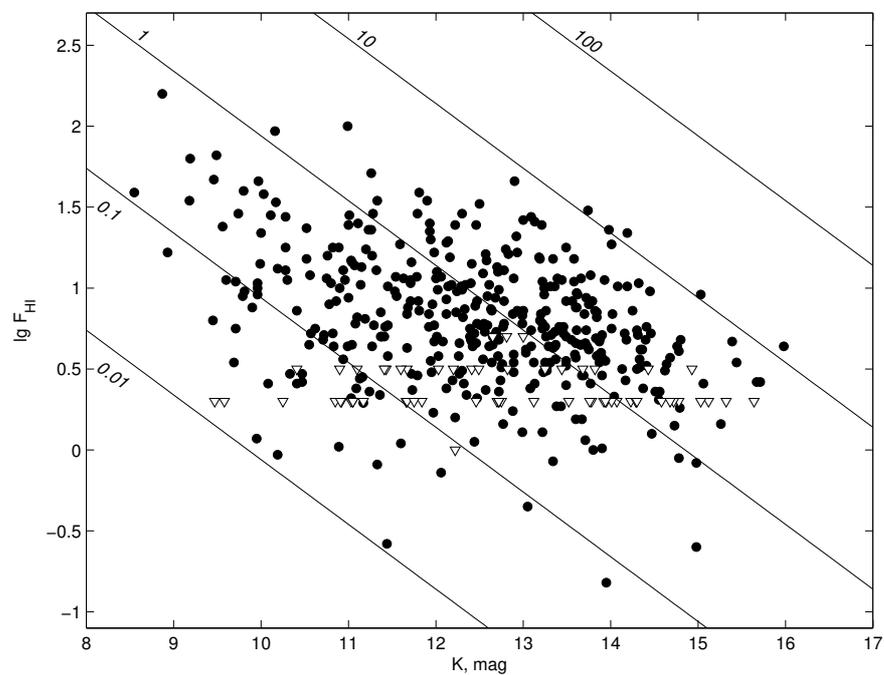


Рис. 4.46: Видимая  $K$ -величина и логарифм HI-потока для галактик LOG. Треугольниками показаны верхние значения HI-потока. Наклонные линии соответствуют постоянному отношению  $\mathfrak{M}_{\text{HI}}/L_K$ , равному 0.01, 0.1, 1, 10 и 100 в солнечных единицах.

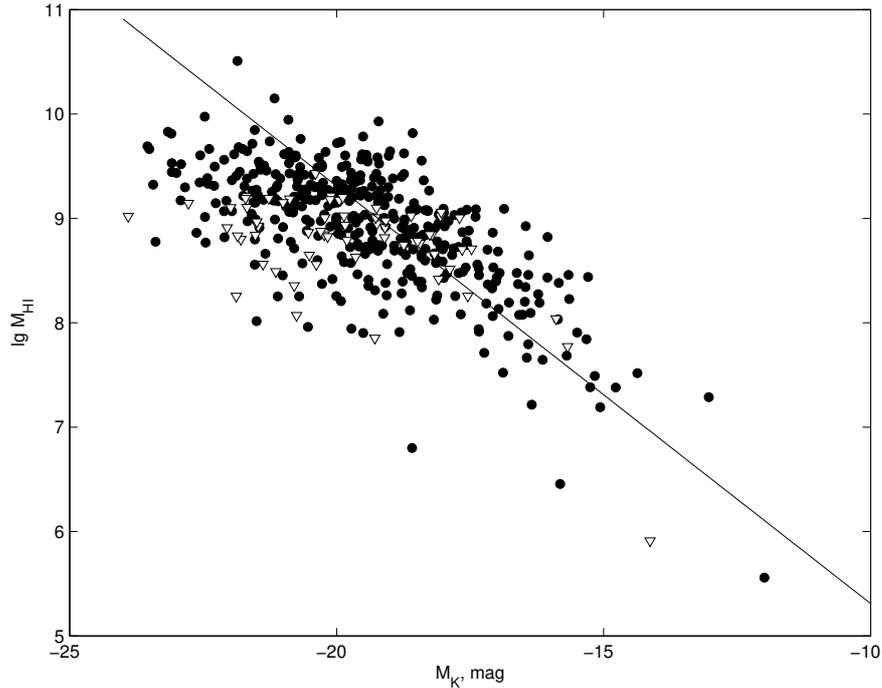


Рис. 4.47: Логарифм водородной массы и абсолютная  $K$ -величина у галактик LOG. Прямая соответствует равенству  $\mathcal{M}_{\text{gas}} = \mathcal{M}_{\text{star}}$  в галактике.

Обращает на себя внимание, что изолированные E и S0 галактики в LOG существенно отличаются от других E и S0 галактик рядом признаков. Изолированные галактики ранних типов имеют довольно низкую светимость, их медианная абсолютная величина составляет  $M_K = -21.7$  или  $M_B = -17.7$ . Более половины E, S0 галактик в LOG являются IRAS-источниками, что указывает на присутствие в них значительного количества пыли. У некоторых из них (NGC 404, UGC 1198, UGC 5467) наблюдаются потоки в линии HI, соответствующие массам нейтрального водорода  $\sim 10^8 - 10^9 \mathcal{M}_{\odot}$ . Можно предположить, что эволюция изолированных E и S0 галактик происходит с существенным влиянием (натеканием) межгалактической среды, в которой сосредоточено около 80% барионов Вселенной (Fukugita and Peebles 2004).

Рисунок 4.45 показывает распределение числа изолированных галактик всех типов по абсолютным  $K_s$ -величинам. Галактики, вошедшие в каталог LOG (отмечены серым), имеют приблизительно такую же функцию светимости, что и все 990 галактик, удовлетворяющих условию  $II > 40$ . Другими словами, дополнительная отбраковка изолированных галактик по критерию Караченцевой не приносит существенной избирательности по светимости.

На рисунке 4.46 представлено распределение галактик LOG по видимым  $K_s$ -величинам и логарифмам потока в линии H I. Каждая галактика с измеренным H I-потокотом изображена кружком, а галактики с оценкой верхнего предела H I-потока показаны треугольниками. Помимо них, около 12% галактик этого каталога пока не наблюдались в линии H I. Диагональные линии на рисунке соответствуют значениям отношения водородной массы к звёздной массе, равным 0.01, 0.1, 1, 10 и 100. Здесь отношение масс определялось как

$$\log(\mathfrak{M}_{\text{H I}}/\mathfrak{M}_{\text{star}}) = \log F_{\text{H I}} + 0.4m_K - 5.94 \quad (4.12)$$

при абсолютной  $K$ -светимости Солнца  $M_K(\odot) = 3.28^m$ . Из этих данных видно, что почти у всех галактик отношение  $\mathfrak{M}_{\text{H I}}/\mathfrak{M}_{\text{star}}$  заключено в интервале от 0.01 до 10 с медианным значением 0.7. С учётом поправки за гелий и молекулярный водород (фактор 1.85 по Fukugita and Peebles (2004)), характерное отношение массы газа и звёзд у рассматриваемых галактик становится равным 1.3. Таким образом, типичная изолированная галактика каталога LOG успела переработать в звезды менее половины своих запасов газа. А у некоторых изолированных галактик (UGC 3672) более 90% барионов ещё пребывают в виде газовой компоненты.

Как известно, отношение массы газа и звёзд показывает тенденцию возрастания от нормальных галактик к карликовым. Это может означать, что фаза активного звездообразования у карликовых галактик наступает позднее, чем у нормальных, или же что звездообразование в карликовых системах идёт более вялыми темпами. Рисунок 4.47 воспроизводит зависимость между логарифмом водородной массы и абсолютной  $K$ -величиной изолированных галактик. Объекты с оценкой верхнего предела H I-потока помечены треугольниками. Прямая линия на рисунке фиксирует значение  $\mathfrak{M}_{\text{H I}} = \mathfrak{M}_{\text{star}}$ . Относительно неё галактики более высокой светимости ( $M_K < -19.5^m$ ) показывают ощутимый дефицит водородной массы.

### 4.8.3 Пекулярные изолированные галактики

Стандартная космологическая  $\Lambda$ CDM-модель предсказывает существование большого количества массивных невидимых тел (dark sub-haloes), у которых до сих пор не включился процесс звездообразования (Klypin et al. 1999). Предполагается, что подобные тёмные сгустки с массами  $\sim (10^6 - 10^9) \mathfrak{M}_{\odot}$  могут быть в десятки раз

Таблица 4.3: Близкие изолированные галактики с пекулярной структурой

LOG	$V_{LG}$	$T$	$M_K$	Структурные особенности
12	1636	2	-19.6	слабое внешнее кольцо
58	677	10	-16.2	dIr + циррус?
100	2777	8	-19.2	широкий искривленный хвост
114	2327	8	-19.8	клочковатая
163	964	10	-16.9	клочковатая
179	2419	4	-21.2	хвост или рукав из компактного тела
180	3092	7	-20.5	асимметричная
197	1705	7	-19.2	широкий хвост
219	1811	9	-18.7	узловатая с хвостом
243	2377	8	-19.5	клочковатая
260	2635	10	-20.3	клочковатая
273	2141	10	-18.0	клочковатая
302	1246	8	-18.2	похожа на молоток
304	939	8	-19.4	голубые узлы на окраине
310	2331	2	-19.0	слабая протяжённая периферия как у Malin-1
338	1477	9	-17.9	кометообразная
340	3350	7	-19.5	асимметричная
347	3469	4	-21.7	искривленный хвост
447	1313	8	-18.7	асимметричная, клочковатая
517	2017	8	-19.0	искажённая, клочковатая
520	1976	10	-20.9	возмущённая, с петлями
Median		8	-19.2	

более многочисленными, чем обычные галактики. Поиски таких объектов в обзорах HIPASS и ALFALFA по излучению в линии H I не увенчались успехом у Davies (2008); Haynes (2008).

Наличие между галактиками многочисленной популяции тёмных массивных объектов должно приводить к появлению большого числа случаев взаимодействия “галактика–темное тело”. Ожидаемым результатом их тесного сближения может быть искажение структуры нормальной (светлой) галактики или же “осветление” тёмного компонента за счёт перетекания на него вещества от обычной галактики. Очевидно, что случаи “немотивированного” взаимодействия с невидимым объектом следует искать именно среди изолированных галактик. Karachentsev et al. (2006b, 2008a) обнаружили 8 примеров изолированных галактик каталога KIG с явно выраженными искажениями структуры. Пекулярная форма некоторых из них может быть обусловлена асимметричной вспышкой звездообразования или же недавним слиянием двух галактик. Однако, две галактики: UGC 4722 и ESO 545-05 оказались вполне соответствующими предположению о взаимодействии каждой из них с массивным невидимым объектом. Эффекты взаимодействия выражены

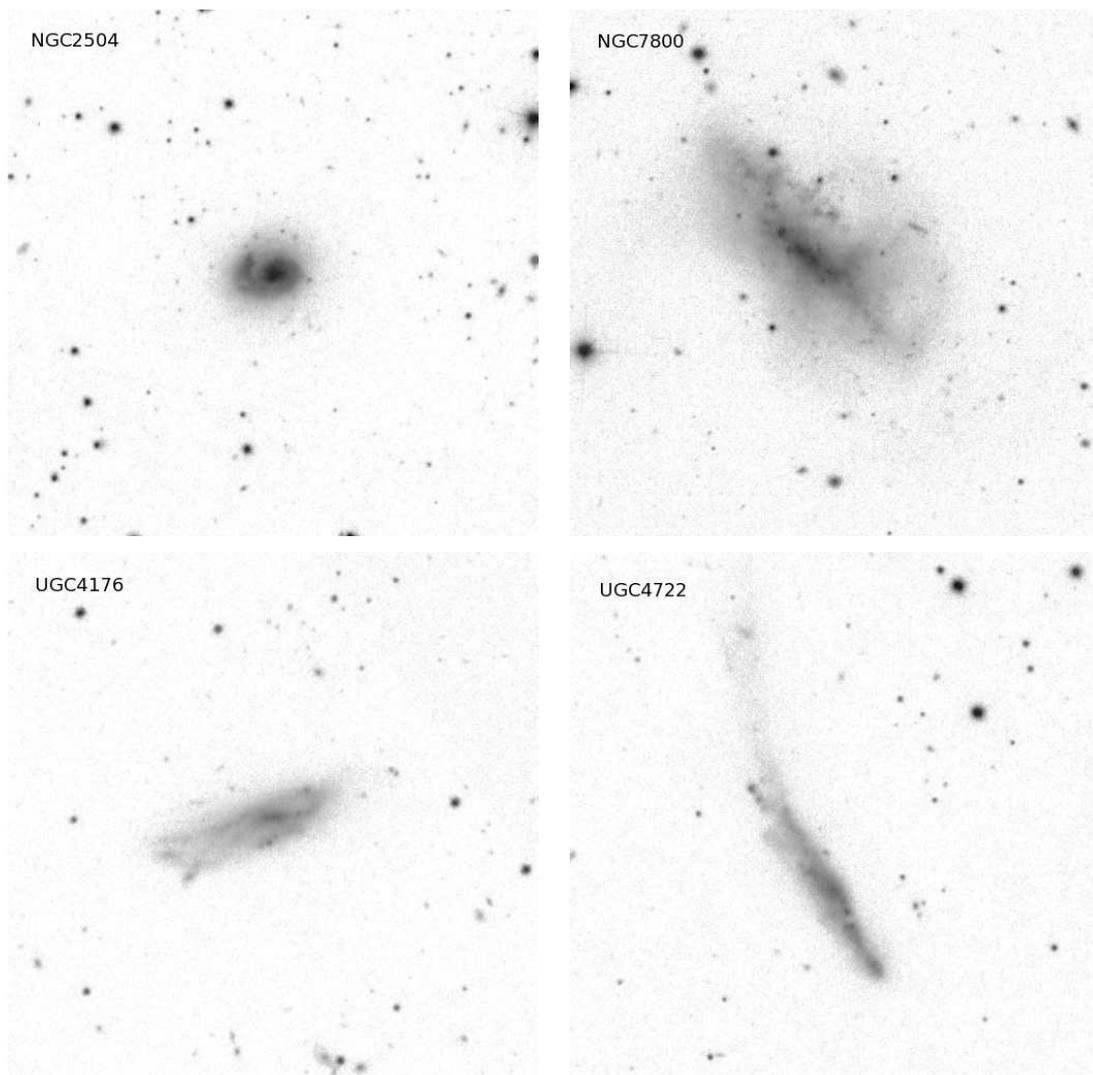


Рис. 4.48: Примеры изолированных галактик пекулярной структуры NGC 2504, UGC 4176, NGC 7800, UGC 4722.

сильнее всего в тех случаях, когда сближаются объекты примерно одинаковой массы. Поскольку ожидается, что число тёмных тел растёт с уменьшением их массы, то поиски следов взаимодействия с ними перспективнее всего искать среди самых маломассивных изолированных галактик. Типичная галактика в каталоге LOG в среднем на порядок ниже по светимости (массе), чем в KIG. В последней колонке таблицы В.5 отмечена 21 галактика с пекулярной морфологией. Все они перечислены в таблице 4.3. Репродукции четырёх взаимодействующих изолированных галактик из обзоров SDSS и DSS воспроизведены на рисунке 4.48. Наличие у них очень асимметричной формы (NGC 2504), искажённой спиральной структуры (NGC 4176), возмущённого диска с петлями (NGC 7800), широкого приливного хвоста (UGC 4722) довольно трудно объяснить без привлечения идеи взаимодействия с невидимым массивным телом. Вместе с тем, следует подчеркнуть, что отмеченные случаи пекулярных структур составляют всего 4% от общего числа галактик в LOG каталоге. Это обстоятельство может оказаться сильным ограничением на численность популяции тёмных объектов с массами  $\sim 10^8 - 10^9 M_{\odot}$ .

#### 4.8.4 Обсуждение и выводы

Представленные выше данные показывают, что среди наиболее изолированных галактик преобладают объекты поздних морфологических типов и низкой светимости, большинство из которых обладает значительными запасами газа для дальнейшего звездообразования. Эти свойства выглядят вполне ожидаемыми в рамках стандартной космологической модели. Как было отмечено в разделах §4.5 и §4.6 (Makarov and Karachentsev 2009, 2011), около 46% галактик находятся вне вириальных областей групп и скоплений, но при этом только 18% суммарной звёздной массы (светимости галактик в  $K_s$ -полосе) расположено за пределами групп и скоплений.

Среди 22 галактик каталога LOG, которые попадают в Местной Объём радиусом 10 Мпк, все галактики обладают отрицательным значением приливного индекса (4.10). Одной из наиболее близких и наиболее изолированных галактик LOG в Местном Объёме является известная иррегулярная галактика КК 246, расположенная на окраине Местной космической пустоты. Медианное значение приливного индекса для этих 22 галактик,  $TI = -1.7$ , показывает, что характерная

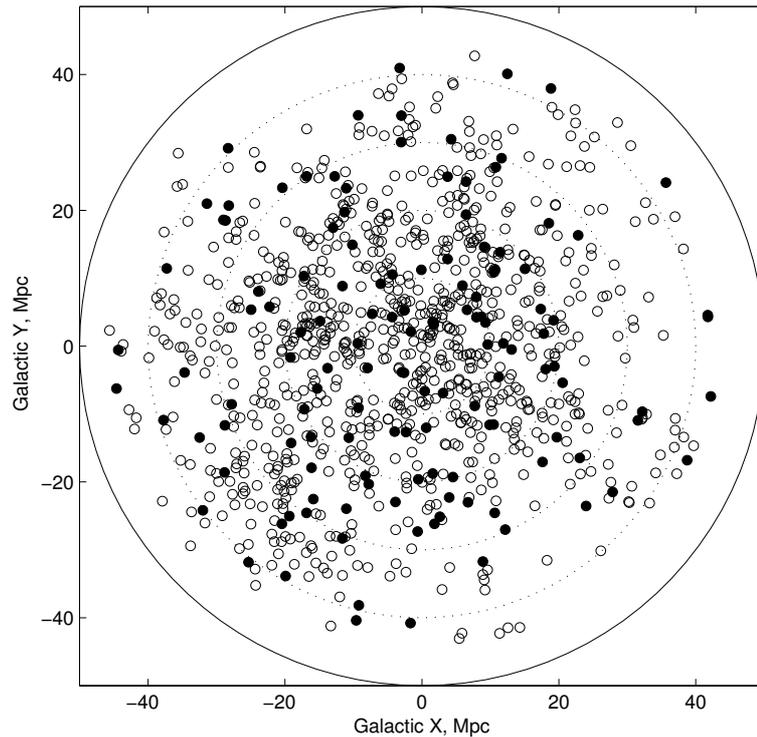


Рис. 4.49: Распределение 520 галактик LOG в декартовых галактических координатах. Галактики с развитыми балджами ( $T < 4$ ) показаны сплошными кружками.

локальная плотность вокруг галактик LOG примерно в 50 раз ниже средней плотности в Местном Объёме. Это обстоятельство подчёркивает физическую обоснованность критерия изолированности, использованного в нашем каталоге. Количество галактик в LOG, общих с каталогом KIG, составляет всего 33. Малая доля перекрытия каталогов LOG и KIG обусловлена, в первую очередь, различием в пространственных объёмах этих выборок, которые перекрываются примерно на  $1/8$ . Детальное сравнение свойств галактик в обоих каталогах заслуживает отдельного рассмотрения. Обращает на себя внимание относительно высокое число “плоских” спиральных галактик, видимых с ребра ( $N_F = 71$  в последнем столбце таблицы В.5). При случайной ориентации осей у тонких спиральных галактик их ожидаемое число в каталоге LOG должно составлять около 18–32. Наблюдаемый избыток числа  $N_F$  указывает на то, что тонкие диски с отношением осей  $a/b > 7$  способны сохраняться преимущественно в областях низкой плотности материи, где приливные возмущения соседей не вызывают “разогрева” и утолщения диска вдоль оси вращения.

Довольно большое число галактик LOG являются IRAS-источниками ( $N_{\text{IRAS}} =$

142). Распределение их по морфологическим типам характеризуется широким максимумом на типах Sbc–Scd ( $T = 4-6$ ), что свидетельствует о наличии развитой пылевой компоненты в дисках изолированных галактик. Общее число “активных” галактик (Mrk) в каталоге LOG сравнительно невелико (18), при этом большинство из них являются межгалактическими H II-областями (Searle and Sargent 1972), а не объектами с активными (сейфертовскими) ядрами.

Рисунок 4.49 показывает распределение 520 галактик LOG в декартовых галактических координатах в проекции на плоскость Млечного Пути. Выбор такой проекции нивелирует эффект поглощения света в нашей Галактике. В первом приближении распределение изолированных галактик выглядит вполне однородным, с некоторым уменьшением плотности числа галактик от центра к периферии объёма из-за потери части карликовых галактик на больших расстояниях от наблюдателя. Галактики с балджами ( $T < 4$ ), показанные заполненными кружками, не обнаруживают повышенного сгущения в группы по сравнению с более поздними типами (пустые кружки). Некоторое влияние на характер пространственного распределения изолированных галактик оказывает тот факт, что они избегают объёмов, занятых близкими скоплениями и группами, а также объёмов близких космических пустот: Местного войда в Aquila-Hercules, в Eridanus и Leo (Tikhonov and Karachentsev 2006). Вместе с тем, заметна слабая корреляция галактик LOG друг с другом на масштабах  $\sim 0.5$  Мпк с разностями лучевых скоростей  $< 50$  км с<sup>-1</sup>. Примером таких ассоциаций могут служить LOG 254+255, LOG 360+362, LOG 3+20+30. Наличие подобных невириализованных структур может свидетельствовать о существовании в областях низкой плотности неких малоконтрастных волокнистых структур, аналогичных близкой цепочке в Sculptor (Karachentsev et al. 2003a), или же ассоциацией карликовых галактик, отмеченных недавно в Tully et al. (2006) и Makarov and Karachentsev (2011). Особенности распределения галактик в зонах экстремально низкой плотности материи содержат важную информацию о формировании и эволюции крупномасштабной структуры Вселенной. Однако этот сектор наблюдательной космологии остаётся пока почти неисследованным.

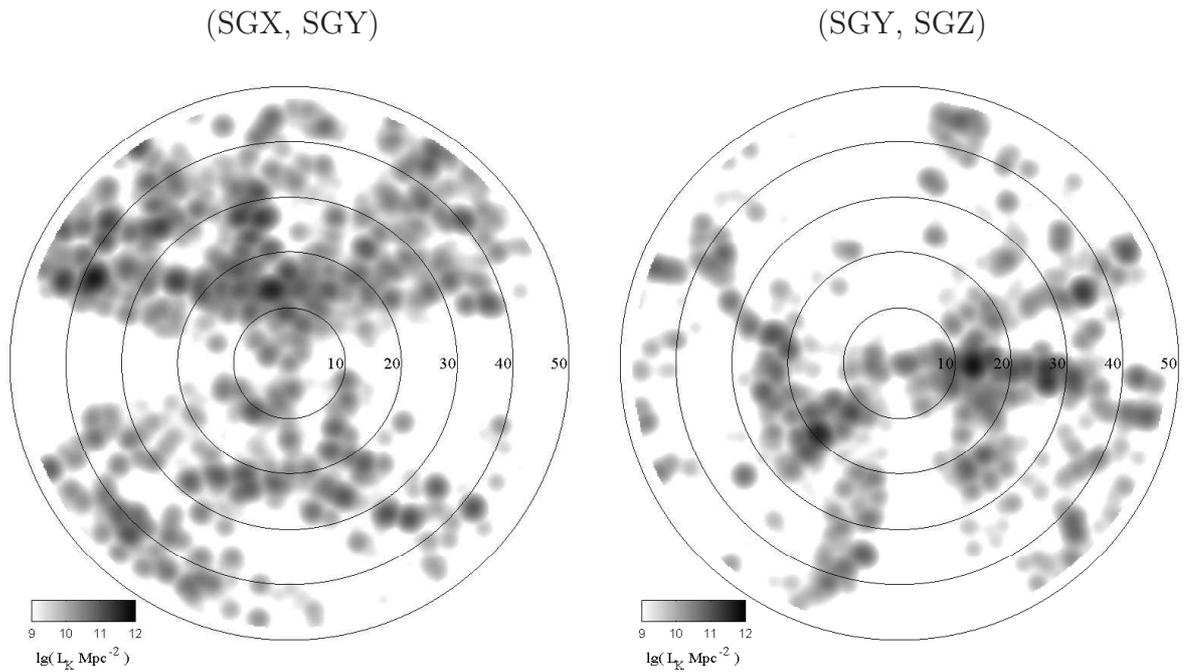


Рис. 4.50: Распределение вещества в проекции на свергалактические плоскости (SGX, SGY) и (SGY, SGZ). Расстояния обозначены концентрическими кругами вокруг Местной Группы с шагом 10 Мпк.

## 4.9 Распределение вещества в Местной Вселенной

Данные о галактиках в группах, парах и в поле позволяют сделать выводы об основных чертах распределения светящейся и тёмной материи в Местной Вселенной внутри сферы диаметром 80–90 Мпк. На этой шкале ожидается достижение средней плотности Вселенной с точностью порядка 15% (Párai and Szapudi 2010).

Рисунок 4.50 воспроизводит распределение вещества в Местном Сверхскоплении и его окрестностях в проекции на плоскости (SGX,SGY) и (SGY,SGZ) в декартовых свергалактических координатах. Шкала расстояний показана концентрическими кругами вокруг Местной Группы с шагом 10 Мпк. Горизонтальные конусы на левом рисунке сформированы “Зоной Избегания” (“Zone of Avoidance”) на галактических широтах  $|b| < 15^\circ$ . Скопление в Деве с прилегающими отрогами расположено кверху от центра на расстоянии  $Y = 17$  Мпк. Существует цепь из скоплений и групп: Antlia, Hydra, Centaurus, видимая слева от Virgo. Эта структура тянется за пределы рисунка в направлении области, называемой Великим Аттрактором (Great Attractor). Местная Пустота видна как область низкой плотности на верхней части (+Z) правой панели, примыкающей к конусу, вызванному

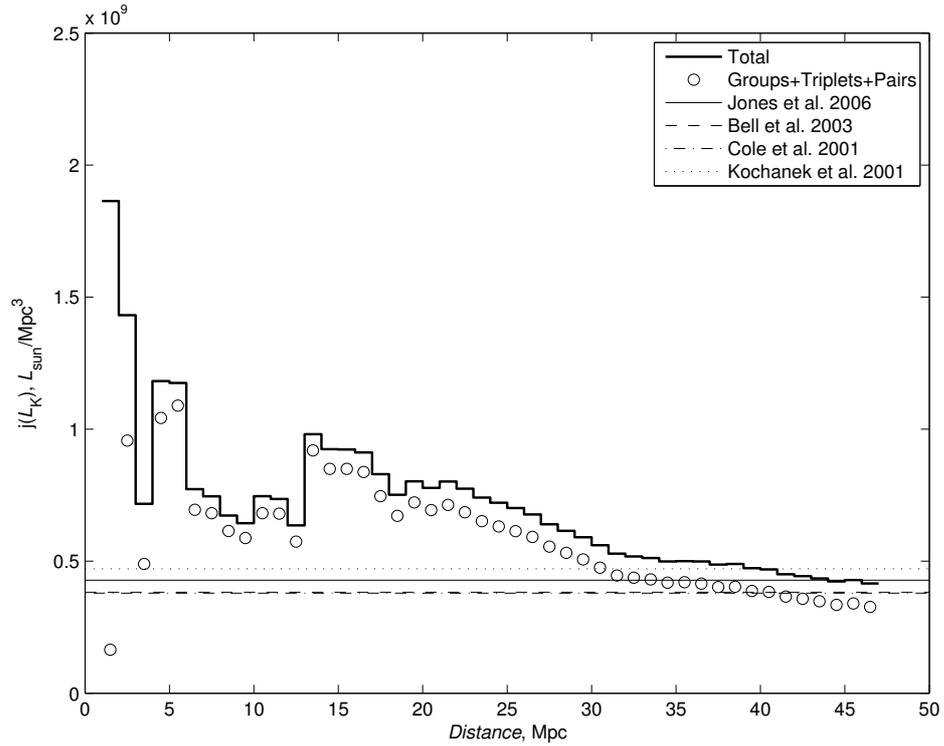


Рис. 4.51: Средняя плотность светимости в  $K_s$ -полосе в зависимости от расстояния. Суммарная плотность групп, триплетов и пар показана кружками, а полная плотность, включая галактики поля, изображена гистограммой. Три горизонтальные линии показывают асимптотические значения плотности светимости в  $K_s$ -диапазоне по данным 2MASS, полученные различными авторами.

поглощением в нашей Галактике. Поверхностная плотность  $K$ -светимости в единицах  $\mathcal{M}_\odot \text{ Мпк}^{-2}$  изображена градациями серого цвета.

Рисунок 4.51 показывает вариацию средней плотности  $K$ -светимости внутри сферы данного радиуса с шагом 1 Мпк. Кружками отмечена интегральная плотность светимости галактик, сосредоточенная в группах, триплетах и парах. Ступенчатая линия отражает поведение средней плотности с расстоянием для всех галактик, включая галактики поля. Сплошная, штриховая и пунктирная линии отмечают уровни средней космической плотности светимости в  $K_s$ -диапазоне, согласно работам Jones et al. (2006); Bell et al. (2003); Cole et al. (2001); Kochanek et al. (2001), основанным на анализе данных 2MASS-обзора, но со слегка различными предположениями о степени поглощения света пылью внутри галактик их выборок. Внутри сферы радиусом 40 Мпк средняя плотность  $K$ -светимости равна  $4.73 \times 10^8 L_\odot \text{ Мпк}^{-3}$  по нашим данным против средних оценок, полученных

другими авторами,  $(3.8\text{--}4.7) \times 10^8 L_{\odot} \text{ Мпк}^{-3}$ .

Отметим, что в данном объёме полная  $K$ -светимость галактик, собранных в системы различной кратности  $n \geq 2$ , содержит 82% светимости всех галактик. Другими словами, только 18% звёздной массы расположено вне границ вириальных областей галактических систем. Это находится в хорошем согласии с измерением функции светимости галактик. К примеру, используя данные о полной плотности светимости (Blanton et al. 2003) и функции светимости галактик в группах в SDSS-обзоре (Zandivarez et al. 2006), и принимая во внимание долю галактик в группах (54%), мы получаем, что только 20% всего света связано с галактиками поля. Сравнивая доли  $K_s$ -светимости в группах (82%) и относительного количества кластеризованных галактик (54%), мы заключаем, что степень скученности карликовых галактик значительно ниже, чем галактик с высокой светимостью. Другая особенность Местной Вселенной состоит в том, что средняя звёздная плотность с увеличением расстояния от Местной Группы стремится к её асимптотической космологической величине строго сверху, то есть широкие окрестности Местной Группы представляют из себя обширную область повышенной плотности. Причём, флуктуации  $\delta\rho(L_K)/\langle\rho(L_K)\rangle \sim 1$  происходят даже на шкалах  $\sim (15\text{--}20)$  Мпк.

Распределение средней плотности вещества (не только светящегося) в Местной Вселенной показано на двух панелях рисунка 4.52 в единицах критической плотности. Вклад пар и триплетов галактик из каталогов Karachentsev and Makarov (2008); Makarov and Karachentsev (2009) показан треугольниками, а групп с популяцией  $n \geq 4$  — квадратами. Кроме членов групп мы должны учитывать вклад галактик поля в среднюю плотность. Как было отмечено выше, их относительное число и относительная светимость в  $K_s$ -полосе составляют только 46% и 18%, соответственно, от полного количества галактик и их полной светимости. Мы принимаем, что изолированные галактики слабо отличаются по своим физическим характеристикам от галактик в бинарных или тройных системах, что подтверждается эффектами слабого гравитационного линзирования (Mandelbaum et al. 2006). Приписывая изолированным галактикам такое же отношение массы к светимости, каким обладают компоненты систем малой кратности, мы изобразили поведение полной плотности вещества в объёмах различного радиуса в форме гистограмм. При создании каталогов групп, триплетов и пар галактик, мы ограничились рассмотрением систем со средней радиальной скоростью  $\langle V_{LG} \rangle \leq 3500 \text{ км с}^{-1}$ , что

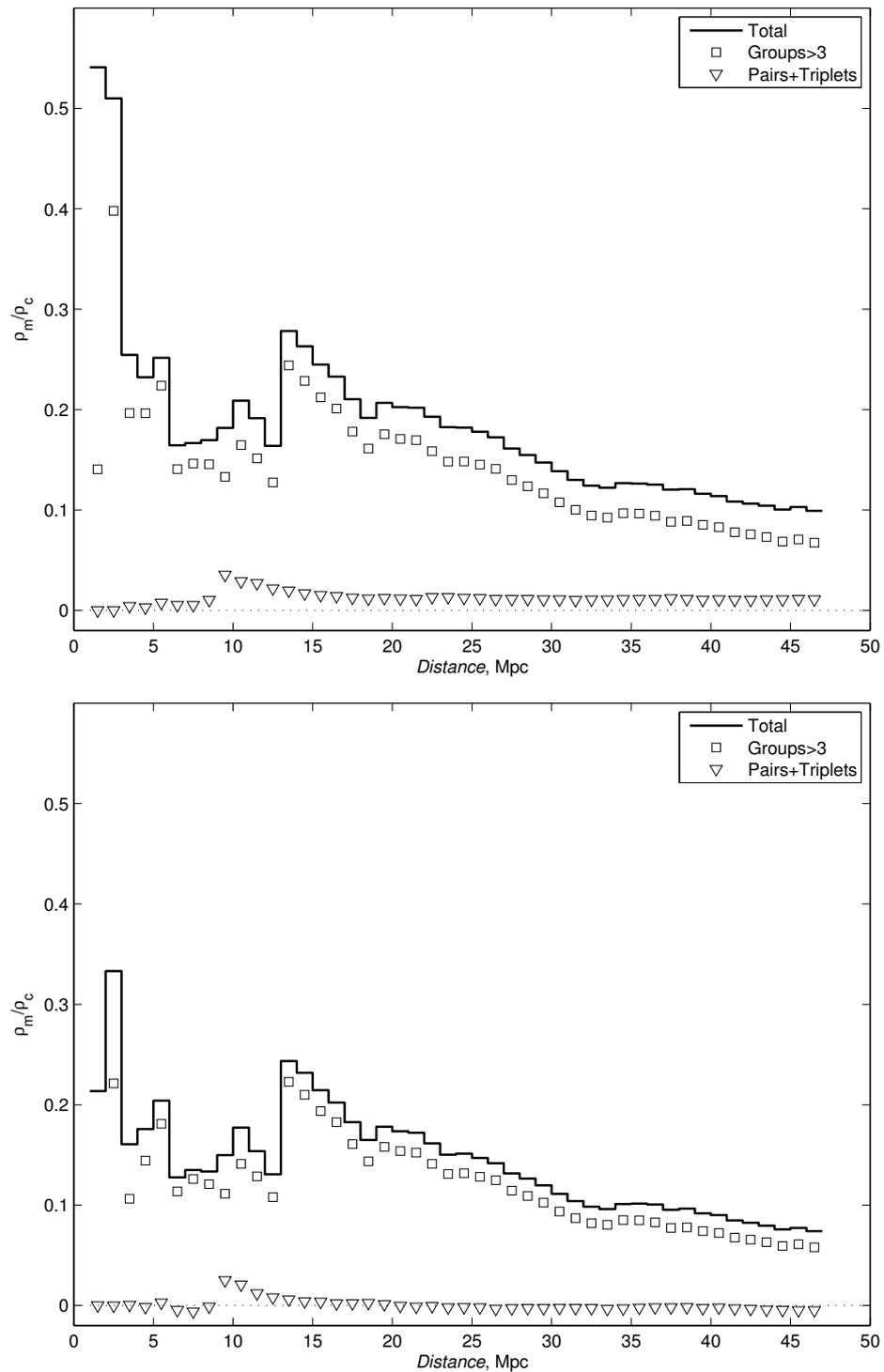


Рис. 4.52: Средняя плотность материи как функция расстояния. Вклад групп и пар+триплетов показан квадратами и треугольниками, соответственно. Полная плотность материи показана ступенчатой линией. Слева: оценки масс, игнорирующие ошибки измерений. Справа: несмещенная оценка плотности материи, скорректированная за ошибки измерения скоростей галактик.

соответствует расстоянию  $D = 47.9$  Мпк при  $H_0 = 73 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ . Однако, в процессе кластеризации галактик мы учитывали галактики за пределами этой границы вплоть до  $V_{\text{LG}} < 4000 \text{ км с}^{-1}$ . Следовательно, значение  $\Omega_{\text{M}}$  внутри диапазона расстояний  $D = 40\text{--}47$  Мпк не должно быть сильно подвержено влиянию краевых эффектов. Гистограмма на верхней панели рисунка 4.52 показывает, что средняя локальная плотность материи внутри сферы радиусом 40–47 Мпк равна  $\Omega_{\text{M}} = 0.116\text{--}0.096$ .

Как было отмечено выше, обзоры красных смещений галактик (CfA, 2dF, 6dF, SDSS) содержат случайную вариацию  $\epsilon_V \simeq 40 \text{ км с}^{-1}$ , связанную с ошибками измерения скоростей галактик. Это влияет на оценки масс систем асимметричным способом, завышая массы групп примерно на 30%. Распределение средней плотности вещества, основанное на статистически несмещенных оценках проекционной массы, представлено на нижней панели рисунка 4.52. Обозначения здесь такие же, как и на верхней панели. В сферах радиусом от 40 до 47 Мпк средняя скорректированная локальная плотность материи лежит в пределах  $\Omega_{\text{M}}^{\text{loc}} = 0.092\text{--}0.073$ , что в 3–4 раза ниже, чем глобальная космологическая плотность  $\Omega_{\text{M}} = 0.28 \pm 0.03$  в стандартной  $\Lambda$ CDM-модели (Fukugita and Peebles 2004).

Вдобавок к ошибкам красных смещений галактик существует другой источник неопределённости в оценке локального значения  $\Omega_{\text{M}}$ . Как отмечено, алгоритм кластеризации, разработанный нами, работает недостаточно хорошо в областях больших нехаббловских движений. При суммировании массы групп, выделенных в скоплении в Деве ( $6.0 \times 10^{14} \mathcal{M}_{\odot}$ ), найдено, что это значение несколько меньше вириальной оценки ( $7.0 \times 10^{14} \mathcal{M}_{\odot}$ ). В случае скопления в Печи, полная масса групп оказывается больше вириальной оценки массы  $2.1 \times 10^{14} \mathcal{M}_{\odot}$  против  $0.6 \times 10^{14} \mathcal{M}_{\odot}$ . Следовательно, полная масса внутри локальной сферы радиусом 40 Мпк равна  $2.7\text{--}3.4 \times 10^{15} \mathcal{M}_{\odot}$ . Ошибки определения массы  $\sim 2 \times 10^{14} \mathcal{M}_{\odot}$  вносят вклад в ошибку определения  $\Omega_{\text{M}}$  менее 10%.

Ещё одна причина, искажающая оценку локального значения  $\Omega_{\text{M}}$ , может быть связана с тем, что мы пренебрегаем галактиками без измерений лучевых скоростей. Для определения значимости их вклада мы предположили, что функция светимости галактик описывается функцией Шехтера (Schechter 1976) с параметрами  $M_K^* = -24.3$  и  $\alpha = -1.0$  (Bell et al. 2003; Cole et al. 2001). В обзорах красных смещений галактик (6dF, SDSS) полнота измерений радиальных скоростей гаран-

тируется до предельной видимой величины  $K_s \simeq 12.0$  mag. На границе рассмотренного нами объёма (40–47) Мпк это соответствует абсолютной величине  $-21.0$ , что на 3 mag слабее, чем  $M_K^*$ . С учётом вышеприведённых параметров функции светимости, вклад слабых галактик в интегральную светимость на границе рассмотренного объёма составляет примерно 12%. В целом, коррекция к средней плотности светимости внутри всего объёма оказывается меньше 10%. Следовательно, пренебрежение галактиками без измеренных красных смещений и несовершенство критерия кластеризации не могут привести к столь большой разнице в оценках локальной и глобальной плотности материи.

Низкие оценки средней плотности Вселенной  $\Omega_M \sim 0.10$  получались разными авторами и ранее. Так, Tully (1987) использовал данные о 2367 галактиках с лучевыми скоростями менее  $3000 \text{ км с}^{-1}$  для группирования галактик методом “иерархического дерева”. Суммарный вклад вириальных масс составил  $\Omega_M = 0.08$ . Vennik (1984) и Magtesyan (1988) оценили локальную плотность равной  $\Omega_M = 0.08$  и  $\Omega_M = 0.05$ , соответственно.

Crook et al. (2007) использовали метод перколяции, часто называемый алгоритмом “friend of friend”, для выделения групп среди галактик с видимыми величинами  $K_s < 11.25$  в 2MASS-каталоге. В случае высокого контраста плотности,  $\Delta\rho/\rho \approx 80$ , было кластеризовано 53% всех галактик. Общий вклад групп в  $\Omega_M$  составил 0.10–0.13. Для более мягкого условия среднего контраста плотности  $\Delta\rho/\rho \approx 12$  в группы и скопления вошло 73% галактик, а вклад систем галактик в  $\Omega_M$  поднялся до 0.14–0.23. При этом большинство таких рыхлых агрегатов уже не являются вириализованными системами, поскольку их время пересечения сопоставимо с возрастом Вселенной.

Ранее, Bahcall et al. (2000) рассмотрели литературные данные по оценке отношения масса-светимость систем разного масштаба от пар до сверхскоплений. Предполагая, что основной вклад в среднюю плотность вносят богатые скопления, они получили  $\Omega_M = 0.16 \pm 0.05$ . Однако, на долю подобных систем приходится только 2%  $K$ -светимости Вселенной, а доля полной массы не превосходит 10–15%. Основной вклад в среднюю плотность Вселенной вносят системы типа Местной Группы, имеющие меньшие отношения масса-светимость, чем богатые скопления. Учёт этого факта неизбежно уменьшит оценку средней плотности.

Abate and Erdođdu (2009) проанализировали поле пекулярных скоростей 2MASS-

галактик, используя данные обзора SFI++ (Springob et al. 2007), и нашли, что в Местной Вселенной на характерной шкале  $\sim 6000 \text{ км с}^{-1}$  плотность материи лежит в интервале  $\Omega_M = 0.09\text{--}0.23$ . Bilicki et al. (2011); Davis et al. (2011) определили местное поле пекулярных скоростей, хорошо соответствующее распределению галактик, однако отметили, что пекулярные скорости не зависят от однородного распределения тёмной материи, и, следовательно, она не может быть протестирована этим методом.

Таким образом, оценки вириальной массы в системах разного масштаба и населённости приводят к значению средней плотности материи в Местной Вселенной на шкале 40–50 Мпк примерно в 3 раза ниже глобального значения  $\Omega_M = 0.28 \pm 0.03$  в стандартной  $\Lambda$ CDM-модели (Fukugita and Peebles 2004; Spergel et al. 2007). Как минимум, три различных идеи могут быть предложены для объяснения столь радикальной разности между локальной и глобальной оценками  $\Omega_M$ .

1. Тёмная материя в группах и скоплениях тянется далеко за пределы вириального радиуса, определяемого по галактикам. Для уменьшения несоответствия оценок  $\Omega_M$  необходимо предположить, что полная масса каждой группы и скопления примерно в 3 раза превышает её вириальную массу. Так, Tavio et al. (2008); Masaki et al. (2012) в предположении стандартного NFW-профиля тёмного гало, оценили долю массы, находящейся за пределами вириального радиуса, равной примерно 50%. Согласно Rines and Diaferio (2006) масса, заключённая внутри сферы нулевой скорости в  $2.19 \pm 0.18$  раз превосходит вириальную. Однако, как было показано Karachentsev (2005); Karachentsev and Nasonova (2010); Nasonova et al. (2011), полная масса близких групп и скоплений в Деве и Печи внутри радиусов нулевой скорости  $R_0$  практически совпадает с их вириальной массой. Отметим, что  $R_0$  примерно равно  $\sim (3.5\text{--}4.0)R_{\text{vir}}$ . Следовательно, существование большого количества тёмной материи на периферии систем не согласуется с наблюдательными данными.
2. Можно предположить, что Местная Вселенная представляет из себя существенную, в 3 раза, область пониженной плотности относительно глобальной величины. Идея о нахождении нашей Галактики вблизи центра обширной космической пустоты (Shafieloo et al. 2009; Romano et al. 2012) неоднократно

привлекалась как альтернатива модели ускоренного расширения Вселенной. Наибольшая структура, обнаруженная во Вселенной к данному моменту, — это Великая Стена Слоана (Sloan Great Wall), волокнистый агрегат галактик, протянувшийся на 450 Мпк и находящийся на расстоянии 310 Мпк (Gott et al. 2005). В принципе, мы можем располагаться в “долине” между стенами подобных размеров. Однако, рисунок 4.51 показывает нам, что мы находимся в области повышенной плотности светимости, тянущейся вплоть до 40 Мпк. Конечно, эта локальная область повышенной плотности может быть всего лишь пиком, окружённым более обширной областью пониженной плотности, но и многочисленные подсчёты галактик в  $K_s$ -полосе в диапазоне  $K_s = 12\text{--}19$  mag (Djorgovski et al. 1995; Bershadsky et al. 1998; Huang et al. 2001; Totani et al. 2001) не показывают признаков присутствия обширной местной пустоты размером порядка 500 Мпк.

3. Возможно, что существенная часть тёмной материи во Вселенной (около 2/3) разбросана вне вириальных и даже вне коллапсирующих областей, будучи сконцентрирована в тёмные сгустки или распределена очень однородно. Некоторые наблюдательные аргументы в пользу сгустков тёмной материи были представлены Natarajan and Springel (2004); Jee et al. (2005) по слабому линзированию и Karachentsev et al. (2006b) по анализу искажённых изолированных галактик.

## 4.10 Основные результаты главы 4

Современные массовые обзоры значительно увеличили число галактик с известными скоростями в Местном Сверхскоплении. Совместно с данными по однородной фотометрии в ближнем ИК диапазоне, это даёт возможность рассмотреть группы галактик на новом качественном и количественном уровне. Главной целью нашей работы было создание каталога групп, покрывающего все небо, и простирающегося на расстояния до 40–45 Мпк от Местной Группы.

- Создана выборка 10914 галактик с лучевыми скоростями в системе Местной группы  $V_{LG} < 3500$  км с<sup>-1</sup>, расположенных на галактических широтах  $|b| > 15^\circ$ , и с точностью измерения красного смещения лучше 75 км с<sup>-1</sup>. Ос-

новным источником информации о лучевых скоростях, видимых величинах, морфологических типах и других параметрах галактик были базы данных LEDA и NED (зафиксированные на июнь 2006 года). Выборка была очищена, насколько это возможно, от ложных объектов и данных, опечаток и случаев неверной идентификации. Вдобавок, было проведено независимое отождествление HI-источников из обзора HIPASS в оптике. Нами была проведена визуальная оценка звёздных величин ( $\sim 600$ ) и морфологическая классификация ( $\sim 4000$ ) объектов, для которых эта информация отсутствовала в базах данных и обзорах.

- Был предложен и разработан критерий выделения малых групп галактик, требующий, чтобы члены группы образовывали гравитационно-связанную систему, полная энергия которой должна быть отрицательной, и её размер не должен превышать радиуса сферы нулевой скорости. Алгоритм кластеризации использует информацию о координатах, красных смещениях и звёздных величинах объектов. Применение критерия к анализу распределения галактик в Местном Объёме, где членство галактик в группах известно по высокоточным измерениям расстояний, позволило провести его точную настройку по близким системам, аналогичным Местной Группе галактик.
- Применение критерия кластеризации к наблюдательной выборке 10914 галактик с радиальными скоростями  $V_{LG} < 3500 \text{ км с}^{-1}$  позволило выделить 509 пар галактик, 168 тройных систем и 395 групп большей кратности. Выборка групп кратностью более 4 членов характеризуется следующими медианными значениями: средний проекционный радиус  $\langle R \rangle = 268 \text{ кпк}$ , дисперсия лучевых скоростей  $\sigma_V = 74 \text{ км с}^{-1}$ , суммарная светимость в  $K_s$ -полосе  $L_K = 1.2 \times 10^{11} L_\odot$ , вириальная масса  $\mathfrak{M}_{vir} = 2.4 \times 10^{12} \mathfrak{M}_\odot$ . Время пересечения 97% выделенных групп не превосходит 13.7 млрд. лет, с медианой, равной 3.8 млрд. лет. В группах различной кратности содержится 54% всех галактик или 82% полной светимости Местной Вселенной в данном объёме. Мы не накладывали каких-либо специальных условий, которые могли бы ограничивать изначальную выборку галактик, к примеру по морфологическому типу, за исключением доступности данных о лучевых скоростях галактик. Минимальная селективность нашей выборки делает её привлека-

тельной для анализа различных свойств систем галактик в зависимости от окружения.

- Наиболее важным результатом является оценка средней плотности вещества в Местной Вселенной. Согласно нашим данным, она составляет  $\Omega_M = 0.08 \pm 0.02$  внутри сферы диаметром 80–90 Мпк, принимая  $H_0 = 73 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ . Это существенно меньше глобального значения  $\Omega_M = 0.28\text{--}0.31$ , полученного при изучении флуктуаций микроволнового фона Вселенной. Расхождение между глобальной и локальной величиной  $\Omega_M$  может быть вызвано существованием компоненты тёмного вещества, не связанного с вириальными массами систем галактик.
- На основе каталога групп в Местном Сверхскоплении Makarov and Karachentsev (2011) был составлен список систем, состоящих исключительно из карликовых галактик. В него вошли группы, ярчайшая галактика которых слабее  $M_K = -19$  в  $K_s$ -фильтре. Такие системы составляют примерно 5% всех групп в Местном Сверхскоплении. Однако, с учётом селекционных эффектов, общее число кратных карликовых систем должно быть как минимум в 5–6 раз больше.
- Были оценены физические параметры групп карликовых галактик. Они характеризуются средними размерами в 30 кпк и дисперсией скоростей в 11 км/с. Это гораздо меньше соответствующих величин для типичных групп в Местном Сверхскоплении (204 кпк и 74 км/с, соответственно). Наша выборка групп карликовых галактик формирует непрерывную последовательность в распределении по светимости и массам с ассоциациями, найденными Tully et al. (2006) по анализу трёхмерного распределения близких карликовых галактик. Группы и ассоциации карликов имеют подобные светимости, однако, группы на порядок более компактны. Медианное значение отношения “масса-светимость” групп карликов составляет  $45 \mathcal{M}_\odot / L_\odot$ , что указывает на большее, чем в обычных группах, количество тёмной материи.
- Создан каталог 520 наиболее изолированных близких галактик с лучевыми скоростями  $V_{LG} < 3500 \text{ км с}^{-1}$ , охватывающий все небо. Эта популяция “космических сирот” составляет 4.8% среди 10900 галактик с указанными

лучевыми скоростями. Половину каталога “Local Orphan Galaxies” (LOG) составляют галактики морфологических типов Sdm, Im, Ir, где отсутствуют балджи. Медианное отношение  $\mathcal{M}_{\text{gas}}/\mathcal{M}_{\text{star}}$  у LOG-галактик превышает 1. Распределение на небе галактик нашего каталога выглядит вполне равномерным с некоторыми признаками слабого сгущивания на масштабе  $\sim 0.5$  Мпк. Галактики LOG располагаются в областях, где средняя локальная плотность материи примерно в 50 раз ниже средней глобальной плотности. Мы отмечаем ряд галактик LOG с искажением структуры, которое может быть следствием взаимодействия изолированной галактики с массивным тёмным объектом.

## 4.11 Список основных работ

- I. D. Karachentsev and D. I. Makarov. Binary galaxies in the local supercluster and its neighborhood. *Astrophysical Bulletin*, **63**, 299–345, December 2008.
- I. D. Karachentsev, D. I. Makarov, V. E. Karachentseva, and O. V. Melnik. Optical identifications of 230 HIPASS radio sources. *Astronomy Letters*, **34**, 832–838, December 2008.
- I. D. Karachentsev, D. I. Makarov, V. E. Karachentseva, and O. V. Melnyk. Properties of 513 Isolated Galaxies in the Local Supercluster. In L. Verdes-Montenegro, A. Del Olmo, and J. Sulentic, editors, *Galaxies in Isolation: Exploring Nature Versus Nurture*, volume 421 of *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, pages 69–72, October 2010.
- I. D. Karachentsev, D. I. Makarov, V. E. Karachentseva, and O. V. Melnyk. Catalog of nearby isolated galaxies in the volume  $z < 0.01$ . *Astrophysical Bulletin*, **66**, 1–27, January 2011.
- V. E. Karachentseva, O. V. Melnyk, I. B. Vavilova, and D. I. Makarov. Virial and total masses of galaxy triplets in the Local Supercluster. *Astronomische Nachrichten*, **326**, 502–502, August 2005.
- D. Makarov and I. Karachentsev. Dark Matter Problem in the Local Supercluster.

In J. I. Davies and M. J. Disney, editors, IAU Symposium, volume 244 of IAU Symposium, pages 370–371, May 2008.

D. Makarov and I. Karachentsev. Galaxies and Groups in the Local Supercluster. In L. Verdes-Montenegro, A. Del Olmo, and J. Sulentic, editors, Galaxies in Isolation: Exploring Nature Versus Nurture, volume 421 of Astronomical Society of the Pacific Conference Series, page 264, October 2010.

D. Makarov and I. Karachentsev. Galaxy groups and clouds in the local ( $z \sim 0.01$ ) Universe. MNRAS, **412**, 2498–2520, April 2011.

D. Makarov and R. Uklein. Groups of dwarfs. In Galaxy Formation, page P118, July 2011.

D. Makarov, I. Karachentsev, and R. Uklein. Groups of Dwarf Galaxies in the Local Supercluster. In M. Koleva, P. Prugniel, and I. Vauglin, editors, EAS Publications Series, volume 48 of EAS Publications Series, pages 289–294, July 2011.

D. I. Makarov and I. D. Karachentsev. A new catalogue of multiple galaxies in the Local Supercluster. In M. J. Valtonen and C. Flynn, editors, IAU Colloq. 174: Small Galaxy Groups, volume 209 of Astronomical Society of the Pacific Conference Series, pages 40–45, 2000.

D. I. Makarov and I. D. Karachentsev. Galaxy triplets in the local supercluster. Astrophysical Bulletin, **64**, 24–49, January 2009.

D. I. Makarov and R. I. Uklein. A list of groups of dwarf galaxies in the local supercluster. Astrophysical Bulletin, **67**, 135–146, April 2012.

O. V. Melnyk, V. E. Karachentseva, I. D. Karachentsev, D. I. Makarov, and I. V. Chilingarian. Search for companions of nearby isolated galaxies. Astrophysics, **52**, 184–191, April 2009.

A. V. Tikhonov and D. I. Makarov. Correlation Properties of the Galaxies in the Local Supercluster. Astronomy Letters, **29**, 289–297, May 2003.

A. V. Tikhonov, D. I. Makarov, and A. I. Kopylov. Investigation of clustering of galaxies, clusters and superclusters by the method of correlation Gamma-function. Bulletin of the Special Astrophysics Observatory, **50**, 39–50, 2000.

- R. Uklein and D. Makarov. Groups of Dwarf Galaxies in the Local Supercluster. In A. M. Mickaelian, O. Y. Malkov, and N. N. Samus, editors, Fifty years of Cosmic Era: Real and Virtual Studies of the Sky. Conference of Young Scientists of CIS Countries, pages 216–220, May 2012.
- R. I. Uklein, D. I. Makarov, and S. Roychowdhury. Rendez-Vous of Dwarfs. In M. Koleva, P. Prugniel, and I. Vauglin, editors, EAS Publications Series, volume 48 of EAS Publications Series, pages 159–160, July 2011.

# Заключение

В заключение повторяю основные результаты, полученные в ходе выполнения диссертации.

- Разработан пакет программ TRGBTOOL для анализа звёздной фотометрии галактик и определения положения обрыва функции светимости звёзд ветви красных гигантов. Данная методика является развитием подхода, основанного на подгонке наблюдаемой функции светимости звёзд методом максимального правдоподобия. Наш алгоритм использует эмпирическое описание функции полноты, ошибок и систематики звёздной фотометрии для более качественного описания наблюдаемой функции светимости звёзд ветви красных гигантов. Для наиболее точной оценки наблюдательных эффектов мы используем фотометрию искусственных звёзд, которые наиболее точно имитируют реальные наблюдения.
- Проведено интенсивное тестирование метода, показавшее его надёжность и хорошую внутреннюю точность. Метод максимального правдоподобия даёт лучшую точность по сравнению с методами выделения границ для большинства реальных звёздных популяций и любых условий наблюдений. Метод максимального правдоподобия способен давать достаточно надёжные результаты даже в случае слабой населённости ветви красных гигантов и вблизи фотометрического предела наблюдений. Получена взаимосвязь между количеством звёзд, участвующих в анализе, точностью фотометрии звёзд в области скачка и точностью оценки положения TRGB.
- Боллометрическая светимость TRGB имеет сильную зависимость от металличности, и даже в наиболее “удачном”  $I$ -фильтре существует слабая зависимость от цвета. Наклон этой зависимости был однозначно определён по

CMD индивидуальных галактик, показывающих большой разброс звёздных популяций по металличности. Наклон зависимости был определён для цветов  $(F555W - F814W)$  и  $(F606W - F814W)$  WFPC2 и ACS камер HST, и пересчитан в стандартную фотометрическую систему Johnson-Cousins.

- Получена новая калибровка светимости ярчайших звёзд RGB. Она определялась через яркость звёзд горизонтальной ветви в пяти галактиках Местной Группы (IC 1613, NGC 185, Sculptor, Fornax, M 33)

$$M_I^{\text{JC}} = -4.05(\pm 0.02) + 0.22(\pm 0.01)[(V - I) - 1.6]. \quad (4.13)$$

Вариации этой зависимости в нескольких фотометрических системах HST даны в разделе §1.3.2.

- Определённый нами нуль-пункт метода оценки расстояния по светимости TRGB находится в отличном согласии со шкалой расстояния Цефеид. По пятнадцати объектам сравнения была получена статистически незначимая разница  $\mu_{\text{Ceph}} - \mu_{\text{TRGB}} = -0.01 \pm 0.03$ .
- Показано, что вариации поглощения становятся доминирующим источником ошибок. По сравнению с другими методами, эта проблема не является критической для метода TRGB, так как наблюдения ведутся в близком ИК-диапазоне, а старое звёздное население, по которому проводятся измерения, может быть найдено в областях, минимально подверженных внутреннему поглощению. В основном проблема связана с поглощением в нашей Галактике, которое оценивается по картам ИК-яркости (Schlegel et al. 1998). Независимо мы продемонстрировали возможность оценки поглощения по той же самой CMD, по которой измеряется TRGB, в случае хорошо сформированной главной последовательности.
- Были уточнены расстояния для 30 галактик в рассеянной концентрации галактик в созвездии Гончих Псов. Применение новой методики повысило точность определения расстояний. Это позволило выделить зону хаотических движений вокруг центра системы, галактики M 94. Полученная нами оценка отношения масса-светимость для этой группы галактик,  $(\mathfrak{M}/L)_{\text{vir}} = 120 \mathfrak{M}_{\odot}/L_{\odot}$ ,  $(\mathfrak{M}/L)_{\text{p}} = 159 \mathfrak{M}_{\odot}/L_{\odot}$ , существенно превышает типичное отношение  $M/L_B \sim 30$  для близких групп галактик.

- Создан реферативный каталог оценок расстояний до галактик, не зависящих от красного смещения. Он полностью интегрирован в базу данных HyperLEDA и является её составной частью. На данный момент, обработано 487 статей. Каталог содержит 12 715 оценок расстояния для 4 193 галактик. Все оценки расстояний приведены в единую шкалу, основанную на аккуратной выборке измерений высокого качества. Доступ к каталогу расстояний осуществляется через веб-интерфейс базы данных HyperLEDA<sup>6</sup>.
- Создана база данных внегалактических расстояний (the Extragalactic Distance Database). В ней воедино собраны разнообразные коллекции данных, связанные с задачей определения расстояний до галактик. Была разработана система взаимодействия с базой данных HyperLEDA.
- В рамках базы данных EDD создан каталог CMD и оценок TRGB-расстояний галактик Местного Объёма. Он содержит информацию о звёздном населении и оценках расстояния до галактик, наблюдавшихся на космическом телескопе Хаббла, и имеющих достаточно глубокую CMD для обнаружения ветви красных гигантов с последующим измерением величины TRGB.
- Представлен каталог 869 близких галактик, охватывающий все небо. Он содержит галактики с индивидуальными оценками расстояния менее 11 Мпк, либо лучевые скорости, приведённые к центру Местной Группы,  $V_{LG} < 600 \text{ км с}^{-1}$ . Каталог содержит наблюдательные данные: угловой диаметр; видимые величины в  $FUV$ ,  $B$  и  $K_s$  полосах; потоки в линиях  $H\alpha$  и  $H I$ ; морфологические типы; ширины линии  $H I$ ; радиальные скорости и оценки расстояния. 108 карликовых галактик выборки до сих пор остаются без измерений лучевых скоростей.
- Каталог предоставляет информацию о физических параметрах галактик и их окружении: линейный холмберговский диаметр; абсолютная величина в  $B$ -фильтре; поверхностная яркость; водородная, звёздная и индикативная массы; скорость вращения, скорректированная за наклон; и три индикатора, характеризующих плотность их локального окружения.

---

<sup>6</sup><http://leda.univ-lyon1.fr>

- Каталог создан на основе базы данных галактик Местного Объёма<sup>7</sup>. База данных содержит наиболее свежую информацию. Кроме таблиц, суммирующих наблюдательные и физические характеристики галактик, база данных предоставляет доступ к H $\alpha$ -изображениям, полученным в ходе обзора на телескопе БТА.
- Были кратко обсуждены распределение и движения галактик внутри LV. Получены различные масштабные соотношения, характеризующие галактики выборки. Путём сравнения средней плотности светимости, массы водорода и темпа звездообразования, было продемонстрировано, что Местный Объём хорошо воспроизводит соответствующие глобальные характеристики Вселенной.
- Функция круговой скорости  $dN/dV$  галактик является фундаментальной статистикой, чрезвычайно чувствительной к теоретическим предсказаниям (Cole and Kaiser 1989; Shimasaku 1993; Gonzalez et al. 2000; Zavala et al. 2009; Trujillo-Gomez et al. 2011; Schneider et al. 2014). Из-за сложности измерения согласованные оценки  $dN/dV$  для различных выборок стали давать только в последнее время (Zwaan et al. 2010; Papastergis et al. 2011). Местный Объём позволяет оценивать функцию скорости с необходимой точностью, что было бы сложно обеспечить при использовании других выборок. Это связано с тем, что в Местном Объёме мы наблюдаем галактики низкой светимости и всех морфологических типов.
- Построена функция скорости для галактик всех морфологических типов в Местном Объёме с точностью  $\sim 10\%$ , в диапазоне скоростей  $V = (10 - 200) \text{ км с}^{-1}$ . Она имеет пологий наклон  $dN/d \log V \propto V^\alpha$ ,  $\alpha \approx -1$  для малых круговых скоростей и относительно резкий спад для больших скоростей. Этот результат согласуется с данными ALFALFA-обзора (Papastergis et al. 2011), после коррекции за  $\sim 10\text{--}20\%$  долю галактик ранних типов, не детектируемых в HI.
- Найдено, что стандартная  $\Lambda$ CDM модель даёт хорошее предсказание наблюдаемого обилия галактик промежуточных размеров с  $V_{\text{los}} \gtrsim 70 \text{ км с}^{-1}$  и со-

---

<sup>7</sup><http://www.sao.ru/lv/lvgdb>

ответствующими вириальными массами  $\mathcal{M}_{\text{vir}} \gtrsim 3 \times 10^{10} \mathcal{M}_{\odot}$ . Однако, пологий наклон функции скорости для галактик с  $V_{\text{los}} \lesssim 40 \text{ км с}^{-1}$  категорически расходится со стандартной  $\Lambda\text{CDM}$  моделью, которая предсказывает наклон  $\alpha = -3$  для гало и субгало тёмной материи по результатам численного моделирования. WDM модели, вне зависимости от массы WDM частиц, также не могут объяснить наблюдения.

- Переизбыток галактик поля во многих аспектах отличается от более известной проблемы переизбытка спутников в Местной Группе. В отличие от Местной Группы, где проблема проявляется в обилии бедных газом сфероидальных систем с  $V \sim 10 \text{ км с}^{-1}$  и на малых расстояниях от гигантских галактик, в поле проблема существует для богатых газом галактик со звездообразованием со скоростями  $V \sim 30\text{--}40 \text{ км с}^{-1}$  и на больших расстояниях от массивных соседей.
- Создана выборка 10914 галактик с лучевыми скоростями в системе Местной группы  $V_{\text{LG}} < 3500 \text{ км с}^{-1}$ , расположенных на галактических широтах  $|b| > 15^\circ$ , и с точностью измерения красного смещения лучше  $75 \text{ км с}^{-1}$ . Основным источником информации о лучевых скоростях, видимых величинах, морфологических типах и других параметрах галактик были базы данных LEDA и NED (зафиксированные на июнь 2006 года). Выборка была очищена, насколько это возможно, от ложных объектов и данных, опечаток и случаев неверной идентификации. Вдобавок было проведено независимое отождествление HI-источников из обзора HIPASS в оптике. Нами была проведена визуальная оценка звёздных величин ( $\sim 600$ ) и морфологическая классификация ( $\sim 4000$ ) объектов, для которых эта информация отсутствовала в базах данных и обзорах.
- Был предложен и разработан критерий выделения малых групп галактик, требующий, чтобы члены группы образовывали гравитационно-связанную систему, полная энергия которой должна быть отрицательной, и её размер не должен превышать радиуса сферы нулевой скорости. Алгоритм кластеризации использует информацию о координатах, красных смещениях и звёздных величинах объектов. Применение критерия к анализу распределения галактик в Местном Объёме, где членство галактик в группах известно по

высокоточным измерениям расстояний, позволило провести его точную настройку по близким системам, аналогичным Местной Группе галактик.

- Применение критерия кластеризации к наблюдательной выборке 10914 галактик с радиальными скоростями  $V_{LG} < 3500 \text{ км с}^{-1}$  позволило выделить 509 пар галактик, 168 тройных систем и 395 групп большей кратности. Выборка групп кратностью более 4 членов характеризуется следующими медианными значениями: средний проекционный радиус  $\langle R \rangle = 268 \text{ кпк}$ , дисперсия лучевых скоростей  $\sigma_V = 74 \text{ км с}^{-1}$ , суммарная светимость в  $K_s$ -полосе  $L_K = 1.2 \times 10^{11} L_\odot$ , вириальная масса  $\mathfrak{M}_{vir} = 2.4 \times 10^{12} \mathfrak{M}_\odot$ . Время пересечения 97% выделенных групп не превосходит 13.7 млрд. лет, с медианой, равной 3.8 млрд. лет. В группах различной кратности содержится 54% всех галактик или 82% полной светимости Местной Вселенной в данном объеме. Мы не накладывали каких-либо специальных условий, которые могли бы ограничивать изначальную выборку галактик, к примеру по морфологическому типу, за исключением доступности данных о лучевых скоростях галактик. Минимальная селективность нашей выборки делает её привлекательной для анализа различных свойств систем галактик в зависимости от окружения.
- Наиболее важным результатом является оценка средней плотности вещества в Местной Вселенной. Согласно нашим данным, она составляет  $\Omega_M = 0.08 \pm 0.02$  внутри сферы диаметром 80–90 Мпк, принимая  $H_0 = 73 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ . Это существенно меньше глобального значения  $\Omega_M = 0.28\text{--}0.31$ , полученного при изучении флуктуаций микроволнового фона Вселенной. Расхождение между глобальной и локальной величиной  $\Omega_M$  может быть вызвано существованием компоненты тёмного вещества, не связанного с вириальными массами систем галактик.
- На основе каталога групп в Местном Сверхскоплении Makarov and Karachentsev (2011) был составлен список систем, состоящих исключительно из карликовых галактик. В него вошли группы, ярчайшая галактика которых слабее  $M_K = -19$  в  $K_s$ -фильтре. Такие системы составляют примерно 5% всех групп в Местном Сверхскоплении. Однако, с учётом селекционных эффектов общее число кратных карликовых систем должно быть как минимум

в 5–6 раз больше.

- Были оценены физические параметры групп карликовых галактик. Они характеризуются средними размерами в 30 кпк и дисперсией скоростей в 11 км/с. Это гораздо меньше соответствующих величин для типичных групп в Местном Сверхскоплении (204 кпк и 74 км/с, соответственно). Наша выборка групп карликовых галактик формирует непрерывную последовательность в распределении по светимости и массам с ассоциациями, найденными Tully et al. (2006) по анализу трёхмерного распределения близких карликовых галактик. Группы и ассоциации карликов имеют подобные светимости, однако, группы на порядок более компактны. Медианное значение отношения “масса-светимость” групп карликов составляет  $45 \mathcal{M}_{\odot}/L_{\odot}$ , что указывает на большее, чем в обычных группах, количество тёмной материи.
- Создан каталог 520 наиболее изолированных близких галактик с лучевыми скоростями  $V_{LG} < 3500 \text{ км с}^{-1}$ , охватывающий все небо. Эта популяция “космических сирот” составляет 4.8% среди 10900 галактик с указанными лучевыми скоростями. Половину каталога “Local Orphan Galaxies” (LOG) составляют галактики морфологических типов Sdm, Im, Ir, где отсутствуют балджи. Медианное отношение  $\mathcal{M}_{\text{gas}}/\mathcal{M}_{\text{star}}$  у LOG-галактик превышает 1. Распределение на небе галактик нашего каталога выглядит вполне равномерным, с некоторыми признаками слабого сгущивания на масштабе  $\sim 0.5 \text{ Мпк}$ . Галактики LOG располагаются в областях, где средняя локальная плотность материи примерно в 50 раз ниже средней глобальной плотности. Мы отмечаем ряд галактик LOG с искажением структуры, которое может быть следствием взаимодействия изолированной галактики с массивным тёмным объектом.

# Благодарности

Я выражаю искреннюю признательность Игорю Дмитриевичу Караченцеву, благодаря которому стала возможна данная диссертация. Игорь Дмитриевич принял меня на практику ещё студентом, пригласил в аспирантуру, что стало началом нашей многолетней совместной работы. Я крайне рад опыту научной работы, приобретённому за все это время. Я восхищаюсь его работоспособностью и самоотверженной любовью к науке. Написание диссертации было бы невозможно без постоянной заботы, терпения, поддержки и помощи моей жены, Лидии Николаевны Макаровой. Огромное спасибо Л.Н. Макаровой, Г.Г. Коротковой, Н.А. Обориной и Р.И. Уклеину за помощь в подготовке текста диссертации. Я благодарен всей нашей замечательной лаборатории Внегалактической астрофизики и космологии за многолетнее плодотворное сотрудничество и постоянную дружескую поддержку. Большое спасибо всем сотрудникам Специальной астрофизической обсерватории и администрации за создание той уникальной атмосферы, которая царит в нашей обсерватории и посёлке. В ходе выполнения проекта я познакомился со многими интересными исследователями: R.V. Tully, E. Shaya, G. Paturel, Ph. Prugniel, H. Courtois, L. Rizzi. Значительная часть диссертации является результатом нашего сотрудничества. Я чрезвычайно благодарен хирургам краснодарского филиала “Микрохирургия глаза” им. акад. С.Н. Федорова за их усилия по восстановлению моего зрения.

В ходе работы использовалась база данных HyperLEDA и NASA/IPAC Extragalactic Database (NED), которая находится под управлением Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, в рамках контракта с National Aeronautics and Space Administration (NASA). В рамках проекта по картографированию Местного Объёма проводились наблюдения на 6-метровом телескопе САО РАН; выполнялись наблюдения и использовался архив космического телескопа

им. Хаббла. Наблюдения нейтрального водорода велись на крупнейших радиотелескопах: Green Bank, Effelsberg, Parkes. Использовались архивы обзоров HIPASS, SDSS, POSS-II. В разные годы работа поддерживалась грантами Российского фонда фундаментальных исследований, федеральной целевой программой “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” (контракт 14.740.11.0901 и соглашение 8523), грантом Российского научного фонда (грант 14-12-00965).

# Приложение А

## Каталог галактик Местного Объёма

### А.1 Наблюдательные параметры близких галактик

В процессе компиляции обновлённого каталога близких галактик мы следовали единой схеме представления наблюдательных данных, аналогичной каталогу 2004 года (Karachentsev et al. 2004). Сверх того, новый каталог включает новые параметры (потoki в линии  $H\alpha$  и далёком УФ), которые характеризуют активность звездообразования в галактиках. Каталог основан на базе данных галактик Местного Объёма<sup>1</sup>, которая аккумулирует как наблюдаемые, так и рассчитываемые параметры галактик, содержит изображения галактик, и даёт ссылки на источники данных. Структура базы данных описана в работе Kaisina et al. (2012). Список 869 галактик, включённых в обновленный каталог близких галактик представлен в таблице А.1. Она содержит следующие параметры:

- 1) **name** — Имя галактики или её номер в известных каталогах. База данных галактик LV содержит список альтернативных имён, включая PGC-номер в LEDA (Makarov et al. 2014).
- 2) **J2000.0** — Экваториальные координаты галактик на эпоху J2000.0.
- 3)  $a_{26}$  — Диаметр большой оси галактик в минутах угловой дуги, соответствующий изофоте Холмберга в  $B$ -фильтре ( $\sim 26.5 \text{ mag arcsec}^{-2}$ ). Измерения  $a_{26}$  проводились визуально, однако, фотометрические профили галактик различных типов использовались для их калибровки, основываясь на работах

---

<sup>1</sup><http://www.sao.ru/lv/lvgdb>

Bremnes et al. (1998, 1999, 2000) и Makarova et al. (2009). Необходимо отметить, что некоторые галактики экстремально низкой поверхностной яркости (особенно, разрешённые на индивидуальные звезды) имеют центральную поверхностную яркость слабее, чем изофота Холмберга. В этих случаях, диаметр  $a_{26}$  соответствует экспоненциальной шкале,  $h$ , их профиля яркости.

- 4)  $b/a$  — Видимое отношение осей, измеренное на холмберговской изофоте.
- 5)  $AB_G$  — Галактическое поглощение в  $B$ -полосе согласно Schlegel et al. (1998).
- 6)  $m_{FUV}$  — Видимая величина галактик в далёком УФ,  $m_{FUV}$ , ( $\lambda_{\text{eff}} = 1539 \text{ \AA}$ , FWHM=269  $\text{\AA}$ ) согласно данным УФ-обзора, выполненного Galaxy Evolution Explorer (Martin et al. 2005; Gil de Paz et al. 2007, GALEX). Для 295 галактик асимптотические  $m_{FUV}$  величины были взяты из работы Lee et al. (2011). Для остальных галактик данные GALEX были выделены из NED суммированием потоков от всех структурных узлов внутри оптического изображения галактики.
- 7)  $B_t$  — Видимые интегральные звёздные величины галактик в  $B$ -фильтре. Если галактика не имеет фотометрической оценки  $B_T$ , то проводилась глазомерная оценка её величины, путём сравнения изображений других галактик похожей структуры с известными оценками  $B_T$ . В этих случаях, как правило, для объектов низкой поверхностной яркости, мы оцениваем типичную ошибку измерения  $B_T$  равной  $\sim 0.5 \text{ mag}$ .
- 8)  $m_{\text{H}\alpha}$  — Полный поток эмиссии галактики в  $\text{H}\alpha$ , выраженный в звёздных величинах, соответствующих Cousins  $Rc$ -фильтру. Следуя подходу Fukugita et al. (1995), мы определили его как

$$m_{\text{H}\alpha} = -2.5 \log(F_{\text{H}\alpha}) - 13.64, \quad (\text{A.1})$$

где  $F_{\text{H}\alpha}$  — полный  $\text{H}\alpha$ -поток в единицах [ $\text{erg cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ ]. Основным источником данных является  $\text{H}\alpha$ -обзор галактик LV, выполненный на 6-м телескопе БТА в САО РАН (Kaisin and Karachentsev 2006, 2008; Karachentsev and Kaisin 2007, 2010), и литературные данные обзора Kennicutt et al. (2008). Для многих галактик их  $\text{H}\alpha$  изображения представлены в базе данных LV.

9)  $K_s$  — Видимая величина галактики в ближнем ИК-фильтре  $K_s$ . Основным источником данных является 2MASS обзор (Jarrett et al. 2000, 2003), дополненный фотометрическими измерениями Fingerhut et al. (2010); Vaduvescu et al. (2005, 2006). При отсутствии аккуратной фотометрии,  $K_s$ -величины оценивались по видимым оптическим ( $B$ ,  $V$ ,  $R$ ,  $I$ ) или ближним ИК ( $J$ ,  $H$ ) полосам, используя синтетические показатели цвета галактик из работ Buzzoni (2005); Fukugita et al. (1995). Если галактика имеет только оценку  $B$ -величины, её  $K_s$ -величина определялась по связи между средним показателем цвета  $\langle B - K_s \rangle$  и морфологическим типом (Jarrett et al. 2003):  $\langle B - K_s \rangle = 4.10$  для галактик ранних типов E, S0, Sa;  $\langle B - K_s \rangle = 2.35$  для поздних типов Sm, BCD, Ir; и  $\langle B - K_s \rangle = 4.60 - 0.25T$  для промежуточных типов  $T = 3-8$  по шкале Вокулера. Рассчитанные  $R_s$  величины помечены в таблице звёздочкой.

10)  $m_{21}$  — Видимая величина галактики в линии H I

$$m_{21} = 17.4 - 2.5 \log F_{\text{HI}}, \quad (\text{A.2})$$

где полный H I-поток выражен в  $[\text{Jy km s}^{-1}]$ .

11)  $W_{50}$  — Ширина линии H I в  $[\text{km s}^{-1}]$ , измеренная на уровне 50 % от максимума. Основным источником данных  $W_{50}$  служила база данных LEDA, и H I-обзоры HIPASS и ALFALFA.

12)  $T$  — Морфологический тип галактики в численном виде, согласно шкале Вокулера (de Vaucouleurs et al. 1991).

13)  $T_{\text{dw}}$  — Описание типа карликовых галактик: Ir, Im, BCD — голубые; Tr, dS0em, dEem — смешанные; и Sph, dE — красные (согласно схеме 3.10).

14)  $T_{\text{sb}}$  — Индекс поверхностной яркости карликовой системы: H — высокая, N — нормальная, L — низкая, X — экстремально низкая (согласно схеме 3.10).

15)  $V_h$  — Гелиоцентрическая лучевая скорость в  $[\text{км с}^{-1}]$ . Как правило, отбирались значения, имеющие наименьшие ошибки измерения.

16)  $D$  — Расстояние до галактики в Мпк.

**17) method** — Метод определения расстояния: TRGB — по вершине ветви красных гигантов; Cep — по зависимости период–светимость цефеид; geom — геометрическое определение расстояния; SN — по светимости SN Ia; SBF — по флуктуациям поверхностной яркости; mem — по принадлежности к известным группам; TF, FP — по соотношению Талли-Фишера или фундаментальной плоскости; BS — по светимости ярчайших звёзд; CMD — по особенностям на диаграмме цвет-величина, либо при одновременной подгонке расстояния и звёздного населения; HB — по яркости звёзд горизонтальной ветви; RR — по светимости звёзд RR Лиры; PNLF — по функции светимости планетарных туманностей; h, h' — по зависимости Хаббла ( $H_0 = 73 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ ) без учёта (h) и с учётом модели падения на скопление в Деве. Вдобавок мы включили в нашу выборку небольшое количество карликовых галактик ( $N = 11$ ), для которых отсутствуют измерения скорости. Текстура этих объектов указывает на их вероятную близость, которая может быть проверена с помощью будущих наблюдений с HST. Их оценки расстояния были помечены как txt.

Таблица А.1: Каталог близких галактик

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
U 12894	000022.5+392944	1.02	0.87	0.47	17.57	16.80	19.91	14.02*	15.66	34	10	Ir	L	335	8.47	TF
WLM	000158.1-152740	11.48	0.35	0.16	12.80	11.03	15.56	9.00	11.19	53	9	Im	N	-122	0.97	TRGB
And XVIII	000214.5+450520	1.40	0.99	0.45	>23.00	17.00		12.49*			-3	Sph	L	-332	1.36	TRGB
E 409-015	000531.8-280553	1.20	0.46	0.07	16.08	15.15	17.21	12.74*	15.28	53	9	Im	N	726	7.70	TF
AGC748778	000634.4+153039	0.32	0.52	0.28	20.28	18.90		16.29*	18.21	16	10	Ir	L	258	5.40	h'
And XX	000730.7+350756	0.80	0.70	0.25	21.84	19.00		14.67*			-3	Sph	X	-456	0.80	TRGB
U 64	000744.0+405232	1.66	0.56	0.34	16.59	15.50		12.84*	14.30	60	10	Ir	N	305	9.60	TF
E 349-031	000813.3-343442	1.23	0.82	0.05	17.14	15.71	21.43	13.02	15.53	30	10	Ir	L	221	3.21	TRGB
N 24	000956.4-245748	7.24	0.22	0.08	14.16	12.38	16.03	8.96	13.54	213	5			550	9.90	TF
N 45	001403.9-231056	8.51	0.69	0.09	12.69	11.55	14.41	9.09	11.98	172	8			465	9.20	TF
N 55	001508.5-391313	37.15	0.17	0.06	10.29	8.84	11.66	6.25	08.84	169	8			129	2.13	TRGB
N 59	001525.1-212638	2.29	0.48	0.09	16.25	12.97	17.26	10.10	15.94	50	-3	dEem	N	361	5.30	SBF
E 410-005	001531.4-321048	1.62	0.77	0.06	18.41	14.90	>25.92	12.50*	17.48	23	10	Tr	N	36	1.92	TRGB
And XIX	001932.1+350237	6.20	0.83	0.27	>23.00	16.80		12.45*			-3	Sph	X	-111	0.93	TRGB
IC 10	002024.5+591730	6.76	0.87	3.65		11.78	12.38	6.51	09.94	62	10	Ir	N	-346	0.66	Сеп
And XXVI	002345.6+475458	1.60	0.75	0.46	>23.00	18.40		13.88*			-3	Sph	X	-261	0.76	HB
Sc22	002351.7-244218	0.93	0.78	0.07	22.75	17.73	>25.92	13.57*	>21.50		-3	Sph	L		4.21	TRGB
Cetus	002611.0-110240	4.79	0.67	0.12	>23.00	14.40	>22.12	10.19*	>19.84		-1	Tr	L	-87	0.78	TRGB
E 294-010	002633.3-415120	1.51	0.64	0.02	18.06	15.53	21.05	14.08	18.56	23	10	Tr	N	107	1.92	TRGB
U 288	002904.0+432554	1.07	0.62	0.33	17.57	15.64	19.67	12.99*	15.78	36	10	Ir	N	187	6.73	BS
And XXV	003008.9+465107	4.80	0.75	0.42	>23.00	15.90		11.42*			-3	Sph	X	-108	0.81	HB
E 473-024	003122.5-224557	1.55	0.59	0.08	16.92	16.38	19.06	13.96*	15.37	48	10	Ir	N	530	9.90	TF
N 147	003311.6+483028	13.49	0.61	0.75	>23.00	10.36	24.43	7.20	>20.87		-3	Sph	N	-193	0.76	TRGB
And III	003533.8+362952	3.63	0.48	0.10	>23.00	15.20	23.76	11.01*	>16.33		-3	Sph	L	-346	0.75	TRGB
And XXX	003634.9+493848			0.71				*						-141	0.68	TRGB
And XVII	003707.0+441920	1.90	0.80	0.32	21.19	17.70		13.31*	>16.34		-2	Sph	X	-251	0.74	HB
And XXVII	003727.1+452313	2.80	0.60	0.34	>23.00	17.60		13.19*			-3	Sph	X	-535	0.83	HB
N 205	004022.5+414111	19.50	0.61	0.27	14.99	8.72	>27.87	5.59	16.41	42	-2	dE	N	-221	0.82	TRGB
N 185	003858.0+482010	12.30	0.85	0.79		9.99	20.17	6.56	17.23	36	-3	dE	N	-203	0.61	TRGB
And IV	004230.1+403433	1.00	0.77	0.27	17.89	17.18	21.06	14.54*	14.02	90	10	Ir	L	237	6.31	TRGB
M 32	004242.1+405159	8.91	0.71	0.26	16.27	8.89	23.24	5.10	>14.27		-2	dEem	h	-202	0.49	TRGB
M 31	004244.5+411609	190.55	0.33	0.27		4.29	13.81	0.99	05.95	510	3			-296	0.77	Сеп
DDO 226	004303.8-221501	2.24	0.36	0.07	16.69	14.90	19.26	12.48	15.47	37	10	Ir	N	359	4.92	TRGB
And I	004540.0+380214	2.88	0.78	0.23	22.11	13.90	24.61	9.59*	>16.32		-3	Sph	L	-376	0.73	TRGB

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
And XI	004620.0+334805	1.10	0.85	0.35	21.23	18.50		14.08*	>16.33		-3	Sph	X	-419	0.73	RR
N 247	004708.3-204536	25.12	0.32	0.08	11.53	9.86	13.16	7.43	10.74	207	7			161	3.65	TRGB
And XII	004727.0+342229	1.90	0.90	0.49	>23.00	18.70		14.15*	>16.33		-3	Sph	X	-556	0.83	TRGB
N 253	004734.3-251732	37.15	0.22	0.08	11.31	7.92	11.84	3.77	10.94	407	5			243	3.94	TRGB
KDG002	004921.1-180428	1.23	0.92	0.10	19.47	16.37	>25.92	13.93*	18.61	26	10	Tr	L	224	3.40	TRGB
DDO 6	004949.3-210058	2.29	0.41	0.07	16.91	15.30	20.55	13.26	15.86	19	10	Ir	N	292	3.34	TRGB
E 540-032	005024.6-195425	1.51	0.92	0.09	19.70	16.44	24.10	14.01*	18.55	17	10	Ir	L	228	3.42	TRGB
Bol520	005042.4+325459	0.20	0.89	0.37	21.90	16.28		13.31			-3	dE	h	-312	0.63	TRGB
And XIV	005135.0+294149	2.70	0.68	0.26	>23.00	16.90		12.56*	>16.34		-3	Sph	X	-481	0.73	TRGB
And XIII	005151.0+330016	1.30	0.75	0.35	>23.00	18.20		13.78*	>16.33		-3	Sph	X	-195	0.84	RR
SMC	005238.0-724801	380.19	0.64	0.17		2.70	07.97	0.16*	03.20	90	9	Im	N	158	0.06	Cep
And IX	005252.8+431200	4.00	0.75	0.33	22.62	16.70	25.63	12.30*	>16.32		-3	Sph	X	-216	0.79	TRGB
N 300	005453.5-374057	25.70	0.71	0.06	10.34	8.95	13.66	6.38	09.12	147	7			146	2.15	Cep
And XVI	005929.8+322236	1.78	0.90	0.29	20.63	15.70		11.33*	>16.34		-3	Sph	L	-385	0.52	TRGB
Sculptor	010009.4-334233	39.81	0.68	0.05	22.09	10.05		5.90*	>12.12		-3	Sph	X	105	0.09	TRGB
LGS 3	010355.0+215306	2.40	0.58	0.18	19.46	15.00	>26.11	12.49*	17.35	18	10	Tr	L	-286	0.65	TRGB
IC 1613	010447.8+020760	19.05	0.90	0.11	11.64	9.88	14.86	7.43*	10.71	27	10	Ir	N	-232	0.73	Cep
And X	010633.7+444816	2.10	0.56	0.55	>23.00	16.70	21.90	12.10*	>16.34		-3	Sph	X	-164	0.63	HB
U 685	010722.3+164102	2.40	0.71	0.25	16.51	14.22	17.97	11.64*	14.75	64	9	BCD	N	156	4.51	TRGB
KKh5	010732.5+512625	0.87	0.62	1.22		17.10	19.63	13.63*	16.80	37	10	Ir	L	61	4.27	TRGB
AM0106-382	010822.0-381233	0.72	0.56	0.05	17.37	16.26	19.23	13.86*	16.45	38	10	Ir	N	645	8.20	TF
N 404	010926.9+354303	3.47	0.95	0.25	15.42	11.21	15.08	7.53	13.43	79	-1	S0em	N	-50	3.05	TRGB
And V	011017.1+473741	2.40	0.82	0.54		15.92	24.41	11.33*	>16.34		-3	Sph	L	-403	0.81	TRGB
And XV	011418.7+380703	1.90	0.85	0.20		15.90		11.62*	>16.32		-3	Sph	L	-323	0.76	TRGB
And II	011629.8+332509	2.82	0.80	0.27	21.67	15.10	24.59	10.75*	>16.31		-3	Sph	L	-194	0.65	TRGB
And XXIV	011830.0+462158	3.30	0.75	0.35		17.20		12.78*			-3	Sph	X	-128	0.60	HB
And XXII	012740.0+280525	1.40	0.44	0.33	22.43	18.80		14.40*			-3	Sph	X	-127	0.79	TRGB
U 1056	012847.2+164117	1.00	0.68	0.31	17.24	14.81	18.17	12.00	16.05	42	9	Im	N	595	7.30	mem
And XXIII	012921.8+384308	7.30	0.60	0.28		15.10		10.74*			-3	Sph	X	-243	0.73	TRGB
U 1104	013242.3+181857	1.78	0.60	0.27	16.12	14.48	18.25	11.81	15.17	83	9	BCD	N	688	7.55	BS
M 33	013350.8+303937	69.18	0.61	0.18	08.21	6.27	12.20	4.10	07.17	181	5			-182	0.85	Cep
KKh6	013451.6+520530	0.87	0.60	1.52	>23.00	17.00	20.82	13.73	17.11	28	10	Ir	N	60	3.73	TRGB
N 625	013505.0-412611	7.08	0.28	0.07	13.90	11.59	14.69	8.90	13.85	75	8			395	3.89	TRGB
N 628	013641.3+154712	11.22	0.94	0.30	12.24	9.79	13.63	6.85	11.54	53	5			657	7.31	BS
U 1171	013941.6+155411	1.29	0.92	0.25	18.77	15.71	22.97	13.13*	15.02	25	10	Ir	N	738	7.38	BS

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
DDO 13	014009.6+155417	4.57	0.78	0.28	15.97	14.37	17.66	11.76*	13.97	35	10	Ir	L	631	9.04	BS
AGC112521	014107.9+271926	0.60	0.55	0.27	21.08	17.80	23.38	15.20*	17.88	26	10	Ir	L	274	6.52	h
KK13	014216.8+262204	0.71	0.57	0.39	19.01	16.57	20.78	13.86*	17.12	31	10	Ir	N	357	7.20	mem
KDG010	014341.4+154123	1.45	0.67	0.32	19.78	16.28	20.02	13.64*	16.02	32	10	Ir	L	789	7.87	BS
KK14	014442.7+271716	0.79	0.37	0.31	19.14	17.47	21.97	14.84*	16.22	28	10	Ir	L	420	7.20	mem
E 245-005	014503.6-433553	3.80	0.89	0.07	13.77	12.70	16.18	10.26	12.62	60	9	Im	N	393	4.43	TRGB
KK15	014641.6+264805	0.59	0.33	0.36	19.88	18.22	22.66	15.54*	17.50	22	10	Ir	L	366	7.20	mem
IC 1727	014730.1+271952	6.92	0.36	0.34	14.10	12.07	16.20	8.97*	12.94	129	8			336	7.20	BS
N 672	014753.2+272601	7.24	0.36	0.34	13.86	11.31	15.25	8.51	12.05	205	6			429	7.20	BS
U 1281	014932.3+323533	5.62	0.18	0.20	15.47	12.87	17.52	10.50	13.75	123	7			157	4.94	TRGB
Phoenix	015106.3-442641	5.50	0.85	0.07	16.37	13.72		11.31*	>16.00		10	Tr	L	-52	0.44	HB
KK16	015520.6+275715	1.32	0.37	0.29	18.75	16.30	21.30	13.68*	17.42	24	10	Ir	N	207	5.47	TRGB
KK17	020009.9+284957	1.00	0.50	0.24	19.69	17.20	21.27	14.24	17.44	20	10	Ir	L	168	4.90	TRGB
N 784	020116.8+285037	6.61	0.23	0.26	14.42	12.22	16.24	10.29	13.16	88	8			193	4.97	TRGB
U 1561	020405.0+241228	2.34	0.86	0.36	17.19	14.51		11.83*	16.04	39	9	BCD	N	606	7.20	TF
Cas1	020607.9+690036	2.19	0.77	4.40		15.29	17.16	9.34	13.15	50	10	Ir	N	35	3.30	mem
U 1703	021255.8+324851	0.79	0.55	0.42	>23.00	17.00	24.29	12.52*	>18.20		-2	Tr	N		4.19	SBF
N 855	021403.7+275238	3.09	0.38	0.31	16.52	13.30	16.70	9.83	14.64	94	0	dS0em	N	591	9.73	SBF
Segue 2	021916.0+201031	5.40	0.85	0.81	21.01	16.20		11.36*			-3	Sph	X	-39	0.03	TRGB
N 891	022232.8+422048	13.18	0.29	0.28	15.15	10.71	15.56	5.94	11.68	456	3			526	9.77	SBF
KKh11	022435.0+560042	1.66	0.54	2.13		16.20	19.11	11.74	14.06	84	10	Ir	N	296	3.00	mem
KKs 03	022442.7-733046	2.45	0.40	0.22	>23.00	16.00		10.83	>18.20		-3	Tr	L		4.10	mem
DDO 19	022500.2+360216	2.14	0.76	0.30	16.62	15.80	18.19	13.14*	14.87	87	10	Ir	L	577	9.30	mem
d0226+3325	022652.8+332537	1.66	0.92	0.32		17.50	25.32	14.86*	15.67	40	10	Ir	X	520	9.30	mem
N 925	022716.0+333441	11.75	0.56	0.33	12.72	10.58	14.11	7.87	11.73	203	7			553	9.29	Cep
halogas	022720.0+335730	0.43	0.75	0.33	19.99	18.00		15.35*	17.87	28	10	Ir	L	528	9.30	mem
KKh12	022727.0+572916	1.70	0.29	3.44		17.80	19.13	11.79	15.13	48	10	Ir	L	70	3.00	mem
DDO 22	023254.0+384050	1.74	0.31	0.21	18.30	15.65	19.64	13.11*	15.54	52	10	Ir	N	570	9.30	mem
DDO 25	023318.2+332928	2.57	0.92	0.41	15.90	13.96	17.50	10.98*	14.65	36	8			604	9.30	mem
DDO 24	023343.0+403141	2.62	0.81	0.24		13.68	18.42	10.86*	13.97	48	8			581	9.80	mem
MB1	023535.6+592247	1.07	0.42	4.22		17.80	19.79	10.46	15.05	50	10	Ir	L	190	3.00	mem
Maffei1	023635.5+593918	2.69	0.85	5.05		13.47	>21.40	5.55			-3			66	3.01	FP
E 115-021	023745.0-612028	7.24	0.14	0.11	14.83	13.34	16.63	9.97	12.91	121	7			515	4.99	TRGB
Fornax	023954.7-343133	17.78	0.70	0.05	20.68	9.28		5.13*	>13.58		-3	Sph	L	29	0.14	TRGB
Maffei2	024154.5+593611	3.80	0.50	7.19		14.77	17.32	4.50	11.12	306	4			-15	2.80	TF

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
U 2172	024210.8+432119	1.41	0.61	0.45		14.60		12.37	15.99	60	10	Ir	N	565	9.30	TF
AGC122226	024638.9+274335	0.85	0.55	0.53		17.08	19.27	14.25*	16.62	29	9	BCD	N	472	8.56	TF
Dw2	025408.5+590019	1.00	0.40	5.13		17.97	20.16	10.22	13.20	100	10	Ir	N	94	3.00	mem
MB3	025543.6+585142	1.58	0.31	5.64		19.38	>24.39	10.93	13.77	15	10	Ir	N	59	3.00	mem
E 154-023	025650.4-543423	8.32	0.18	0.07	13.93	12.71	16.14	9.81*	11.83	122	8			574	5.55	TRGB
Dw1	025656.1+585442	2.00	0.65	6.34		15.01	17.30	5.17*	11.72	187	3			112	2.80	TF
E 199-007	025804.1-492257	1.07	0.40	0.09	17.80	16.44		14.01*	16.61	55	10	Ir	N	630	6.56	h
N 1156	025942.4+251415	3.31	0.85	0.97	14.50	12.32	15.01	9.55	13.23	68	8			373	7.80	BS
LV J0300+2546	030039.3+254656	0.35	0.87	1.37	22.57	18.10	21.73	14.50*	19.80	19	10	Ir	N	308	7.80	mem
KKh18	030305.9+334140	0.71	0.57	0.86	18.43	16.70	20.69	13.56*	16.39	34	10	Ir	N	216	4.43	TRGB
E 300-014	030937.8-410150	7.08	0.52	0.07	15.03	13.06	17.43	10.00	14.15	130	8			955	9.80	TF
E 300-016	031010.5-400011	1.45	0.72	0.08	17.44	15.57	20.51	13.15*	15.90	37	10	Ir	N	710	8.80	TF
N 1291	031718.6-410629	14.45	0.92	0.06	14.31	9.42	14.58	5.66	13.10	40	1			838	8.80	mem
N 1313	031815.4-662951	12.59	0.80	0.47	11.49	9.66	12.98	7.57	10.77	167	7			470	4.07	TRGB
N 1311	032007.4-521106	4.68	0.25	0.09	15.02	13.40	16.46	10.92	14.44	82	8			571	5.20	TRGB
U 2684	032023.7+171742	1.95	0.50	0.60	17.83	16.29	20.28	13.46	15.10	79	10	Ir	N	350	6.49	BS
KK27	032103.0-661911	1.17	0.33	0.33	19.88	16.50		13.85*	19.15	10	10	Ir	L	533	3.98	TRGB
U 2716	032407.2+174515	1.58	0.56	0.59	17.07	14.64	18.81	11.50	15.67	44	8			381	6.40	h
U 2773	033207.1+474737	1.20	0.75	2.43		15.00	15.94	9.77	13.93	81	9	Im	N	216	5.40	h
IC 1959	033311.8-502438	4.07	0.23	0.05	14.47	13.20	16.39	11.04	13.83	128	8			640	6.05	TRGB
PGC013294	033556.8-451129	0.62	0.80	0.05	17.61	16.13		13.73*	>17.40		10	Ir	N	744	7.98	h
N 1400	033930.8-184117	3.47	0.87	0.28	17.50	11.92		7.81			-3			569	24.50	SBF
KKh22	034456.6+720352	1.05	0.52	1.66	>23.00	18.00		14.13*	>17.40		10	Tr	L		3.50	mem
KK35	034512.6+675150	2.51	0.68	2.50	19.07	15.70	16.69	11.06*			10	Ir	N	-66	3.16	TRGB
IC 342	034648.9+680545	21.38	0.91	2.41	12.81	9.37	13.68	4.57	08.01	181	6			29	3.28	Cep
U 2905	035700.6+163128	1.00	0.60	1.35	18.72	15.76	19.84	12.17	15.76	41	10	Ir	N	292	5.83	BS
UGCA086	035949.5+670731	4.47	0.69	4.06		13.50	16.21	8.17			8			72	2.96	TRGB
IC 2038	040854.1-555932	2.09	0.24	0.05	17.16	14.98		12.00			7			712	19.20	TF
N 1533	040951.8-560706	3.55	0.82	0.07	16.96	11.79	16.06	7.63	12.87	250	1			785	19.40	SBF
E 483-013	041241.1-230932	1.58	0.54	0.22	16.21	14.06	17.84	10.84	16.11	74	9	BCD	N	898	7.40	TF
CamA	042515.6+724821	3.72	0.57	0.93	20.08	14.84	19.35	11.64*	13.25	38	10	Ir	L	-54	3.93	TRGB
N 1592	042940.8-272431	1.41	0.48	0.15	14.36	14.45		12.66	15.64	73	10	Ir	N	945	9.10	TF
N 1569	043049.1+645053	3.98	0.51	2.38	15.60	11.79	12.84	7.50	12.59	101	8			-86	3.06	TRGB
UGCA092	043200.3+633650	2.00	0.50	3.42		15.22	17.11	11.00	12.79	56	10	Ir	L	-95	3.01	TRGB
N 1560	043249.9+715252	9.77	0.15	0.81	14.73	12.11	15.35	9.26	10.94	119	7			-36	3.45	TRGB

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
N 1637	044128.2–025129	4.37	0.79	0.17		11.47	15.01	7.98	13.14	188	6			713	9.29	SN
CamB	045306.9+670557	1.48	0.50	0.94		16.71	20.27	13.36	15.74	21	10	Ir	L	78	3.34	TRGB
N 1705	045413.7–532141	2.24	0.74	0.03	13.40	12.77	15.11	10.52	14.46	111	9	BCD	N	628	5.11	TRGB
HIPASS J0457–42	045658.7–424814	1.41	0.37	0.06		14.46	18.69	12.06*	14.80	58	10	Ir	N	657	7.20	TF
N 1744	045958.2–260136	6.92	0.54	0.18	13.34	11.71	15.53	9.78	12.45	195	7			741	10.00	TF
E 486–021	050319.7–252523	1.51	0.76	0.14	15.55	14.37	17.58	11.43	14.65	65	9	BCD	N	831	10.00	mem
N 1800	050625.7–315715	2.00	0.55	0.06	14.73	13.13	16.49	10.21	15.02	66	9	BCD	N	814	8.00	TF
UGCA105	051415.1+623451	5.50	0.64	1.35	15.11	12.14	15.32	8.20	11.87	121	8			113	3.15	TRGB
LMC	052334.6–694522	645.65	0.85	0.32		0.91	3.79	–1.75*	02.69	65	9	Im	N	278	0.05	Cep
U 3303	052459.5+043018	5.62	0.78	0.56		13.95	16.22	10.73*	13.81	158	8			519	7.14	BS
E 553–046	052705.7–204041	1.12	0.71	0.19	15.48	14.60	16.16	12.00	16.32	62	9	BCD	N	541	5.07	h
KK49	054141.5+064054	1.15	0.71	2.46		16.10	16.68	10.39	15.06	55	9	BCD	N	455	5.15	h
Orion	054502.0+050406	3.09	0.48	3.16		15.40	17.35	10.90	12.54	118	8			368	6.46	BS
A0554+07	055736.7+072931	0.72	0.40	2.55		18.40	21.15	13.72*	16.28	50	10	Ir	N	428	5.50	BS
KKh34	055941.2+732539	0.93	0.56	1.08	22.12	17.10	22.47	13.76*	17.26	22	10	Ir	L	106	4.61	TRGB
E 364–029	060545.4–330454	3.55	0.71	0.19		13.67	17.13	10.27	14.29	76	9	Im	N	787	7.59	h
HIPASS J0607–34	060719.7–341216	1.02	0.67	0.15		14.09	18.01	11.50	14.94	127	9	BCD	N	765	7.40	mem
N 2188	061009.5–340622	4.68	0.25	0.14		12.14	15.66	9.50	13.66	112	8			745	7.40	TF
E 121–020	061554.5–574335	0.93	0.71	0.17	17.02	15.27		12.76*	14.90	47	10	Ir	N	587	6.05	TRGB
LV J0616–5745	061609.2–574555	0.40	0.80	0.17	18.45	17.01		14.50*	16.32	36	10	Ir	N	554	6.00	mem
UGCA127sat	062054.8–083901	0.69	0.32	3.53		16.90	20.45	11.32*			10	Ir	L		8.50	mem
UGCA127	062055.7–082944	5.25	0.28	3.62		14.10	15.53	8.31	12.14	300	6			732	8.50	TF
WHI B0619–07	062213.8–075016	1.74	0.53	2.54		14.63	18.53	9.51*	13.11	156	8			759	8.40	TF
E 489–056	062617.0–261556	0.72	0.50	0.28		15.70		13.09*	16.42	24	10	Ir	N	492	4.99	TRGB
HIPASS J0630+08	063009.0+082237			2.95			24.60	*	15.68	33	10	Ir	N	367	3.55	h
U 3475	063028.8+393014	2.09	0.57	0.78		15.20	18.43	12.52	14.21	170	6			487	20.00	TF
U 3476	063029.2+331807	1.48	0.30	1.02		15.98	18.22	12.70*	14.68	83	10	Ir	N	469	7.01	BS
E 490–017	063756.6–255959	1.70	0.76	0.34		14.01	17.26	12.00	15.09	39	10	Ir	N	505	4.23	TRGB
CGMW1–260	063800.1–150122	3.16	0.44	1.44		13.70	18.04	10.00	14.23	195	8			746	10.80	TF
U 3501	063838.4+491530	1.12	0.37	0.50	17.99	16.70		13.89*	16.00	60	10	Ir	N	451	15.50	TF
KK55	063932.9–404313	0.71	0.64	0.33		16.05		13.40*	15.59	50	10	Ir	N	824	7.65	h
Carina	064136.7–505758	24.55	0.67	0.27	21.41	11.30		6.95*	>20.04		–3	Sph	X	224	0.10	TRGB
IC 2171	064427.3–175557	1.91	0.21	1.79		15.17	17.67	10.81*	14.85	107	8			789	9.90	TF
N 2283	064552.7–181237	3.63	0.76	1.66		12.93	15.08	8.83	12.24	179	6			841	10.00	TF
KKSG9	064656.9–175629	0.50	0.70	1.91		16.40	19.60	11.66	14.24	182	9	BCD	N	693	10.00	mem

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$\bar{K}_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
KKh37	064745.8+800726	1.15	0.67	0.33	18.99	16.40	21.26	13.75*	16.74		10	Ir	N	11	3.39	TRGB
KKh38	064754.9+473050	1.38	0.54	0.40		17.40		14.68*	15.41	58	10	Ir	L	451	19.30	TF
U 3600	065540.0+390542	1.91	0.36	0.39	17.63	16.18	20.15	13.22*	15.69	82	8			398	7.24	BS
HIZSS003	070029.3-041230	0.50	0.60	4.66		18.00		11.39*	13.83	70	10	Ir	N	298	1.67	TRGB
FG202	070517.1-583114	1.95	0.47	0.51		14.95	18.03	12.13*	13.60	66	10	Ir	L	564	4.90	TRGB
HIPASS J0705-20	070545.0-205930			2.71				*	14.59	29	0			766	7.23	h
E 558-011	070656.8-220226	1.82	0.56	1.64		14.43	18.42	10.20*	15.27	125	8			731	8.40	TF
U 3698	070918.8+442248	1.17	0.60	0.42	17.56	15.41	18.93	12.68*	15.47	38	10	Ir	N	421	7.24	BS
N 2337	071013.6+442725	2.75	0.75	0.38	15.18	13.48	16.00	10.34	13.80	147	9	Im	N	433	7.87	BS
U 3755	071351.8+103119	1.86	0.59	0.38	16.38	14.07	17.96	11.66	14.56	34	10	Ir	N	311	7.41	TRGB
U 3817	072244.5+450630	1.74	0.50	0.44	17.89	15.96	19.19	11.89	15.06	35	10	Ir	L	437	8.55	BS
HIZSS 8	072522.0-242831	1.35	0.43	6.10		16.90		8.50	13.41	136	7			800	7.43	h
DDO 43	072817.2+404613	1.41	0.69	0.25	16.80	15.12	18.79	13.07	14.99	36	10	Ir	N	353	5.73	BS
N 2366	072854.6+691219	7.24	0.36	0.16	12.74	11.68	13.89	9.14*	11.83	99	10	Ir	N	96	3.19	TRGB
HIZSS012	073008.3-220101	3.20	0.50	7.88		19.00		9.00	12.56	268	8			779	7.20	h
E 059-001	073119.3-681110	2.14	0.81	0.63		13.98	17.89	11.25	14.17	85	9	Im	N	530	4.57	TRGB
DDO 44	073411.3+665310	2.82	0.67	0.19	22.52	15.64	24.41	11.37*	>18.30		-3	Sph	L	213	3.19	TRGB
AGC174585	073610.3+095911	0.40	0.62	0.17		17.90		15.39*	18.05	21	10	Ir	N	356	6.10	h'
HIZSS014	073622.6-192940	0.40	0.60	5.72		18.40		10.82*	15.35	56	9	BCD	N	786	7.35	h
N 2403	073651.4+653558	28.18	0.56	0.18	10.66	8.80	11.99	6.19	10.19	240	6			125	3.18	Cep
LV J0737+4724	073728.5+472433	0.42	0.40	0.47	20.03	18.06		15.28*	17.40	39	10	Ir	N	404	15.70	TF
DDO 46	074125.8+400645	1.78	0.94	0.22	16.24	14.40	19.01	12.20	14.46	74	10	Ir	N	364	6.85	BS
DDO 47	074155.0+164802	4.68	0.85	0.14	15.04	13.62	17.79	11.00	13.33	55	8			270	8.05	TRGB
KK65	074231.2+163340	1.12	0.56	0.14	17.56	15.34	18.08	12.53	16.09	33	10	Ir	N	281	8.02	TRGB
HIZSS021	074616.5-282811	0.80	0.65	4.37		17.50		11.13*	14.06	85	10	Ir	N	494	3.00	h
KKh40	074656.4+5111746	0.66	0.72	0.27	17.87	16.60		14.00*	16.36	27	10	Ir	N	445	6.98	h
CGCG 262-028	074732.1+5111129	1.00	0.52	0.30	16.03	14.80	17.41	12.81			9	BCD	N	454	7.10	h
AGC174605	075021.7+074740	0.34	0.94	0.10	>23.00	18.00		15.56*	17.84	24	10	Ir	N	351	6.00	h'
U 4115	075701.8+142327	1.91	0.56	0.12	15.82	15.23	17.89	12.13	14.43	78	10	Ir	N	343	7.73	TRGB
HIPASS J0801-21	080125.4-215951	0.48	0.55	0.96		17.20	>22.31	13.97*	16.00	56	10	Ir	N	730	6.34	h
N 2500	080153.2+504414	3.31	0.84	0.17	13.80	12.23	15.36	9.28	13.93	102	7			514	12.40	mem
LV J0812+4836	081239.5+483645	0.52	0.31	0.22	19.00	17.10		14.55*			9	BCD	N	521	12.42	mem
N 2537	081314.7+455926	2.57	0.88	0.23	14.32	12.27	15.41	9.13	14.42	100	8			449	12.20	mem
IC 2233	081358.9+454432	4.90	0.11	0.22	14.85	13.07	16.54	10.76	13.46	178	7			557	12.20	TF
N 2541	081440.1+490342	7.08	0.53	0.22	13.16	12.26	15.57	10.09	12.49	192	7			559	12.40	TF

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
holmII	081904.0+704251	8.91	0.86	0.14	12.55	11.10	14.47	8.00	11.95	64	9	Im	N	157	3.39	TRGB
N 2552	081920.5+500035	3.72	0.74	0.20	14.65	12.69	16.41	10.00	14.11	130	8			524	12.40	mem
E 006-001	081923.3-850844	1.10	0.91	0.83		15.13		12.97	>18.20		9	BCD	N	738	6.70	h
E 495-008	082100.7-234653	0.69	0.28	0.49		16.06	19.66	13.21*	16.36	99	10	Ir	N	789	17.30	TF
KDG052	082356.0+710146	1.26	0.92	0.09	17.45	16.35	24.61	13.63	15.94	21	10	Ir	L	116	3.55	TRGB
KUG 0821+321	082505.0+320103	0.68	0.63	0.20		16.80		14.27*			10	Ir	N	642	8.15	h
CGMW2-3473	082512.9-280825	0.78	0.58	1.03		15.22		11.93*	15.72	62	9	BCD	N	837	7.40	TF
DDO 52	082828.5+415124	1.74	0.50	0.16	17.01	15.27	19.93	12.37	15.09	83	10	Ir	N	396	10.28	TRGB
DDO 53	083406.5+661045	2.00	0.87	0.16	15.58	14.55	17.05	12.77	14.55	30	10	Ir	N	19	3.56	TRGB
E 495-021	083615.2-262434	2.09	0.77	0.48		12.45	14.19	9.00	14.71	117	9	BCD	h	868	7.96	h
U 4483	083703.0+694631	1.32	0.58	0.15	16.00	14.95	17.61	13.33	14.57	33	10	Ir	N	156	3.21	TRGB
E 496-010	084906.0-261912	1.05	0.66	0.43	17.76	14.83		11.90	16.10	61	9	BCD	N	814	7.80	TF
AGC182595	085112.1+275248	0.36	0.58	0.19	19.26	17.20		14.68*	18.10	20	9	BCD	N	398	6.10	h'
UMa II	085130.0+630748	25.30	0.50	0.38	22.28	14.80		10.35*	>16.33		-2	Sph	X	-116	0.03	TRGB
N 2683	085240.9+332502	13.49	0.24	0.14	14.40	10.34	14.71	6.33	12.93	428	3			411	7.73	SBF
KK69	085250.7+334752	1.38	0.76	0.13	20.84	17.40	22.62	14.93*	16.50	13	10	Ir	L	462	7.70	mem
KK70	085522.0+333333	0.50	0.97	0.13	>23.00	17.70	24.53	13.48*	>18.20		-3	Sph	L		7.70	mem
U 4704	085900.3+391236	4.37	0.11	0.13	16.11	15.00	18.56	11.91*	14.27	132	8			599	15.20	TF
LSBC D564-08	090254.0+200431	0.72	0.71	0.12	18.99	17.90	>24.61	15.44*	16.72	49	10	Ir	L	483	8.67	TRGB
E 497-004	090303.1-234830	1.12	0.23	1.01	19.16	16.36	20.76	12.79*	15.49	95	8			806	19.00	TF
HIPASS J0905-36	090560.0-360336	0.50	0.75	1.82	>23.00	17.40		13.38*	15.42	70	10	Ir	N	886	7.93	h
U 4787	090734.9+331636	2.45	0.28	0.10	16.19	14.60	18.41	11.69*	15.29	130	8			553	20.30	TF
KKh46	090836.6+051732	0.60	0.86	0.20	18.14	17.05	19.55	14.52*	16.36	25	10	Ir	N	598	5.60	h
LSBC D634-03	090853.5+143455	0.47	0.88	0.16	21.10	17.50	>24.86	15.00*	18.99	47	10	Ir	N	335	9.55	TRGB
KK71	090910.9-232204	0.40	0.78	0.77	21.14	17.70		12.90*	>18.20		-3	Sph	N		9.80	mem
DDO 56	090946.6-230033	1.29	0.70	0.72		15.63	19.46	12.60*	16.13	79	10	Ir	N	724	9.80	mem
KK72	091142.3-235856	0.45	0.83	0.80	23.74	18.00		13.17*	>18.20		-3	Sph	L		9.80	mem
N 2784 dw01	091218.5-241240	0.89	0.89	0.89	>23.00	17.27		12.36*	>18.20		-3	Sph	L		9.80	mem
N 2784	091219.4-241018	5.50	0.40	0.93	16.73	11.24	16.91	6.33			-2			687	9.82	SBF
KK73	091229.3-241428	0.62	0.62	0.85	20.67	16.35		10.62	>18.20		-3	Sph	N		9.80	mem
UGCA153	091312.1-192431	2.24	0.60	0.38	17.07	15.40	19.31	12.36*	14.89	111	8			766	21.90	TF
LV J0913+1937	091339.0+193708	0.54	0.45	0.19	18.94	17.40		14.88*	17.90	25	10	Ir	N	445	4.43	h
AGC198507	091525.8+252510	0.20	0.75	0.14	19.96	18.60		16.12*	17.82	37	9	BCD	N	502	21.70	TF
U 4879	091602.2+525024	3.24	0.56	0.07	15.97	13.80	20.61	11.50	16.54	14	9	BCD	N	-25	1.36	TRGB
HIPASS J0916-23b	091658.0-231647	0.66	0.37	0.47	18.32	15.84	20.77	13.06*	17.12	40	10	Ir	N	837	10.30	mem

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$\bar{K}_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
N 2835	091752.9–222119	8.91	0.67	0.44	13.20	11.01	13.66	7.92	12.54	194	5			885	10.30	TF
N 2787	091918.6+691212	3.31	0.63	0.56	18.94	11.82	19.21	7.26	14.12	358	1			700	7.48	SBF
LSBC D565–06	091929.4+213612	0.60	0.86	0.17	20.58	17.30	>25.61	14.79*	18.77	14	10	Ir	N	498	9.08	TRGB
U 4932	091934.1+510633	1.86	0.32	0.07	17.06	15.17		13.15	15.59	110	8			549	20.60	TF
DDO 62	092127.5–223002	2.51	0.24	0.29	16.68	14.80	18.28	11.72*	13.85	124	8			846	18.60	TF
AGC198508	092257.0+245648	0.38	0.57	0.16	18.34	17.80		15.30*	18.48	29	10	Ir	N	519	10.40	TF
E 565–003	092309.9–201003	0.72	0.67	0.27	17.49	15.53	19.39	12.93*	16.90	31	10	Ir	N	829	7.52	h
MCG +09–16–010	092317.0+515823	0.92	0.78	0.07	17.46	16.20		13.54*			8			484	7.35	h
U 4998	092512.1+682259	1.78	0.62	0.25	18.44	15.00	19.54	11.11	17.81	89	9	BCD	N	632	8.24	TRGB
LV J0926+3343	092609.4+334304	0.85	0.24	0.08	18.14	17.80		15.13*	16.39	47	8			540	19.70	TF
N 2915	092611.5–763735	2.00	0.53	1.19	15.65	13.20	15.99	9.70	12.38	153	9	BCD	h	467	3.78	TRGB
d0926+70	092627.9+703024	0.40	0.75	0.99	22.27	19.00		15.74*	>19.69		10	Tr	L		3.93	TRGB
U 5047	092849.6+513338	1.62	0.28	0.06		16.00		13.00*	17.01	104	7			502	19.68	TF
KDG056	093012.9+195930	0.68	0.80	0.19	19.56	17.02	24.70	14.50*	17.64	25	10	Ir	L	561	8.90	mem
N 2903–hI–1	093039.9+214325	0.27	0.75	0.13	20.81	18.20		15.73*	19.53	24	10	Ir	N	582	8.90	mem
N 2903	093209.6+213002	12.59	0.48	0.13	12.61	9.53	13.21	6.04	11.96	366	4			556	8.87	BS
E 373–007	093245.4–331444	1.29	0.54	0.58	19.48	16.40		13.52*	16.21	44	10	Ir	L	862	8.30	TF
U 5086	093248.9+212754	0.98	0.90	0.14	>23.00	16.36	25.10	12.13*			–3	Sph	N	491	8.90	mem
d0934+70	093403.7+701257	0.59	0.86	1.11	22.30	19.30		14.18*			–3	Sph	X		3.66	TRGB
CGCG 035–007	093444.9+062532	1.07	0.63	0.18	17.49	15.22	19.43	12.68*	15.98	89	9	BCD	N	552	13.00	TF
LeoT	093453.4+170305	2.09	0.71	0.13	19.53	16.50	>21.79	14.03*	14.85	15	10	Ir	L	39	0.42	TRGB
LV J0935–1348	093521.6–134852	0.42	0.75	0.19	18.56	16.60		14.08*	>17.40		9	BCD	N	796	7.30	h
d0939+71	093915.9+711842	0.35	0.85	0.17	24.56	19.60		17.09*			10	Tr	L		3.63	TRGB
LV J0939–2507	093935.0–250735	0.63	0.57	0.25		15.50	19.03	12.92*	17.30	56	10	Ir	N	741	6.15	h
KISSB023	094012.7+293529	0.83	0.34	0.08	17.01	16.32		13.90*	16.62	77	10	Ir	N	544	19.80	TF
KUG 0937+480	094019.6+474638	0.85	0.36	0.07	18.34	17.00		14.59*			9	Im	N	546	7.88	h
KDG058	094027.0+000233	0.66	0.78	0.25	20.04	17.20		14.62*			10	Ir	L		10.00	txt
holmI	094032.3+711111	4.57	0.81	0.21	15.00	13.64	17.48	11.20	13.72	29	10	Ir	N	139	3.84	TRGB
U 5186	094259.8+331552	1.38	0.23	0.06	18.39	16.27	23.47	13.87*	16.97	34	10	Ir	N	546	8.30	TF
LV J0944–2254	094420.1–225458	0.32	0.76	0.33		16.83		14.18*	>17.40		9	BCD	N	729	6.05	h
d0944+69	094422.5+691240	0.20	0.99	0.41	>23.00	21.00		16.52*			–3	Sph	X		3.98	TRGB
d0944+71	094434.4+712857	0.89	0.62	0.14	24.21	16.70		12.47*	>19.76		–1	Tr	L		3.39	TRGB
IC 559	094443.9+093655	1.32	0.74	0.12	16.68	14.98	19.04	12.52*	15.69	67	9	BCD	N	541	9.40	TF
F8D1	094450.0+672832	2.19	0.91	0.41	>23.00	15.70	22.91	11.22*	>18.20		–3	Sph	L	–125	3.77	TRGB
U 5209	094504.2+321418	0.83	0.96	0.08	18.23	16.06	21.29	13.64*	17.05	32	10	Ir	N	535	6.56	h

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$\bar{K}_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
FM1	094510.0+684554	0.89	0.89	0.31	>23.00	17.50	24.25	13.12*	>18.20		-3	Sph	L		3.40	TRGB
RKK1610	094524.8-480829	0.93	0.68	2.08		16.90		12.63*	15.01	79	10	Ir	L	882	14.90	TF
N 2976	094715.6+675449	5.75	0.46	0.30	13.77	11.01	14.45	7.53	13.52	91	7			6	3.56	TRGB
AGC191803	094805.9+070745	0.72	0.47	0.11	18.56	16.50		14.05*	16.78	55	9	Im	N	535	14.90	TF
KK77	095010.0+673024	2.40	0.75	0.62	>23.00	16.30	24.41	11.63*	>18.20		-3	Sph	L		3.48	TRGB
KK78	095019.6+312724	0.41	0.60	0.09	18.58	17.68	20.96	15.25*	16.70	20	10	Ir	N	539	7.10	mem
DDO 64	095022.4+312915	2.19	0.38	0.10	15.13	14.46	17.31	12.45	14.50	84	10	Ir	N	521	7.11	BS
U 5288	095117.2+074938	1.45	0.62	0.15	15.99	14.62	17.53	11.49	14.30	93	9	BCD	N	557	6.85	BS
N 3037	095124.0-270040	1.29	0.87	0.39	15.90	13.64	16.76	11.12	14.59	91	8			887	8.10	h
BK3N	095348.5+685809	0.32	0.80	0.35	19.45	18.78	25.17	16.11*	15.70	15	10	Ir	N	-40	4.02	TRGB
LV J0954+3620	095450.6+362002	0.34	0.67	0.04	19.82	17.93		15.54*	18.78	35	10	Ir	N	503	15.40	TF
KKSG15	095510.5-061612	1.29	0.23	0.18	18.00	15.14	20.77	12.63*	16.33	54	10	Ir	N	791	9.70	mem
d0955+70	095513.6+702429	0.35	0.87	0.64	>23.00	19.50		14.81*			-3	Sph	X		3.93	TRGB
M 81	095533.5+690360	28.18	0.52	0.36	11.45	7.79	12.13	3.83	10.03	423	3			-38	3.63	Cep
M 82	095553.9+694057	11.48	0.38	0.69	13.91	9.06	11.58	4.67	11.19	147	8			183	3.53	TRGB
LV J0956-0929	095637.6-092911	0.93	0.73	0.28	19.09	15.89	20.83	13.28*	>17.40		9	BCD	N	627	5.18	h
DDO 68	095645.7+284930	2.00	0.37	0.08	15.22	14.77	18.16	12.82	13.97	74	10	Ir	N	503	9.80	TF
KDG061	095702.7+683530	1.41	0.58	0.31	22.41	15.24	19.75	10.86*			-1	Sph	N	221	3.60	TRGB
ClumpI	095721.2+684255	0.18	0.72	0.31	>23.00	19.80	>23.96	17.17*			10	Ir	N	-165	3.60	mem
A0952+69	095729.0+691620	1.82	0.53	0.37	18.02	16.80	20.00	14.11*	16.26	48	10	Ir	L	99	3.87	TRGB
holmIX	095732.4+690235	2.63	0.80	0.35	15.63	14.53	19.04	11.86*	12.63	50	10	Ir	N	50	3.61	TRGB
d0958+66	095848.5+665059	0.87	0.58	0.26	18.82	16.00		13.41*	19.07	22	9	BCD	N	90	4.04	TRGB
LeoA	095926.4+304447	5.75	0.61	0.09	14.70	12.92	18.46	10.49*	12.76	19	10	Ir	N	24	0.81	TRGB
d0959+68	095933.1+683925	0.79	0.70	0.32	19.85	18.00	21.33	15.36*			10	Ir	L	-186	3.60	mem
KKSG16	095947.5-092036	0.87	0.78	0.31	>23.00	18.00		13.62*	>18.20		-3	Sph	L		9.70	mem
SexB	100000.1+051956	6.03	0.69	0.14	13.92	11.85	16.86	9.50	12.33	38	10	Ir	N	300	1.36	TRGB
KKh57	100016.0+631106	0.60	0.83	0.09	>23.00	17.87	24.25	13.69*	>20.00		-3	Sph	L		3.91	TRGB
LV J1000+5022	100025.5+502245	0.58	0.76	0.05		17.10		14.70*			9	Im	N	538	7.97	h
LV J1000+3032	100036.5+303210	0.28	0.71	0.08	19.84	18.06		15.64*	19.26	20	10	Ir	N	501	7.10	TF
ClumpIII	100040.4+683937	0.10	0.95	0.31	>23.00	19.80	22.21	17.17*			10	Ir	L	-121	3.60	mem
MCG -01-26-009	100133.6-063130	1.12	0.78	0.15	17.97	16.10	19.60	13.61*	16.49	38	10	Ir	N	748	9.70	mem
KKSG17	100138.4-081456	1.66	0.21	0.26	18.43	15.41	21.66	12.82*	16.46	49	10	Ir	N	446	9.70	mem
UGCA193	100236.2-060043	4.27	0.07	0.17	16.61	14.67	18.72	12.00	14.40	123	7			663	9.70	mem
N 3109	100307.2-260936	19.95	0.19	0.29	11.98	10.39	14.11	7.50	10.51	117	8			403	1.32	TRGB
N 3077	100321.0+684402	6.46	0.83	0.29	14.19	10.62	14.55	7.32	11.76	70	9	dEem	N	19	3.82	TRGB

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
GARLAND	100342.0+684136	3.98	0.60	0.29	17.03	16.80	17.30	14.18*	>14.88		10	Ir	X	43	3.82	TRGB
E 499-038	100350.2-263646	0.83	0.55	0.30	16.81	15.68		13.06*	14.94	77	10	Ir	N	885	15.30	TF
N 3104	100357.4+404525	3.55	0.56	0.06	14.57	13.97	16.84	11.24*	14.25	102	8			603	16.00	TF
Antlia	100404.0-271955	2.00	0.75	0.34	17.10	16.19		12.73	16.63	22	10	Tr	L	362	1.32	TRGB
BK5N	100440.3+681520	0.79	0.75	0.25	23.76	17.53	24.61	13.20*			-3	Sph	L		3.78	TRGB
U 5427	100441.0+292159	1.38	0.67	0.10	16.40	14.89	18.94	12.20	16.42	71	8			498	7.11	BS
KDG063	100507.3+663318	1.91	0.88	0.41	>23.00	16.01	22.18	11.53*	16.27	19	-3	Tr	L	-129	3.50	TRGB
N 3115	100514.0-074307	8.51	0.35	0.20	16.09	9.87	>24.11	5.88	13.89	238	-1			681	9.68	SBF
U 5423	100530.6+702152	1.07	0.67	0.34	17.23	14.42	18.35	11.99	15.92	44	10	Ir	N	348	8.71	TRGB
KDG065	100534.4-074457	1.07	0.69	0.03	23.16	16.36		12.23*			-3	Sph	L	721	9.70	mem
KKSG18	100541.6-075853	1.51	0.80	0.23	19.40	13.61		10.05			9	BCD	N	698	9.70	mem
d1006+67	100646.2+671204	0.32	0.97	0.31	>23.00	19.70		15.32*			-3	Sph	X		3.87	TRGB
KDG064	100701.9+674939	1.95	0.47	0.25	24.07	15.52	22.91	11.19*			-3	Tr	L	-15	3.70	TRGB
Segue 1	100703.2+160425	7.00	0.52	0.14		16.21		11.98*	>19.84		-3	Sph	X	206	0.02	CMD
U 5456	100719.7+102144	1.62	0.50	0.18	15.31	13.84	17.16	11.63	15.30	62	9	Im	N	527	5.60	TRGB
KKh58	100722.7+385811	1.26	0.48	0.06	16.43	15.61	17.94	12.94*	15.99	83	8			587	18.40	TF
IKN	100805.9+682357	2.69	0.85	0.26	>23.00	16.50	24.10	12.16*	>18.20		-3	Sph	X	-140	3.75	TRGB
LeoI	100826.9+121829	9.77	0.79	0.16		11.18		6.93*	>19.87		-1	Sph	L	283	0.25	TRGB
d1009+70	100934.9+703255	0.72	0.85	0.59	21.08	18.00		13.36*			-1	Sph	L		9.00	TRGB
SexA	101100.8-044134	5.89	0.83	0.19	12.91	11.86	15.53	10.18	11.88	46	10	Ir	N	324	1.32	Cep
U 5497	101248.4+640627	0.89	0.74	0.08	18.01	15.60		13.18*	18.63	16	9	BCD	N	150	3.70	TRGB
SexDSph	101303.0-013652	30.20	0.65	0.21	21.54	11.30		7.01*	>19.85		-3	Sph	X	227	0.09	TRGB
d1014+68	101455.8+684527	0.20	0.90	0.20	22.08	20.20		15.92*	>19.53		-1	Tr	X		4.57	TRGB
d1015+69	101506.9+690215	0.25	0.98	0.21	23.88	20.50		16.21*			-1	Tr	X		4.07	TRGB
N 3184	101817.0+412528	7.41	0.93	0.07	12.53	10.36	14.16	7.23	12.87	128	6			592	11.12	SN
KUG 1013+414	101615.6+410959	1.13	0.39	0.08	18.25	15.40		12.73*			8			518	11.12	mem
LV J1018+4109	101822.2+410957	0.38	0.86	0.06	>23.00	18.40		14.25*			-1	Sph	L		11.10	mem
HIJASS J1021+6842	102100.2+684160			0.09			22.03	*	14.90	50	11	Ir	X	46	3.70	mem
HS117	102125.2+710658	1.51	0.60	0.49	21.68	17.30	24.10	14.50*	21.30	13	10	Tr	L	-37	3.96	TRGB
LV J1021+0054	102138.9+005400	0.42	0.73	0.23	18.51	17.50		14.94*	>17.40		10	Ir	N	701	6.78	h
LeoP	102145.1+180517	0.55	0.54	0.11		17.20		14.75*	17.70	16	10	Ir	N	262	2.00	txt
AGC731448	102345.0+270639	0.48	0.66	0.12	18.46	16.60		14.14*	17.47	39	9	BCD	N	540	13.50	TF
KKSG19	102428.3-122557	0.69	0.86	0.30	>23.00	16.79		14.17*	16.36	30	10	Ir	L	628	5.11	h
N 3239	102504.9+170949	5.01	0.61	0.14	13.07	11.73	14.66	9.00	13.10	160	8			754	7.90	TF
DDO 78	102627.9+673924	2.00	0.95	0.12	21.94	16.50	24.25	12.29*			-3	Sph	L	55	3.72	TRGB

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
U 5672	102820.9+223417	3.09	0.28	0.10	17.38	14.65	19.06	11.55	15.33	82	8			531	11.40	TF
IC 2574	102822.4+682458	13.18	0.41	0.16	12.44	10.80	14.43	7.95*	11.21	107	8			43	4.02	TRGB
LV J1028+4240	102833.0+424008	0.48	0.71	0.04	18.10	17.40		15.01*			10	Ir	N	547	7.55	h
d1028+70	102839.7+701401	0.71	0.77	0.17	18.23	16.20		13.69*	18.44	20	10	Ir	N	-114	4.00	TRGB
AGC749315	102906.4+265438	0.11	0.86	0.10	19.95	19.10		16.66*	18.57	31	9	BCD	N	645	21.50	TF
DDO 82	103035.0+703710	3.39	0.59	0.19	16.79	13.49	18.27	10.29	>18.70		9	Im	N	56	4.00	TRGB
LV J1030+0607	103044.3+060738	0.71	0.60	0.11	18.44	16.80		14.35*	17.40	27	10	Ir	N	640	7.80	TF
AGC205156	103052.9+122648	0.16	0.95	0.13	20.49	18.60		16.13*	18.78	21	9	BCD	N	915	10.43	TF
AGC731457	103155.8+280133	0.38	0.64	0.12	18.09	16.80		14.34*	17.92	36	10	Ir	N	454	9.20	TF
N 3274	103217.1+274007	2.40	0.48	0.10	14.47	13.21	16.16	10.74	13.45	160	7			541	7.98	BS
BK6N	103431.9+660042	1.10	0.64	0.05	>23.00	16.90	24.25	12.75*			-3	Sph	L		3.85	TRGB
UMa I	103452.8+515512	18.00	0.20	0.08	>23.00	15.29		11.12*	>16.33		-3	Sph	X	-55	0.10	TRGB
AGC202248	103456.1+112932	0.37	0.74	0.08	19.16	17.50		15.08*	17.97	62	10	Ir	N	1177	10.40	mem
E 501-023	103523.2-244515	3.47	0.79	0.27	14.72	13.20		10.34*	13.73	63	8			1042	7.00	TF
LeG03	103548.8+082847	0.95	0.23	0.11		17.30		14.60*	16.69	70	8			1158	10.40	mem
KUG 1033+366B	103617.6+362531	0.60	0.53	0.08	18.51	17.00		14.58*			9	Im	N	620	8.10	h
N 3299	103623.8+124227	2.40	0.77	0.11	16.47	13.30	17.56	10.97	15.73	112	8			604	10.40	mem
DDO 83	103643.3+313248	2.04	0.40	0.09	16.41	15.41	18.74	13.41	14.63	106	10	Ir	N	582	10.90	txt
AGC205165	103704.8+152015	0.72	0.74	0.16	18.89	16.40		13.90*	18.74	27	9	Im	N	724	10.40	mem
AGC200499	103808.0+102251	0.85	0.78	0.12		14.40		11.56	15.19	178	9	BCD	h	1175	10.40	mem
AGC208397	103858.1+035227	0.17	0.60	0.17	20.88	19.70		17.19*	18.34	33	10	Ir	L	763	26.20	TF
U 5797	103925.2+014307	1.23	0.87	0.14	17.12	14.28	19.33	11.81	15.92	48	9	BCD	N	710	7.00	h
LeG04	103940.2+124406	0.52	0.50	0.12	>23.00	18.70		16.24*	>18.60		10	Tr	L		10.40	mem
LeG05	103943.3+123804	0.60	0.53	0.11	20.72	16.77		14.32*	20.14	22	10	Tr	N	780	10.40	mem
LeG06	103955.7+135428	0.63	0.65	0.15	21.20	18.30		15.81*	18.78	21	10	Ir	L	1007	10.40	mem
AGC208399	104010.7+045432	0.16	0.88	0.12	>23.00	20.00	>22.41	17.54*	17.34	23	10	Ir	L	747	20.90	TF
U 5812	104056.6+122819	1.48	0.40	0.10	17.89	15.50		12.81*	16.92	56	8			1008	10.40	mem
d1041+70	104116.8+700903	0.35	0.60	0.29	>23.00	19.60		16.98*	>20.60		10	Ir	X		3.91	TRGB
FS04	104200.3+122006	1.00	0.46	0.11	18.65	15.70		13.00*	17.27	36	8			772	10.40	mem
LeG09	104234.6+120902	0.71	0.83	0.11	>23.00	18.50		14.30*	>18.20		-2	Sph	L		10.40	mem
DDO 84	104241.9+342656	4.47	0.74	0.10	14.17	13.73	16.56	11.17	13.40	74	8			630	8.11	h
AGC205268	104252.4+134428	0.38	0.46	0.13	20.27	17.40		14.93*	15.85	70	9	BCD	N	1145	10.40	mem
E 376-016	104327.1-370233	0.69	0.56	0.25		15.53		12.95*	14.93	41	10	Ir	N	670	7.10	TF
N 3344	104330.2+245525	7.59	0.90	0.14	12.63	10.45	14.09	7.44	12.18	157	4			588	6.85	h
LeG10	104355.4+120807	0.16	0.95	0.11	23.43	19.20		16.75*	>18.20		10	Ir	N		10.40	mem

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
N 3351	104357.7+114213	7.24	0.68	0.12	13.49	10.58	14.46	6.67	13.48	270	3			777	10.05	Cep
LeG11	104402.1+153520	0.35	0.90	0.14	>23.00	18.80		16.32*	>17.80		10	Tr	L		10.40	mem
LeG12	104407.8+113159	0.22	0.80	0.13	21.07	18.50		16.03*	>17.40		10	Ir	N		10.40	mem
AGC205445	104435.3+135623	0.60	0.84	0.14	21.73	16.40		12.17*			-1	Tr	N	633	10.40	mem
LeG13	104457.6+115458	0.42	0.44	0.10	19.74	17.43	>22.96	14.99*	19.04	24	10	Ir	N	871	10.40	mem
LeG14	104614.4+125736	0.36	0.88	0.10	>23.00	18.70		14.51*	>18.27		-3	Sph	L		10.40	mem
KK93	104624.8+140130	0.58	0.94	0.13	>23.00	18.00		13.78*	>18.20		-3	Sph	N		10.40	mem
LeG16	104630.0+114521	0.29	0.98	0.11	>23.00	19.00		14.80*			-2	Tr	L		10.40	mem
LeG17	104641.5+121935	0.58	0.78	0.10		16.98		12.79*	17.17	37	-1	Sph	N	1030	10.40	mem
N 3368	104645.8+114911	8.91	0.68	0.11	14.20	10.11	15.03	6.32	12.98	343	3			893	10.42	Cep
LeG18	104653.3+124440	0.28	0.75	0.10	23.15	18.90		16.46*	18.05	38	10	Tr	L	636	10.40	mem
LeG19	104654.8+124717	0.37	0.70	0.10	>23.30	17.80		13.61*			-1	Sph	L		10.40	mem
KK94	104657.3+125954	0.58	0.85	0.13	23.12	17.50		15.03*	16.69	35	10	Tr	L	832	10.40	mem
LeG21	104700.8+125735	0.25	0.75	0.13	22.71	18.60		16.13*	18.20	23	10	Ir	L	843	10.40	mem
DDO 88	104722.3+140413	2.14	0.95	0.15	16.59	14.40	18.89	11.91*	15.59	43	9	Im	N	573	7.73	TRGB
E 318-013	104741.9-385115	1.78	0.14	0.33	16.91	14.97		12.07*	14.88	54	8			718	6.50	TF
N 3377	104742.4+135908	5.25	0.58	0.15	18.05	11.24		7.44			-2			678	10.91	SBF
N 3379	104749.6+123454	5.37	0.89	0.11		10.24		6.27			-3			923	11.12	SBF
N 3384	104816.9+123745	5.50	0.45	0.12		10.85		6.75			-1			704	11.38	SBF
U 5923	104907.6+065502	1.26	0.47	0.12	17.49	14.40	18.66	11.46	16.15	142	7			709	22.30	TF
Willman1	104921.0+510260	3.70	0.53	0.06	21.24	16.04		11.89*	>16.33		-2	Sph	X	-12	0.04	CMD
DDO 87	104936.5+653150	1.58	0.90	0.05	16.48	15.15	19.41	11.86	14.60	66	10	Ir	L	340	7.45	BS
LeG22	104937.1+112106	0.56	0.66	0.13	>23.00	18.00		15.53*			10	Tr	L		10.40	mem
LeG23	105009.1+132901	0.18	0.95	0.14	21.52	19.10		16.62*			10	Ir	N		10.40	mem
U 5944	105019.1+131619	1.12	0.97	0.13	23.36	15.60		12.00			-1	dE	N	1073	11.07	SBF
KK96	105027.1+122139	0.60	0.80	0.11	23.17	18.30		14.10*			-3	Sph	L		10.40	mem
N 3412	105053.3+132444	3.98	0.56	0.12	18.44	11.44	17.73	7.67	>16.40		-1			846	10.40	mem
N 3413	105120.7+324559	2.22	0.51	0.10	15.51	13.23		10.36*	14.16	142	8			634	12.02	TF
LeG26	105121.1+125057	0.69	0.89	0.10	21.64	16.90		12.71*	>17.40		-2	Sph	N	630	10.40	mem
AGC205540	105131.4+140653	0.32	0.62	0.14	23.94	18.00		15.52*	>17.10		10	Tr	N	832	10.40	mem
KKh65	105159.1+282145	0.58	0.86	0.08	>23.00	17.40		13.23*			-2	Sph	L		10.00	txt
AGC205544	105204.8+150150	0.45	0.80	0.09	>23.00	17.10		12.92*	>17.40		-1	dE	N	828	10.40	mem
LV J1052+3628	105205.5+362836	0.44	0.69	0.06	19.20	17.90		15.50*			10	Ir	N	476	9.20	mem
U 5983	105217.5+363536	1.10	0.61	0.06	20.35	16.00		13.60*			10	Ir	N	765	9.20	mem
AGC202456	105219.5+110236	0.72	0.89	0.10	>23.00	16.20		12.01*	>17.40		-1	dE	N	824	10.40	mem

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
LeG27	105220.1+144226	0.37	0.67	0.09	22.02	18.60		14.42*			-2	Tr	L		10.40	mem
N 3432	105231.1+363708	5.37	0.22	0.06	13.38	11.67	14.71	9.06	11.86	248	8			611	9.20	TF
LV J1052+3639	105240.8+363954	1.68	0.37	0.06	16.90	15.80		13.40*			10	Ir	N	511	9.20	mem
KDG073	105257.1+693245	1.20	0.83	0.01	18.83	17.09	23.58	14.73*	17.40	18	10	Ir	L	116	3.70	TRGB
LeG28	105300.7+102245	0.68	0.50	0.11	>23.00	18.30		15.85*			10	Tr	L		10.40	mem
U 6014	105342.7+094341	1.20	0.57	0.14	17.27	15.00		12.49*	16.42	94	9	Im	N	1133	10.40	mem
LSBC D640-12	105557.1+122020	0.45	0.50	0.08	21.68	18.40		15.98*	19.90	22	10	Ir	L	847	10.40	mem
LSBC D640-13	105614.0+120037	0.58	0.57	0.08	17.91	16.90		14.48*	16.84	30	10	Ir	N	989	10.40	mem
hS1053+3624	105640.4+360828	0.50	0.49	0.08	18.27	17.76		15.34*			10	Ir	N	572	9.20	mem
E 215-009	105730.2-481044	2.00	0.60	0.95	19.21	16.03		12.60	12.39	65	10	Ir	N	598	5.25	TRGB
VV747	105747.0+361539	1.10	0.56	0.09	16.56	15.50		13.07*			10	Ir	N	619	9.20	mem
CGCG 095-078	105802.2+193019	0.84	0.48	0.11		15.60		13.15*	17.60	30	9	BCD	N	650	7.37	h
LSBC D640-14	105810.5+115957	0.48	0.66	0.07	22.93	18.50		14.34*			-2	Sph	L		10.40	mem
AGC205278	105852.1+140746	0.54	0.68	0.08	20.51	17.30		14.88*	18.54	36	10	Ir	N	686	10.40	mem
N 3489	110018.6+135404	3.80	0.57	0.07	16.74	11.12	18.66	7.37	17.84	113	1			695	12.08	SBF
LeG33	110045.2+141020	0.35	0.55	0.08	23.80	18.60		16.18*			10	Tr	L		10.40	mem
LSBC D640-08	110052.1+135251	0.81	0.58	0.07	23.64	16.96		12.80*			-3	Sph	N		10.40	mem
CGCG 066-109	110426.5+114518	1.05	0.29	0.06	17.73	16.20	20.03	13.80*	16.80	44	10	Ir	N	777	10.40	mem
KKSG20	110440.6+000330	0.52	0.80	0.16	22.11	17.51		15.01*	20.52	25	10	Ir	N	835	10.70	mem
MRK0036	110458.5+290822	0.68	0.64	0.13	15.89	15.61	16.83	14.00	16.93	41	9	BCD	h	646	8.02	h
U 6145	110535.0-015149	1.38	0.56	0.24	18.44	16.45	>21.76	13.88*	16.04	41	10	Ir	L	753	10.70	mem
N 3521sat	110540.7+000715	2.51	0.77	0.22	>23.00	16.20		11.90*			-1	Sph	X		10.70	mem
N 3521	110548.6-000209	10.96	0.46	0.25	13.53	9.83	13.19	5.78	11.84	441	4			797	10.70	TF
KKSG22	110607.7-012655	0.50	0.80	0.20	>23.00	18.20		15.67*	>18.20		10	Ir	L		10.70	mem
N 3556	111131.0+554026	5.01	0.25	0.07	13.49	10.69	14.38	7.04	12.27	308	6			696	9.90	TF
DDO 92	111326.1+533542	1.38	0.78	0.05	16.05	15.60		13.20*	15.01	45	9	Im	N	928	9.90	mem
LeoII	111329.2+220917	12.02	0.87	0.07	22.28	12.61		8.45*	>17.38		-3	Sph	L	86	0.21	TRGB
N 3593	111435.9+124907	5.89	0.43	0.08	17.01	11.85	15.63	7.42	15.17	254	1			631	10.80	TF
AGC202256	111445.0+123851	0.40	0.61	0.08	19.15	16.70		14.28*	17.92	42	10	Ir	N	630	11.00	TF
IC 2684	111701.0+130559	0.81	0.75	0.12	19.32	16.15		13.69*	18.00	25	10	Tr	N	588	10.30	mem
N 3621	111816.1-324842	12.30	0.44	0.35	12.43	10.18	12.73	6.60	10.88	271	7			730	6.70	Cep
AGC215354	111915.9+141725	0.50	0.60	0.10	20.87	17.40		14.96*	>17.40		9	BCD	N	790	10.42	mem
N 3627	112015.0+125929	10.23	0.46	0.14	12.94	9.65	13.36	5.88	13.36	369	4			716	10.28	Cep
AGC213436	112224.0+125846	0.52	0.98	0.11	22.17	16.70		12.50*			-1	dE	N	626	10.30	mem
KKh67	112303.5+211937	0.71	0.81	0.10	>23.00	18.40		14.21*			-2	Sph	X		10.00	txt

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$\bar{K}_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
IC 2787	112319.1+133747	1.07	0.93	0.12		15.70	>25.36	13.23*	17.73	49	9	BCD	N	708	10.30	mem
IC 2791	112337.6+125345	0.58	0.68	0.11	20.02	16.90		14.45*	19.15	22	9	Im	N	666	10.30	mem
U 6456	112800.6+785929	1.48	0.53	0.16	15.31	14.27	16.70	12.48	14.60	37	10	Ir	N	-94	4.35	TRGB
KDG078	112954.0+522414	0.74	0.71	0.07	>23.00	16.70		14.29*	18.74	26	10	Tr	N	575	9.00	txt
LeoV	113109.6+021312	4.10	0.45	0.12	>23.00	17.60		13.39*	>19.88		-3	Sph	X	173	0.18	CMD
HIPASS J1131-31	113135.2-314020	1.00	0.60	0.30		17.00		14.38*	16.65	30	10	Ir	L	715	6.70	mem
LeoIV	113257.0-003160	7.30	0.78	0.11	22.81	16.90	>22.75	12.70*	>19.88		-3	Sph	X	132	0.16	HB
HIPASS J1133-32	113311.0-325743	0.52	0.50	0.26		16.27		13.68*	17.45	59	10	Ir	N	709	6.70	mem
U 6541	113329.1+491417	1.74	0.57	0.08	15.50	14.44	16.93	11.85	16.35	26	10	Ir	N	249	3.89	TRGB
N 3738	113548.6+543122	3.39	0.73	0.05	13.87	11.87	15.88	9.61	14.29	78	9	BCD	N	225	4.90	TRGB
N 3741	113606.4+451707	1.48	0.55	0.10	15.33	14.38	17.39	12.26	13.55	83	9	BCD	N	229	3.03	TRGB
E 320-014	113753.4-391314	1.38	0.64	0.62	18.79	15.85		12.90	16.43	40	10	Ir	N	654	6.08	TRGB
U 6757	114659.1+612006	1.10	0.55	0.14	18.10	16.30		13.82*			10	Ir	N	82	2.73	h
KK109	114711.2+434019	0.45	0.67	0.08	20.68	18.10	25.61	15.68*	17.76	18	10	Ir	L	211	4.51	TRGB
DDO 97	114857.2+235016	1.58	0.91	0.12	17.10	15.14	19.41	12.65*	15.46	86	10	Ir	N	522	13.74	BS
KKh73	115006.4+554660	0.69	0.94	0.04	>23.00	17.30		14.91*	18.15	20	10	Tr	L	594	9.00	txt
DDO 99	115053.0+385250	4.27	0.37	0.11	14.99	13.70	17.58	11.86	13.58	34	10	Ir	N	251	2.64	TRGB
E 379-007	115443.0-333329	0.93	0.73	0.32		16.60	21.70	13.60	15.65	28	10	Ir	L	644	5.22	TRGB
U 6881	115444.7+200320	1.62	0.39	0.15	17.66	15.90		13.41*	16.23	90	10	Ir	N	601	16.40	TF
MCG +05-28-046	115523.5+282024	1.20	0.44	0.12	18.08	16.35		13.89*			9	Im	N	590	7.45	h
KDG082	115539.4+313110	1.91	0.64	0.09	17.77	14.84	19.41	12.09*	16.73	100	8			590	16.60	TF
N 3990	115735.6+552731	1.69	0.57	0.06		13.43		9.55			-1			696	10.30	SBF
LV J1157+5638	115754.2+563817	0.48	0.81	0.08	18.49	17.10		14.68*			10	Ir	N	416	7.03	h
LV J1158+1535	115840.4+153534	0.32	0.83	0.24	20.69	18.20		15.63*	>17.40		10	Ir	N	565	6.27	h
BTS76	115844.1+273506	0.60	0.60	0.10	20.56	16.50	21.79	14.06*			10	Ir	N	455	5.57	h
E 572-034	115858.1-190148	1.32	0.51	0.17		14.27		11.50	15.18	67	9	BCD	h	1114	8.50	TF
KUG 1157+315	120016.2+311330	0.83	0.48	0.08	16.67	15.05		12.88	16.47	117	8			617	23.20	TF
LV J1203+4739	120300.0+473915	0.94	0.46	0.08	18.58	17.20		14.78*			10	Ir	N	492	7.49	h
LV J1203+3257	120310.9+325722	0.97	0.38	0.09	20.98	16.70		14.02*			8			570	7.55	h
N 4068	120402.4+523519	2.95	0.53	0.09	14.46	13.19	16.61	10.76*	13.85	54	9	Im	N	210	4.31	TRGB
N 4080	120451.8+265933	1.58	0.44	0.11	16.29	13.70	17.94	10.79	16.11	147	8			565	15.00	TF
E 379-024	120456.7-354435	0.74	0.75	0.33		16.58		13.93*	16.07	39	10	Ir	N	632	4.88	h
IC 2992	120515.9+305120	0.83	0.83	0.09	16.71	15.02	18.81	12.44	17.03	46	9	BCD	N	599	12.70	TF
KUG 1202+286	120523.3+282156	0.89	0.57	0.10	17.28	15.20		13.16			8			529	6.69	h
LV J1205+2813	120534.2+281356	0.69	0.79	0.09	18.66	16.70		14.02*			8			534	6.74	h

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
MAPS1206+31	120634.5+312033	0.71	0.93	0.09	18.90	15.80		13.12*			8			568	7.43	h
LV J1207+3133	120750.0+313308	0.64	0.82	0.09	20.21	17.50		14.82*			8	Sm		562	7.37	h
U 7131	120911.8+305424	1.62	0.29	0.10	17.26	16.80		13.95*	15.47	117	8			253	16.80	TF
N 4136	120917.7+295539	3.98	0.92	0.08	13.66	11.69	15.92	9.31	13.65	92	5			608	7.90	h
MCG +06-27-017	120956.4+362607	0.95	0.31	0.11	17.36	15.50	21.58	12.00			9	Im	N	339	4.83	TRGB
N 4144	120959.3+462726	6.17	0.21	0.06	14.08	12.05	15.56	9.39	13.24	153	7			265	7.24	TRGB
IC 3023	121001.7+142201	1.10	0.71	0.16	16.78	15.35		12.85*	16.33	44	10	Ir	N	817	7.70	TF
N 4150	121033.6+302406	2.19	0.69	0.08	18.31	12.49		8.99			-1			226	13.74	SBF
N 4163	121208.9+361010	2.19	0.84	0.09	15.51	13.63	18.64	10.88	15.28	32	9	Im	N	162	2.94	TRGB
KK127	121322.7+295518	1.38	0.36	0.09	17.44	15.60		13.99	16.18	64	8			131	17.30	TF
N 4190	121344.6+363760	2.14	0.88	0.13	15.02	13.50	17.18	10.79	14.42	49	9	BCD	N	235	2.82	TRGB
LV J1213+2957	121348.4+295732	0.47	0.71	0.08	19.05	17.40		14.98*			10	Ir	N	225	2.68	h
E 321-014	121349.6-381353	1.41	0.43	0.40	17.19	15.21	19.29	12.70	15.31	19	10	Ir	N	609	3.18	TRGB
U 7242	121407.4+660532	1.23	0.42	0.08	16.20	14.60	19.42	12.18*	15.29	66	10	Ir	N	66	5.42	TRGB
VCC0114	121435.2+054038	0.60	0.52	0.07	18.61	16.16		13.75*	16.57	34	10	Ir	N	2067	8.20	TF
KDG090	121457.9+361308	1.55	0.87	0.09	>23.00	15.86	23.97	13.43*	>19.20		10	Tr	L		2.86	TRGB
U 7257	121503.0+355731	1.35	0.62	0.07	15.17	14.36		12.25	14.76	89	8			956	8.80	TF
N 4204	121514.4+203931	4.47	0.81	0.15	14.62	12.90	16.06	10.00	13.93	88	7			861	8.00	txt
U 7267	121523.6+512060	2.09	0.32	0.11	16.50	14.79	18.79	11.94*	14.93	117	8			473	12.90	TF
U 7271	121533.4+432603	2.40	0.34	0.06	16.59	14.90	18.86	13.16	15.46	105	7			546	18.60	TF
N 4214	121538.9+361939	8.51	0.78	0.09	11.68	10.24	13.28	8.14	11.98	61	8			291	2.94	TRGB
MCG +09-20-131	121546.7+522315	1.05	0.30	0.10	16.78	15.30	21.78	12.86*	15.72	27	10	Ir	N	159	4.59	TRGB
VCC0169	121556.2+093857	0.85	0.68	0.08	21.20	16.67		14.25*	15.60	24	10	Ir	L	2219	9.40	TF
IC 3077	121556.3+142559	1.78	0.64	0.14	20.30	15.01		12.69	18.21	51	9	BCD	N	1406	9.10	TF
U 7298	121628.6+521338	0.85	0.55	0.10	17.45	15.95	22.60	13.29	15.76	21	10	Ir	N	174	4.21	TRGB
N 4236	121643.3+692756	21.88	0.32	0.06	11.91	10.05	13.76	7.50	11.19	154	8			-3	4.45	TRGB
LV J1217+4703	121710.1+470349	0.30	0.76	0.07	23.76	18.50		16.09*	>19.20		10	Tr	L		7.80	mem
U 7320	121728.5+444841	1.20	0.44	0.05	18.39	15.40		13.00*	16.80	55	10	Ir	N	541	9.20	TF
N 4244	121729.9+374827	19.50	0.11	0.09	12.85	10.88	14.63	7.72	11.02	170	6			247	4.49	TRGB
N 4242	121730.2+453710	5.50	0.76	0.05	13.99	11.59	15.99	9.12	13.58	108	7			517	7.90	TF
LV J1217+3231	121732.0+323157	0.66	0.62	0.05	20.15	18.20		15.80*			9	Im	N	447	5.93	h
U 7321	121734.0+223225	6.76	0.06	0.12	16.32	14.09		10.67	13.68	219	7			403	17.20	TF
KKh78	121744.5+332043	0.45	0.63	0.06	22.81	17.70		15.30*			10	Ir	L		4.70	mem
N 4248	121749.9+472433	3.31	0.43	0.08	16.99	13.14	18.01	10.59	15.70	66	8			484	7.40	TF
LV J1218+4655	121811.1+465501	0.91	0.28	0.08	18.40	16.83		14.16*			8			420	6.54	h

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$\bar{K}_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
AGC229053	121815.5+253406	0.49	0.48	0.12	19.85	17.90		15.44*	17.68	40	10	Ir	N	425	17.90	TF
KDG098	121829.4+283845	0.76	0.93	0.10	22.18	16.50		12.31*			-1	Tr	N		9.00	txt
IC 3104	121846.1-794334	3.72	0.47	1.70		13.65	17.43	9.26	15.35	40	9	Im	N	429	2.27	TRGB
N 4258	121857.5+471814	18.62	0.39	0.07	11.96	9.10	12.58	5.46	11.20	421	4			447	7.83	Cep
KK132	121906.5+474351	0.36	0.84	0.07	24.46	18.50		14.34*			-1	Sph	L		7.80	mem
KDG101	121909.1+470523	1.29	0.59	0.08	22.65	15.75	22.96	13.33*			10	Ir	N	132	7.24	TRGB
KK133	121932.8+432311	0.47	0.68	0.06	19.41	17.70		15.30*	18.20	51	10	Ir	L	561	8.23	h
KK134	121933.8+472706	0.37	0.94	0.07	22.29	17.00		12.84*			-3	Sph	N		7.80	mem
d1219+4705	121936.8+470533	0.29	0.95	0.11	>23.00	18.60		14.40*			-3	Sph	L		7.80	mem
IC 779	121938.7+295260	1.32	0.86	0.08	21.46	15.22		11.79			-1	dE	N	213	16.67	SBF
VCC0381	121954.1+063957	0.78	0.92	0.01	18.67	16.67		14.31*	16.34	23	10	Ir	L	480	4.71	h
[KKh2011]S11	122030.1+472925	0.28	0.90	0.08	22.46	20.50		16.33*			-3	Sph	L		7.80	mem
N 4288	122038.1+461730	2.34	0.71	0.06	14.69	13.30	16.58	11.30	13.84	154	7			533	8.05	h
KK136	122040.6+470003	0.47	0.87	0.08		17.50		13.33*			-3	Sph	N		7.80	mem
CVnhI	122043.4+461233			0.06	24.36			*	18.80	20	11	Ir	X	420	6.50	h
KUG 1218+387	122054.9+382549	1.17	0.71	0.08	16.92	15.40		12.98*	16.04	30	9	BCD	N	570	8.03	h
d1220+4649	122055.0+464945	0.25	0.83	0.08	23.59	19.40		15.23*			-3	Sph	L		7.80	mem
DDO 120	122115.0+454841	2.40	0.62	0.05	16.20	13.55	23.49	10.77	15.05	37	9	Im	N	463	7.06	h
KDG104	122127.9+150128	0.81	0.67	0.14	20.53	16.88		14.40*	18.04	24	10	Ir	L	1861	9.40	TF
KDG105	122143.0+375914	0.83	0.59	0.08	19.75	16.70		14.28*	16.87	40	10	Ir	L	567	7.60	TF
U 7427	122155.0+350305	1.07	0.61	0.06		15.90		13.50*	16.37	32	10	Ir	N	726	9.70	TF
N 4308	122156.9+300427	0.85	0.95	0.09	20.55	14.11		10.62			-1			642	14.00	txt
KK138	122158.4+281434	0.42	0.58	0.09	>23.00	18.70		16.27*	>19.20		10	Tr	L		6.30	mem
GR34	122207.6+154757	0.93	0.82	0.11	19.04	15.95		13.50*	18.24	25	10	Ir	L	1298	8.90	TF
VCC0565	122238.5+060052	0.58	0.60	0.10	19.19	15.86		13.42*	18.10	28	10	Ir	N	871	9.60	TF
KK141	122252.7+334943	0.40	0.77	0.05	18.18	16.60		14.20*	17.29	26	10	Ir	N	573	7.78	h
IC 3247	122314.0+285338	2.34	0.17	0.10	18.19	15.25		12.12	16.47	157	7			569	24.40	TF
BTS132	122346.2+473932	0.39	0.68	0.08	23.61	18.40		14.23*			-3	Sph	L		7.80	mem
IC 3308	122517.9+264253	1.55	0.26	0.10		15.41	19.11	12.51*	14.94	125	8			316	12.80	TF
KK144	122527.9+282857	1.12	0.44	0.09	17.25	16.50	20.94	14.07*	15.12	38	10	Ir	L	480	6.15	h
U 7512	122541.3+020932	1.45	0.52	0.08	17.40	15.20		12.78*	15.31	65	10	Ir	N	1506	10.60	TF
AGC749236	122542.4+264836	0.62	0.51	0.10		17.30		14.86*	16.53	53	10	Ir	L	273	19.50	TF
VCC0841	122547.0+145707	1.10	0.49	0.12	18.95	15.50		13.04*	17.79	39	9	Im	N	499	7.90	TF
N 4395	122549.8+333246	13.18	0.83	0.07	11.76	10.64	14.15	8.00	11.53	98	8			313	4.61	TRGB
DDO 123	122608.1+581921	2.78	0.79	0.05		14.50		11.85*	13.74	58	8			722	10.50	TF

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
UGCA281	122616.0+482931	1.05	0.75	0.06	15.29	15.14	15.85	12.51	15.19	47	10	Ir	N	279	5.68	TRGB
IC 3341	122623.4+274444	0.68	0.56	0.08		16.40		13.98*	16.75	65	9	Im	N	372	14.00	TF
SBS 1224+533	122652.6+530619	0.80	0.69	0.08	17.36	16.10		13.68*			9	BCD	N	300	5.35	h
ComaI	122659.0+235415	9.50	0.64	0.08	>23.00	14.98		10.81*	>19.88		-3	Sph	X	98	0.04	HB
DDO 126	122705.1+370833	2.88	0.63	0.06	15.18	14.12	17.48	11.53	14.23	50	10	Ir	N	217	4.88	TRGB
DDO 125	122741.8+432938	3.89	0.56	0.09	14.99	12.95	18.03	10.23	14.31	27	9	Im	N	206	2.74	TRGB
U 7584	122802.9+223522	0.91	0.50	0.10	17.20	16.19	19.83	13.75*	16.20	35	9	BCD	N	603	9.20	TF
KKh80	122805.4+221727	0.85	0.69	0.09	18.27	16.80	23.42	14.37*	17.48	16	10	Ir	L	602	7.43	h
N 4449	122811.2+440540	6.76	0.71	0.08	10.99	9.99	12.55	7.25	12.35	98	8			201	4.21	TRGB
DDO 127	122828.5+371360	1.62	0.50	0.07	16.19	14.98	20.47	12.57*	15.03	54	10	Ir	N	275	6.89	BS
U 7596	122833.9+083823	1.58	0.43	0.09	18.46	14.90		12.47*	18.49	27	10	Ir	N	565	4.60	TF
U 7605	122839.0+354305	1.48	0.73	0.06	15.90	14.76	18.61	12.40	15.77	26	10	Ir	N	310	4.43	TRGB
N 4455	122844.1+224921	3.24	0.29	0.09	14.60	12.93	16.54	10.55	13.91	108	7			644	8.40	TF
DDO 129	122844.2+431327	2.82	0.89	0.07	14.88	13.67	17.26	11.01*	14.11	43	8			538	8.90	TF
LV J1228+4358	122844.9+435818	3.98	0.27	0.09	>23.00	14.20		11.77*			10	Tr	X		4.07	TRGB
N 4460	122845.8+445152	4.27	0.30	0.08	15.68	12.26	15.66	9.06	15.54	90	1			499	9.59	SBF
KK149	122852.3+421040	0.93	0.63	0.11	17.47	15.01	19.83	12.56*	16.15	54	10	Ir	N	407	8.90	TF
U 7639	122953.0+473148	2.14	0.54	0.05	16.25	14.13	20.46	11.73*	16.05	39	9	Im	N	385	7.14	SBF
U 7636	123001.0+075546	0.89	0.81	0.09	19.07	14.90		12.47*	18.98	25	10	Ir	N	469	5.20	TF
KK151	123023.8+425405	1.12	0.42	0.08	17.30	15.80	20.36	13.38*	16.66	34	9	Im	N	436	6.56	h
N 4485	123031.2+414200	2.34	0.70	0.09	13.68	12.32	15.44	10.58	13.22	139	8			480	5.80	mem
N 4490	123036.4+413837	6.31	0.49	0.09	12.19	9.76	13.06	7.35	11.60	173	7			586	5.80	TF
CGCG 014-054	123103.8+014033	1.27	0.58	0.08	17.81	15.60		13.18*	16.50	44	9	Im	N	1105	9.60	TF
MAPS1231+42	123109.0+420539	0.33	0.68	0.08	19.39	17.80		15.38*	19.10	16	10	Ir	N	563	5.80	mem
DDO 131	123158.6+294235	1.15	0.76	0.08	16.50	15.28		12.86*	15.22	63	10	Ir	N	643	8.10	mem
U 7678	123200.4+394955	1.78	0.52	0.07	15.62	14.50	17.86	12.48	15.62	39	9	Im	N	679	6.90	TF
U 7690	123226.9+424215	2.09	0.79	0.13	14.92	13.13	17.13	11.40	14.48	71	8			536	11.20	TF
N 4517	123245.5+000654	12.02	0.13	0.10	15.86	11.09		7.33	12.39	307	7			1134	9.70	TF
U 7699	123248.0+373718	3.98	0.27	0.05	14.83	13.30	17.04	11.15	14.07	171	7			495	14.50	TF
DDO 133	123253.0+313221	3.55	0.69	0.07	14.85	13.53	16.93	11.12*	13.77	45	10	Ir	L	330	4.85	TRGB
N 4509	123306.8+320530	0.91	0.76	0.05	15.22	14.10		11.50	15.90	49	9	BCD	h	934	10.10	TF
BTS142	123307.4+380658	0.33	0.98	0.05	20.22	18.44		16.04*	17.95	23	10	Ir	L	719	10.00	txt
KDG155	123308.0-003159	1.20	0.74	0.10	20.48	16.40		13.96*	16.24	43	10	Ir	L	750	8.11	h
KK152	123324.9+332105	1.07	0.43	0.08	17.51	16.30		13.88*	16.18	34	10	Ir	N	838	6.90	TF
U 7719	123400.6+390110	2.14	0.29	0.07	16.14	15.25	18.09	12.59*	15.10	57	8			679	9.20	TF

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
N 4534	123405.5+353106	3.02	0.66	0.05	14.01	13.20	16.24	11.21	13.28	110	8			802	9.80	TF
U 7751	123511.8+410339	1.21	0.34	0.11	17.73	16.50		14.05*	16.38	41	9	Im	N	605	7.90	TF
LV J1235-1104	123539.4-110402	0.43	0.90	0.17	16.81	15.70		13.18*	17.24	55	10	Ir	h	1110	10.00	TF
N 4559	123557.7+275735	10.96	0.41	0.08	12.27	10.28	13.50	7.58	11.77	237	6			814	8.10	TF
U 7774	123622.5+400019	3.16	0.16	0.07	16.46	14.60	18.56	11.11*	14.19	183	7			528	22.60	TF
VCC1675	123635.0+080317	1.41	0.61	0.10	17.80	14.80		12.10	18.27	33	9	BCD	N	1790	7.50	TF
IC 3583	123643.5+131534	2.88	0.52	0.19	15.43	13.31		11.20	15.66	105	9	Im	N	1120	7.60	TF
MAPS1236+33	123649.4+333648	0.56	0.43	0.07	18.86	16.90		14.49*	17.49	30	10	Ir	N	526	11.70	TF
IC 3591	123703.0+065536	1.29	0.60	0.10	16.09	14.39	16.79	11.60	15.18	86	9	BCD	N	1632	9.80	TF
KKSG29	123714.1-102951	1.41	0.43	0.12	18.90	16.54		14.08*	17.74	30	10	Ir	L	756	7.70	TF
Arp211	123721.3+384443	0.85	0.57	0.08	15.99	15.74	19.38	13.32*	16.54	27	10	Ir	N	458	6.61	TRGB
VCC1713	123729.1+044505	0.58	0.59	0.10	17.93	15.86		13.42*	17.41	26	9	Im	N	1638	7.20	TF
KKSG30	123735.9-085202	0.87	0.50	0.14	19.01	16.30		13.82*	17.39	36	10	Ir	N	1105	9.10	TF
VCC1725	123741.2+083333	1.17	0.54	0.10	15.95	14.89		11.74	16.48	76	9	BCD	N	1076	8.50	TF
KKSG31	123833.7-102925	0.79	0.88	0.13	>23.00	17.70		13.48*	>18.20		-3	Sph	L		9.30	mem
UGCA292	123840.0+324560	1.02	0.70	0.07	16.35	16.07	18.26	14.24	15.03	27	10	Ir	L	308	3.61	TRGB
U 7827	123938.9+444915	1.25	0.58	0.08	16.94	15.96	18.16	13.54*	15.26	44	10	Ir	N	553	8.50	TF
KKSG32	123955.0-114448	0.60	0.83	0.21	23.93	18.50		14.21*	>18.20		-3	Sph	L		9.30	mem
KDG177	123958.5+134653	0.89	0.51	0.14	18.47	16.36		13.88*	16.17	30	10	Ir	N	1005	8.20	TF
N 4594	123959.1-113723	11.75	0.51	0.22	14.98	8.98	16.73	4.96	14.78	736	1			1090	9.30	SBF
N 4605	124000.3+613629	6.17	0.37	0.06	13.13	10.89	14.31	7.76	13.44	132	8			151	5.47	TRGB
AGC749241	124001.7+261919	0.34	0.84	0.06	19.66	18.30		15.90*	17.70	18	10	Ir	L	451	9.20	TF
BTS146	124002.1+380002	0.34	0.55	0.08	20.35	17.50		15.08*	18.05	27	10	Ir	N	446	8.50	TF
SUCD1	124003.1-114004	0.10	0.96	0.02	>23.00	18.40		14.70	>17.80		-1	dE	h	1305	9.30	mem
KKSG33	124008.9-122153	0.50	0.99	0.20	>23.00	18.50	>22.37	14.22*	>18.20		-3	Sph	L		9.30	mem
VCC1822	124010.4+065049	0.83	0.53	0.09		16.40		13.97*	17.69	23	10	Ir	N	1008	8.10	TF
N 4597	124012.9-054757	5.56	0.46	0.11	14.44	12.58	15.91	11.68	13.04	163	8			1039	10.10	TF
N 4600	124023.0+030704	1.62	0.67	0.12	20.38	13.70	18.51	9.81	>17.50		0	dS0em	N	852	7.35	SBF
KKSG34	124118.9-115539	0.69	0.88	0.23	>23.00	18.00		13.69*	>18.20		-3	Sph	L		9.30	mem
N 4618	124132.8+410903	4.17	0.76	0.10	13.02	11.31	14.76	8.66	13.08	90	6			536	7.90	TF
LV J1241+3251	124147.3+325128	0.79	0.57	0.08	17.51	16.40		13.98*	17.14	27	10	Ir	N	693	7.30	mem
N 4625	124152.7+411626	1.66	0.78	0.08	14.56	13.03	16.44	9.75	14.10	51	7			606	7.90	mem
N 4627	124159.7+323425	1.82	0.69	0.07	17.47	13.01	23.76	8.85*			-3			542	7.30	mem
N 4631	124208.0+323229	16.60	0.17	0.07	11.45	9.75	13.96	6.47	10.86	183	7			583	7.38	TRGB
IC 3687	124215.1+383007	5.13	0.88	0.09	14.79	13.79	16.88	11.12	14.38	36	10	Ir	N	350	4.57	TRGB

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$\bar{K}_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
BTS151	124324.6+322856	0.78	0.61	0.07	>23.00	17.40		13.24*			-2	Sph	L		7.30	mem
LV J1243+3232	124344.6+323204	0.35	0.65	0.07	>23.00	19.00		14.84*			-1	Sph	L		7.30	mem
KDG192	124345.0+535732	1.07	0.63	0.06	17.47	16.60		14.20*	15.48	69	10	Ir	L	443	7.45	h
LV J1243+4127	124355.7+412725	1.38	0.43	0.08	19.36	17.20		14.78*	17.20	16	10	Ir	L	402	6.09	h
KK160	124357.4+433941	0.59	0.75	0.11	21.41	17.43	24.25	14.98*	17.52	22	10	Ir	L	293	4.31	TRGB
N 4656	124357.6+321013	12.88	0.15	0.06	11.60	10.96	14.04	8.00	11.51	146	8			638	5.40	TF
KKs 51	124421.5-425623	0.55	0.44	0.38	>23.00	17.30		14.60*	>17.80		10	Tr	L		3.60	mem
DDO 143	124425.1+342311	2.24	0.36	0.08	15.90	16.00	17.73	13.58*	14.55	50	10	Ir	L	607	9.10	TF
UGCA294	124438.1+282821	1.10	0.57	0.07	15.99	14.82		12.41*	15.58	60	9	BCD	N	955	9.90	TF
E 381-018	124442.7-355760	0.79	0.58	0.27		15.72		13.52	15.98	40	10	Ir	N	624	5.32	TRGB
IC 3718	124446.0+122105	2.57	0.30	0.13	18.39	14.00	>19.88	11.91	17.18	71	8			849	6.80	TF
E 381-020	124600.4-335017	2.82	0.40	0.28	15.60	14.44	17.04	12.11	13.59	78	10	Ir	L	589	5.45	TRGB
VCC2033	124604.5+082835	0.55	0.91	0.10	17.37	15.30		12.45	18.27	23	9	BCD	h	1485	9.80	TF
VCC2037	124615.3+101212	1.20	0.46	0.11	17.90	15.80		13.35*	18.50	29	10	Ir	N	1142	7.40	TF
UGCA298	124655.4+263351	0.89	0.78	0.06	17.85	15.25		12.43	17.80	65	9	BCD	N	844	11.00	TF
U 7950	124656.4+513647	1.38	0.74	0.06	15.35	14.60	18.36	12.12	15.46	57	9	Im	N	508	8.90	TF
DDO 147	124659.8+362835	1.45	0.79	0.08	16.09	15.12	19.52	12.70*	14.55	30	10	Ir	L	331	5.40	TF
FGC1497	124700.6+323905	1.07	0.17	0.06	18.79	16.80		14.13*	17.02	91	8			519	23.40	TF
HIPASS J1247-77	124732.6-773501	0.66	0.48	3.20		18.00		13.50	15.55	32	10	Ir	L	413	3.16	TRGB
N 4707	124822.9+510953	2.09	0.80	0.05	15.16	13.43	17.66	11.73	14.77	67	10	Ir	N	468	5.80	TF
DDO 148	124843.1-051514	2.34	0.74	0.12	17.36	13.70		10.99*	16.04	43	8			1337	9.00	TF
KK165	124852.7+315813	0.72	0.93	0.07	>23.00	17.50		13.34*			-1	Tr	L		5.40	mem
N 4700	124907.6-112441	4.07	0.21	0.20	14.26	12.63	17.72	10.49	14.08	123	7			1411	7.30	TF
KK166	124913.3+353645	0.60	0.59	0.06	>23.00	17.62	24.25	13.47*			-3	Tr	L		4.74	TRGB
MAPS1249+44	124931.0+442133	0.47	0.53	0.07	18.86	17.10		14.69*	17.59	36	9	Im	N	513	7.84	h
U 7983	124947.0+035032	0.81	0.68	0.18	18.05	16.20		13.69*	15.64	28	10	Ir	N	694	9.40	TF
U 7990	125027.2+282110	1.17	0.52	0.06		16.20	21.38	13.51*	16.38	87	8			512	20.40	TF
N 4736	125053.5+410710	15.14	0.81	0.08	11.90	8.70	13.21	5.11	13.36	207	2			308	4.66	TRGB
BTS157	125113.3+470415	0.52	0.82	0.15	21.23	17.50		15.01*	18.15	18	10	Ir	L	572	8.83	mem
KK167	125144.4+260638	0.85	0.72	0.04	17.48	16.39		14.00*	16.45	37	10	Ir	N	1248	9.20	TF
IC 3840	125146.1+214407	0.95	0.48	0.17	17.71	16.90		14.39*	16.51	33	10	Ir	N	557	5.50	TF
N 4765	125314.4+042747	1.86	0.73	0.18	15.04	13.37		10.82	14.70	77	9	BCD	h	722	9.70	TF
KKSG38	125331.6-055540	0.87	0.46	0.15	17.97	17.00		14.51*	17.51	44	10	Ir	N	1071	10.40	TF
DDO 153	125357.5-120631	2.54	0.31	0.23	15.90	14.59	17.36	12.03*	14.01	68	9	Im	N	821	8.00	TF
DDO 154	125405.2+270855	2.14	0.73	0.04	14.88	14.10	18.19	12.33	13.16	80	10	Ir	N	374	4.04	TRGB

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
U 8030	125429.4+261818	1.23	0.56	0.04	18.32	16.60		14.21*	17.02	53	10	Ir	L	628	15.30	TF
E 443-009	125453.6-282027	0.71	0.75	0.28	18.37	17.01		14.40*	16.80	29	10	Ir	L	645	5.78	TRGB
KDG215	125540.5+191233	1.17	0.54	0.09	18.86	16.90		14.47*	15.79	25	10	Ir	L	419	5.50	TF
E 219-010	125609.6-500838	0.68	0.79	0.96		16.42	20.27	11.44*	>19.70		-3	Sph	N		4.29	SBF
KDG216	125625.0+150509	1.12	0.86	0.08	>23.00	16.90		12.73*	>17.80		-3	Tr	L		6.00	txt
U 8061	125643.4+115552	0.83	0.80	0.13	18.00	15.97	20.49	13.50*	16.58	56	10	Ir	N	563	6.49	h
N 4826	125644.2+214105	13.80	0.52	0.18	13.92	9.30	13.96	5.33	13.38	302	2			409	4.37	TRGB
CVnII	125710.0+341915	2.50	0.61	0.04	21.43	16.95		12.81*	>16.60		-3	Sph	X	-129	0.16	HB
MCG -02-33-075	125828.3-103437	2.96	0.46	0.22		14.70		11.80	16.59	53	8			1267	8.70	TF
GR8	125840.4+141303	1.66	0.91	0.11	15.41	14.79	17.23	12.90	15.24	26	10	Ir	N	217	2.13	TRGB
HIPASS J1258-04	125849.6-045319	0.85	0.42	0.11	16.83	15.26		12.81*	15.72	46	10	Ir	N	1318	6.50	TF
N 4861	125902.0+345137	3.63	0.38	0.04	13.60	12.90	14.49	10.46*	13.67	103	9	Im	N	842	7.30	TF
KK176	125956.3-192447	1.48	0.58	0.16	18.83	16.50		14.00*	15.62	37	10	Ir	L	825	6.90	TF
UGCA319	130214.4-171415	1.26	0.69	0.35	17.25	15.08	21.08	12.07	15.22	94	10	Ir	N	755	7.30	mem
KK177	130241.9+215951	0.78	0.91	0.16	>23.00	17.40		13.15*			-2	Sph	L		4.40	mem
DDO 161	130316.8-172523	7.94	0.13	0.35	14.59	13.50	16.21	10.38*	12.66	113	8			744	7.30	TF
E 269-037	130333.6-463503	1.20	0.75	0.57	19.81	16.29	22.60	13.42*	19.53	15	10	Ir	N	744	3.48	TRGB
KK180	130429.9+174532	0.89	0.69	0.10	>23.00	17.30		13.11*			-2	Sph	L		4.40	mem
KK182	130502.9-400458	0.91	0.60	0.44	18.07	16.33	21.07	13.47	15.58	33	10	Ir	N	617	5.78	TRGB
N 4945	130526.1-492816	28.18	0.19	0.76		9.28	12.61	4.49	11.76	361	6			563	3.80	TRGB
KDG218	130544.0-074520	1.82	0.71	0.20	22.95	16.80		12.52*	>17.80		-1	Tr	L		5.00	txt
IC 4182	130549.3+373621	6.61	0.92	0.06	13.47	12.02	16.03	9.72	13.30	35	8			321	4.70	Cep
DDO 165	130626.8+674215	4.07	0.54	0.10	14.70	13.31	18.74	11.14	14.04	46	9	Im	N	31	4.57	TRGB
MCG -03-34-002	130756.6-164121	1.23	0.63	0.35	16.77	14.79		12.55	16.01	57	9	BCD	N	959	7.90	TF
U 8215	130803.6+464941	0.85	0.70	0.04	17.70	16.03	20.79	13.64*	15.94	25	10	Ir	N	224	4.55	TRGB
U 8245	130834.2+785613	2.14	0.41	0.14	16.75	14.75	19.81	12.20			9	Im	N	-58	1.99	h
MCG -04-31-038	130936.6-270826	1.02	0.67	0.33	16.79	15.09		10.80	15.35	59	10	Ir	N	684	7.80	TF
E 269-058	131032.9-465927	4.68	0.60	0.46	16.65	13.29	20.69	9.04	15.27	62	9	Ir	L	400	3.80	TRGB
KKs 53	131114.2-385422	0.79	0.87	0.38	>23.00	17.30		12.85*	>17.80		-3	Sph	L		3.60	mem
N 5023	131211.9+440219	7.24	0.11	0.08	14.81	12.85	16.43	9.74	13.30	178	7			407	6.61	TRGB
KK189	131245.0-414955	0.60	0.67	0.49	>23.00	17.75	>25.37	13.20*	>20.90		-3	Sph	L		4.21	TRGB
CGCG 217-018	131251.8+403235	1.00	0.67	0.06	16.71	14.93	18.64	12.59			9	BCD	N	555	8.33	mem
KKh82	131258.7+414712	1.15	0.79	0.06	20.48	16.40		14.00*			10	Tr	L	529	8.06	h
E 269-066	131309.2-445324	2.14	0.86	0.40	>23.00	14.59	>25.37	10.12*	>21.40		-1	Sph	L	784	3.82	TRGB
N 5011C	131311.9-431556	1.17	0.66	0.50	19.18	14.21		11.24	>15.80		-1	Tr	N	647	3.60	mem

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
DDO 167	131322.8+461911	1.10	0.55	0.04	16.39	15.45	19.14	13.45	15.96	19	10	Ir	N	150	4.19	TRGB
KK191	131339.7+420239	0.42	0.96	0.06	23.36	18.20		15.80*	>19.20		10	Tr	L		6.00	txt
DDO 168	131428.6+455510	3.89	0.39	0.07	14.66	12.97	17.31	11.11	13.14	59	10	Ir	N	191	4.33	TRGB
DDO 169NW	131520.1+473237	0.78	0.71	0.04	17.69	18.00		15.61*	16.52	30	10	Ir	L	242	4.20	mem
DDO 169	131530.7+472947	2.95	0.33	0.04	15.79	14.46	18.81	12.17	14.68	48	10	Ir	N	262	4.41	TRGB
KK193	131531.2+413005	0.56	0.91	0.07	24.26	18.70		16.29*			10	Tr	L		8.90	mem
N 5055	131549.3+420145	16.22	0.57	0.08	12.47	9.32	13.36	5.61	11.55	381	4			500	8.99	TRGB
CGCG 189-050	131704.9+375709	0.85	0.77	0.06		15.60		13.20*			9	BCD	N	324	5.04	h
KK194	131719.5+442348	0.63	0.58	0.07	21.50	17.60		15.19*			10	Ir	L		10.00	txt
N 5068	131855.3-210221	10.00	0.88	0.44	12.78	10.52	13.43	7.55	12.34	74	6			668	5.45	PNLF
AGC732602	132104.8+240836	0.62	0.43	0.04	18.34	17.10		14.71*	17.63	27	10	Ir	N	925	7.20	TF
KK195	132108.2-313147	0.71	0.46	0.27	18.94	17.10	>25.37	14.50	15.53	24	10	Ir	L	572	5.22	TRGB
KKs 54	132132.4-315311	0.66	0.68	0.29	>23.00	18.13	>25.37	15.51*	>19.70		10	Tr	L		4.60	mem
KK196	132147.1-450348	0.87	0.77	0.36	19.01	16.14		13.46*	>18.10		10	Ir	L	741	3.98	TRGB
N 5102	132157.8-363747	13.49	0.32	0.24		10.28	16.99	6.92	12.48	204	1			464	3.40	TRGB
KK197	132201.8-423208	1.58	0.78	0.66	>23.00	15.68	>25.37	10.98*	>20.10		-3	Sph	L		3.87	TRGB
KKs 55	132212.4-424351	0.79	0.88	0.63	>23.00	18.50	>25.37	13.82*	>18.00		-3	Sph	X		3.94	TRGB
KK198	132256.1-333422	0.50	0.83	0.30	21.50	17.65	>25.37	13.28*	>19.60		-3	Tr	L		4.60	mem
AM1320-230	132329.9-232335	0.69	0.57	0.35	21.73	17.53	>25.37	13.11*	>19.70		-3	Tr	L		4.60	mem
KK200	132436.0-305820	1.10	0.62	0.30	18.64	16.67	23.00	13.42	17.06	17	10	Ir	L	494	4.63	TRGB
N 5128	132528.9-430060	34.67	0.78	0.50	12.85	7.84	12.18	3.94	12.56	477	-2			556	3.75	TRGB
IC 4247	132644.4-302145	1.66	0.38	0.27	16.48	14.41	19.49	11.25	15.42	33	10	Ir	N	420	4.97	TRGB
KK203	132728.1-452109	0.50	0.99	0.44	>23.00	17.70		14.95*	>17.80		10	Tr	L		3.60	mem
E 324-024	132737.4-412850	3.31	0.72	0.47	15.32	12.91	16.54	10.35	13.28	80	8			514	3.73	TRGB
CVnI	132803.5+333321	14.30	0.61	0.06	>23.00	13.94		9.79*	>16.34		-3	Sph	X	31	0.22	TRGB
LV J1328+4937	132831.2+493738	0.45	0.55	0.04	18.01	17.30		14.91*			10	Ir	N	395	8.02	mem
PGC170257	132921.0-211045	0.93	0.75	0.46	17.55	15.33		12.60	17.00	50	9	BCD	h	650	6.50	mem
N 5204	132936.4+582504	5.13	0.60	0.05	13.02	11.73	15.01	9.51	12.66	115	8			201	4.66	TRGB
N 5194	132952.7+471404	15.85	0.62	0.15	11.34	8.61	12.41	5.50	12.15	175	5			446	8.40	SN
N 5195	132958.7+471605	6.92	0.92	0.15	14.39	10.45	14.69	6.25	14.89	165	0			455	7.66	SBF
U 8508	133044.4+545436	2.14	0.59	0.06		14.12	17.63	11.57	14.73	46	10	Ir	N	56	2.69	TRGB
AGC238890	133230.3+250725	0.83	0.63	0.06		16.60		14.20*	18.54	20	9	BCD	N	360	6.80	TF
UGCA361	133236.2+494949	0.98	0.59	0.03	21.82	16.70		12.57*			-1	Tr	L		8.00	mem
N 5206	133343.9-480904	3.72	0.86	0.52		11.62	>22.61	8.48	>17.00		-3			583	3.47	TRGB
N 5229	133402.9+475455	3.39	0.13	0.08	15.88	14.33	17.51	11.67	14.16	126	7			359	8.00	mem

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
N 5238	133442.7+513650	2.09	0.82	0.05	15.30	13.55	17.01	11.50	15.54	40	10	Ir	N	229	4.51	TRGB
E 270-017	133447.3-453251	15.85	0.12	0.48		11.71	15.56	8.20	12.11	147	8			827	3.60	mem
UGCA365	133630.8-291411	1.58	0.42	0.23	18.00	15.49	23.66	12.64	16.27	31	10	Ir	L	577	5.25	TRGB
KK208	133635.5-293415	5.89	0.42	0.19	23.72	14.30	>25.37	10.03*	>17.60		-3	Sph	X		4.68	TRGB
MCG +08-25-028	133644.8+443557	0.95	0.52	0.07	17.88	15.90		13.49*			10	Ir	N	480	7.74	h
N 5236	133700.1-295204	18.62	0.89	0.28	10.65	8.20	11.66	4.62	09.30	261	5			519	4.92	TRGB
hIDEEP J1337-33	133700.6-332147	0.20	0.95	0.21	19.45	17.30	>24.25	14.76*	17.35	20	10	Ir	N	591	4.37	TRGB
E 444-084	133720.2-280246	1.35	0.77	0.30	16.56	15.06	18.61	12.60	14.41	56	10	Ir	N	587	4.61	TRGB
HIPASS J1337-39	133725.1-395352	0.52	0.83	0.32	17.82	16.50	>24.25	13.80	15.35	37	10	Ir	N	492	4.83	TRGB
N 5237	133738.9-425051	2.00	0.84	0.41	16.37	13.23	17.30	9.85	14.73	77	9	BCD	h	361	3.40	TRGB
U 8638	133919.4+244633	1.66	0.67	0.06	15.89	14.47	18.05	11.53	16.29	31	10	Ir	N	276	4.27	TRGB
DDO 181	133953.8+404421	2.40	0.57	0.03	15.65	14.22	17.82	11.85	14.90	39	10	Ir	N	214	3.01	TRGB
N 5253	133955.8-313824	6.92	0.38	0.24	12.82	10.87	13.21	8.29	13.74	67	8			407	3.56	TRGB
IC 4316	134018.1-285340	2.04	0.63	0.24	16.56	14.56	18.70	10.96	16.43	22	10	Ir	N	576	4.41	TRGB
N 5264	134137.0-295450	3.47	0.60	0.22	15.34	12.60	17.13	9.50	14.99	35	8			478	4.53	TRGB
KKs 57	134138.1-423455	0.55	0.87	0.39		18.10		13.64*	>17.80		-3	Sph	L		3.93	TRGB
KK211	134205.6-451218	1.20	0.87	0.48	>23.00	16.32	>25.37	11.78*	>19.20		-2	Sph	L	600	3.58	TRGB
LV J1342+4840	134220.1+484057	0.78	0.69	0.04		16.30		13.91*			9	Im	N	438	7.44	h
DDO 182	134232.6+393930	1.32	0.74	0.04	16.07	15.69	18.86	13.30*	15.49	38	10	Ir	N	663	8.90	TF
KK213	134335.8-434609	0.48	0.50	0.42		18.00	>25.37	13.52*	>17.80		-3	Sph	L		3.63	TRGB
E 325-011	134500.8-415132	3.16	0.48	0.38		14.02	16.39	11.32	13.82	58	10	Ir	L	544	3.40	TRGB
KKs 58	134600.8-361944	0.93	0.70	0.27		17.41	>25.37	13.06*	>19.70		-3	Sph	L		3.60	mem
KK217	134617.2-454105	0.65	0.83	0.52		17.57		12.99*	>20.90		-3	Sph	L		3.84	TRGB
KK218	134639.5-295845	0.81	0.45	0.26	>23.00	17.60	>25.37	13.26*	>20.90		-3	Sph	L		4.60	mem
E 174-001	134757.7-532104	2.45	0.43	2.13		14.20		11.50	13.18	71	10	Ir	L	686	3.60	TF
CenN	134809.2-473354	0.76	0.78	0.61		17.50		12.84*	>17.80		-3	Sph	L		3.66	TRGB
HIPASS J1348-37	134833.9-375803	0.47	0.80	0.33		17.60		14.90	16.40	39	10	Ir	L	582	5.75	TRGB
KK221	134846.4-465949	1.51	0.67	0.60		17.30		14.40*	>17.80		10	Ir	L	507	3.98	TRGB
E 383-087	134918.8-360341	5.62	0.80	0.31	13.69	11.00	15.21	8.20	13.81	33	8			326	3.45	TRGB
DDO 183	135051.1+380116	2.40	0.32	0.07	15.98	14.45	19.26	12.04*	15.10	29	10	Ir	N	188	3.22	TRGB
HIPASS J1351-47	135122.0-470000	0.56	0.60	0.62		17.50		14.60	16.06	39	10	Ir	L	529	5.73	TRGB
KDG229	135341.6+600304	0.85	0.57	0.05	23.62	16.50		14.10*			10	Ir	L		8.00	txt
KKh86	135433.6+041435	0.85	0.71	0.12	19.69	16.88	26.06	14.09	18.12	14	10	Ir	L	287	2.59	TRGB
holmIV	135445.1+535417	4.07	0.30	0.06		13.76	17.35	11.04	14.24	78	8			140	7.21	TRGB
U 8833	135448.7+355015	1.17	0.89	0.05	16.73	15.30	19.76	12.31	15.77	28	10	Ir	N	221	3.08	TRGB

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
LV J1354+5438	135450.6+543850			0.04				*	17.30	27	11	hIcld		210	7.41	mem
KK227	135610.1+401812	0.71	0.81	0.04	>23.00	17.50		13.36*			-2	Ir	L		10.00	txt
E 384-016	135701.6-352002	1.32	0.69	0.32	19.22	15.11	>23.86	12.00	17.36	17	9	BCD	N	561	4.53	TRGB
BootesIII	135707.4+264630	56.00	0.65	0.10	>23.00	12.60		8.41*			-3	Sph	X	198	0.05	HB
U 8882	135714.6+540603	1.07	0.73	0.04	21.60	15.77	23.97	13.72			-1	dE	N	348	8.32	SBF
BootesII	135760.0+125000	6.70	0.73	0.08	22.45	16.32		12.15*	>19.88		-2	Sph	X	-117	0.04	CMD
BootesI	140000.0+143000	20.00	0.61	0.08	>23.00	13.66		9.49*	>19.88		-2	Sph	X	99	0.07	HB
N 5398	140122.2-330352	3.55	0.52	0.28	14.93	12.78		10.34	14.22	98	7			1220	8.10	TF
M 101	140312.8+542102	30.20	0.93	0.04	10.04	8.31	11.91	5.51	10.39	147	6			240	7.38	Cep
N 5408	140321.5-412235	2.82	0.42	0.30		12.20	14.68	10.50	13.26	70	9	Im	N	502	4.81	TRGB
N 5474	140502.1+533947	4.79	0.90	0.05	13.00	11.48	15.47	9.48	12.52	39	8			288	7.20	BS
N 5477	140533.1+542739	2.04	0.76	0.05	14.97	14.19	17.04	11.79*	13.48	53	9	Im	N	312	7.70	BS
KK230	140710.7+350337	0.76	0.83	0.06	18.24	17.50	24.25	14.55	16.67	17	10	Ir	L	63	2.14	TRGB
CIRCINUS	141309.3-652021	6.92	0.43	4.20		12.12	14.33	5.28	10.70	251	3			434	4.20	TF
KKh87	141509.4+570515	1.12	0.37	0.05	17.38	16.10	19.92	13.70*	15.64	38	10	Ir	N	320	7.20	TF
DDO 187	141556.5+230319	1.70	0.76	0.10	16.40	14.38	20.61	12.46	14.89	31	10	Ir	N	160	2.20	TRGB
KKR08	141914.8+030726	0.56	0.82	0.15	>23.00	18.00		13.76*	>17.80		-2	Sph	L		8.00	txt
N 5585	141948.3+564349	5.89	0.64	0.07	13.17	11.20	15.41	9.50	12.56	145	7			303	5.70	BS
DDO 190	142443.5+443133	2.40	0.89	0.05	14.92	13.10	17.67	10.72	14.28	45	9	Im	N	150	2.74	TRGB
PGC051659	142803.7-461806	1.86	0.38	0.56		15.20	20.87	12.34*	14.16	46	10	Ir	L	391	3.58	TRGB
Cen A-dE5	143005.0-332845	0.52	0.58	0.33	>23.00	18.43	>25.37	15.78*	>20.20		10	Tr	L		9.00	txt
E 222-010	143503.0-492518	0.44	0.44	1.11		16.33	19.16	12.96*	15.20	46	10	Ir	N	620	5.80	TF
DDO 194	143524.6+571524	2.14	0.35	0.05	16.81	14.52	21.03	11.87*	15.08	86	8			218	8.02	BS
MRK0475	143905.4+364822	0.45	0.75	0.05	17.48	16.41	17.61	14.01*	19.46	32	9	BCD	h	583	9.20	TF
HIPASS J1441-62	144142.7-624602	0.30	0.65	5.71		20.50		12.93*	15.87	52	10	Ir	L	672	6.02	h
E 272-025	144325.5-444219	1.58	0.50	0.69		14.79	18.73	12.27	16.95	42	10	Ir	N	631	5.88	h
E 273-014	145830.3-474155	3.80	0.73	1.32		12.90		9.79	11.79	185	7			1050	9.90	TF
E 223-009	150108.5-481733	2.63	0.92	1.12		13.82	15.91	9.44	12.86	61	10	Ir	N	588	6.49	TRGB
U 9660	150109.3+444153	1.20	0.49	0.09	15.99	14.35	18.46	11.74	15.42	66	9	BCD	N	608	7.40	TF
UMin	150911.3+671252	30.20	0.44	0.14	>23.00	11.90		7.67*	>13.41		-3	Sph	X	-255	0.06	TRGB
E 274-001	151413.5-464845	13.49	0.10	1.11		11.70	15.39	8.36	12.26	170	7			524	3.09	TRGB
HIPASS J1526-51	152622.9-511031			2.74		19.50		14.64*	15.42	39	10	Ir	L	605	5.68	h
U 9992	154147.8+671515	1.66	0.61	0.16	16.62	15.40	19.06	12.90*	15.10	49	10	Ir	N	423	7.30	TF
KKR25	161347.6+542216	1.10	0.59	0.04		17.00	22.96	12.86*	>19.90		-1	Sph	L	-79	1.86	TRGB
E 137-018	162059.3-602915	3.47	0.34	1.05		12.23	16.61	8.37	13.20	138	6			603	6.40	TRGB

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
hercules	163102.0+124730	13.50	0.33	0.26	>23.00	15.00		10.66*	>19.88		-3	Sph	X	45	0.15	HB
KDG235	170025.3+701724	1.29	0.81	0.15	18.57	16.80	22.48	14.31*	16.28	29	10	Ir	L	443	10.60	TF
Draco	172001.4+575434	35.48	0.69	0.12	>23.00	10.90		6.69*	>19.88		-3	Sph	X	-296	0.08	TRGB
Milky Way	174540.0-290028					-4.60		*	-03.35	440	4			0	0.01	geom
IC 4662	174706.3-643825	2.82	0.57	0.30	13.02	11.74	13.81	8.53	12.27	86	9	BCD	N	302	2.44	TRGB
N 6503	174927.6+700841	7.08	0.34	0.14	13.45	10.86	14.03	7.30	12.67	196	6			51	5.27	TRGB
IC 4710	182838.0-665856	3.72	0.78	0.38	14.18	12.51	15.53	9.56*	13.67	46	8			739	7.94	h
N 6684	184857.9-651024	3.98	0.65	0.29		11.31		7.05	17.00	93	0			866	8.70	TF
Sag dSph	185503.1-302842	446.68	0.48	0.66		4.50		-0.20*	>17.36		-3	Sph	X	140	0.02	TRGB
E 104-022	185541.2-644839	1.48	0.67	0.36	17.55	15.63		12.95*	14.27	38	10	Ir	L	797	6.70	TF
KKs 70	190658.9-635757	0.55	0.82	0.20	23.53	17.70		15.17*			10	Ir	L		8.30	mem
U 11411	190842.3+701702	0.79	0.70	0.52	16.64	15.60	17.48	12.80			9	BCD	N	69	4.73	h
KKs 71	190844.0-634353	1.82	0.39	0.19	15.99	15.10		12.58*			10	Ir	N		8.30	mem
N 6744	190945.9-635128	21.38	0.65	0.18	11.47	9.14	13.09	5.94	09.95	323	4			841	8.30	TF
E 104-044	191123.1-641309	1.78	0.64	0.16	17.57	14.96	20.36	12.46*	14.60	70	10	Ir	L	750	8.30	mem
KKs 72	191222.9-635122	0.55	0.75	0.17	19.59	17.90		15.39*			10	Ir	L		8.30	mem
N 6789	191641.8+635822	1.41	0.77	0.30	16.79	13.76	18.24	11.20	>17.40		9	BCD	h	-140	3.63	TRGB
Sag dIr	192959.0-174041	2.88	0.72	0.52	15.89	14.12	19.36	12.13	13.58	28	10	Ir	L	-79	1.04	TRGB
IC 4870	193737.6-654843	1.74	0.56	0.49	15.53	14.50	17.04	12.11	13.92	78	9	BCD	N	877	7.30	TF
N 6822	194457.7-144811	19.05	0.87	1.03	12.04	9.31	12.71	6.00	08.94	80	10	Ir	N	-57	0.50	Cep
LV J1952+1428	195211.8+142824	0.30	0.93	1.10		16.90		13.54*	17.47	28	9	BCD	N	279	7.13	h
KK246	200357.4-314054	0.91	0.42	1.28	19.96	17.06		13.30	15.12	52	10	Ir	N	435	7.83	TRGB
IC 4951	200931.8-615102	3.24	0.18	0.17	15.55	13.97	17.48	10.98*	13.91	122	8			814	9.80	TF
U 11583	203015.3+602625	2.19	0.24	1.32		15.90	20.20	12.30*	14.00	96	10	Ir	L	126	5.89	BS
KK251	203032.0+602113	1.58	0.50	1.28		16.50	20.13	12.98*	14.56	52	10	Ir	L	130	5.89	BS
KK252	203132.6+604848	0.89	0.99	1.95		16.70	20.85	12.57*	17.07	28	10	Ir	L	138	5.89	BS
N 6946	203451.1+600915	14.79	0.85	1.48	13.16	9.61	12.53	5.37	09.99	169	6			51	5.89	BS
KKR55	204520.8+602440	0.60	0.67	2.94		17.00	19.66	11.96*	15.60	37	10	Ir	N	32	5.89	BS
DDO 210	204651.8-125053	2.63	0.50	0.22	16.96	14.00	22.23	11.29	14.64	19	10	Ir	L	-140	0.94	TRGB
KKR56	204824.1+583706	0.71	0.64	3.14		17.60	21.36	12.38*	15.57	10	10	Ir	L	-43	5.89	BS
Cepheus1	205109.7+565324	3.02	0.50	4.05		15.40	19.31	9.05*	12.10	90	8			33	6.00	mem
IC 5052	205206.2-691214	8.13	0.14	0.22	14.35	11.68	15.76	8.88	12.51	174	7			584	6.03	TRGB
KKR59	210324.2+571714	2.29	0.61	3.86		15.70	18.25	9.57*		63	8			-3	5.89	BS
KKR60	210553.0+571219	0.71	0.70	4.57		18.00	19.05	11.47*			10	Ir	L	-14	5.90	mem
Segue 3	212131.0+190702	1.30	0.70	0.40	>23.00	15.90		11.43*			-3	Sph	N		0.02	CMD

Таблица А.1: Каталог близких галактик (продолжение)

name	J2000.0	$a_{26}$	$b/a$	$AB_G$	$m_{FUV}$	$B_t$	$m_{H\alpha}$	$K_s$	$m_{21}$	$W_{50}$	$T$	$T_{dw}$	$T_{sb}$	$V_h$	$D$	method
N 7090	213628.6–543326	10.23	0.18	0.10	14.29	11.33	14.91	8.16	12.57	205	6			850	6.70	TF
IC 5152	220241.9–511743	7.08	0.62	0.11	12.54	11.03	15.91	7.97	12.26	85	9	BCD	N	122	1.97	TRGB
IC 5201	222057.4–460203	8.71	0.46	0.05	13.28	11.30	15.44	8.00	12.48	195	6			915	8.80	TF
E 238–005	222230.1–482418	3.09	0.65	0.06	16.56	14.70	19.06	12.28*	14.47	83	10	Ir	L	706	7.80	TF
AM2220–460	222343.0–455256	0.89	0.91	0.05	17.37	16.37		13.97*	16.94	51	10	Ir	L	843	8.80	mem
And XXVIII	223241.2+311258	1.70	0.66	0.36		16.70		12.27*			–1	Tr	L		0.65	TRGB
KK258	224043.9–304759	1.70	0.50	0.06	20.02	16.30		12.15*	>18.20		–3	Tr	L		2.00	txt
Tucana	224149.0–642512	2.88	0.41	0.14	22.04	15.70		11.47*	>20.10		–1	Tr	L	194	0.88	TRGB
PiscesII	225831.0+055709	1.80	0.69	0.28	22.68	17.20		12.84*			–3	Sph	X		0.18	HB
N 7462	230247.2–405006	5.50	0.17	0.05	14.25	12.53		9.65	13.83	183	6			1057	10.10	TF
ApplesI	231503.3–423222	0.10	0.73	0.05	>23.00	21.40		17.25*			–3	Sph	X	674	8.32	TRGB
N 7640	232206.6+405044	10.47	0.19	0.48		11.61	15.26	8.60	11.55	238	5			369	7.90	TF
U 12588	232442.4+412053	1.86	0.82	0.63		14.11	17.01	10.89*	14.91	90	8			425	7.90	mem
UGCA438	232627.5–322326	2.14	0.80	0.06	15.43	13.89	20.17	11.04	14.44	35	10	Ir	N	62	2.18	TRGB
Cas dSph	232631.8+504032	3.02	0.87	0.83	>23.00	13.65	24.11	8.79*	>16.34		–3	Sph	L	–307	0.79	TRGB
E 347–017	232656.1–372049	1.91	0.34	0.07	15.75	14.69	17.69	11.78*	14.87	69	7			691	7.60	TF
Pegasus	232834.1+144448	5.50	0.54	0.28	16.27	13.21	19.81	9.87	13.90	23	10	Ir	L	–184	0.76	TRGB
DDO 217	232958.7+405925	5.25	0.82	0.62	15.76	12.84	16.81	9.60*	13.23	117	8			424	9.70	TF
IC 5332	233427.5–360606	8.32	0.87	0.07	12.62	11.00	14.63	8.70	12.33	102	7			701	7.80	mem
LV J2335–3713	233504.1–371314	0.58	0.57	0.07		16.64		14.23*	17.26	29	10	Ir	N	615	7.80	mem
N 7713	233615.0–375620	6.76	0.41	0.07		11.49	15.08	9.19	13.44	182	6			692	7.80	TF
U 12713	233814.5+304233	1.78	0.47	0.27	16.95	14.81	18.43	11.50	15.21	95	7			295	12.20	TF
UGCA442	234346.0–315733	6.31	0.14	0.07	14.97	13.60	17.51	11.42	13.47	94	8			267	4.27	TRGB
KKh98	234534.0+384304	1.05	0.55	0.53	18.21	16.70	20.08	13.82	16.66	21	10	Ir	L	–132	2.45	TRGB
E 348–009	234923.4–374625	2.29	0.36	0.06	16.37	14.81	19.29	12.41*	14.54	85	10	Ir	L	647	11.50	TF
Peg dSph	235146.4+243510	3.98	0.59	0.28	>23.00	14.17	24.43	9.81*	>19.85		–3	Sph	L	–345	0.82	RR
E 149–003	235202.8–523439	2.63	0.18	0.06	15.78	15.05	18.65	12.65*	15.32	48	10	Ir	N	574	5.90	TF
And XXI	235447.7+422815	5.50	0.80	0.40	>23.00	15.80		11.33*			–3	Sph	X	–361	0.86	TRGB
N 7793	235749.4–323524	14.13	0.68	0.08	11.28	9.72	12.86	6.85	11.87	172	6			227	3.91	TRGB
And XXIX	235855.6+304520	2.70	0.65	0.20	>23.00	17.00		12.72*			–2	Sph	X		0.73	TRGB

## А.2 Физические параметры близких галактик

Мы использовали оригинальные наблюдательные данные близких галактик, собранные в таблице А.1, для расчёта физических параметров:

- 1) **name** — Имя галактики. В некоторых случаях (SDSS, APM, и т.п.) координатная часть была урезана.
- 2) **J2000.0** — Экваториальные координаты на эпоху J2000.0.
- 3)  $A_{26}$  — линейный диаметр на холмберговской изофоте в кпк, скорректированный за поглощение в Галактике и наклон, согласно Fouque and Paturel (1985).
- 4)  $i$  — Наклон галактики к лучу зрения  $i$  в градусах

$$\sin^2 i = \frac{1 - (b/a)^2}{1 - (b/a)_0^2}, \quad (\text{A.3})$$

где характерное отношение осей галактики  $(b/a)_0$  зависит от морфологического типа  $T$ :

$$\log(a/b)_0 = \begin{cases} 0.43 + 0.53T & \text{if } T \leq 8 \\ 0.38 & \text{if } T \geq 9. \end{cases} \quad (\text{A.4})$$

Мы взяли это выражение из работы Paturel et al. (1997) с небольшой коррекцией за различие между нашими шкалами морфологических типов. Следовательно, для Ir, Im, BCD галактик мы предполагаем характерное отношение осей равным  $(b/a)_0 = 0.42$ , в соответствии со статистикой видимого отношения осей этих галактик.

- 5)  $V_{\max}$  — Амплитуда скорости вращения галактики  $V_{\max} = W_{50}^c/2 \sin i$ , исправленная за наклон, где ширина линии H I,  $W_{50}^c$ , скорректирована за турбулентные движения  $\sigma = 10 \text{ км с}^{-1}$ , следуя схеме Tully and Fouque (1985).
- 6)  $AB_i$  — Внутреннее поглощение в галактике в  $B$ -фильтре согласно Verheijen (2001):

$$A_B^i = \begin{cases} [1.54 + 2.54(\log 2V_{\max} - 2.5)] \log(a/b) & \text{if } 2V_{\max} > 78 \text{ км с}^{-1} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{A.5})$$

Следовательно, карликовые объекты с  $V_{\max} < 39 \text{ км с}^{-1}$ , также как бедные газом E, S0-галактики без оценок  $W_{50}$ , будут считаться полностью прозрачными системами.

7)  $M_B$  — Абсолютная звёздная величина галактики в  $B$ -фильтре, скорректированная за галактическое и внутреннее поглощение.

8) **SB** — Средняя поверхностная яркость внутри изофоты Холмберга  $\sim 26.5 \text{ mag arcsec}^{-2}$  в  $B$ -полосе:

$$SB_B = B_T^c + 5 \log a_{26}^c + 8.63, \quad (\text{A.6})$$

где видимая величина и угловой диаметр скорректированы за наклон и поглощение.

9)  $\log L_K$  — Логарифм  $K_s$ -светимости галактики в солнечных единицах, скорректированный за поглощение  $K - K^c = 0.085(A_B^G + A_B^i)$ . Абсолютная величина Солнца равна  $M_K^\odot = 3.28$  (Binney and Merrifield 1998).

10)  $\log M_{holm}$  — Логарифм индикативной массы  $\mathfrak{M}_{26.5}$  внутри радиуса Холмберга:

$$\mathfrak{M}_{26.5} = 3.31 \times 10^4 V_m^2 \times a_{26}^c \times D, \quad (\text{A.7})$$

где масса выражена в солнечных единицах, скорректированный диаметр — в угловых минутах,  $V_{\max}$  — в  $\text{км с}^{-1}$ , и расстояние  $D$  — в Мпк (Roberts and Haynes 1994).

11)  $\log \mathfrak{M}_{\text{HI}}$  — логарифм массы водорода

$$\mathfrak{M}_{\text{HI}} = 2.356 \times 10^5 \times D^2 \times F_{\text{HI}}, \quad (\text{A.8})$$

где  $\mathfrak{M}_{\text{HI}}$  выражена в солнечных массах,  $D$  — в Мпк, и  $F_{\text{HI}}$  — в  $\text{Ю км с}^{-1}$  (Roberts and Haynes 1994).

12)  $V_{LG}$  — Радиальная скорость галактики относительно центроида Местной Группы с апексом (Karachentsev and Makarov 1996), принятым в NED:

$$V_{\text{LG}} = V_h + 316[\sin(b) \sin(-4^\circ) + \cos(b) \cos(-4^\circ) \times \cos(l - 93^\circ)], \quad (\text{A.9})$$

где  $l$  и  $b$  — галактические координаты галактики.

13)  $\Theta^1$  — Приливной индекс,  $\Theta^1$ , определённый в разделе §3.6 в уравнении (3.3). Положительные значения  $\Theta^1$  указывают на членство в группе, отрицательные соответствуют изолированным галактикам.

- 14) **MD** — Имя главного возмутителя, “main disturber”(MD), т.е. соседней галактики, оказывающей максимальное приливное воздействие на данную галактику. Фактически, выборка объектов из таблицы А.2, имеющих один и тот же возмутитель и  $\Theta^1 > 0$ , соответствует физической группе галактик.
- 15)  $\Theta^5$  — Дополнительный приливной индекс (или контраст плотности), определённый для пяти наиболее значимых соседей. В отличие от  $\Theta^1$ , индекс  $\Theta^5$  выглядит более устойчивым индикатором окружения.
- 16)  $\Theta^j$  — Логарифм  $K$ -плотности светимости внутри 1 Мпк вокруг галактики (без учёта светимости самой галактики), выраженный в единицах средней глобальной плотности светимости  $L_K$ , определённой в обзоре 6dF (Jones et al. 2006).

Таблица А.2: Физические параметры близких галактик

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{\text{holm}}$	$\log \mathfrak{M}_{\text{HI}}$	$VLG$	$\Theta^1$	MD	$\Theta^5$	$\Theta^j$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
U 12894	000022.5+392944	2.78	33	21	0.00	-13.3	25.2	7.58	8.17	7.92	619	-1.5	N 7640	-1.2	
WLM	000158.1-152740	3.21	90	22	0.00	-14.1	24.8	7.69	8.27	7.83	-16	0.0	M 31	0.2	1.74
And XVIII	000214.5+450520	0.63	10		0.00	-9.1	26.2	6.60			-44	0.4	M 31	0.5	1.52
ESO409-015	000531.8-280553	2.65	78	23	0.00	-14.4	24.1	7.99	8.20	7.99	769	-1.7	N 253	-1.2	
AGC748778	000634.4+153039	0.53	70	3	0.00	-10.0	24.9	6.27	5.64	6.51	486	-1.6	N 253	-1.3	
And XX	000730.7+350756	0.20	58		0.00	-5.8	27.0	5.26			-182	2.4	M 31	2.4	1.74
U 64	000744.0+405232	4.87	66	28	0.00	-14.8	25.0	8.15	8.65	8.58	587	-1.7	DDO217	-1.3	-1.15
ESO349-031	000813.3-343442	1.15	39	14	0.00	-11.9	24.7	7.12	7.41	7.13	230	0.0	N 253	0.1	0.51
N 24	000956.4-245748	19.98	85	95	0.64	-18.3	24.5	9.75	10.32	8.91	606	-1.0	N 45	-0.8	0.42
N 45	001403.9-231056	22.88	47	103	0.17	-18.5	24.6	9.61	10.45	9.47	528	-0.9	N 24	-0.8	0.51
N 55	001508.5-391313	21.71	84	74	0.55	-18.4	24.6	9.49	10.15	9.45	111	0.1	N 300	0.1	0.26
N 59	001525.1-212638	3.52	90	21	0.00	-15.7	23.3	8.72	8.25	7.40	431	-0.5	N 253	-0.4	-1.55
ESO410-005	001531.4-321048	0.91	45	4	0.00	-11.6	24.5	6.88	6.13	5.91	53	0.0	N 55	0.2	0.51
And XIX	001932.1+350237	1.81	41		0.00	-8.3	29.3	6.28			157	1.9	M 31	1.9	1.74
IC 10	002024.5+591730	2.85	33	49	0.02	-16.0	22.6	8.47	8.90	8.00	-62	1.6	M 31	1.6	1.74
And XXVI	002345.6+475458	0.40	52		0.00	-6.5	27.9	5.54			21	2.8	M 31	2.9	1.74
Sc22	002351.7-244218	1.15	48		0.00	-10.5	26.2	7.14		< 4.98		1.1	N 253	1.1	1.82
Cetus	002611.0-110240	1.10	55		0.00	-10.2	26.3	7.02		< 4.18	26	0.3	M 31	0.5	1.74
ESO294-010	002633.3-415120	0.84	58	3	0.00	-10.9	25.0	6.25	5.93	5.48	71	0.4	N 55	0.5	0.55
U 288	002904.0+432554	2.21	60	15	0.00	-13.8	24.2	7.78	7.76	7.68	463	-1.9	N 891	-1.4	-2.15
And XXV	003008.9+465107	1.27	52		0.00	-9.1	27.8	6.58			170	2.9	M 31	2.9	1.74
ESO473-024	003122.5-224557	4.44	63	22	0.00	-13.7	25.9	7.72	8.40	8.18	584	-1.1	N 24	-0.8	0.74
N 147	003311.6+483028	3.63	70		0.00	-14.8	24.3	8.21		< 3.74	85	2.8	M 31	2.8	1.74
And III	003533.8+362952	0.79	90		0.00	-9.3	26.5	6.66		< 5.55	-82	3.2	M 31	3.2	1.74
And XXX	003634.9+493848				0.00						136	2.3	M 31	2.4	1.74
And XVII	003707.0+441920	0.44	43		0.00	-7.0	27.6	5.74		< 5.54	22	3.6	M 31	3.6	1.74
And XXVII	003727.1+452313	0.73	71		0.00	-7.3	28.3	5.88			-261	3.0	M 31	3.1	1.74
N 185	003858.0+482010	2.76	39	21	0.00	-14.7	23.8	8.29	8.14	5.02	73	2.0	M 31	2.0	1.74
N 205	004022.5+414111	4.92	64	18	0.00	-16.1	23.6	8.92	8.28	5.60	47	3.6	M 31	3.6	1.74
And IV	004230.1+403433	1.93	45	56	0.04	-12.1	25.6	7.11	8.84	8.32	503	-1.9	N 891	-1.4	-1.47
M 32	004242.1+405159	1.33	53		0.00	-14.8	22.1	8.65		< 6.00	64	1.4	M 31	1.5	1.74
M 31	004244.5+411609	43.45	78	249	0.98	-21.4	23.1	10.73	11.50	9.73	-29	1.8	N 205	1.8	1.40
DDO226	004303.8-221501	3.12	90	14	0.00	-13.6	25.2	7.71	7.82	7.53	409	0.1	N 253	0.1	-0.52
And I	004540.0+380214	0.65	48		0.00	-10.6	24.7	7.21		< 5.53	-116	3.4	M 31	3.4	1.74

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{holm}$	$\log \mathfrak{M}_{HI}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
And XI	004620.0+334805	0.26	39		0.00	-6.2	27.2	5.42		< 5.53	-167	2.7	M 31	2.7	1.74
N 247	004708.3-204536	25.91	74	96	0.49	-18.5	24.9	9.48	10.44	9.16	216	1.2	N 253	1.2	1.78
And XII	004727.0+342229	0.53	31		0.00	-6.4	28.5	5.51		< 5.64	-303	2.6	M 31	2.6	1.74
N 253	004734.3-251732	40.83	85	192	1.15	-21.3	23.1	11.04	11.24	9.15	276	-0.4	N 247	-0.3	0.70
KDG002	004921.1-180428	1.24	26	11	0.00	-11.4	25.4	6.81	7.24	5.95	290	0.5	N 253	0.7	1.79
DDO006	004949.3-210058	2.18	90	3	0.00	-12.4	25.6	7.06	6.20	7.04	344	0.6	N 253	0.7	1.79
ESO540-032	005024.6-195425	1.53	26	6	0.00	-11.3	25.9	6.78	6.78	5.98	285	0.7	N 253	0.9	1.79
Bol520	005042.4+325459	0.04	33		0.00	-8.1	21.3	5.60			-64	2.0	M 31	2.1	1.74
And XIV	005135.0+294149	0.61	60		0.00	-7.7	27.6	6.03		< 5.53	-240	2.2	M 31	2.2	1.74
And XIII	005151.0+330016	0.35	52		0.00	-6.8	27.3	5.66		< 5.65	53	2.4	M 31	2.4	1.74
SMC	005238.0-724801	7.09	58	46	0.04	-16.5	24.1	8.85	9.25	8.65	-22	3.3	LMC	3.6	1.74
And IX	005252.8+431200	1.00	52		0.00	-8.1	28.2	6.20		< 5.60	48	4.0	M 31	4.0	1.74
N 300	005453.5-374057	16.05	45	90	0.14	-17.9	24.4	9.43	10.18	9.35	116	0.1	N 55	0.2	0.24
And XVI	005929.8+322236	0.29	31		0.00	-8.2	25.5	6.23		< 5.24	-143	1.5	M 31	1.6	1.74
Sculptor	010009.4-334233	1.04	60		0.00	-9.8	26.6	6.86		< 5.39	91	2.7	Milky Way	2.8	1.74
LGS 3	010355.0+215306	0.46	64	3	0.00	-9.3	25.4	5.96	5.62	5.02	-74	1.5	M 31	1.5	1.74
IC 1613	010447.8+020760	4.11	29	13	0.00	-14.5	24.8	8.07	7.88	7.77	-89	0.7	M 31	0.8	1.74
And X	010633.7+444816	0.45	79		0.00	-7.9	26.7	6.10		< 5.40	95	2.2	M 31	2.2	1.74
U 685	010722.3+164102	3.28	51	36	0.00	-14.3	24.6	7.97	8.69	7.74	351	-1.4	N 253	-1.1	
KKH5	010732.5+512625	1.38	60	16	0.00	-12.3	24.7	7.16	7.60	6.87	326	-1.0	Maffei2	-0.6	-2.24
AM0106-382	010822.0-381233	1.71	66	15	0.00	-13.4	24.1	7.60	7.68	7.58	605	-1.7	N 1291	-1.4	
N 404	010926.9+354303	3.25	20	100	0.02	-16.5	22.4	9.28	9.58	7.93	193	-0.8	Maffei2	-0.4	
And V	011017.1+473741	0.66	43		0.00	-9.2	26.2	6.62		< 5.62	-143	2.6	M 31	2.6	1.74
And XV	011418.7+380703	0.44	39		0.00	-8.7	25.8	6.43		< 5.56	-79	2.9	M 31	2.9	1.74
And II	011629.8+332509	0.57	45		0.00	-9.2	25.9	6.65		< 5.44	40	2.0	M 31	2.1	1.74
And XXIV	011830.0+462158	0.63	52		0.00	-7.0	28.3	5.77			127	1.9	M 31	1.9	1.74
And XXII	012740.0+280525	0.35	90		0.00	-6.0	28.0	5.36			87	2.1	M 33	2.3	1.74
U 1056	012847.2+164117	2.24	54	20	0.00	-14.8	23.2	8.25	8.03	7.64	774	1.1	N 628	1.1	1.07
And XXIII	012921.8+384308	1.65	71		0.00	-9.5	27.9	6.75			-6	2.4	M 31	2.5	1.74
U 1104	013242.3+181857	4.06	62	41	0.01	-15.2	24.2	8.35	8.90	8.02	869	0.5	N 628	0.5	1.06
M 33	013350.8+303937	17.38	54	99	0.22	-18.8	23.7	9.54	10.29	9.32	34	1.7	M 31	1.7	1.73
KKH6	013451.6+520530	1.29	62	8	0.00	-12.4	24.5	7.02	6.98	6.63	313	-0.5	Maffei2	-0.1	0.97
N 625	013505.0-412611	7.73	76	34	0.00	-16.4	24.3	8.93	9.01	7.97	325	-0.3	N 253	-0.2	-0.75
N 628	013641.3+154712	25.40	20	64	0.01	-19.8	23.5	10.31	10.08	9.44	827	-0.3	U 1171	-0.2	-0.54
U 1171	013941.6+155411	2.91	26	8	0.00	-13.9	24.8	7.80	7.39	8.06	906	2.2	N 628	2.2	1.07

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{\text{holm}}$	$\log \mathfrak{M}_{\text{HI}}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
DDO013	014009.6+155417	12.64	44	18	0.00	-15.7	26.1	8.53	8.68	8.66	798	-1.4	N 628	-1.2	-1.79
AGC112521	014107.9+271926	1.18	67	5	0.00		25.1		6.58	6.81	476	-0.9	N 672	-0.5	0.62
KK13	014216.8+262204	1.58	65	11	0.00	-13.1	24.2	7.49	7.33	7.20	556	0.7	N 672	1.0	0.62
KDG010	014341.4+154123	3.49	55	13	0.00	-13.5	25.5	7.66	7.81	7.72	953	0.0	N 628	0.0	1.07
KK14	014442.7+271716	1.71	90	7	0.00	-12.1	25.3	7.10	6.95	7.56	619	1.8	N 672	2.1	0.62
ESO245-005	014503.6-433553	4.95	30	51	0.01	-15.6	24.2	8.50	9.18	8.58	307	-0.6	N 253	-0.5	-0.32
KK15	014641.6+264805	1.28	90	3	0.00	-11.4	25.4	6.82	5.97	7.05	563	2.0	IC 1727	2.2	0.63
IC 1727	014730.1+271952	14.97	70	60	0.21	-17.8	24.4	9.46	9.79	8.87	533	4.0	N 672	4.0	0.42
N 672	014753.2+272601	15.68	71	96	0.44	-18.8	23.5	9.65	10.22	9.23	626	3.8	IC 1727	3.8	0.24
U 1281	014932.3+323533	7.88	85	54	0.26	-16.1	24.7	8.52	9.42	8.22	367	-1.1	N 784	-0.9	-0.59
Phoenix	015106.3-442641	0.71	35		0.00	-9.6	26.0	6.08		< 5.22	-145	0.7	Milky Way	0.8	1.74
KK16	015520.6+275715	2.15	90	3	0.00	-12.7	25.3	7.32	6.19	6.84	400	-1.5	N 784	-1.1	-0.39
KK17	020009.9+284957	1.46	72	3	0.00	-11.5	25.6	7.00	6.07	6.74	360	1.1	N 784	1.1	-0.36
N 784	020116.8+285037	9.52	79	39	0.00	-16.5	24.7	8.60	9.23	8.46	385	-0.5	KK17	-0.4	-0.66
U 1561	020405.0+241228	5.28	34	26	0.00	-15.1	24.8	8.31	8.63	7.63	782	-0.7	N 672	-0.3	0.61
Cas1	020607.9+690036	5.39	45	29	0.00	-16.7	23.3	8.76	8.73	8.11	284	0.5	IC 342	0.7	1.86
U 1703	021255.8+324851	1.05	72		0.00	-11.5	24.9	7.56		< 6.30		-1.3	Maffei2	-0.8	-0.38
N 855	021403.7+275238	8.91	85	41	0.02	-17.0	24.1	9.37	9.24	8.45	770	-1.0	N 925	-0.7	
Segue 2	021916.0+201031	0.07	39		0.00	-2.3	28.2	3.88			112	3.8	Milky Way	3.8	1.74
N 891	022232.8+422048	37.89	82	218	1.02	-20.5	23.7	10.96	11.32	9.64	736	-0.9	N 1023	-0.5	-0.09
KKH11	022435.0+560042	2.24	68	40	0.00	-13.3	24.7	7.64	8.61	7.66	528	1.3	Maffei1	1.7	1.86
KKs 3	022442.7-733046	3.01	90		0.00	-12.3	26.4	8.21		< 6.28		-0.8	N 1313	-0.6	0.27
DDO019	022500.2+360216	6.10	46	53	0.04	-14.4	25.9	8.00	9.30	8.32	771	0.3	N 925	0.5	1.05
d0226+3325	022652.8+332537	4.80	26	36	0.00	-12.7	27.1	7.32	8.85	8.00	705	3.7	N 925	3.7	1.03
N 925	022716.0+333441	33.32	57	107	0.28	-19.9	24.1	10.12	10.65	9.58	738	0.9	d0226+3325	1.0	0.53
Halogas	022720.0+335730	1.23	47	10	0.00	-12.2	24.6	7.12	7.12	7.12	714	2.8	N 925	2.8	1.03
KKH12	022727.0+572916	2.97	90	20	0.00	-13.0	25.6	7.67	8.14	7.23	303	1.9	Maffei1	2.1	1.86
DDO022	023254.0+384050	4.69	90	22	0.00	-14.4	25.3	8.01	8.41	8.05	765	0.2	N 891	0.4	1.79
DDO025	023318.2+332928	7.57	23	33	0.00	-16.3	24.4	8.87	8.97	8.41	785	1.2	N 925	1.2	1.01
DDO024	023343.0+403141	7.80	36	33	0.00	-16.5	24.3	8.96	9.00	8.73	780	1.0	N 891	1.0	1.73
MB1	023535.6+592247	2.25	87	21	0.00	-13.8	24.3	8.23	8.04	7.27	421	4.6	Maffei1	4.6	1.86
Maffei1	023635.5+593918	10.48	39		0.00	-19.0	22.4	10.22			298	2.6	MB1	2.6	1.80
ESO115-021	023745.0-612028	9.95	90	53	0.28	-15.5	25.8	8.73	9.50	8.56	339	-1.5	N 253	-1.0	-0.25
Fornax	023954.7-343133	0.72	58		0.00	-11.5	24.1	7.55		< 5.19	-56	2.1	Milky Way	2.2	1.74
Maffei2	024154.5+593611	14.28	63	159	0.46	-20.1	22.0	10.67	10.62	8.78	214	2.4	Dw1	2.4	1.67

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{holm}$	$\log \mathfrak{M}_{HI}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
U 2172	024210.8+432119	4.13	61	29	0.00	-15.7	23.7	8.32	8.62	7.87	765	0.3	N 891	0.4	1.71
AGC122226	024638.9+274335	2.32	67	9	0.00	-13.1	25.0	7.50	7.30	7.55	625	-1.2	N 925	-0.8	0.06
Dw2	025408.5+590019	2.55	90	44	0.05	-14.6	23.8	8.35	8.75	8.01	316	2.8	MB3	2.9	1.87
MB3	025543.6+585142	4.47	90	3	0.00	-13.6	25.9	8.09	6.51	7.78	281	3.0	Dw2	3.1	1.87
ESO154-023	025650.4-543423	12.72	83	53	0.25	-16.3	25.5	8.89	9.62	9.09	408	-1.5	N 253	-1.1	-0.22
Dw1	025656.1+585442	6.30	52	105	0.20	-18.8	21.5	10.36	9.91	8.54	333	2.7	Maffei2	2.7	1.78
ESO199-007	025804.1-492257	2.01	90	23	0.00		25.1		8.10	7.32	479	-1.2	N 1291	-1.0	-0.78
N 1156	025942.4+251415	9.21	32	55	0.03	-18.1	23.0	9.31	9.51	8.82	507	-0.3	LV J0300+2546	-0.3	-1.53
LV J0300+2546	030039.3+254656	1.05	33	5	0.00	-12.7	23.7	7.34	6.41	6.20	443	1.6	N 1156	1.6	0.07
KKH18	030305.9+334140	1.07	65	13	0.00	-12.4	24.1	7.21	7.33	7.07	374	-1.4	Maffei2	-0.9	-1.69
ESO300-014	030937.8-410150	19.96	60	66	0.16	-17.1	25.7	9.30	10.00	8.65	824	-0.1	N 1291	0.0	
ESO300-016	031010.5-400011	3.72	50	18	0.00	-14.2	24.9	7.94	8.12	7.86	583	1.7	N 1291	1.7	1.69
N 1291	031718.6-410629	37.35	25	37	0.00	-20.4	23.8	10.94	9.77	8.98	702	-1.3	ESO300-016	-0.8	-1.31
N 1313	031815.4-662951	16.37	37	120	0.12	-19.0	23.4	9.52	10.44	9.24	264	-0.9	KK27	-0.7	-1.02
N 1311	032007.4-521106	6.83	78	36	0.00	-15.3	25.2	8.38	9.02	7.99	399	-1.2	ESO154-023	-0.9	-0.05
U 2684	032023.7+171742	4.07	72	36	0.00	-13.4	26.0	7.57	8.79	7.92	438	-0.1	U 2716	-0.1	-0.91
KK27	032103.0-661911	1.40	90	3	0.00	-11.8	25.2	6.98	6.01	5.87	327	1.6	N 1313	1.6	0.29
U 2716	032407.2+174515	3.28	57	21	0.00		23.9		8.21	7.68	467	-0.8	U 2684	-0.8	-1.68
U 2773	033207.1+474737	3.16	47	48	0.03		22.7		8.94	8.23	395	-1.6	IC 342	-1.1	
IC 1959	033311.8-502438	6.84	79	57	0.26	-16.0	24.5	8.47	9.41	8.36	465	-1.5	N 1291	-1.1	-0.24
PGC013294	033556.8-451129	1.43	41		0.00		23.7			< 7.18	582	-0.2	N 1291	-0.2	
N 1400	033930.8-184117	26.71	36		0.00	-20.3	23.1	10.98			496	-2.3	N 1398	-1.8	
KKH22	034456.6+720352	1.49	70		0.00	-11.4	25.8	6.80		< 6.46		1.1	IC 342	1.2	1.55
KK35	034512.6+675150	3.91	54		0.00	-14.3	25.0	7.97			149	2.4	IC 342	2.4	1.87
IC 342	034648.9+680545	34.25	25	189	0.07	-20.7	23.3	10.60	11.15	10.16	244	0.1	Maffei2	0.5	1.71
U 2905	035700.6+163128	2.23	62	18	0.00	-14.4	23.6	8.02	7.93	7.56	344	-2.1	N 253	-1.6	
UGCA086	035949.5+670731	9.14	47		0.00	-17.9	23.2	9.13			280	1.1	IC 342	1.3	1.86
IC 2038	040854.1-555932	11.14	79		0.00	-16.5	25.1	9.08			505	1.9	N 1533	1.9	1.66
N 1533	040951.8-560706	20.17	37	186	0.15	-19.9	23.0	10.85	10.91	9.76	577	0.2	IC 2038	0.3	0.85
ESO483-013	041241.1-230932	3.49	68	34	0.00	-15.5	23.5	8.72	8.68	7.63	780	-1.6	N 1291	-1.3	
CamA	042515.6+724821	5.07	65	16	0.00	-14.1	25.8	7.88	8.18	8.22	156	0.0	IC 342	0.2	1.38
N 1592	042940.8-272431	3.75	75	33	0.00	-15.5	23.7	8.17	8.68	7.99	798	-1.5	N 1291	-1.1	
N 1569	043049.1+645053	5.77	60	51	0.08	-18.1	22.0	9.37	9.23	8.27	106	0.9	IC 342	1.1	1.86
UGCA092	043200.3+633650	3.56	72	25	0.00	-15.6	23.5	7.98	8.41	8.17	93	1.6	N 1569	1.7	1.87
N 1560	043249.9+715252	10.84	90	52	0.26	-16.6	24.8	8.72	9.53	9.03	170	1.0	IC 342	1.0	1.41

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{holm}$	$\log \mathfrak{M}_{HI}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
N 1637	044128.2-025129	12.12	39	133	0.14	-18.7	23.1	10.07	10.40	9.01	646	-2.1	U 3174	-1.7	-0.44
CamB	045306.9+670557	1.71	72	3	0.00	-11.9	25.6	7.05	6.14	7.08	267	0.9	IC 342	1.0	1.72
N 1705	045413.7-532141	3.31	48	65	0.07	-15.9	23.0	8.52	9.21	7.96	401	-1.8	N 253	-1.4	
HIPASS J0457-42	045658.7-424814	2.88	90	25	0.00	-14.9	23.7	8.21	8.31	8.13	448	-1.5	N 1291	-1.2	
N 1744	045958.2-260136	20.41	58	101	0.28	-18.7	24.1	9.42	10.38	9.35	574	0.1	ESO486-021	0.1	-0.51
ESO486-021	050319.7-252523	4.49	46	39	0.00	-15.8	23.8	8.74	8.90	8.47	664	0.8	N 1744	0.8	0.16
N 1800	050625.7-315715	4.59	67	31	0.00	-16.4	23.2	9.04	8.70	8.13	625	-1.7	N 1291	-1.2	-1.51
UGCA105	051415.1+623451	6.62	51	68	0.12	-16.8	23.6	9.08	9.55	8.58	281	0.3	IC 342	0.6	1.62
LMC	052334.6-694522	10.06	35	48	0.02	-17.9	23.4	9.42	9.44	8.66	28	3.5	Milky Way	3.6	1.73
U 3303	052459.5+043018	13.06	39	109	0.12	-16.0	25.9	8.75	10.26	8.52	444	-2.2	Orion	-1.6	-0.57
ESO553-046	052705.7-204041	1.70	51	35	0.00		23.3		8.37	7.21	370	-2.0	N 253	-1.6	
KK49	054141.5+064054	2.89	51	30	0.00		23.7		8.48	7.73	376	-2.2	N 253	-1.6	-1.86
Orion	054502.0+050406	11.17	62	58	0.14	-16.9	24.6	8.68	9.64	8.94	280	-2.1	U 3303	-1.7	-0.50
A0554+07	055736.7+072931	1.94	90	21	0.00	-12.9	24.9	7.39	7.99	7.30	340	-1.4	KK49	-1.2	-0.59
KKH34	055941.2+732539	1.55	66	3	0.00	-12.3	25.0	7.17	6.13	6.76	295	-0.7	M 81	-0.3	-1.38
ESO364-029	060545.4-330454	8.06	51	43	0.01		24.9		9.23	8.38	554	0.0	N 2188	0.1	0.07
HIPASS J0607-34	060719.7-341216	2.24	55	68	0.10	-15.5	22.6	8.46	9.07	8.09	529	1.6	N 2188	1.6	0.19
N 2188	061009.5-340622	9.82	78	50	0.16	-17.5	23.8	9.26	9.45	8.61	508	0.8	HIPASS J0607-34	0.9	-0.17
ESO121-020	061554.5-574335	1.68	51	25	0.00	-13.8	23.6	7.78	8.08	7.94	319	-0.1	LV J0616-5745	-0.1	-2.18
LV J0616-5745	061609.2-574555	0.71	41	20	0.00	-12.1	23.5	7.07	7.50	7.36	286	0.6	ESO121-020	0.6	-1.48
UGCA127sat	062054.8-083901	3.51	90		0.00	-16.3	22.8	8.76				3.9	UGCA127	3.9	0.90
UGCA127	062055.7-082944	27.00	77	141	0.78	-19.9	23.5	10.00	10.80	9.34	562	2.7	UGCA127sat	2.7	0.43
WHI B0619-07	062213.8-075016	7.17	59	79	0.22	-17.7	22.8	9.45	9.72	8.94	591	1.5	UGCA127	1.5	0.82
ESO489-056	062617.0-261556	1.09	72	3	0.00	-13.1	23.4	7.48	5.94	7.16	263	-2.1	N 253	-1.6	-1.48
HIPASS J0630+08	063009.0+082237				0.00					7.16	259	-1.9	M 81	-1.3	
U 3475	063028.8+393014	14.07	57	89	0.22	-17.3	24.7	8.94	10.11	9.25	525	-2.8	IC 356	-2.5	
U 3476	063029.2+331807	3.59	90	36	0.00	-14.3	24.8	7.96	8.74	8.15	477	-2.1	N 2683	-1.6	-1.50
ESO490-017	063756.6-255959	2.22	46	21	0.00	-14.5	23.6	7.78	8.05	7.55	269	-2.1	N 253	-1.5	-1.77
CGMW1-260	063800.1-150122	13.13	65	95	0.35	-18.3	23.6	9.44	10.14	8.71	542	-1.2	N 2283	-1.0	
U 3501	063838.4+491530	5.42	90	26	0.00	-14.8	25.2	8.15	8.62	8.31	530	-1.9	N 2344	-1.6	
KK55	063932.9-404313	1.66	58	24	0.00		23.7		8.06	7.86	559	-1.9	N 2188	-1.4	
Carina	064136.7-505758	0.76	62		0.00	-9.0	26.7	6.54		< 2.32	-52	2.6	Milky Way	2.8	1.74
IC 2171	064427.3-175557	7.59	81	47	0.14	-16.7	24.0	9.05	9.29	8.38	572	1.6	N 2283	1.6	0.62
N 2283	064552.7-181237	14.96	41	119	0.15	-18.9	23.3	9.84	10.39	9.44	622	1.3	KKSG9	1.4	-0.04
KKSG9	064656.9-175629	2.17	52	102	0.16	-15.7	22.3	8.72	9.42	8.64	474	2.4	N 2283	2.5	0.65

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{\text{holm}}$	$\log \mathfrak{M}_{\text{HI}}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
ККН37	064745.8+800726	1.20	55		0.00	-11.6	25.1	6.88		6.70	214	0.0	M 81	0.3	1.98
ККН38	064754.9+473050	8.24	68	27	0.00	-14.4	26.5	8.02	8.83	8.74	518	-2.6	IC 356	-2.1	
U 3600	065540.0+390542	4.19	70	38	0.00	-13.5	25.9	7.76	8.84	7.78	421	-1.9	N 2683	-1.4	-0.98
HIZSS003	070029.3-041230	0.66	62	34	0.00	-12.8	22.6	7.36	7.96	7.25	118	-1.1	M 31	-0.7	
FG202	070517.1-583114	3.01	76	29	0.00	-14.0	24.7	7.86	8.48	8.27	279	-1.9	N 5128	-1.3	-1.10
HIPASS J0705-20	070545.0-205930				0.00					8.21	528	-0.7	HIZSS008	-0.4	0.87
ESO558-011	070656.8-220226	6.20	57	65	0.14	-17.0	23.3	9.14	9.48	8.07	489	-1.3	HIZSS008	-1.0	
U 3698	070918.8+442248	2.66	62	16	0.00	-14.3	24.1	7.98	7.91	7.86	464	-1.4	N 2337	-1.1	-0.19
N 2337	071013.6+442725	6.77	47	88	0.11	-16.5	24.0	8.98	9.78	8.60	476	-1.8	N 2683	-1.3	-0.69
U 3755	071351.8+103119	4.27	63	13	0.00	-15.7	23.8	8.40	7.95	8.25	186	-2.2	N 2683	-1.7	
U 3817	072244.5+450630	4.62	72	13	0.00	-14.1	25.5	8.43	7.97	8.17	478	-1.6	N 2337	-1.1	-0.27
HIZSS008	072522.0-242831	10.56	66	65	0.20		22.7		9.71	8.71	542	-0.1	HIZSS012	-0.1	0.52
DDO043	072817.2+404613	2.45	53	17	0.00	-13.9	24.3	7.61	7.90	7.85	370	-1.6	M 81	-1.2	
N 2366	072854.6+691219	6.68	90	43	0.05	-16.0	24.4	8.67	9.16	8.61	251	1.0	N 2403	1.1	1.89
HIZSS012	073008.3-220101	35.87	61	139	0.42		25.5		10.91	9.02	525	0.0	HIZSS008	0.1	0.66
ESO059-001	073119.3-681110	3.23	40	57	0.04	-15.0	23.9	8.15	9.09	7.98	247	-1.6	CIRCINUS	-1.1	-1.40
DDO044	073411.3+665310	2.72	62		0.00	-12.1	26.4	7.78		< 6.02	356	2.3	N 2403	2.3	1.88
AGC174585	073610.3+095911	0.72	60	3	0.00	-11.2	24.4	6.73	5.85	6.68	217	-2.1	N 2683	-1.6	-2.61
HIZSS014	073622.6-192940	2.88	62	27	0.00		22.0		8.38	7.92	537	-0.1	HIZSS012	0.0	0.84
N 2403	073651.4+653558	26.46	57	128	0.33	-19.2	24.2	9.86	10.71	9.26	262	0.2	DDO044	0.6	1.86
LV J0737+4724	073728.5+472433	2.03	90	15	0.00	-13.4	24.5	7.61	7.71	7.76	451	-1.8	N 2344	-1.5	
DDO046	074125.8+400645	3.71	22	86	0.02	-15.0	24.1	8.11	9.50	8.22	373	-1.4	N 2683	-1.1	-1.28
DDO047	074155.0+164802	11.22	32	44	0.01	-16.1	25.5	8.73	9.40	8.81	160	1.0	KK65	1.0	-0.77
KK65	074231.2+163340	2.64	66	12	0.00	-14.3	24.1	8.11	7.66	7.70	170	1.6	DDO047	1.6	-0.40
HIZSS021	074616.5-282811	1.76	57	44	0.03		23.3		8.60	7.66	219	-1.8	N 5128	-1.2	
ККН40	074656.4+511746	1.40	50	8	0.00		24.2		7.00	7.48	510	-0.2	CGCG 262-028	-0.2	-1.35
CGCG 262-028	074732.1+511129	2.15	70		0.00		23.2				518	-0.7	ККН40	-0.6	-1.85
AGC174605	075021.7+074740	0.60	22	7	0.00	-11.0	24.2	6.65	6.49	6.75	196	-2.1	N 2683	-1.6	-2.52
U 4115	075701.8+142327	4.29	66	37	0.00	-14.3	25.1	8.24	8.84	8.34	215	-1.7	DDO047	-1.2	-0.43
HIPASS J0801-21	080125.4-215951	1.06	67	26	0.00		23.7		7.92	7.54	463	-1.5	HIZSS012	-1.1	
N 2500	080153.2+504414	12.31	33	81	0.06	-18.5	23.3	9.80	9.97	8.95	572	-0.8	N 2541	-0.4	0.55
LV J0812+4836	081239.5+483645	1.88	90		0.00	-13.6	24.1	7.69			565	1.3	N 2541	1.3	1.07
N 2537	081314.7+455926	9.54	29	91	0.05	-18.4	22.8	9.84	9.96	8.74	479	1.9	IC 2233	1.9	0.65
IC 2233	081358.9+454432	16.69	90	78	0.73	-18.3	24.1	9.22	10.07	9.12	586	2.6	N 2537	2.6	0.87
N 2541	081440.1+490342	26.11	59	99	0.28	-18.7	24.7	9.48	10.47	9.52	605	0.3	N 2552	0.5	1.00

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{holm}$	$\log \mathfrak{M}_{HI}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
HolmII	081904.0+704251	9.00	34	49	0.02	-16.7	24.4	9.18	9.40	8.61	311	0.7	M 81	1.0	1.89
N 2552	081920.5+500035	13.83	43	83	0.11	-18.1	23.9	9.51	10.05	8.88	574	0.3	N 2541	0.3	1.00
ESO006-001	081923.3-850844	2.55	27		0.00		23.5			< 6.70	489	-2.0	CIRCINUS	-1.4	
ESO495-008	082100.7-234653	3.68	90	43	0.06	-15.7	23.5	8.52	8.90	8.26	512	-0.2	N 2559	0.0	-0.07
KDG052	082356.0+710146	1.32	26	6	0.00	-11.5	25.4	6.96	6.71	7.06	271	0.8	M 81	1.2	1.90
KUG 0821+321	082505.0+320103	1.65	59		0.00		24.4				595	-0.3	N 2683	-0.2	1.35
CGMW2-3473	082512.9-280825	2.04	64	30	0.00	-15.2	22.7	8.31	8.32	7.78	549	-0.9	ESO495-021	-0.8	0.31
DDO052	082828.5+415124	5.23	72	38	0.00	-14.9	25.0	8.39	8.94	8.32	401	-1.2	N 2841	-0.9	-0.30
DDO053	083406.5+661045	2.13	33	16	0.00	-13.4	24.6	7.31	7.78	7.62	150	0.8	M 81	1.0	1.90
ESO495-021	083615.2-262434	5.31	45	72	0.08		22.3		9.51	8.25	581	-1.2	N 2784	-0.9	-0.62
U 4483	083703.0+694631	1.24	64	12	0.00	-12.7	24.1	7.00	7.35	7.52	304	0.6	M 81	1.0	1.89
ESO496-010	084906.0-261912	2.56	56	31	0.00	-15.1	23.3	8.35	8.47	7.68	524	-0.3	ESO495-021	-0.2	0.30
AGC182595	085112.1+275248	0.66	64	3	0.00	-11.9	23.5	7.02	5.77	6.66	323	-1.1	N 2683	-0.9	
UMa II	085130.0+630748	0.25	80		0.00	-3.1	30.2	4.18		< 2.80	-3	3.9	Milky Way	3.9	1.74
N 2683	085240.9+332502	29.52	90	202	1.12	-20.4	23.3	10.60	11.14	8.94	365	0.0	KK70	0.2	-1.30
KK69	085250.7+334752	3.15	46	3	0.00	-12.2	26.6	7.12	6.65	7.51	418	3.3	N 2683	3.3	1.35
KK70	085522.0+333333	1.17	17		0.00	-11.9	24.8	7.70		< 6.83		2.9	N 2683	2.9	1.35
U 4704	085900.3+391236	18.17	90	57	0.40	-16.4	26.2	8.93	9.84	8.99	584	-2.3	N 2964	-1.8	
LSBC D564-08	090254.0+200431	1.85	51	26	0.00	-11.9	25.7	7.02	8.16	7.52	366	-0.3	N 2903	-0.2	-1.94
ESO497-004	090303.1-234830	7.28	79	42	0.05	-16.1	24.5	8.79	9.18	8.69	519	-0.9	N 2613	-0.7	
HIPASS J0905-36	090560.0-360336	1.69	47	42	0.01		23.5		8.53	7.96	579	-1.3	ESO314-002	-0.9	-1.49
U 4787	090734.9+331636	14.08	76	58	0.24	-17.3	24.8	9.26	9.74	8.83	504	-1.9	PGC2020885	-1.5	-0.90
KKH46	090836.6+051732	1.02	34	7	0.00		24.5		6.78	7.28	409	-1.9	N 2903	-1.4	
LSBC D634-03	090853.5+143455	1.34	32	37	0.00	-12.6	24.4	7.28	8.32	6.70	189	-0.7	N 2903	-0.7	
KK71	090910.9-232204	1.41	48		0.00	-13.0	24.0	8.16		< 7.03		2.0	N 2784	2.1	1.65
DDO056	090946.6-230033	4.23	52	44	0.02	-15.1	24.4	8.28	8.97	7.86	438	1.8	N 2784	1.8	1.65
KK72	091142.3-235856	1.60	41		0.00	-12.8	24.6	8.05		< 7.03		3.9	N 2784	3.9	1.65
N 2784 dw01	091218.5-241240	3.29	33		0.00	-13.6	25.3	8.38		< 7.03		5.0	N 2784	5.1	1.65
N 2784	091219.4-241018	19.27	90		0.00	-19.6	23.1	10.80			398	3.1	KK73	3.2	0.99
KK73	091229.3-241428	2.22	68		0.00	-14.5	23.6	9.08		< 7.03		4.8	N 2784	4.8	1.64
UGCA153	091312.1-192431	15.17	54	59	0.10	-16.8	25.4	9.07	9.79	9.06	489	-1.7	N 2613	-1.4	
LV J0913+1937	091339.0+193708	0.70	79	3	0.00		24.5		5.98	6.47	324	-1.7	M 81	-1.3	
AGC198507	091525.8+252510	1.29	47	19	0.00	-13.2	23.6	7.54	7.71	7.88	411	-2.5	N 3032	-1.9	
U 4879	091602.2+525024	1.27	66	3	0.00	-11.9	24.9	6.98	6.05	5.98	33	-0.7	M 31	-0.3	-2.32
HIPASS J0916-23b	091658.0-231647	2.11	90	15	0.00	-14.7	23.2	8.13	7.76	7.51	550	1.5	N 2835	1.6	1.65

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{\text{holm}}$	$\log \mathfrak{M}_{\text{HI}}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
N 2835	091752.9-222119	28.90	49	113	0.20	-19.7	23.9	10.19	10.63	9.34	600	0.5	N 2784	0.5	1.56
N 2787	091918.6+691212	7.99	55	203	0.36	-18.5	22.3	10.19	10.58	8.43	842	-1.7	N 2841	-1.1	-0.55
LSBC D565-06	091929.4+213612	1.64	34	4	0.00	-12.7	24.7	7.32	6.58	6.74	386	0.7	N 2903	0.7	1.56
U 4932	091934.1+510633	10.82	73	50	0.13	-16.6	24.9	8.69	9.50	8.72	597	-1.7	N 2950	-1.3	
DDO062	092127.5-223002	13.67	79	55	0.23	-17.1	24.9	9.18	9.68	9.33	560	-1.5	N 2613	-1.1	
AGC198508	092257.0+245648	1.16	65	9	0.00	-12.4	24.2	7.23	7.01	6.97	424	-0.8	N 2903	-0.7	
ESO565-003	092309.9-201003	1.65	55	12	0.00		23.3		7.41	7.32	549	-1.3	N 2784	-1.0	-1.84
MCG +09-16-010	092317.0+515823	1.98	39		0.00		24.6				537	-1.1	N 2841	-0.8	-1.98
U 4998	092512.1+682259	4.41	60	45	0.03	-14.9	24.7	8.71	9.01	7.04	770	-0.4	N 2787	-0.4	0.94
LV J0926+3343	092609.4+334304	4.69	79	20	0.00	-13.8	25.9	7.85	8.33	8.37	492	-1.5	N 3003	-1.1	-0.90
N 2915	092611.5-763735	2.77	69	71	0.18	-16.1	22.5	8.63	9.21	8.54	191	-1.1	CIRCINUS	-0.7	-2.23
d0926+70	092627.9+703024	0.56	47		0.00	-10.0	25.1	6.24		< 5.64		1.3	M 81	1.5	1.87
U 5047	092849.6+513338	8.93	76	47	0.11	-15.6	25.4	8.71	9.35	8.12	552	-1.5	N 2950	-1.1	
KDG056	093012.9+195930	1.81	41	4	0.00	-12.9	24.7	7.42	6.57	7.17	441	1.7	N 2903	1.7	1.56
N 2903-HI-1	093039.9+214325	0.71	47	3	0.00	-11.7	23.9	6.92	5.99	6.42	470	3.3	N 2903	3.3	1.56
N 2903	093209.6+213002	32.45	64	189	0.55	-20.9	23.0	10.82	11.13	9.44	443	1.7	U 5086	1.7	-0.80
ESO373-007	093245.4-331444	3.44	68	19	0.00	-13.8	25.2	7.76	8.16	7.69	556	-1.2	N 2784	-0.7	-1.43
U 5086	093248.9+212754	2.63	31		0.00	-13.5	24.9	8.36			378	4.1	N 2903	4.1	1.56
d0934+70	093403.7+701257	0.87	37		0.00	-9.6	26.4	6.80				2.5	M 81	2.6	1.90
CGCG 035-007	093444.9+062532	4.14	59	45	0.03	-15.6	23.8	8.48	8.99	8.17	366	-1.6	N 3169	-1.1	
LeoT	093453.4+170305	0.26	51	3	0.00	-6.7	26.6	4.94	5.49	5.63	-97	0.7	Milky Way	0.8	1.72
LV J0935-1348	093521.6-134852	0.91	47		0.00		23.2			< 7.10	533	-1.3	N 3115	-1.0	-1.35
d0939+71	093915.9+711842	0.38	35		0.00	-8.4	25.8	5.60				2.3	M 81	2.5	1.90
LV J0939-2507	093935.0-250735	1.17	65	26	0.00		22.9		7.97	6.99	449	-1.9	N 3621	-1.3	-2.04
KISSB023	094012.7+293529	4.67	90	33	0.00	-15.2	24.4	8.35	8.78	8.28	474	-1.0	N 3032	-0.5	0.38
KUG 0937+480	094019.6+474638	1.90	90		0.00		25.2				575	-0.8	N 2841	-0.6	-1.47
KDG058	094027.0+000233	2.01	44		0.00	-13.0	24.8	7.47				-0.7	N 3115	-0.6	-2.43
HolmI	094032.3+711111	5.29	40	12	0.00	-14.5	25.4	8.01	7.95	8.01	291	1.7	M 81	1.8	1.87
U 5186	094259.8+331552	3.18	90	12	0.00	-13.4	25.4	7.61	7.70	7.38	496	-1.0	N 2683	-0.6	
LV J0944-2254	094420.1-225458	0.59	46		0.00		22.8			< 6.94	442	-1.6	LV J0939-2507	-1.1	-1.53
d0944+69	094422.5+691240	0.26	10		0.00	-7.4	26.0	5.92				1.3	M 81	1.5	1.87
d0944+71	094434.4+712857	0.89	60		0.00	-11.1	25.0	7.39		< 5.49		1.8	M 82	2.0	1.90
IC 559	094443.9+093655	3.66	48	39	0.00	-15.0	24.1	8.25	8.81	8.00	370	-1.1	N 2903	-0.7	
F8D1	094450.0+672832	2.70	29		0.00	-12.6	25.9	7.99		< 6.20	8	2.2	M 81	2.3	1.90
U 5209	094504.2+321418	1.61	18	32	0.00		24.2		8.29	7.15	479	-1.1	N 2683	-0.8	-0.84

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{\text{holm}}$	$\log \mathfrak{M}_{\text{HI}}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
FM1	094510.0+684554	0.96	33		0.00	-10.5	25.8	7.14		< 6.12		2.1	M 82	2.3	1.90
RKK1610	094524.8-480829	6.25	54	43	0.02	-16.1	24.2	8.68	9.12	8.67	566	-2.3	N 2997	-1.7	
N 2976	094715.6+675449	6.17	64	44	0.04	-17.1	23.2	9.42	9.15	8.03	142	2.9	M 81	3.0	1.89
AGC191803	094805.9+070745	3.12	76	24	0.00	-14.5	24.3	8.04	8.32	7.97	352	-1.1	N 3169	-0.6	0.06
KK77	095010.0+673024	2.89	52		0.00	-12.0	26.6	7.76		< 6.14		2.2	M 81	2.5	1.90
KK78	095019.6+312724	0.84	62	3	0.00	-11.7	24.3	6.92	5.90	7.35	479	2.8	DDO064	2.8	-0.80
DDO064	095022.4+312915	4.45	90	37	0.00	-14.9	24.7	8.04	8.84	8.24	461	1.6	KK78	1.6	-0.99
U 5288	095117.2+074938	2.92	60	47	0.04	-14.8	23.9	8.39	8.87	8.28	378	-1.5	N 2903	-1.1	
N 3037	095124.0-270040	3.28	30	79	0.05		22.6		9.38	8.31	591	-1.1	ESO499-037	-0.7	
BK3N	095348.5+685809	0.40	41	4	0.00	-9.6	24.7	6.09	5.82	7.26	101	1.2	M 81	1.4	1.87
LV J0954+3620	095450.6+362002	1.51	55	15	0.00	-13.0	24.2	7.47	7.60	7.20	470	-1.7	N 2964	-1.3	
KKSG15	095510.5-061612	3.56	90	23	0.00	-15.0	24.1	8.24	8.33	7.77	554	0.9	N 3115	0.9	1.72
d0955+70	095513.6+702429	0.48	36		0.00	-9.1	25.6	6.60				1.5	M 81	1.7	1.87
M 81	095533.5+690360	31.35	62	226	0.55	-20.9	22.9	10.93	11.27	9.44	104	2.5	M 82	2.6	1.50
M 82	095553.9+694057	13.16	69	69	0.26	-19.6	22.3	10.57	9.86	8.95	328	2.8	M 81	2.8	1.76
LV J0956-0929	095637.6-092911	1.48	49		0.00		24.2			< 6.80	378	-2.0	N 3115	-1.4	-2.18
DDO068	095645.7+284930	5.56	90	32	0.00	-15.3	24.8	8.17	8.83	8.73	429	-0.9	N 2903	-0.7	-1.92
KDG061	095702.7+683530	1.55	64		0.00	-12.9	24.4	8.09			360	4.0	M 81	4.0	1.89
ClumpI	095721.2+684255	0.20	50		0.00	-8.3	24.5	5.57			-25	4.2	M 81	4.3	1.90
A0952+69	095729.0+691620	2.17	69	21	0.00	-11.5	26.5	6.86	8.05	7.00	242	2.0	N 3077	2.2	1.87
HolmIX	095732.4+690235	2.96	41	31	0.00	-13.6	25.1	7.70	8.53	8.40	192	5.1	M 81	5.1	1.90
d0958+66	095848.5+665059	1.06	64	3	0.00	-12.3	24.1	7.17	5.98	5.92	221	1.0	M 81	1.3	1.87
LeoA	095926.4+304447	1.35	61	3	0.00	-11.7	25.3	6.93	6.11	7.04	-40	-0.1	Milky Way	0.1	1.35
d0959+68	095933.1+683925	0.88	52		0.00	-10.1	25.9	6.29			-46	4.0	M 81	4.0	1.90
KKSG16	095947.5-092036	2.67	48		0.00	-12.2	26.2	7.85		< 7.03		1.3	N 3115	1.3	1.72
SexB	100000.1+051956	2.41	53	18	0.00	-13.9	24.3	7.78	7.95	7.66	110	-0.8	Milky Way	-0.5	-0.63
KKH57	100016.0+631106	0.70	41		0.00	-10.2	25.4	7.02		< 5.52		0.9	M 81	1.1	1.87
LV J1000+5022	100025.5+502245	1.34	46		0.00		24.5				582	-0.9	N 2841	-0.6	-1.17
LV J1000+3032	100036.5+303210	0.58	51	3	0.00	-11.3	23.9	6.76	5.85	6.33	436	-0.6	U 5427	-0.3	-0.80
ClumpIII	100040.4+683937	0.11	20		0.00	-8.3	23.3	5.57			19	3.9	M 81	3.9	1.90
MCG -01-26-009	100133.6-063130	3.24	44	21	0.00	-14.0	24.9	7.85	8.21	7.71	510	1.8	N 3115	1.8	1.72
KKSG17	100138.4-081456	4.65	90	20	0.00	-14.8	24.9	8.17	8.35	7.72	203	2.3	N 3115	2.3	1.72
UGCA193	100236.2-060043	11.23	90	53	0.40	-15.8	25.7	8.50	9.57	8.55	427	1.5	N 3115	1.5	1.71
N 3109	100307.2-260936	7.66	83	51	0.22	-15.7	25.0	8.57	9.37	8.37	110	0.2	Antlia	0.2	-1.28
N 3077	100321.0+684402	7.58	38	49	0.02	-17.6	23.1	9.56	9.33	8.79	159	3.2	GARLAND	3.3	1.86

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{\text{holm}}$	$\log \mathfrak{M}_{\text{HI}}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
GARLAND	100342.0+684136	4.61	62		0.00	-11.4	28.2	6.81		< 7.54	183	6.0	N 3077	6.0	1.87
ESO499-038	100350.2-263646	3.86	67	36	0.00	-15.5	23.7	8.47	8.77	8.73	591	-1.8	N 3585	-1.4	
N 3104	100357.4+404525	16.35	57	53	0.08	-17.2	25.2	9.23	9.73	9.04	594	-2.0	N 3079	-1.5	-2.03
Antlia	100404.0-271955	0.81	47	3	0.00	-9.8	26.1	6.47	6.05	5.92	66	2.3	N 3109	2.3	-0.59
BK5N	100440.3+681520	0.93	52		0.00	-10.6	25.5	7.20				2.6	N 3077	2.8	1.87
U 5427	100441.0+292159	2.87	49	41	0.01	-14.5	24.1	8.14	8.75	7.47	427	-1.2	N 3344	-0.7	-1.06
KDG063	100507.3+663318	2.18	34	4	0.00	-12.1	25.9	7.80	6.70	6.91	0	2.0	M 81	2.2	1.90
N 3115	100514.0-074307	24.04	90	107	0.51	-20.8	22.5	10.95	10.50	8.75	439	2.3	KDG065	2.6	0.21
U 5423	100530.6+702152	2.88	55	21	0.00	-15.6	23.0	8.41	8.18	7.84	496	-1.2	N 2787	-0.8	-0.48
KDG065	100534.4-074457	3.01	59		0.00	-13.6	25.1	8.39			479	4.9	N 3115	4.9	1.72
KKSG18	100541.6-075853	4.45	41		0.00	-16.6	23.0	9.27			456	3.9	N 3115	3.9	1.71
d1006+67	100646.2+671204	0.39	17		0.00	-8.5	25.7	6.37				1.6	M 81	1.9	1.87
KDG064	100701.9+674939	2.19	90		0.00	-12.6	25.4	7.98			121	2.7	M 81	2.7	1.87
Segue 1	100703.2+160425	0.05	90		0.00	-0.7	29.0	3.24		< 1.12	67	4.3	Milky Way	4.3	1.74
U 5456	100719.7+102144	2.67	72	28	0.00	-15.1	23.4	8.16	8.39	7.71	360	-1.9	N 2903	-1.3	
KKH58	100722.7+385811	6.63	62	41	0.01	-15.8	24.6	8.67	9.11	8.47	569	-1.6	PGC2125269	-1.2	-0.62
IKN	100805.9+682357	3.15	39		0.00	-11.6	27.2	7.60		< 6.20	-1	2.5	M 81	2.6	1.87
LeoI	100826.9+121829	0.73	42		0.00	-11.0	24.7	7.34		< 3.18	125	1.4	Milky Way	1.4	1.74
d1009+70	100934.9+703255	2.15	35		0.00	-12.4	25.6	7.90				-1.0	U 5423	-0.7	-0.77
SexA	101100.8-044134	2.34	38	30	0.00	-13.9	24.2	7.49	8.40	7.82	94	-0.8	Milky Way	-0.4	-0.61
U 5497	101248.4+640627	0.96	48	3	0.00	-12.3	23.9	7.18	6.11	6.02	267	1.4	M 81	1.5	1.87
SexDSph	101303.0-013652	0.83	64		0.00	-8.7	27.2	6.42		< 2.30	9	2.7	Milky Way	2.7	1.74
d1014+68	101455.8+684527	0.28	29		0.00	-8.3	25.2	6.27		< 5.84		0.0	M 81	0.2	1.73
d1015+69	101506.9+690215	0.31	13		0.00	-7.8	26.0	6.06				1.3	IC 2574	1.5	1.88
KUG 1013+414	101615.6+410959	3.58	68		0.00	-14.9	24.2	8.32			513	2.7	N 3184	2.7	1.26
N 3184	101817.0+412528	24.27	22	149	0.05	-20.0	23.3	10.52	10.80	9.28	588	0.6	LV J1018+4109	0.8	-0.81
LV J1018+4109	101822.2+410957	1.24	34		0.00	-11.9	24.9	7.71				3.4	N 3184	3.4	1.27
HIJASS J1021+6842	102100.2+684160				0.00					7.51	187	2.3	M 81	2.4	1.87
HS117	102125.2+710658	1.90	62	3	0.00	-11.2	26.5	6.72	6.25	5.01	116	1.2	M 81	1.5	1.88
LV J1021+0054	102138.9+005400	0.86	49		0.00		24.1			< 7.03	495	-1.5	N 3115	-1.1	-0.97
LeoP	102145.1+180517	0.32	68	3	0.00	-9.4	24.4	6.02	5.43	5.85	135	-1.3	Milky Way	-0.8	-1.29
AGC731448	102345.0+270639	1.90	56	18	0.00	-14.2	23.5	7.92	7.85	7.61	460	-1.3	N 3227	-1.0	
KKSG19	102428.3-122557	1.09	34	15	0.00		24.4		7.48	7.20	373	-1.8	N 5128	-1.2	-1.82
N 3239	102504.9+170949	11.64	53	87	0.19	-18.1	23.6	9.52	10.01	8.89	623	-1.1	N 2903	-0.7	-0.92
DDO078	102627.9+673924	2.23	22		0.00	-11.5	26.6	7.54			191	1.9	M 81	2.0	1.87

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{holm}$	$\log \mathfrak{M}_{HI}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
U 5672	102820.9+223417	9.95	76	37	0.00	-15.7	25.6	8.81	9.19	8.31	428	-1.1	N 3379	-0.6	-1.34
IC 2574	102822.4+682458	15.39	67	51	0.11	-17.5	24.8	9.35	9.66	9.06	183	1.0	M 81	1.2	1.88
LV J1028+4240	102833.0+424008	1.05	51		0.00		24.4				551	-1.3	N 4258	-0.9	
d1028+70	102839.7+701401	0.85	45	4	0.00	-12.0	24.0	7.04	6.10	6.16	35	2.0	DDO082	2.1	1.88
AGC749315	102906.4+265438	0.70	34	17	0.00	-12.7	22.9	7.32	7.36	7.57	564	-1.8	N 3504	-1.2	
DDO082	103035.0+703710	4.02	63		0.00	-14.7	24.6	8.41		< 6.06	207	1.1	M 81	1.4	1.88
LV J1030+0607	103044.3+060738	1.61	62	7	0.00	-12.8	24.6	7.36	6.94	7.16	458	-1.3	N 3623	-0.7	
AGC205156	103052.9+122648	0.49	20	7	0.00	-11.6	23.2	6.90	6.48	6.86	762	0.3	N 3368	0.7	1.96
AGC731457	103155.8+280133	1.03	58	15	0.00	-13.1	23.2	7.51	7.44	7.09	380	-1.3	N 2903	-0.8	
N 3274	103217.1+274007	5.53	63	79	0.25	-16.6	23.4	8.83	9.60	8.76	465	-1.2	N 3344	-0.7	
BK6N	103431.9+660042	1.23	66		0.00	-11.1	25.7	7.38				1.2	M 81	1.4	1.88
UMa I	103452.8+515512	0.50	90		0.00	-4.8	30.0	4.87		< 3.80	0	2.5	Milky Way	2.6	1.74
AGC202248	103456.1+112932	1.13	48	36	0.00	-12.7	23.9	7.32	8.23	7.18	1020	0.7	N 3368	1.0	2.13
ESO501-023	103523.2-244515	7.41	38	44	0.01	-16.3	24.4	8.88	9.22	8.53	756	-1.1	N 3621	-0.9	
LeG03	103548.8+082847	2.79	79	31	0.00	-12.9	25.6	7.51	8.49	7.69	987	0.2	N 3368	0.6	1.82
KUG 1033+366B	103617.6+362531	1.40	69		0.00		24.4				592	-0.9	DDO084	-0.6	-0.59
N 3299	103623.8+124227	7.35	40	76	0.08	-17.0	23.7	8.96	9.69	8.07	453	0.8	N 3368	1.1	2.13
DDO083	103643.3+313248	6.36	90	46	0.07	-14.9	25.4	8.03	9.20	8.56	527	-1.4	N 3184	-0.9	-1.52
AGC205165	103704.8+152015	2.24	48	8	0.00	-13.8	24.2	7.79	7.23	6.87	586	0.2	N 3368	0.7	1.96
AGC200499	103808.0+102251	2.62	44	113	0.13	-15.9	22.5	8.73	9.59	8.29	1013	0.9	N 3368	1.1	2.13
AGC208397	103858.1+035227	1.32	62	12	0.00	-12.6	24.3	7.28	7.37	7.83	573	-3.0	N 4321	-2.3	
U 5797	103925.2+014307	2.57	33	36	0.00		23.3		8.59	7.65	511	-1.5	N 3115	-1.0	-2.25
LeG04	103940.2+124406	1.58	72		0.00	-11.5	25.8	6.85		< 6.93		1.9	LeG05	2.0	2.13
LeG05	103943.3+123804	1.82	69	3	0.00	-13.4	24.2	7.62	6.18	6.31	629	1.3	N 3368	1.7	2.13
LeG06	103955.7+135428	1.94	57	3	0.00	-11.9	25.8	7.03	6.30	6.85	863	0.8	N 3368	1.1	2.13
AGC208399	104010.7+045432	0.99	32	5	0.00	-11.7	24.6	6.94	6.42	8.04	561	-2.3	U 5923	-1.8	
U 5812	104056.6+122819	4.41	68	26	0.00	-14.7	24.8	8.23	8.53	7.60	857	1.5	N 3368	1.7	2.13
d1041+70	104116.8+700903	0.41	62		0.00	-8.7	25.7	5.71		< 5.28		1.2	M 81	1.4	1.88
FS04	104200.3+122006	3.00	64	14	0.00	-14.5	24.2	8.15	7.86	7.46	621	1.8	N 3368	2.0	2.13
LeG09	104234.6+120902	2.19	39		0.00	-11.7	26.3	7.63		< 7.09		2.0	N 3368	2.1	2.13
DDO084	104241.9+342656	10.64	43	47	0.03		25.5		9.44	8.79	592	-1.5	N 4258	-0.9	-1.95
AGC205268	104252.4+134428	1.15	78	31	0.00	-12.8	23.8	7.38	8.11	8.03	1001				
ESO376-016	104327.1-370233	1.47	66	17	0.00	-14.0	23.2	7.84	7.71	8.06	366	-0.7	N 3621	-0.6	-1.13
N 3344	104330.2+245525	15.51	27	153	0.07		23.3		10.63	9.13	500	-1.6	N 2903	-1.0	-1.46
LeG10	104355.4+120807	0.49	20		0.00	-11.0	23.8	6.65		< 7.09		2.4	N 3368	2.5	2.13

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{holm}$	$\log \mathfrak{M}_{HI}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
N 3351	104357.7+114213	21.39	49	162	0.26	-19.8	23.2	10.66	10.81	8.94	623	1.1	N 3368	1.2	1.82
LeG11	104402.1+153520	1.08	29		0.00	-11.4	25.0	6.82		< 7.25		0.3	N 3368	0.9	2.13
LeG12	104407.8+113159	0.67	41		0.00	-11.7	23.7	6.94		< 7.41		2.5	N 3368	2.5	2.13
AGC205445	104435.3+135623	1.87	37		0.00	-13.8	23.8	8.48			490	1.1	N 3368	1.4	2.13
LeG13	104457.6+115458	1.25	81	3	0.00	-12.8	24.0	7.35	5.97	6.75	718	3.1	N 3368	3.1	2.22
LeG14	104614.4+125736	1.13	34		0.00	-11.5	25.1	7.55		< 7.06		1.9	N 3368	2.1	2.22
KK93	104624.8+140130	1.80	24		0.00	-12.2	25.4	7.84		< 7.09		1.3	N 3412	1.6	2.13
LeG16	104630.0+114521	0.90	13		0.00	-11.2	24.9	7.43				4.5	N 3368	4.5	2.22
LeG17	104641.5+121935	1.76	44	20	0.00	-13.2	24.3	8.23	7.89	7.50	880	2.9	N 3368	3.0	2.22
N 3368	104645.8+114911	27.25	49	210	0.31	-20.4	23.1	10.83	11.14	9.18	740	1.1	LeG16	1.5	2.11
LeG18	104653.3+124440	0.86	47	19	0.00	-11.3	24.7	6.77	7.58	7.15	488	3.2	LeG19	3.3	2.22
LeG19	104654.8+124717	1.13	52		0.00	-12.4	24.2	7.91				2.1	N 3368	2.5	2.22
KK94	104657.3+125954	1.78	35	21	0.00	-12.7	24.8	7.34	7.97	7.69	684	2.3	LeG21	2.5	2.22
LeG21	104700.8+125735	0.77	47	3	0.00	-11.6	24.1	6.90	6.03	7.09	696	2.8	KK94	2.9	2.22
DDO088	104722.3+140413	4.95	20	50	0.01	-15.2	24.6	8.33	9.15	7.87	431	-1.0	N 3623	-0.5	0.27
ESO318-013	104741.9-385115	3.34	90	22	0.00	-14.4	24.5	8.12	8.29	8.01	413	-0.6	N 3621	-0.5	-1.41
N 3377	104742.4+135908	16.95	68		0.00	-19.1	23.4	10.42			536	1.4	N 3379	1.5	2.18
N 3379	104749.6+123454	17.86	33		0.00	-20.1	22.5	10.90			774	1.5	N 3384	1.6	1.98
N 3384	104816.9+123745	18.09	80		0.00	-19.6	23.0	10.73			556	1.7	N 3379	1.7	2.11
U 5923	104907.6+065502	8.13	63	69	0.21	-17.7	23.2	9.44	9.65	8.57	534	-2.6	N 4321	-1.9	
Willman1	104921.0+510260	0.04	74		0.00	-1.9	27.4	3.72		< 2.96	41	3.7	Milky Way	3.7	1.74
DDO087	104936.5+653150	3.46	29	59	0.02	-14.3	24.7	8.31	9.15	8.24	468	-1.0	N 2787	-0.7	
LeG22	104937.1+112106	1.72	56		0.00	-12.2	25.3	7.14				2.3	N 3368	2.3	2.13
LeG23	105009.1+132901	0.55	20		0.00	-11.1	23.9	6.70				3.7	N 3412	3.7	2.22
U 5944	105019.1+131619	3.71	16		0.00	-14.7	24.4	8.60			928	2.1	N 3379	2.2	2.15
KK96	105027.1+122139	1.87	45		0.00	-11.9	25.8	7.71				2.0	N 3368	2.2	2.22
N 3412	105053.3+132444	12.09	66		0.00	-18.8	23.0	10.28		< 7.81	702	1.3	N 3368	1.4	2.19
N 3413	105120.7+324559	7.72	60	71	0.19	-17.5	23.3	9.34	9.66	8.83	589	-1.6	N 3184	-1.0	
LeG26	105121.1+125057	2.14	31		0.00	-13.3	24.7	8.27		< 7.41	483	2.3	N 3412	2.4	2.22
AGC205540	105131.4+140653	0.97	60		0.00	-12.2	24.0	7.14		< 7.53	691	2.0	N 3412	2.0	2.13
KKH65	105159.1+282145	1.70	35		0.00	-12.7	24.8	8.02				-1.4	N 3627	-0.8	-0.78
AGC205544	105204.8+150150	1.37	41		0.00	-13.1	23.9	8.18		< 7.41	692	0.9	N 3412	1.2	2.13
LV J1052+3628	105205.5+362836	1.18	53		0.00	-12.0	24.7	7.04			451	3.4	N 3432	3.4	0.42
U 5983	105217.5+363536	2.91	61		0.00	-13.9	24.8	7.80			741	4.9	N 3432	4.9	0.41
AGC202456	105219.5+110236	2.23	30		0.00	-14.0	24.1	8.55		< 7.41	669	1.5	N 3368	1.6	2.13

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{\text{holm}}$	$\log \mathfrak{M}_{\text{HI}}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
LeG27	105220.1+144226	1.13	57		0.00	-11.6	25.0	7.58				1.2	N 3412	1.5	2.13
N 3432	105231.1+363708	13.70	80	113	0.77	-19.0	23.0	9.64	10.31	9.52	587	3.1	U 5983	3.3	-0.83
LV J1052+3639	105240.8+363954	4.38	90		0.00	-14.1	25.4	7.88			487	4.7	N 3432	4.7	0.41
KDG073	105257.1+693245	1.29	38	4	0.00	-10.8	26.1	6.56	6.40	6.51	263	1.4	M 81	1.6	1.88
LeG28	105300.7+102245	2.04	72		0.00	-11.9	26.0	7.01				1.1	N 3368	1.3	2.13
U 6014	105342.7+094341	3.67	65	45	0.04	-15.3	23.9	8.36	8.94	7.80	972	0.8	N 3368	1.0	2.13
LSBC D640-12	105557.1+122020	1.34	72	3	0.00	-11.8	25.2	6.96	6.03	6.41	699	1.0	N 3368	1.4	2.18
LSBC D640-13	105614.0+120037	1.73	65	10	0.00	-13.3	24.2	7.56	7.27	7.63	840	1.0	N 3368	1.3	2.18
HS1053+3624	105640.4+360828	1.32	74		0.00	-12.1	24.8	7.11			546	1.2	VV747	1.5	0.42
ESO215-009	105730.2-481044	3.67	62	32	0.00	-13.5	25.6	7.74	8.63	8.82	290	-1.2	N 4945	-0.7	
VV747	105747.0+361539	2.92	66		0.00	-14.4	24.2	8.02			594	0.9	N 3432	1.0	0.41
CGCG 095-078	105802.2+193019	1.79	75	9	0.00		23.7		7.23	7.03	538	-0.9	N 3344	-0.5	0.77
LSBC D640-14	105810.5+115957	1.45	59		0.00	-11.7	25.5	7.61				0.8	N 3368	1.1	2.32
AGC205278	105852.1+140746	1.63	54	16	0.00	-12.9	24.5	7.40	7.68	6.95	548	0.6	N 3412	1.0	2.32
N 3489	110018.6+135404	13.26	60	56	0.10	-19.5	22.5	10.53	9.69	7.36	556	-0.2	N 3384	0.2	1.58
LeG33	110045.2+141020	1.04	67		0.00	-11.6	24.8	6.88				1.1	LSBC D640-08	1.3	2.40
LSBC D640-08	110052.1+135251	2.46	75		0.00	-13.2	25.1	8.23				0.4	N 3412	0.9	2.40
CGCG 066-109	110426.5+114518	3.05	90	18	0.00	-13.9	24.8	7.83	8.04	7.65	629	0.4	N 3627	0.9	2.28
KKSG20	110440.6+000330	1.68	41	5	0.00	-12.8	24.6	7.37	6.69	6.18	636	3.9	N 3521	3.9	1.85
MRK0036	110458.5+290822	1.59	58	19	0.00		23.3		7.82	7.37	585	-1.4	N 3344	-0.8	-0.49
U 6145	110535.0-015149	4.42	66	17	0.00	-13.9	25.6	7.83	8.20	7.97	546	1.5	N 3521	1.5	1.84
N 3521sat	110540.7+000715	8.13	45		0.00	-14.2	26.7	8.62				4.7	N 3521	4.7	1.84
N 3521	110548.6-000209	34.92	66	228	0.66	-21.2	22.8	11.09	11.32	9.65	598	2.2	N 3521sat	2.2	-0.36
KKSG22	110607.7-012655	1.61	41		0.00	-12.1	25.2	7.11		< 7.11		1.9	N 3521	1.9	1.84
N 3556	111131.0+554026	13.86	80	144	0.87	-20.2	21.8	10.52	10.52	9.42	777	-1.3	U 6446	-0.8	-0.27
DDO092	111326.1+533542	3.98	44	26	0.00	-14.4	24.9	8.02	8.50	8.32	999	0.9	N 3556	0.9	1.28
LeoII	111329.2+220917	0.75	36		0.00	-9.1	26.6	6.58		< 4.02	-8	1.6	Milky Way	1.7	1.74
N 3593	111435.9+124907	18.20	73	120	0.45	-18.9	23.8	10.43	10.48	8.33	492	0.8	N 3627	0.9	2.00
AGC202256	111445.0+123851	1.27	61	19	0.00	-13.6	23.2	7.69	7.72	7.25	490	1.5	N 3593	1.6	1.86
IC 2684	111701.0+130559	2.47	47	5	0.00	-14.0	24.2	7.87	6.78	7.16	451	2.6	N 3627	2.6	2.07
N 3621	111816.1-324842	25.02	65	136	0.49	-19.8	23.5	10.35	10.73	9.63	440	-1.7	N 4594	-1.1	-1.57
AGC215354	111915.9+141725	1.52	62		0.00	-12.8	24.4	7.37		< 7.41	659	1.7	N 3627	1.8	2.07
N 3627	112015.0+125929	30.58	66	189	0.59	-21.1	22.6	11.01	11.10	9.01	579	1.1	N 3628	1.3	1.99
AGC213436	112224.0+125846	1.61	13		0.00	-13.5	23.9	8.34			491	3.1	N 3627	3.1	2.07
KKH67	112303.5+211937	2.10	42		0.00	-11.7	26.2	7.63				-0.5	N 3628	0.1	0.36

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{holm}$	$\log \mathfrak{M}_{HI}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
IC 2787	112319.1+133747	3.29	24	50	0.01	-14.5	24.4	8.05	8.98	7.27	576	2.3	N 3627	2.3	2.07
IC 2791	112337.6+125345	1.74	54	3	0.00	-13.3	24.2	7.56	6.29	6.70	530	2.5	N 3627	2.5	2.06
U 6456	112800.6+785929	1.89	69	15	0.00	-14.1	23.6	7.60	7.68	7.77	99	-0.1	M 81	0.1	0.76
KDG078	112954.0+522414	1.94	51	7	0.00	-13.1	24.6	7.51	6.99	6.74	644	-0.7	N 4258	-0.3	-1.70
LeoV	113109.6+021312	0.21	90		0.00	-3.8	29.2	4.46		< 2.88	-7	1.8	Milky Way	1.9	1.74
HIPASS J1131-31	113135.2-314020	2.04	62	10	0.00	-12.4	25.4	7.22	7.36	7.33	432	0.7	N 3621	0.7	1.10
LeoIV	113257.0-003160	0.34	48		0.00	-4.2	29.8	4.63		< 2.78	-58	2.0	Milky Way	2.0	1.74
HIPASS J1133-32	113311.0-325743	1.05	72	26	0.00	-13.1	23.3	7.50	7.93	7.00	424	0.7	N 3621	0.7	1.10
U 6541	113329.1+491417	1.96	65	5	0.00	-13.6	24.2	7.75	6.69	6.97	303	-0.6	M 81	-0.2	0.44
N 3738	113548.6+543122	4.82	49	45	0.02	-16.7	23.1	8.85	9.06	8.00	306	-0.8	M 81	-0.4	-0.84
N 3741	113606.4+451707	1.30	67	40	0.00	-13.1	23.8	7.38	8.37	7.88	263	-0.7	M 81	-0.4	-0.12
ESO320-014	113753.4-391314	2.74	58	18	0.00	-13.7	24.8	7.74	8.03	7.33	362	-0.7	N 3621	-0.5	-1.75
U 6757	114659.1+612006	0.88	67		0.00		25.0				199	-0.3	M 81	0.0	-0.99
KK109	114711.2+434019	0.59	55	3	0.00	-10.3	24.9	6.35	5.81	6.54	240	-0.3	N 4736	0.0	1.45
DDO097	114857.2+235016	6.48	27	82	0.03	-15.7	24.7	8.53	9.71	8.42	450	-1.3	N 4251	-0.7	
KKH73	115006.4+554660	1.82	22	7	0.00	-12.5	25.1	7.26	6.97	6.98	685	-0.5	N 3556	-0.1	0.35
DDO099	115053.0+385250	3.23	90	11	0.00	-13.5	25.3	7.42	7.69	7.74	257	-0.8	N 4214	-0.4	-0.14
ESO379-007	115443.0-333329	1.50	49	10	0.00	-12.3	24.9	7.32	7.23	7.51	367	-1.0	N 5236	-0.5	-1.69
U 6881	115444.7+200320	7.70	90	39	0.00	-15.3	25.4	8.38	9.14	8.27	513	-0.3	N 4032	-0.1	0.32
MCG +05-28-046	115523.5+282024	2.58	81		0.00		25.2				544	-0.9	N 4631	-0.5	0.17
KDG082	115539.4+313110	9.22	51	56	0.08	-16.4	24.7	8.92	9.53	8.08	560	-1.1	N 4565	-0.6	-1.06
N 3990	115735.6+552731	5.02	65		0.00	-16.7	23.1	9.52			788	-0.7	N 3556	-0.4	-0.14
LV J1157+5638	115754.2+563817	0.99	40		0.00		24.1				514	-0.6	N 4258	-0.3	-1.87
LV J1158+1535	115840.4+153534	0.61	38		0.00		24.2			< 6.97	458	-1.6	N 4826	-1.0	
BTS76	115844.1+273506	0.98	62		0.00		23.9				407	-1.1	N 4736	-0.6	-1.86
ESO572-034	115858.1-190148	3.29	71	31	0.00	-15.5	23.4	8.58	8.56	8.12	871	-0.6	N 4594	-0.5	
KUG 1157+315	120016.2+311330	5.55	62	57	0.13	-17.0	23.0	8.90	9.33	8.48	588	-2.1	N 4321	-1.6	
LV J1203+4739	120300.0+473915	2.02	78		0.00		25.6				547	0.9	N 4258	0.9	1.72
LV J1203+3257	120310.9+325722	2.09	69		0.00		25.1				551	-0.6	N 4631	-0.2	0.17
N 4068	120402.4+523519	3.67	69	24	0.00	-15.1	24.1	8.28	8.41	8.06	290	-0.5	N 4736	-0.1	0.50
N 4080	120451.8+265933	6.85	65	71	0.23	-17.5	23.0	9.36	9.60	8.24	517	-0.5	N 4251	-0.1	0.60
ESO379-024	120456.7-354435	1.12	47	20	0.00		24.4		7.71	7.28	356	-0.7	N 5128	-0.3	-1.13
IC 2992	120515.9+305120	3.11	38	30	0.00	-15.6	23.2	8.55	8.52	7.73	570	0.1	N 4274	0.3	1.48
KUG 1202+286	120523.3+282156	1.73	56		0.00		23.5				488	0.1	LV J1205+2813	0.2	-0.99
LV J1205+2813	120534.2+281356	1.37	38		0.00		24.5				492	0.5	KUG 1202+286	0.5	-0.87

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{\text{holm}}$	$\log \mathfrak{M}_{\text{HI}}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
MAPS1206+31	120634.5+312033	1.56	22		0.00		23.6				542	-0.4	LV J1207+3133	0.0	1.31
LV J1207+3133	120750.0+313308	1.39	35		0.00		25.1				538	0.2	MAPS1206+31	0.4	1.31
U 7131	120911.8+305424	7.71	75	53	0.18	-14.6	26.1	8.19	9.39	8.59	226	-0.7	N 4565	-0.3	0.17
N 4136	120917.7+295539	9.27	24	100	0.04		23.2		10.03	8.67	577	-0.6	N 4631	-0.2	0.87
MCG +06-27-017	120956.4+362607	1.31	90		0.00	-13.0	23.9	7.88			341	0.0	N 4736	0.3	1.50
N 4144	120959.3+462726	12.37	82	67	0.41	-17.7	24.1	9.29	9.82	8.76	317	0.6	N 4258	0.7	1.71
IC 3023	121001.7+142201	2.51	51	23	0.00	-14.2	24.1	7.95	8.17	7.57	710	-1.3	N 3623	-0.8	0.00
N 4150	121033.6+302406	8.77	53		0.00	-18.3	22.7	10.00			197	0.0	N 4314	0.3	1.67
N 4163	121208.9+361010	1.89	37	17	0.00	-13.8	23.9	7.90	7.81	7.16	163	2.3	N 4214	2.3	-0.14
KK127	121322.7+295518	6.80	70	29	0.00	-15.7	24.8	8.19	8.83	8.34	101	-0.6	N 4565	-0.2	0.37
N 4190	121344.6+363760	1.79	32	39	0.00	-13.9	23.7	7.90	8.49	7.46	239	0.8	N 4214	0.9	-0.14
LV J1213+2957	121348.4+295732	0.37	51		0.00		24.3				196	-0.8	N 4214	-0.5	-0.12
ESO321-014	121349.6-381353	1.38	83	3	0.00	-12.7	24.3	7.25	6.01	7.21	333	-0.1	N 5128	0.2	0.42
U 7242	121407.4+660532	1.91	87	29	0.00	-14.1	23.6	7.91	8.26	7.68	211	-0.4	N 4605	-0.2	0.45
VCC0114	121435.2+054038	1.42	70	12	0.00	-13.5	23.6	7.64	7.39	7.53	1923	-1.1	N 4594	-0.6	-0.73
KDG090	121457.9+361308	1.31	33		0.00	-11.5	25.4	6.86			< 5.56	1.3	N 4214	1.5	-0.12
U 7257	121503.0+355731	3.44	52	49	0.05	-15.5	23.5	8.30	8.98	8.32	957	-0.8	N 4414	-0.3	-0.72
N 4204	121514.4+203931	10.65	36	64	0.05	-16.8	24.6	9.12	9.71	8.57	787	-1.1	N 4559	-0.6	-0.22
U 7267	121523.6+512060	7.67	73	53	0.17	-16.0	24.7	8.77	9.40	8.58	551	0.5	N 4102	0.6	1.24
U 7271	121533.4+432603	12.59	72	48	0.10	-16.6	25.2	8.59	9.53	8.69	585	-1.9	N 3953	-1.3	
N 4214	121538.9+361939	7.34	39	41	0.01	-17.2	23.4	9.00	9.16	8.48	295	1.2	N 4163	1.2	-0.67
MCG +09-20-131	121546.7+522315	1.36	90	6	0.00	-13.1	23.9	7.50	6.69	7.37	242	-0.4	N 4736	-0.1	0.57
VCC0169	121556.2+093857	2.33	54	3	0.00	-13.3	24.9	7.56	6.42	8.04	2094	-0.3	PGC039264	0.2	1.32
IC 3077	121556.3+142559	4.77	58	25	0.00	-14.9	24.8	8.16	8.54	6.97	1303	-0.3	N 4435	-0.1	1.13
U 7298	121628.6+521338	1.04	67	3	0.00	-12.3	24.1	7.25	5.95	7.28	256	-0.4	N 4068	0.1	0.53
N 4236	121643.3+692756	27.39	73	70	0.32	-18.6	24.9	9.62	10.20	9.15	157	-0.3	M 81	-0.1	0.18
LV J1217+4703	121710.1+470349	0.69	46		0.00	-11.0	24.5	6.66			< 6.44	3.6	N 4258	3.6	1.72
U 7320	121728.5+444841	3.15	81	24	0.00	-14.5	24.3	8.04	8.31	7.54	587	-0.4	N 4460	0.1	0.51
N 4244	121729.9+374827	23.76	90	74	0.68	-18.1	25.0	9.55	10.18	9.23	259	0.3	N 4736	0.5	1.44
N 4242	121730.2+453710	12.63	41	71	0.08	-18.0	23.8	9.47	9.87	8.70	568	1.8	N 4258	1.8	1.74
LV J1217+3231	121732.0+323157	1.13	60		0.00		25.9				433	-1.0	N 4736	-0.4	0.85
U 7321	121734.0+223225	31.02	90	98	1.23	-18.4	25.3	9.56	10.54	9.33	339	-0.4	N 4565	0.0	
KKH78	121744.5+332043	0.61	59		0.00	-10.7	24.5	6.54				0.8	N 4395	0.9	1.50
N 4248	121749.9+472433	7.01	66	31	0.00	-16.3	24.3	8.82	8.90	7.79	544	1.1	N 4258	1.1	1.72
LV J1218+4655	121811.1+465501	1.68	76		0.00		25.1				477	-0.4	N 4258	-0.1	0.83

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{holm}$	$\log \mathfrak{M}_{HI}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
AGC229053	121815.5+253406	2.54	75	16	0.00	-13.5	24.9	7.65	7.87	7.76	376	0.1	N 4494	0.3	1.76
KDG098	121829.4+283845	2.02	24		0.00	-13.4	24.5	8.30				-0.3	N 4414	-0.1	1.27
IC 3104	121846.1-794334	3.44	76	16	0.00	-14.8	24.2	8.38	8.00	6.90	170	-1.2	N 5128	-0.6	-2.23
N 4258	121857.5+471814	41.49	71	209	0.76	-21.2	23.2	10.94	11.33	9.64	506	1.1	KK134	1.3	0.60
KK132	121906.5+474351	0.83	37		0.00	-11.0	24.9	7.36				3.5	N 4258	3.5	1.72
KDG101	121909.1+470523	2.70	63		0.00	-13.6	24.8	7.70			190	0.7	N 4258	1.0	1.72
KK133	121932.8+432311	1.12	54	26	0.00		24.6		7.95	6.88	601	0.5	N 4258	0.6	1.74
KK134	121933.8+472706	0.86	24		0.00	-12.5	23.4	7.96				4.1	N 4258	4.1	1.72
d1219+4705	121936.8+470533	0.67	22		0.00	-11.0	24.5	7.34				4.0	N 4258	4.0	1.75
IC 779	121938.7+295260	6.47	34		0.00	-16.0	24.4	9.04			187	-0.2	N 4565	0.1	0.35
VCC0381	121954.1+063957	1.06	26	6	0.00		24.7		6.62	7.14	344	-0.9	N 4826	-0.7	-1.24
[KKH2011]S11	122030.1+472925	0.65	31		0.00	-9.0	26.3	6.57				3.7	N 4258	3.8	1.72
N 4288	122038.1+461730	5.49	45	94	0.14		23.6		9.75	8.61	588	1.7	N 4258	1.8	1.75
KK136	122040.6+470003	1.08	36		0.00	-12.0	24.4	7.77				3.5	N 4258	3.5	1.75
CVnHI	122043.4+461233				0.00					6.44	475	-0.4	N 4258	-0.1	0.83
KUG 1218+387	122054.9+382549	2.76	51	11	0.00		24.3		7.58	7.73	587	-0.3	N 4258	0.0	0.55
d1220+4649	122055.0+464945	0.58	41		0.00	-10.1	25.0	7.01				3.2	N 4258	3.2	1.75
DDO120	122115.0+454841	4.89	60	16	0.00		24.0		8.15	8.01	516	0.3	N 4258	0.5	1.72
KDG104	122127.9+150128	2.25	55	3	0.00	-13.1	25.0	7.50	6.39	7.06	1764	0.3	N 4435	0.3	1.16
KDG105	122143.0+375914	1.83	63	17	0.00	-12.8	24.8	7.37	7.78	7.35	582	-0.3	N 4258	0.1	1.35
U 7427	122155.0+350305	3.00	61	12	0.00	-14.1	24.6	7.89	7.67	7.76	727	0.1	N 4414	0.2	1.29
N 4308	122156.9+300427	3.53	20		0.00	-16.7	22.3	9.36			617	0.2	N 4251	0.6	1.72
KK138	122158.4+281434	0.76	64		0.00	-10.4	25.3	6.41		< 6.25		-0.8	N 4631	-0.5	-1.11
GR34	122207.6+154757	2.45	39	5	0.00	-13.9	24.3	7.81	6.87	6.93	1205	-0.5	N 4435	-0.3	1.13
VCC0565	122238.5+060052	1.61	62	8	0.00	-14.2	23.2	7.91	7.07	7.06	734	-0.3	PGC039878	0.2	1.38
KK141	122252.7+334943	0.90	45	8	0.00		23.2		6.78	7.20	568	0.0	N 4631	0.2	1.44
IC 3247	122314.0+285338	15.84	86	69	0.48	-17.3	25.0	9.26	9.94	8.52	539	-2.1	N 4321	-1.6	
BTS132	122346.2+473932	0.89	60		0.00	-11.1	24.9	7.41				2.7	N 4258	2.7	1.75
IC 3308	122517.9+264253	5.58	77	56	0.23	-15.5	24.6	8.53	9.31	8.57	277	0.1	N 4274	0.3	1.75
KK144	122527.9+282857	1.98	81	14	0.00		25.3		7.65	7.86	449	-0.9	N 4631	-0.5	0.35
U 7512	122541.3+020932	4.42	70	30	0.00	-15.0	24.5	8.25	8.66	8.26	1354	0.4	N 4457	0.7	1.81
AGC749236	122542.4+264836	3.48	71	24	0.00	-14.3	24.8	7.95	8.35	8.30	235	-0.8	N 4494	-0.5	
VCC0841	122547.0+145707	2.51	74	15	0.00	-14.1	24.2	7.90	7.84	7.01	404	-1.4	N 4435	-0.8	0.02
N 4395	122549.8+333246	17.83	34	76	0.06	-17.8	24.8	9.44	10.08	9.05	308	0.1	N 4736	0.3	1.48
DDO123	122608.1+581921	8.50	38	40	0.00	-15.7	25.3	8.62	9.19	8.88	836	-1.3	N 3990	-0.7	0.27

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{\text{holm}}$	$\log \mathfrak{M}_{\text{HI}}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
UGCA281	122616.0+482931	1.73	47	26	0.00	-13.7	23.8	7.82	8.15	7.76	347	-0.6	N 4490	-0.2	0.69
IC 3341	122623.4+274444	2.74	66	31	0.00	-14.4	24.1	8.02	8.48	7.92	338	0.3	N 4251	0.5	1.68
SBS 1224+533	122652.6+530619	1.25	53		0.00		24.2				390	-0.7	N 4736	-0.3	0.52
ComaI	122659.0+235415	0.12	66		0.00	-3.2	28.4	4.24		< 1.63	46	3.7	Milky Way	3.7	1.74
DDO126	122705.1+370833	4.07	59	24	0.00	-14.4	25.0	8.08	8.43	8.02	230	0.4	N 4736	0.6	1.50
DDO125	122741.8+432938	3.09	66	7	0.00	-14.3	24.4	8.10	7.25	7.48	251	-0.8	N 4214	-0.4	-0.10
U 7584	122802.9+223522	2.43	72	13	0.00	-13.7	24.5	7.74	7.65	7.78	545	-1.0	N 4414	-0.5	-0.22
KKH80	122805.4+221727	1.85	53	3	0.00		25.0		6.33	7.08	542	-0.9	N 4631	-0.5	0.09
N 4449	122811.2+440540	8.30	45	60	0.07	-18.3	22.6	9.66	9.54	8.64	249	0.3	N 4736	0.4	1.44
DDO127	122828.5+371360	3.21	72	24	0.00	-14.3	24.6	7.96	8.33	8.00	290	-0.3	N 4631	0.0	1.29
U 7596	122833.9+083823	2.09	83	6	0.00	-13.5	24.4	7.65	6.95	6.26	443	-0.7	N 4826	-0.6	-1.43
U 7605	122839.0+354305	1.91	49	6	0.00	-13.5	24.2	7.65	6.92	7.32	317	0.4	N 4244	0.8	1.47
N 4455	122844.1+224921	7.67	76	48	0.13	-16.9	23.8	8.95	9.32	8.62	588	-0.6	N 4559	-0.4	0.90
DDO129	122844.2+431327	7.37	27	37	0.00	-16.1	24.5	8.81	9.08	8.59	582	-0.3	N 4258	0.2	0.51
LV J1228+4358	122844.9+435818	4.56	90		0.00	-13.9	25.7	7.83				1.3	N 4449	1.3	1.47
N 4460	122845.8+445152	11.54	90	39	0.00	-17.7	23.9	9.66	9.31	8.08	551	-0.6	N 5055	-0.1	-0.04
KK149	122852.3+421040	2.43	59	26	0.00	-14.8	23.4	8.19	8.29	7.77	445	0.2	DDO129	0.4	0.52
U 7639	122953.0+473148	4.38	68	16	0.00	-15.2	24.3	8.33	8.11	7.62	450	0.4	N 4258	0.5	1.72
U 7636	123001.0+075546	1.36	40	5	0.00	-13.8	23.2	7.76	6.63	6.17	344	-1.0	N 4826	-0.8	-1.53
KK151	123023.8+425405	2.10	87	12	0.00		24.6		7.51	7.30	479	-0.5	N 4258	-0.1	0.85
N 4485	123031.2+414200	3.98	46	84	0.13	-16.7	22.6	8.61	9.51	8.57	517	5.6	N 4490	5.6	0.67
N 4490	123036.4+413837	10.55	62	86	0.27	-19.4	22.0	9.91	9.96	9.22	623	4.3	N 4485	4.3	-0.44
CGCG 014-054	123103.8+014033	3.53	64	20	0.00	-14.4	24.7	8.01	8.20	7.70	954	1.0	N 4517	1.1	1.47
MAPS1231+42	123109.0+420539	0.56	54	3	0.00	-11.1	24.0	6.69	5.80	6.22	602	2.9	N 4490	3.0	0.70
DDO131	123158.6+294235	2.72	46	38	0.00	-14.3	24.1	7.99	8.66	8.06	622	0.8	N 4559	0.9	1.44
U 7678	123200.4+394955	3.53	70	16	0.00	-14.8	24.3	8.00	8.01	7.76	708	-0.4	N 4258	-0.1	-0.02
U 7690	123226.9+424215	6.94	38	50	0.03	-17.3	23.2	8.86	9.30	8.64	578	-0.5	N 4111	-0.1	1.26
N 4517	123245.5+000654	31.95	90	141	1.25	-20.2	23.6	10.40	10.87	9.35	978	-0.5	N 4457	0.1	1.18
U 7699	123248.0+373718	16.11	77	77	0.42	-18.0	24.4	9.19	10.04	9.03	514	-0.4	N 4369	0.0	0.84
DDO133	123253.0+313221	5.01	53	23	0.00	-15.0	24.8	8.24	8.48	8.20	319	0.0	N 4395	0.4	1.47
N 4509	123306.8+320530	2.68	46	28	0.00	-16.0	22.5	8.72	8.39	7.98	925	0.5	N 4414	0.6	1.29
BTS142	123307.4+380658	0.97	13	11	0.00	-11.6	24.6	6.90	7.17	7.15	740	-0.8	N 4414	-0.3	-0.24
KDG155	123308.0-003159	2.86	48	23	0.00		25.4		8.26	7.65	592	-0.6	N 4594	-0.4	-0.13
KK152	123324.9+332105	2.12	83	12	0.00	-13.0	25.0	7.44	7.52	7.54	836	0.3	N 4631	0.4	1.29
U 7719	123400.6+390110	5.53	75	25	0.00	-14.6	25.4	8.21	8.61	8.22	704	-0.4	N 5055	0.0	0.04

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{\text{holm}}$	$\log \mathfrak{M}_{\text{HI}}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
N 4534	123405.5+353106	8.56	49	63	0.09	-16.9	24.1	8.82	9.59	9.00	811	-0.1	N 4414	0.0	1.28
U 7751	123511.8+410339	2.73	90	16	0.00	-13.1	25.4	7.49	7.90	7.58	641	1.0	N 4618	1.2	1.74
LV J1235-1104	123539.4-110402	1.29	29	48	0.01	-14.5	22.4	8.04	8.55	7.44	1003	0.8	N 4594	0.8	2.04
N 4559	123557.7+275735	25.37	68	115	0.46	-19.8	23.5	10.11	10.59	9.44	787	-0.4	N 4631	-0.2	1.28
U 7774	123622.5+400019	19.61	89	80	0.63	-17.9	24.9	9.60	10.17	9.36	559	-2.3	N 4565	-1.8	
VCC1675	123635.0+080317	3.09	61	12	0.00	-14.7	24.1	8.22	7.74	6.77	1670	-1.3	N 4594	-0.8	0.05
IC 3583	123643.5+131534	6.47	70	48	0.07	-16.4	24.0	8.60	9.25	7.83	1024	-1.5	N 4594	-0.9	-0.48
MAPS1236+33	123649.4+333648	1.88	83	8	0.00	-13.5	24.2	7.66	7.18	7.47	527	-0.7	N 4274	-0.3	-0.48
IC 3591	123703.0+065536	3.68	62	42	0.02	-15.7	23.5	8.66	8.89	8.24	1507	-0.4	N 4417	0.3	1.44
KKSG29	123714.1-102951	3.14	83	9	0.00	-13.0	25.8	7.46	7.45	7.01	562	-0.3	N 4594	-0.2	-0.29
Arp211	123721.3+384443	1.63	65	7	0.00	-13.4	23.9	7.63	6.94	7.36	484	-0.6	N 4631	-0.1	0.78
VCC1713	123729.1+044505	1.21	63	5	0.00	-13.5	23.2	7.66	6.60	7.08	1504	-0.1	N 4600	-0.1	-0.05
KKSG30	123735.9-085202	2.31	72	14	0.00	-13.6	24.5	7.71	7.69	7.29	917	1.2	N 4594	1.2	2.05
VCC1725	123741.2+083333	2.90	68	36	0.00	-14.9	23.8	8.48	8.63	7.60	959	-1.1	N 4435	-0.5	-0.87
KKSG31	123833.7-102925	2.22	34		0.00	-12.3	25.8	7.86		< 6.99		2.5	N 4594	2.5	2.05
UGCA292	123840.0+324560	1.08	52	8	0.00	-11.8	24.7	6.73	6.85	7.44	306	-0.6	N 4736	-0.2	0.72
U 7827	123938.9+444915	3.08	64	20	0.00	-13.8	25.0	7.76	8.14	8.09	609	0.1	N 4258	0.4	1.74
KKSG32	123955.0-114448	1.72	41		0.00	-11.6	25.9	7.57		< 6.99		5.4	N 4594	5.4	2.04
KDG177	123958.5+134653	2.13	71	9	0.00	-13.3	24.6	7.59	7.32	7.69	913	-1.2	N 4435	-0.7	-0.28
N 4594	123959.1-113723	32.46	66	389	0.74	-21.8	22.0	11.30	11.76	8.36	894	2.5	SUCD1	2.6	-0.41
N 4605	124000.3+613629	9.55	70	61	0.21	-18.1	23.1	9.69	9.62	8.43	284	-1.1	M 81	-0.6	-1.25
AGC749241	124001.7+261919	0.91	37	4	0.00	-11.6	24.5	6.88	6.27	7.18	418	-0.6	N 4414	-0.3	-0.14
BTS146	124002.1+380002	0.83	67	6	0.00	-12.2	23.7	7.14	6.57	6.97	470	-0.3	N 5055	0.0	0.62
SUCD1	124003.1-114004	0.27	18		0.00	-11.5	22.0	7.37		< 7.15	1109	6.5	N 4594	6.5	2.04
KKSG33	124008.9-122153	1.44	10		0.00	-11.5	25.6	7.57		< 6.99		3.1	N 4594	3.1	2.04
VCC1822	124010.4+065049	1.95	69	3	0.00	-13.2	24.5	7.54	6.21	7.07	885	-1.1	N 4594	-0.7	0.04
N 4597	124012.9-054757	16.22	64	79	0.26	-17.8	24.5	8.66	10.07	9.12	912	0.0	N 4594	0.2	-0.88
N 4600	124023.0+030704	3.49	53		0.00	-15.8	23.3	9.12		< 7.06	713	-1.0	N 4594	-0.8	-0.73
KKSG34	124118.9-115539	1.99	34		0.00	-12.1	25.7	7.78		< 6.99		3.8	N 4594	3.8	2.04
N 4618	124132.8+410903	9.68	41	59	0.05	-18.3	22.9	9.65	9.60	8.90	576	3.4	N 4625	3.4	0.48
LV J1241+3251	124147.3+325128	1.68	65	7	0.00	-13.0	24.4	7.45	6.95	7.20	693	2.8	N 4627	3.1	1.29
N 4625	124152.7+411626	3.84	39	33	0.00	-16.5	22.7	9.21	8.69	8.49	646	3.8	N 4618	3.8	0.66
N 4627	124159.7+323425	3.89	59		0.00	-16.4	22.9	9.50			541	2.8	N 4631	2.8	1.25
N 4631	124208.0+323229	33.69	86	81	0.62	-20.3	23.7	10.49	10.41	9.72	581	1.8	N 4627	1.9	0.98
IC 3687	124215.1+383007	6.92	32	24	0.00	-14.6	25.9	8.19	8.68	7.90	377	1.4	N 4736	1.4	1.50

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{\text{holm}}$	$\log \mathfrak{M}_{\text{HI}}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
BTS151	124324.6+322856	1.65	64		0.00	-12.0	25.4	7.75				2.7	N 4627	3.1	1.29
LV J1243+3232	124344.6+323204	0.75	57		0.00	-10.4	25.3	7.11				2.7	N 4631	3.1	1.29
KDG192	124345.0+535732	2.31	59	35	0.00		25.3		8.52	7.88	544	-0.1	N 4258	0.2	-0.90
LV J1243+4127	124355.7+412725	2.40	83	3	0.00		26.4		6.25	7.02	444	0.2	N 4490	0.3	0.76
KK160	124357.4+433941	0.75	47	3	0.00	-10.9	24.8	6.59	6.01	6.59	346	0.8	N 4736	1.0	1.48
N 4656	124357.6+321013	19.00	87	64	0.44	-18.2	24.5	9.59	9.95	9.19	635	-0.5	N 4736	0.0	0.35
KKs 51	124421.5-425623	0.60	81		0.00	-10.9	24.4	6.60		< 6.32		0.8	N 5128	1.1	1.92
DDO143	124425.1+342311	5.79	90	21	0.00	-13.9	26.2	7.80	8.45	8.43	616	-0.5	N 4414	-0.1	-0.17
UGCA294	124438.1+282821	3.13	65	28	0.00	-15.2	23.6	8.34	8.47	8.09	935	-0.2	N 4414	-0.1	1.28
ESO381-018	124442.7-355760	1.28	64	17	0.00	-13.2	23.7	7.37	7.63	7.39	367	-0.3	N 5236	-0.1	-0.73
IC 3718	124446.0+122105	4.98	74	32	0.00	-15.3	24.5	8.22	8.77	7.13	754	-1.5	N 4594	-1.0	-0.40
ESO381-020	124600.4-335017	4.57	90	34	0.00	-14.5	25.1	7.95	8.79	8.37	336	-0.3	N 5236	-0.1	-0.86
VCC2033	124604.5+082835	1.59	27	5	0.00	-14.8	22.6	8.32	6.75	7.01	1373	-0.7	N 4472	0.0	1.18
VCC2037	124615.3+101212	2.57	78	8	0.00	-13.7	24.7	7.71	7.28	6.67	1038	-1.4	N 4594	-0.9	0.09
UGCA298	124655.4+263351	2.86	44	41	0.00	-15.0	23.6	8.43	8.74	7.29	817	-0.8	N 4414	-0.5	-0.31
U 7950	124656.4+513647	3.58	48	33	0.00	-15.2	23.9	8.36	8.65	8.05	599	-0.4	N 5194	0.1	-2.05
DDO147	124659.8+362835	2.29	42	12	0.00	-13.6	24.5	7.70	7.61	7.98	351	-0.1	N 4736	0.2	1.51
FGC1497	124700.6+323905	6.88	84	40	0.01	-15.1	25.4	8.40	9.10	8.26	521	-2.2	N 4565	-1.6	
HIPASS J1247-77	124732.6-773501	1.18	75	11	0.00	-12.7	24.0	7.02	7.19	7.11	154	-0.8	CIRCINUS	-0.4	-0.43
N 4707	124822.9+510953	3.53	41	44	0.01	-15.4	23.6	8.15	8.90	7.95	558	-0.8	N 4736	-0.3	-1.29
DDO148	124843.1-051514	6.22	43	25	0.00	-16.2	24.1	8.83	8.65	7.82	1170	0.2	N 4594	0.3	-0.62
KK165	124852.7+315813	1.15	24		0.00	-11.2	25.4	7.44				1.6	N 4656	1.6	0.64
N 4700	124907.6-112441	8.49	82	54	0.24	-17.1	23.8	8.86	9.46	8.43	1222	-0.6	N 4594	-0.5	-0.17
KK166	124913.3+353645	0.83	73		0.00	-10.8	25.1	7.28				0.7	N 4736	0.7	1.50
MAPS1249+44	124931.0+442133	1.06	69	14	0.00		24.0		7.36	7.08	572	0.2	N 4258	0.5	1.74
U 7983	124947.0+035032	2.28	54	9	0.00	-13.8	24.3	7.79	7.30	8.02	565	-0.1	N 4586	0.2	1.33
U 7990	125027.2+282110	6.88	60	44	0.04	-15.4	25.1	8.53	9.19	8.40	495	-1.5	N 4565	-0.9	
N 4736	125053.5+410710	20.68	38	150	0.14	-19.9	23.0	10.61	10.73	8.32	352	-0.6	N 4449	-0.1	0.84
BTS157	125113.3+470415	1.38	39	4	0.00	-12.4	24.6	7.20	6.40	6.96	644	0.0	N 5055	0.4	-0.21
KK167	125144.4+260638	2.27	50	18	0.00	-13.5	24.6	7.64	7.91	7.68	1221	-0.8	N 4414	-0.5	-0.83
IC 3840	125146.1+214407	1.54	75	11	0.00	-12.0	25.3	7.04	7.36	7.21	510	-0.7	N 4826	-0.4	-1.26
N 4765	125314.4+042747	5.39	49	44	0.02	-16.8	23.2	8.96	9.09	8.43	598	-0.5	N 4624	0.1	1.32
KKSG38	125331.6-055540	2.64	78	18	0.00	-13.2	25.2	7.55	7.99	7.36	953	-0.3	N 4594	-0.1	-0.04
DDO153	125357.5-120631	5.93	90	29	0.00	-15.2	25.0	8.31	8.77	8.54	731	-0.1	N 4594	-0.1	-0.18
DDO154	125405.2+270855	2.50	49	46	0.03	-14.0	24.3	7.59	8.79	8.28	354	0.4	N 4826	0.4	1.27

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{\text{holm}}$	$\log \mathfrak{M}_{\text{HI}}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
U 8030	125429.4+261818	5.40	66	24	0.00	-14.4	25.6	8.00	8.57	7.89	604	0.2	N 4725	0.3	0.42
ESO443-009	125453.6-282027	1.25	47	11	0.00	-12.1	24.7	7.08	7.24	7.14	409	-0.4	N 5236	-0.2	0.54
KDG215	125540.5+191233	1.87	68	4	0.00	-11.9	25.8	7.01	6.46	7.50	362	-0.7	N 4826	-0.5	-1.40
ESO219-010	125609.6-500838	1.11	47		0.00	-12.7	23.8	8.03		< 5.72		0.7	N 4945	0.8	1.89
KDG216	125625.0+150509	1.99	37		0.00	-12.1	25.7	7.78		< 6.77		-1.2	N 4826	-0.9	-0.91
U 8061	125643.4+115552	1.60	41	36	0.00		24.1		8.38	7.32	474	-1.6	N 4594	-1.0	-0.81
N 4826	125644.2+214105	17.75	63	155	0.43	-19.5	23.0	10.48	10.70	8.26	365	-0.8	KK177	-0.5	-1.01
CVnII	125710.0+341915	0.11	70		0.00	-4.1	27.5	4.59		< 4.10	-113	2.0	Milky Way	2.0	1.74
MCG-02-33-075	125828.3-103437	7.62	64	25	0.00	-15.2	25.5	8.48	8.73	7.57	1173	0.4	N 4594	0.4	2.05
GR8	125840.4+141303	1.05	27	11	0.00	-12.0	24.5	6.81	7.14	6.89	139	-1.4	Milky Way	-0.8	-2.02
HIPASS J1258-04	125849.6-045319	1.59	87	19	0.00	-13.9	23.4	7.82	7.81	7.67	1199	-1.1	N 4594	-0.9	
N 4861	125902.0+345137	7.48	90	45	0.06	-16.5	24.2	8.86	9.24	8.59	861	0.3	N 4631	0.4	1.28
KK176	125956.3-192447	3.01	64	15	0.00	-12.9	25.8	7.39	7.90	7.76	618	-1.0	N 4594	-0.6	-0.23
UGCA319	130214.4-171415	2.84	53	51	0.05	-14.6	23.9	8.22	8.94	7.97	555	2.2	DDO161	2.2	-0.03
KK177	130241.9+215951	1.03	28		0.00	-11.0	25.4	7.34				2.3	N 4826	2.3	1.23
DDO161	130316.8-172523	16.77	90	49	0.22	-16.4	26.0	8.91	9.67	8.99	545	1.5	UGCA319	1.5	-0.24
ESO269-037	130333.6-463503	1.36	47	3	0.00	-12.0	25.0	7.05	6.27	5.60	481	1.1	N 4945	1.4	1.91
KK180	130429.9+174532	1.15	55		0.00	-11.0	25.6	7.36				0.9	N 4826	1.0	1.23
KK182	130502.9-400458	1.65	62	12	0.00	-12.9	24.5	7.46	7.47	7.62	364	-0.6	N 5236	-0.3	-1.18
N 4945	130526.1-492816	34.38	86	169	1.16	-20.5	23.5	10.74	11.05	8.79	299	0.9	N 5128	1.0	1.70
KDG218	130544.0-074520	2.73	51		0.00	-11.9	26.6	7.71		< 6.61		-1.0	N 5236	-0.7	
IC 4182	130549.3+373621	9.12	23	31	0.00	-16.4	24.7	8.77	9.01	8.36	357	0.9	N 4736	0.9	1.50
DDO165	130626.8+674215	5.40	68	20	0.00	-15.1	24.9	8.18	8.41	8.04	196	-0.2	N 4236	0.1	0.44
MCG -03-34-002	130756.6-164121	2.99	59	28	0.00	-15.0	23.6	8.10	8.44	7.72	765	-0.5	N 4594	-0.4	-0.18
U 8215	130803.6+464941	1.12	52	3	0.00	-12.3	24.3	7.17	6.16	7.27	304	0.5	N 4736	0.5	1.42
U 8245	130834.2+785613	1.23	90		0.00		24.9				145	-0.8	M 81	-0.3	-2.55
MCG -04-31-038	130936.6-270826	2.45	55	31	0.00	-14.7	23.6	8.79	8.43	7.98	461	-1.1	N 4594	-0.9	
ESO269-058	131032.9-465927	5.60	62	30	0.00	-15.1	25.0	8.87	8.77	7.38	140	2.1	N 4945	2.2	1.91
KKs 53	131114.2-385422	0.93	36		0.00	-10.9	25.3	7.30		< 6.32		1.3	N 5128	1.4	1.92
N 5023	131211.9+440219	12.97	90	78	0.73	-17.1	24.8	9.08	9.96	8.65	476	-0.6	N 5195	-0.1	-1.28
KK189	131245.0-414955	0.84	62		0.00	-10.9	25.1	7.30		< 5.22		0.9	N 5128	1.0	1.91
CGCG 217-018	131251.8+403235	2.42	55		0.00	-14.7	23.5	8.12			608	0.5	N 5055	0.6	1.77
KKH82	131258.7+414712	2.70	42		0.00		25.3				588	0.1	N 5055	0.5	2.12
ESO269-066	131309.2-445324	2.58	34		0.00	-13.7	24.7	8.44		< 4.94	528	2.0	N 5128	2.1	1.92
N 5011C	131311.9-431556	1.35	56		0.00	-14.1	22.9	7.95		< 7.12	394	2.0	N 5128	2.0	1.92

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{\text{holm}}$	$\log \mathfrak{M}_{\text{HI}}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
DDO167	131322.8+461911	1.32	67	3	0.00	-12.7	24.2	7.18	6.05	7.19	230	0.1	N 4736	0.4	1.42
KK191	131339.7+420239	0.74	18		0.00	-10.8	24.9	6.55		< 6.21		-0.8	N 4736	-0.3	0.74
DDO168	131428.6+455510	4.79	90	25	0.00	-15.3	24.4	8.14	8.55	8.35	270	0.3	N 4736	0.4	1.42
DDO169NW	131520.1+473237	0.94	51	11	0.00	-10.2	26.0	6.31	7.14	6.97	328	0.0	N 4736	0.3	1.42
DDO169	131530.7+472947	3.65	90	20	0.00	-13.8	25.3	7.73	8.22	7.75	348	0.2	N 4736	0.4	1.42
KK193	131531.2+413005	1.47	27		0.00	-11.1	26.0	6.70				2.7	N 5055	2.7	1.74
N 5055	131549.3+420145	42.22	58	211	0.45	-21.0	23.5	10.99	11.34	9.62	562	-0.1	N 5194	0.1	-0.86
CGCG 189-050	131704.9+375709	1.25	45		0.00		23.8				368	0.2	N 4736	0.3	1.41
KK194	131719.5+442348	1.82	64		0.00	-12.5	25.1	7.24				-0.1	N 5055	0.1	
N 5068	131855.3-210221	17.33	29	66	0.03	-18.6	23.9	9.78	9.94	8.87	469	-0.1	N 5236	-0.1	-0.85
AGC732602	132104.8+240836	1.26	83	6	0.00	-12.2	24.6	7.14	6.72	7.00	908	-1.0	N 4631	-0.7	-1.95
KK195	132108.2-313147	1.11	78	3	0.00	-11.8	24.8	6.96	5.93	7.56	345	0.9	N 5236	0.9	1.62
KKs 54	132132.4-315311	0.93	54		0.00	-10.5	25.7	6.44		< 5.78		0.9	N 5236	1.0	1.62
KK196	132147.1-450348	1.08	45		0.00	-12.2	24.3	7.14		< 6.29	490	1.6	N 5128	1.7	1.91
N 5102	132157.8-363747	13.44	90	91	0.46	-18.1	23.9	9.63	10.11	8.40	227	0.8	N 5128	0.9	1.90
KK197	132201.8-423208	2.15	48		0.00	-12.9	25.1	8.12		< 5.47		2.6	N 5128	2.6	1.92
KKs 55	132212.4-424351	1.09	34		0.00	-10.1	26.4	7.00		< 6.32		2.0	N 5128	2.1	1.92
KK198	132256.1-333422	0.73	41		0.00	-11.0	24.7	7.34		< 5.82		0.8	N 5236	0.8	1.62
AM1320-230	132329.9-232335	1.00	77		0.00	-11.1	25.2	7.41		< 5.78		0.4	N 5236	0.5	1.65
KK200	132436.0-305820	1.55	60	3	0.00	-12.0	25.3	7.29	6.18	6.84	271	1.2	N 5236	1.2	1.62
N 5128	132528.9-430060	42.65	45	318	0.25	-20.8	23.7	10.91	11.70	8.46	310	0.7	N 4945	1.0	1.57
IC 4247	132644.4-302145	2.45	90	11	0.00	-14.3	23.9	8.21	7.53	7.56	200	2.0	N 5236	2.0	1.65
KK203	132728.1-452109	0.58	9		0.00	-10.5	24.6	6.46		< 6.32		2.0	N 5128	2.1	1.92
ESO324-024	132737.4-412850	3.93	44	50	0.04	-15.5	23.8	8.33	9.06	8.16	272	2.9	N 5128	2.9	1.92
CVnI	132803.5+333321	0.93	70		0.00	-7.9	28.3	6.10		< 4.50	62	1.5	Milky Way	1.6	1.74
LV J1328+4937	132831.2+493738	1.03	67		0.00	-12.3	24.1	7.16			497	0.9	N 5194	1.1	1.87
PGC170257	132921.0-211045	1.93	47	28	0.00	-14.2	23.5	7.92	8.26	7.16	457	-0.9	N 5236	-0.6	-1.86
N 5204	132936.4+582504	6.88	54	62	0.11	-16.8	23.7	8.85	9.49	8.60	339	-0.9	N 4736	-0.4	-0.70
N 5194	132952.7+471404	39.25	53	96	0.21	-21.4	22.9	10.97	10.62	9.32	538	0.0	N 5195	0.4	1.34
N 5195	132958.7+471605	15.79	25	171	0.06	-19.2	23.1	10.59	10.73	8.14	548	0.4	N 5194	0.5	1.72
U 8508	133044.4+545436	1.66	63	21	0.00	-13.1	24.3	7.55	7.93	7.30	181	-0.8	M 81	-0.5	-0.88
AGC238890	133230.3+250725	1.64	59	3	0.00	-12.6	24.8	7.30	6.21	6.58	356	-1.2	N 4631	-0.8	-2.11
UGCA361	133236.2+494949	2.24	63		0.00	-12.8	25.2	8.09				0.8	N 5194	1.0	1.87
N 5206	133343.9-480904	4.35	37		0.00	-16.6	22.9	9.02		< 6.61	334	1.0	N 5128	1.3	1.91
N 5229	133402.9+475455	7.39	90	55	0.33	-15.6	25.1	8.47	9.41	8.47	456	1.1	N 5194	1.4	1.87

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{\text{holm}}$	$\log \mathfrak{M}_{\text{HI}}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
N 5238	133442.7+513650	2.75	39	24	0.00	-14.8	23.7	8.02	8.28	7.42	342	-0.4	N 4736	-0.2	-0.26
ESO270-017	133447.3-453251	16.92	90	64	0.50	-17.1	25.4	9.18	9.91	8.60	583	1.8	N 5128	1.8	1.91
UGCA365	133630.8-291411	2.46	87	9	0.00	-13.3	24.9	7.70	7.38	7.26	367	1.3	N 5236	1.3	1.65
KK208	133635.5-293415	8.19	90		0.00	-14.2	26.6	8.65		< 6.63		1.7	N 5236	1.7	1.61
MCG +08-25-028	133644.8+443557	2.13	70		0.00		24.3				565	0.8	N 5195	1.0	1.87
N 5236	133700.1-295204	28.19	28	254	0.10	-20.6	22.9	10.86	11.32	10.00	307	-0.5	KK208	0.0	-0.01
HIDEEP J1337-33	133700.6-332147	0.26	20	7	0.00	-11.1	22.3	6.70	6.21	6.67	371	0.5	N 5236	0.7	1.95
ESO444-084	133720.2-280246	1.91	45	34	0.00	-13.6	24.2	7.61	8.40	7.90	380	1.3	N 5236	1.4	1.62
HIPASS J1337-39	133725.1-395352	0.78	38	22	0.00	-12.2	23.5	7.17	7.65	7.56	258	0.1	N 5236	0.3	1.62
N 5237	133738.9-425051	2.14	37	56	0.03	-14.9	23.1	8.45	8.89	7.50	122	1.2	N 5128	1.3	1.92
U 8638	133919.4+244633	2.05	55	11	0.00	-13.7	24.1	7.96	7.50	7.08	275	-0.2	N 4826	-0.1	1.23
DDO181	133953.8+404421	2.06	65	16	0.00	-13.2	24.7	7.53	7.81	7.33	284	-1.1	N 4736	-0.6	-0.09
N 5253	133955.8-313824	7.27	69	31	0.00	-17.1	23.5	9.11	8.91	7.94	193	0.3	N 5128	0.6	1.70
IC 4316	134018.1-285340	2.71	59	3	0.00	-13.9	24.6	8.22	6.43	7.05	369	0.7	N 5236	0.9	1.62
N 5264	134137.0-295450	4.69	54	15	0.00	-15.9	23.8	8.83	8.10	7.65	269	1.1	N 5236	1.2	1.62
KKs 57	134138.1-423455	0.70	36		0.00	-10.3	25.3	7.06		< 6.40		1.7	N 5128	1.7	1.92
KK211	134205.6-451218	1.41	34		0.00	-11.9	25.1	7.72		< 5.76	360	1.6	N 5128	1.8	1.92
LV J1342+4840	134220.1+484057	1.68	53		0.00		24.3				543	0.8	N 5195	1.0	1.80
DDO182	134232.6+393930	3.40	48	19	0.00	-14.1	24.9	7.89	8.16	8.03	730	0.2	N 5055	0.4	1.74
KK213	134335.8-434609	0.56	90		0.00	-10.2	24.8	7.04		< 6.33		1.8	N 5128	1.8	1.92
ESO325-011	134500.8-415132	3.30	75	26	0.00	-14.0	24.9	7.86	8.40	7.87	311	1.1	N 5128	1.2	1.92
KKs 58	134600.8-361944	1.04	58		0.00	-10.6	25.8	7.21		< 5.56		0.8	N 5128	1.1	1.92
KK217	134617.2-454105	0.83	41		0.00	-10.9	25.0	7.30		< 5.14		1.4	N 5128	1.5	1.92
KK218	134639.5-295845	1.14	90		0.00	-11.0	25.6	7.34		< 5.30		1.2	N 5236	1.4	1.62
ESO174-001	134757.7-532104	3.94	83	31	0.00	-15.7	23.6	7.90	8.64	8.17	438	0.6	N 4945	0.8	1.90
CenN	134809.2-473354	0.96	48		0.00	-10.9	25.3	7.32		< 6.34		1.1	N 5128	1.3	1.91
HIPASS J1348-37	134833.9-375803	0.83	41	23	0.00	-11.5	24.4	6.88	7.69	7.29	359	-0.3	N 5236	-0.1	-1.45
KK221	134846.4-465949	1.96	55		0.00	-11.3	26.5	6.77		< 6.41	268	1.0	N 5128	1.1	1.91
ESO383-087	134918.8-360341	5.98	37	18	0.00	-17.0	23.2	9.12	8.36	7.88	108	0.6	N 5128	0.8	1.71
DDO183	135051.1+380116	2.18	90	8	0.00	-13.2	24.8	7.52	7.17	7.31	254	-1.0	N 4736	-0.6	-0.83
HIPASS J1351-47	135122.0-470000	1.05	62	17	0.00	-11.9	24.5	7.01	7.53	7.42	291	-0.9	N 5236	-0.4	-1.08
KDG229	135341.6+600304	1.96	65		0.00	-13.1	24.7	7.48				-0.1	M 101	0.0	1.60
KKH86	135433.6+041435	0.65	51	3	0.00	-10.3	25.1	6.51	5.89	5.91	209	-1.4	N 5128	-0.9	-2.01
HolmIV	135445.1+535417	8.25	74	35	0.00	-15.6	25.3	8.61	9.08	8.35	272	1.8	M 101	1.8	1.61
U 8833	135448.7+355015	1.06	30	14	0.00	-12.2	24.2	7.37	7.36	7.00	280	-1.1	N 4736	-0.6	-0.82

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{\text{holm}}$	$\log \mathfrak{M}_{\text{HI}}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
LV J1354+5438	135450.6+543850				0.00					7.15	345	2.2	M 101	2.2	1.61
KK227	135610.1+401812	2.06	42		0.00	-12.5	25.3	7.97				-0.6	N 5055	-0.4	-0.63
ESO384-016	135701.6-352002	1.83	53	3	0.00	-13.5	24.1	7.83	6.32	6.70	350	0.4	N 5236	0.5	1.62
BootesIII	135707.4+264630	0.77	64		0.00	-5.9	29.9	5.29			219	3.6	Milky Way	3.6	1.74
U 8882	135714.6+540603	2.58	49		0.00	-13.9	24.5	7.67			482	0.0	M 101	0.3	1.60
BootesII	135760.0+125000	0.08	51		0.00	-1.9	29.0	3.70		< 1.62	-156	3.8	Milky Way	3.8	1.74
BootesI	140000.0+143000	0.38	64		0.00	-5.5	28.7	5.15		< 2.01	69	3.2	Milky Way	3.2	1.74
N 5398	140122.2-330352	8.65	60	49	0.07	-17.1	23.9	9.00	9.38	8.46	1017	-1.6	N 4594	-1.2	
M 101	140312.8+542102	65.20	22	171	0.05	-21.1	24.3	10.85	11.35	9.91	378	0.4	N 5474	0.5	0.19
N 5408	140321.5-412235	4.06	87	30	0.00	-16.5	22.8	8.49	8.64	8.39	281	-0.2	N 5236	0.2	-1.03
N 5474	140502.1+533947	10.09	26	34	0.00	-17.9	23.5	9.23	9.12	9.04	424	2.0	M 101	2.0	1.60
N 5477	140533.1+542739	4.57	46	31	0.00	-15.3	24.3	8.37	8.71	8.71	451	1.4	M 101	1.4	1.61
KK230	140710.7+350337	0.47	38	4	0.00	-9.2	25.5	6.15	5.96	6.32	127	-1.3	M 81	-0.8	-1.07
CIRCINUS	141309.3-652021	20.28	69	121	0.46	-20.7	22.2	10.60	10.54	9.30	189	-0.6	N 4945	-0.3	
KKH87	141509.4+570515	2.28	90	14	0.00	-13.2	24.9	7.55	7.71	7.79	473	0.9	M 101	1.0	1.61
DDO187	141556.5+230319	1.10	46	13	0.00	-12.4	24.1	7.02	7.33	7.06	180	-1.4	Milky Way	-0.8	-2.19
KKR08	141914.8+030726	1.35	41		0.00	-11.7	25.3	7.62		< 7.02		-1.6	N 4594	-1.3	
N 5585	141948.3+564349	9.74	51	81	0.16	-17.8	23.4	9.03	9.87	8.82	457	-0.8	M 101	-0.5	
DDO190	142443.5+443133	1.92	30	36	0.00	-14.1	23.6	7.90	8.47	7.50	263	-1.2	M 81	-0.7	-0.85
PGC051659	142803.7-461806	2.11	90	19	0.00	-13.1	24.8	7.50	7.94	7.78	177	0.3	N 5128	0.5	1.92
CenA-dE5	143005.0-332845	1.44	64		0.00	-11.7	25.4	6.92		< 6.16		-1.8	N 4594	-1.4	
ESO222-010	143503.0-492518	0.91	81	19	0.00	-13.6	22.5	7.69	7.58	7.78	403	-1.2	N 5128	-0.6	-0.02
DDO194	143524.6+571524	4.83	71	40	0.01	-15.1	24.7	8.37	8.94	8.11	381	-0.1	M 101	0.0	1.60
MRK0475	143905.4+364822	1.19	47	14	0.00	-13.5	23.2	7.64	7.44	6.48	677	-1.2	N 5055	-0.8	
HIPASS J1441-62	144142.7-624602	1.79	57	26	0.00		23.5		8.15	7.54	440	-1.2	CIRCINUS	-0.8	
ESO272-025	144325.5-444219	3.06	72	17	0.00		24.0		8.04	7.09	429	-1.1	N 5236	-0.6	-0.03
ESO273-014	145830.3-474155	14.39	44	118	0.17	-18.6	23.5	9.44	10.36	9.61	851	-2.0	N 5643	-1.6	
ESO223-009	150108.5-481733	6.30	26	61	0.02	-16.4	23.9	9.20	9.43	8.81	389	-1.5	N 5236	-1.0	-1.07
U 9660	150109.3+444153	2.56	74	30	0.00	-15.1	23.3	8.36	8.42	7.90	745	-0.8	M 101	-0.5	
UMin	150911.3+671252	0.53	90		0.00	-7.1	27.8	5.80		< 4.52	-52	3.2	Milky Way	3.2	1.74
ESO274-001	151413.5-464845	14.06	90	74	0.71	-17.6	24.5	9.01	9.96	8.41	337	-0.4	N 5128	-0.1	-1.23
HIPASS J1526-51	152622.9-511031				0.00					7.67	415	-1.3	N 5128	-0.7	-0.02
U 9992	154147.8+671515	3.58	61	23	0.00	-14.1	25.0	7.88	8.35	8.02	638	-1.2	M 101	-0.9	
KKR25	161347.6+542216	0.59	63		0.00	-9.4	25.8	6.71		< 4.91	128	-1.0	M 31	-0.6	-2.22
ESO137-018	162059.3-602915	7.76	73	63	0.24	-18.1	22.7	9.62	9.55	8.66	418	-1.6	CIRCINUS	-1.1	

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{holm}$	$\log \mathfrak{M}_{HI}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
Hercules	163102.0+124730	0.60	90		0.00	-6.1	29.1	5.39		< 2.72	141	2.1	Milky Way	2.2	1.74
KDG235	170025.3+701724	4.07	40	12	0.00	-13.5	25.9	7.64	7.85	7.87	687	-1.0	U 10736	-0.9	-0.41
Draco	172001.4+575434	0.84	59		0.00	-8.7	27.2	6.45		< 2.19	-51	2.9	Milky Way	2.9	1.74
Milky Way	174540.0-290028				0.00					9.47	-65	2.8	Sag dSph	2.9	1.55
IC 4662	174706.3-643825	2.09	65	41	0.02	-15.5	22.4	8.69	8.62	8.20	139	-1.3	N 5128	-0.7	
N 6503	174927.6+700841	10.72	73	91	0.43	-18.3	23.1	9.86	10.01	8.71	309	-1.1	N 6946	-0.8	-1.69
IC 4710	182838.0-665856	9.23	39	29	0.00		23.8		8.96	8.66	580	0.1	N 6744	0.2	1.68
N 6684	184857.9-651024	10.45	55	49	0.05	-18.7	22.7	10.38	9.47	7.41	720	0.6	N 6744	0.6	1.55
Sag dSph	185503.1-302842	3.08	90		0.00	-12.7	26.1	8.02		< 1.99	159	5.3	Milky Way	5.3	1.74
ESO104-022	185541.2-644839	3.07	55	17	0.00	-13.9	24.9	7.80	8.03	8.28	654	-0.8	N 6744	-0.7	-1.05
KKs 70	190658.9-635757	1.37	39		0.00	-12.1	24.9	7.09				3.8	N 6744	3.8	1.69
U 11411	190842.3+701702	1.20	52		0.00		23.4				345	-0.8	N 6503	-0.5	0.60
KKs 71	190844.0-634353	4.41	90		0.00	-14.7	24.8	8.13				4.7	N 6744	4.7	1.69
N 6744	190945.9-635128	52.75	51	191	0.33	-21.0	24.0	10.79	11.35	10.19	706	2.0	KKs 71	2.0	1.17
ESO104-044	191123.1-641309	4.37	58	36	0.00	-14.8	24.7	8.17	8.81	8.33	614	3.5	N 6744	3.5	1.69
KKs 72	191222.9-635122	1.36	47		0.00	-11.9	25.1	7.00				4.0	N 6744	4.0	1.69
N 6789	191641.8+635822	1.58	45		0.00	-14.3	23.0	7.96		< 6.49	145	-1.3	M 81	-0.8	
Sag dIr	192959.0-174041	0.97	50	9	0.00	-11.5	24.7	6.51	6.98	6.94	21	-0.5	Milky Way	-0.2	-0.89
IC 4870	193737.6-654843	4.01	66	37	0.00	-15.3	24.0	8.21	8.80	8.49	740	-0.3	N 6744	-0.2	-1.46
N 6822	194457.7-144811	3.44	33	64	0.03	-15.2	23.7	8.34	9.22	8.15	64	0.5	Milky Way	0.6	1.73
LV J1952+1428	195211.8+142824	0.79	24	17	0.00		22.3		7.44	7.05	521	-2.4	N 6946	-1.9	
KK246	200357.4-314054	2.65	87	22	0.00	-13.7	24.7	7.82	8.17	8.07	478	-2.2	N 6744	-1.8	
IC 4951	200931.8-615102	8.94	83	53	0.25	-16.4	24.7	8.92	9.47	8.75	701	-1.0	N 6744	-0.8	-0.66
U 11583	203015.3+602625	4.71	90	42	0.04	-14.3	25.4	7.98	8.98	8.27	429	3.3	N 6946	3.5	1.54
KK251	203032.0+602113	3.48	72	23	0.00	-13.6	25.4	7.70	8.32	8.05	433	3.5	N 6946	3.6	1.54
KK252	203132.6+604848	2.33	9	45	0.00	-14.1	24.0	7.89	8.73	7.04	441	3.1	N 6946	3.1	1.54
N 6946	203451.1+600915	34.68	32	138	0.10	-20.8	23.2	10.76	10.89	9.88	355	0.6	U 11583	1.0	0.41
KKR55	204520.8+602440	1.92	55	17	0.00	-14.8	22.9	8.17	7.79	7.63	337	2.4	N 6946	2.4	1.54
DDO210	204651.8-125053	0.73	72	3	0.00	-11.1	24.6	6.75	5.77	6.42	11	-0.3	Milky Way	0.0	1.35
KKR56	204824.1+583706	2.35	58	3	0.00	-14.4	23.8	8.01	6.38	7.64	264	1.7	N 6946	1.7	1.54
Cepheus1	205109.7+565324	12.32	61	45	0.04	-17.6	24.2	9.39	9.46	9.05	342	0.9	N 6946	1.0	1.52
IC 5052	205206.2-691214	13.81	90	76	0.63	-18.1	23.9	9.35	9.97	8.89	440	-1.5	N 6744	-1.1	
KKR59	210324.2+571714	8.87	53	34	0.00	-17.0	24.0	9.16	9.07		307	1.7	KKR60	1.8	1.53
KKR60	210553.0+571219	3.22	52		0.00	-15.4	23.4	8.42			296	2.5	KKR59	2.5	1.53
Segue 3	212131.0+190702	0.01	58		0.00	-0.6	24.9	3.19				5.0	Milky Way	5.0	1.74

Таблица А.2: Физические параметры (продолжение)

name	J2000.0	$A_{26}$	$i$	$V_{\max}$	$AB_i$	$M_B$	SB	$\log L_K$	$\log M_{\text{holm}}$	$\log \mathfrak{M}_{\text{HI}}$	$VLG$	$\Theta^1$	$MD$	$\Theta^5$	$\Theta^j$
N 7090	213628.6–543326	19.03	89	91	0.69	–18.6	24.1	9.73	10.26	8.96	784	–1.6	N 6744	–1.3	
IC 5152	220241.9–511743	4.07	60	43	0.02	–15.6	23.8	8.72	8.94	8.02	73	–1.3	N 253	–0.7	0.24
IC 5201	222057.4–460203	21.85	64	95	0.33	–18.8	24.2	10.01	10.36	9.23	893	0.0	AM2220-460	0.0	–1.64
ESO238–005	222230.1–482418	6.98	57	43	0.02	–14.8	25.7	8.19	9.18	8.33	671	–1.0	IC 5201	–0.9	
AM2220–460	222343.0–455256	2.30	27	46	0.01	–13.4	24.7	7.62	8.76	7.45	822	2.4	IC 5201	2.4	0.76
And XXVIII	223241.2+311258	0.34	56		0.00	–7.7	26.3	6.04				1.1	M 31	1.2	1.74
KK258	224043.9–304759	0.98	90		0.00	–10.3	26.0	7.06		< 5.65		–1.1	N 253	–0.5	0.31
Tucana	224149.0–642512	0.73	90		0.00	–9.2	26.5	6.62		< 4.18	73	–0.2	Milky Way	0.0	1.35
PiscesII	225831.0+055709	0.10	59		0.00	–4.4	27.0	4.70				1.8	Milky Way	1.9	1.74
N 7462	230247.2–405006	15.20	90	80	0.61	–18.2	24.1	9.48	10.06	8.81	1056	–1.9	IC 5201	–1.6	
ApplesI	231503.3–423222	0.24	54		0.00	–8.3	25.0	6.25			661	–1.5	N 7713	–1.0	
N 7640	232206.6+405044	24.98	90	107	0.80	–19.2	24.1	9.71	10.52	9.51	668	0.9	U 12588	0.9	–0.48
U 12588	232442.4+412053	4.87	35	68	0.05	–16.1	23.7	8.78	9.41	8.16	723	1.8	N 7640	1.8	0.46
UGCA438	232627.5–322326	1.36	41	19	0.00	–12.9	24.1	7.57	7.74	7.23	99	–0.4	N 55	–0.2	0.55
Cas dSph	232631.8+504032	0.89	36		0.00	–11.7	24.4	7.62		< 5.60	–5	1.7	M 31	1.8	1.74
ESO347–017	232656.1–372049	4.10	72	31	0.00	–14.8	24.6	8.37	8.67	8.15	701	0.1	IC 5332	0.3	0.59
Pegasus	232834.1+144448	1.26	68	3	0.00	–11.5	25.3	7.13	6.03	6.53	60	0.9	M 31	1.0	1.74
DDO217	232958.7+405925	16.80	35	88	0.08	–17.8	24.6	9.47	10.18	9.01	720	–2.0	N 7640	–1.5	
IC 5332	233427.5–360606	19.05	30	89	0.05	–18.6	24.1	9.62	10.24	9.18	716	0.2	N 7713	0.3	0.22
LV J2335–3713	233504.1–371314	1.30	65	9	0.00	–12.9	24.0	7.41	7.06	7.21	623	1.4	N 7713	1.6	0.60
N 7713	233615.0–375620	15.03	68	86	0.34	–18.4	23.8	9.43	10.11	8.74	696	0.4	IC 5332	0.5	0.39
U 12713	233814.5+304233	6.49	63	46	0.06	–16.0	24.4	8.90	9.21	8.42	574	–1.7	N 7331	–1.4	
UGCA442	234346.0–315733	7.35	90	41	0.04	–14.7	26.0	8.01	9.16	8.20	300	–0.1	N 7793	0.2	0.51
KKH98	234534.0+384304	0.82	67	3	0.00	–10.8	25.1	6.58	5.85	6.45	156	–0.9	Maffei2	–0.4	
ESO348–009	234923.4–374625	7.45	90	37	0.00	–15.6	25.1	8.47	9.07	8.64	647	–2.4	N 7424	–1.9	
Peg dSph	235146.4+243510	1.00	73		0.00	–10.7	25.7	7.22		< 4.21	–84	1.4	M 31	1.5	1.74
ESO149–003	235202.8–523439	4.27	90	20	0.00	–13.9	25.6	7.80	8.28	7.75	498	–1.4	N 253	–1.2	
And XXI	235447.7+422815	1.53	45		0.00	–9.3	28.0	6.66			–73	2.2	M 31	2.2	1.74
N 7793	235749.4–323524	16.09	48	101	0.18	–18.5	23.8	9.76	10.28	8.77	250	0.2	N 253	0.2	1.78
And XXIX	235855.6+304520	0.59	60		0.00	–7.5	27.7	5.96				2.0	M 31	2.0	1.74

# Приложение В

## Каталоги групп

### В.1 509 близких пар галактик

Выделенные нашим критерием двойные галактики представлены в Таблице В.1. Первая колонка содержит номер пары в каталоге. Во второй колонке указано имя галактики, или её номер в известных каталогах: NGC, IC, UGC, CGCG, ESO, PGC, DDO или в обзорах неба 2MASS, 6dF, APMUKS, SDSS, IRAS и др., как они обозначены в NED. При этом координатную часть имени галактики в обзорах мы опускали для экономии места. Третья колонка содержит координаты галактик на эпоху 2000.0. Менее яркий компонент пары следует за главным компонентом. Пары в каталоге упорядочены по прямому восхождению главного компонента. Колонка (4) указывает лучевую скорость галактики в  $\text{км с}^{-1}$  относительно центра Местной группы и (5) — ошибку измерения скорости. Колонки (6) и (7) содержат морфологический тип в цифровом коде и видимую звёздную величину в  $K_s$ -полосе, исправленную за галактическое поглощение по Schlegel et al. (1998). Восьмая колонка содержит проекционное расстояние между галактиками в кпк. В девятой колонке указан логарифм суммарной светимости пары в  $K_s$ -фильтре. Десятый и одиннадцатый столбцы представляют отношение орбитальной массы к светимости, без коррекции и с коррекцией за ошибки измерения скоростей, соответственно. Масса определялась выражением (Heisler et al. 1985)

$$\mathfrak{M}_p = \frac{16}{G\pi} \Delta V^2 R_{\perp}, \quad (\text{В.1})$$

через разность лучевых скоростей компонентов и проекцию на небе их линейного взаимного расстояния. Расстояние до центра пары выражалось через среднюю лу-

чевую скорость относительно центра Местной группы при  $H = 73 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ . В колонке (12) приведён логарифм наименьшего значения критериев (4.3) и (4.4) для данной пары по отношению к окружающим галактикам. Рост этой величины соответствует увеличению степени изолированности данной пары. Близость к нулю означает, что пара находится на пороге образования более крупной структуры (“захвата” нового члена или “присоединения” к другим группам). При вычислении суммарной светимости пары мы принимали абсолютную величину Солнца  $K_s = 3.28^m$  (Binney and Merrifield 1998). Отрицательные несмещённые оценки орбитальной массы для пар, у которых разность лучевых скоростей меньше ошибки её измерения, в таблице опущены.

Таблица В.1: Каталог пар галактик в Местном сверхскоплении и его окрестностях

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	$K$	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$	
(1)	(2)	(3)	km s <sup>-1</sup>	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1	NGC7820	J000430.8+051201	3252	39	1	9.60	507	10.81	30.9	25.6	0.30	
	UGC00027	J000428.8+055050	3310	5	6	12.25						
2	6dF...	J000432.0-220503	3154	74	10	13.05	217	9.55	320.8		1.41	
	ESO538-021	J000545.9-220442	3220	10	6	13.80						
3	UGC00132	J001400.9+125746	1896	9	8	12.85	72	9.08	15.1	5.7	0.78	
	PGC138138	J001354.2+124827	1910	5	10	14.70						
4	ESO078-022	J002056.8-635126	1632	20	4	11.18	226	9.64	37.5		0.88	
	6dF...	J001636.1-641138	1608	74	9	12.50						
5	UGC00260	J002702.9+113502	2337	5	6	10.33	23	10.21	5.8	3.4	1.67	
	CGCG...	J002653.2+113424	2277	20	5	13.18						
6	ESO079-003	J003202.2-641512	2474	13	3	9.01	83	10.82	32.4	28.3	1.85	
	ESO079-002	J003201.1-642325	2622	27	7	12.02						
7	UGC00320	J003230.9+023427	2541	5	6	12.88	144	9.29	4.4		2.14	
	APMUKS...	J003145.4+024253	2548	20	9	15.44						
8	NGC0148	J003415.5-314710	1842	17	-2	9.05	232	10.63	5.4		0.25	
	IC1554	J003307.4-321530	1814	43	-1	10.14						
9	NGC0255	J004747.3-112807	1694	15	4	9.66	174	10.23	5.8	3.6	0.81	
	DDO005	J004603.4-113020	1716	5	9	11.94						
10	NGC0357	J010321.9-062021	2515	16	0	8.43	269	11.02	1.0	0.6	0.93	
	MCG...	J010508.6-061646	2533	5	9	12.97						
11	NGC0424	J011127.7-380500	3455	7	0	9.12	372	11.17	5.1		0.74	
	NGC0438	J011334.2-375406	3414	26	3	9.99						
12	NGC0428	J011255.7+005854	1287	5	9	9.37	65	10.07	0.5		1.99	
	UGC00772	J011339.4+005228	1296	6	10	13.63						
13	NGC0473	J011955.1+163241	2317	5	0	9.53	138	10.51	5.5	4.7	0.92	
	LSBC...	J011947.4+164725	2350	6	10	15.65						
14	UGC00903	J012147.8+173533	2697	7	4	9.38	355	10.70	1.4	0.6	0.40	
	UGC00883	J012101.0+170424	2684	5	10	13.63						
15	UGC00964	J012435.1+074316	2884	6	3	11.89	220	9.89	41.7	34.9	0.41	
	VV730...	J012319.3+074747	2849	8	10	12.88						
16	LSBC...	J013029.0+024955	2240	10	5	13.57	60	9.09	9.1		0.11	
	UGC01075	J013002.5+025109	2227	6	8	13.93						

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
17	NGC0578	J013029.1–224002	1645	5	5	8.58	44	10.57	9.3		0.47
	2MASX...	J013011.9–224545	1563	74	4	12.80					
18	NGC0573	J013049.3+411526	3028	5	5	11.07	235	10.26	4.9	3.4	1.94
	UGC01070	J012959.9+405826	3046	5	6	12.12					
19	UGC01102...	J013229.6+043607	2092	29	6	11.30	30	9.74	6.9		0.06
	UGC01105	J013239.9+043830	2125	43	10	14.26					
20	NGC0613	J013418.2–292506	1470	8	4	7.02	503	11.12	4.3	3.3	0.68
	ESO413–007	J012759.3–290512	1501	8	–1	12.73					
21	NGC0632	J013717.5+055240	3301	12	–2	10.08	496	10.58	113.2		0.38
	UGC01137	J013512.8+053022	3216	75	10	15.22					
22	NGC0645	J014008.7+054336	3441	5	3	10.15	112	10.66	8.1	6.7	0.49
	UGC01172	J013938.5+054658	3389	12	8	12.13					
23	NGC0676	J014857.3+055427	1630	6	1	9.04	180	10.68	14.1	13.5	0.39
	NGC0693	J015030.9+060843	1686	6	0	9.21					
24	NGC0723	J015345.7–234528	1486	5	4	10.30	227	9.81	26.1	9.9	1.30
	ESO477–012	J015345.7–230650	1460	10	10	14.27					
25	NGC0779	J015942.3–055747	1461	5	3	8.09	421	10.68	13.6	12.6	1.30
	UGCA024	J020431.4–061156	1425	5	9	12.35					
26	NGC0821	J020821.1+105942	1862	18	–5	7.86	537	10.98	0.0		0.91
	kkh008	J021227.4+101959	1861	5	10	13.83					
27	NGC0851	J021112.1+034647	3208	38	–1	11.02	59	10.43	62.3	53.0	1.18
	IC0211	J021108.0+035109	3363	23	6	11.47					
28	NGC0853	J021141.2–091822	1615	34	9	10.44	243	9.86	3.5		1.01
	MRK1025	J020959.7–085011	1624	14	9	13.15					
29	NGC0865	J021615.1+283559	3175	8	5	10.22	304	10.51	0.3		2.47
	UGC01753	J021631.8+281213	3170	6	10	14.17					
30	NGC0895	J022136.5–053117	2338	5	6	9.40	22	10.59	8.2		0.14
	NGC0895a	J022145.2–053208	2448	75	9	13.86					
31	NGC0922	J022504.4–244717	3052	9	6	10.02	101	10.59	17.3		1.90
	2MASX...	J022430.0–244444	3126	74	4	12.99					
32	NGC0986	J023334.4–390242	1876	36	2	7.77	177	11.04	4.9		1.05
	ESO299–011	J023534.7–390131	1926	74	5	12.54					
33	IC0239	J023627.9+385812	1096	5	6	8.75	238	10.16	0.1		0.47
	NGC1023C	J024039.6+392247	1094	5	10	14.74					
34	NGC1090	J024633.9–001449	2809	5	4	9.19	389	10.80	54.7	43.1	0.54
	UGCA042	J024852.7–002103	2722	20	10	14.03					
35	NGC1140	J025433.6–100140	1508	5	9	10.49	204	9.77	0.0		0.30
	6dF...	J025333.5–103208	1509	74	10	13.54					
36	MCG...	J030031.8–154411	1506	55	7	10.77	143	9.74	0.0		0.63
	2MASX...	J030042.9–160752	1507	29	9	12.11					
37	NGC1172	J030136.1–145012	1645	8	–4	9.19	239	10.36	5.1		0.17
	IRAS...	J030307.5–151932	1625	25	9	12.16					
38	UGC02497	J030207.7+290623	3265	5	8	11.31	297	10.11	6.2		2.94
	UGC02488	J030143.2+284413	3280	8	10	14.46					
39	NGC1196	J030335.2–120435	3371	22	–2	9.60	111	10.90	25.4	18.5	0.62
	IC0285	J030406.2–120056	3246	35	3	10.87					
40	NGC1201	J030408.0–260411	1609	20	–3	7.67	312	10.95	9.8	9.3	0.26
	ESO480–025	J030350.5–251620	1657	5	9	12.61					
41	LCRS...	J031049.7–414757	1253	74	9	12.92	41	8.76	379.6		0.24
	LCRS...	J031059.2–413940	1186	26	9	13.75					

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
42	NGC1253	J031409.0-024923	1723	6	6	9.23	27	10.42	16.7	16.4	1.23
	NGC1253A	J031423.3-024803	1840	8	9	12.45					
43	2MASX...	J031729.7-080843	2054	26	5	13.05	173	9.25	14.8		1.72
	SDSS...	J031829.0-075331	2065	5	8	13.25					
44	NGC1320	J032448.7-030232	2719	45	1	9.34	17	10.90	0.1		0.30
	NGC1321	J032448.6-030056	2701	30	1	10.01					
45	UGCA071	J032524.7-161416	1827	9	7	11.27	39	9.63	1.4	0.2	0.54
	MCG...	J032512.1-160950	1816	5	10	13.95					
46	ESO548-025	J032900.7-220848	1715	71	1	11.29	84	9.79	5.3		0.17
	NGC1347	J032941.8-221645	1697	9	5	11.53					
47	IC1970	J033631.5-435725	1085	5	3	9.08	103	10.06	1.0		0.23
	ESO249-008	J033718.9-433510	1094	9	9	12.06					
48	NGC1390	J033752.2-190030	1142	12	6	11.52	171	9.20	0.0		0.57
	ESO548-065	J034002.7-192160	1142	34	8	12.87					
49	NGC1412	J034029.4-265144	1686	12	-2	9.63	35	10.20	4.2		0.24
	ESO482-032	J034041.4-264711	1645	22	7	12.66					
50	NGC1416	J034102.9-224309	2077	24	-5	10.53	133	10.05	59.9		0.03
	2MASX...	J034127.1-222823	2143	75	-4	13.42					
51	NGC1421	J034229.3-132917	2033	9	4	8.37	288	11.02	19.7	19.1	0.34
	MCG...	J034256.1-125459	2111	5	5	9.37					
52	NGC1440	J034502.9-181558	1458	27	-2	8.16	373	10.65	1.0		0.12
	ESO549-007	J034411.5-191910	1448	11	9	12.41					
53	IC0334	J034517.1+763818	2762	7	2	7.62	963	11.41	5.2	3.8	0.58
	HFLZ0AG...	J033724.9+751500	2727	9	10	14.11					
54	UGC02906	J040101.0+740502	2837	28	3	8.95	160	10.91	4.6	3.8	0.26
	HFLZ0AG...	J040330.7+741503	2793	9	10	14.76					
55	NGC1527	J040824.1-475349	815	38	-3	7.63	351	10.36	2.0		0.21
	AM0358-465	J035956.4-464705	804	9	5	12.12					
56	NGC1533	J040951.8-560706	582	20	-2	7.62	24	10.01	16.8		0.56
	IC2038	J040853.8-555922	505	52	7	14.10					
57	NGC1559	J041735.8-624701	1072	6	6	8.01	249	10.44	0.8		0.24
	ESO084-015	J042211.8-633640	1064	20	9	12.91					
58	IC2059	J042026.3-314328	2653	27	-2	9.89	458	10.57	25.6	15.5	0.72
	ESO420-015	J041741.9-311730	2611	5	10	11.32					
59	ESO550-024	J042113.6-215046	782	6	7	10.06	121	9.36	0.6		0.82
	ESO550-023	J042012.6-211439	785	9	8	14.63					
60	NGC1530	J042327.1+751744	2676	10	3	8.23	874	11.29	1.1	0.1	0.48
	IC0381	J044428.5+753823	2690	5	4	9.30					
61	NGC1638	J044136.5-014833	3235	29	-2	9.20	285	10.95	10.7	9.8	0.22
	UGC03127	J044025.4-020127	3289	5	7	12.62					
62	MCG...	J044834.4-035202	2690	5	-1	10.25	326	10.55	16.7		0.01
	MCG...	J044822.5-032160	2729	35	4	10.86					
63	UGC03180	J045024.2+084247	3384	33	1	10.47	306	10.69	51.7	16.7	2.16
	UGC03188	J045149.2+085038	3467	35	8	10.92					
64	ESO119-016	J045129.2-613903	739	10	10	12.58	74	8.37	13.9		0.08
	SGC...	J045455.4-613353	745	9	10	14.30					
65	2MASX...	J045500.2-371535	2105	74	-1	12.32	34	9.58	44.0		0.62
	ESO361-019	J045453.7-371918	2170	33	7	12.53					
66	2MASX...	J050016.8+711208	1422	38	4	11.98	23	9.13	0.5		0.31
	UGC03212	J050102.2+711033	1418	6	10	14.73					

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
67	ESO486-021	J050319.7-252523	683	21	3	11.42	14	8.72	8.6		1.01
	ESO486-015	J050300.7-252803	666	75	10	13.72					
68	NGC1784	J050527.1-115218	2192	5	5	8.47	294	10.91	9.3	8.6	0.71
	FGC0523	J050732.0-113906	2239	6	7	11.76					
69	UGCA102	J051048.1-024054	2740	16	3	11.92	51	9.75	15.4		1.91
	IZw 033B	J051045.3-024531	2778	75	10	14.13					
70	ESO362-009	J051159.3-325821	737	5	8	10.40	57	9.18	11.5	7.0	0.30
	ESO362-007	J051028.3-330109	753	5	10	14.65					
71	NGC1924	J052801.9-051839	2423	5	4	9.30	485	10.66	0.2		1.81
	MCG...	J052709.2-060705	2427	74	10	12.36					
72	ESO487-020	J053223.8-251355	1750	74	7	13.19	130	8.93	779.5		0.35
	AM0530-245	J053246.5-245533	1684	74	10	14.16					
73	NGC1954	J053248.3-140346	2973	5	4	9.05	116	11.19	48.5	47.8	0.29
	IC2132	J053228.7-135538	3205	18	1	9.37					
74	MCG...	J053653.2-151215	3087	9	0	9.87	122	10.65	25.0	23.2	0.29
	2MASX...	J053612.6-151438	2999	12	5	12.33					
75	ESO554-027	J054306.1-203117	2839	33	-1	11.38	103	10.13	111.5		1.03
	2MASX...	J054305.9-204014	2950	74	0	12.14					
76	NGC2076	J054646.7-164708	1982	8	-1	8.94	313	10.60	2.4		0.57
	HIPASS...	J054423.6-162652	1966	25	8	13.72					
77	NGC2104	J054704.7-513311	914	10	9	10.56	121	9.34	50.6	38.4	1.13
	NGC2101	J054624.2-520519	942	6	10	13.01					
78	NGC2106	J055046.6-213402	1724	6	-2	9.11	407	10.42	10.5	4.7	0.83
	ESO555-010	J055257.5-204246	1700	9	9	12.91					
79	IC0438	J055300.1-175234	2939	6	5	9.68	91	10.76	0.2		0.05
	IC2151	J055236.4-174714	2930	10	4	11.04					
80	IC2153	J060004.2-335512	2617	15	5	11.25	3	10.15	0.1		0.61
	IC2153...	J060005.4-335505	2599	28	5	11.60					
81	IC0441	J060242.6-122957	2047	5	5	10.74	232	10.20	2.2	0.4	1.68
	MCG...	J060434.9-123729	2058	5	3	10.82					
82	ESO425-014	J061302.7-274347	2718	28	-3	9.38	595	10.75	32.1		1.05
	ESO425-010	J060857.3-274812	2769	56	8	11.92					
83	NGC2211	J061830.4-183214	1784	20	-2	9.36	12	10.39	0.7	0.3	0.15
	NGC2212	J061835.8-183110	1818	11	6	12.06					
84	NGC2221	J062015.7-573442	2262	50	3	10.05	26	10.40	6.1	2.8	0.49
	NGC2222	J062016.1-573151	2332	11	4	11.39					
85	UGC03445	J062132.8+590736	3241	22	2	8.60	10	11.35	0.1		0.82
	UGC03446	J062138.9+590733	3291	35	1	9.38					
86	NGC2223	J062435.9-225018	2502	19	4	8.83	128	10.90	60.2	19.6	0.27
	ESO489-052	J062520.6-224327	2679	74	4	12.45					
87	PGC179437	J062501.7-372252	2607	8	-1	12.39	19	9.75	0.3		1.47
	2MASX...	J062456.0-372126	2616	74	3	12.45					
88	6dF...	J062534.5-282716	2597	74	-1	10.90	193	10.30	101.9		1.11
	ESO426-010	J062639.3-283952	2503	6	3	11.12					
89	ESO122-001	J064043.2-583128	2376	30	3	9.26	32	10.68	6.0	4.8	1.47
	ESO122-002	J064046.6-582811	2463	18	5	12.09					
90	NGC2273	J065008.7+605045	1968	10	1	8.45	382	10.78	17.8		0.49
	MAILYAN017	J064639.2+600845	1919	75	10	14.02					
91	UGC03509	J065455.4+853817	1865	46	2	11.20	77	9.65	77.8	70.9	0.44
	UGC03496	J065036.0+854742	1804	5	10	15.04					

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{m}{L_K}$	$\frac{m^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
92	UGC03647	J070450.4+563113	1488	5	10	12.12	44	9.28	0.7		0.95
	CGCG...	J070359.2+562911	1493	25	10	12.73					
93	UGC03657	J070724.1+711133	3427	75	6	13.50	153	9.49	19.6		0.17
	UGC03644	J070538.2+710413	3409	11	7	13.87					
94	NGC2337	J071013.6+442726	477	5	8	10.31	20	8.82	5.3	1.6	0.83
	UGC03698	J070918.7+442248	465	5	10	14.24					
95	UGC03730...	J071420.6+732850	2897	18	2	10.78	106	10.41	6.6	2.6	0.89
	UGC03705	J071211.2+732814	2860	11	9	11.27					
96	NGC2268	J071417.4+842256	2440	5	4	8.56	391	10.94	41.4	40.8	0.26
	UGC03522	J065606.1+845504	2352	5	10	12.12					
97	NGC2357	J071741.0+232124	2204	5	6	9.61	484	10.59	11.5	10.1	0.40
	UGC03751	J071353.9+230449	2232	5	6	10.51					
98	UGC03788	J071825.9+313340	3443	7	4	11.15	142	10.29	0.5		0.68
	UGC03790...	J071833.0+312327	3451	56	7	12.73					
99	UGC03789	J071930.9+592118	3396	58	2	9.49	60	10.88	13.6	12.5	0.18
	UGC03797	J072003.1+592243	3517	15	6	13.40					
100	NGC2276	J072714.4+854516	2632	12	5	9.68	111	10.70	31.3	27.4	0.53
	UGC03654	J071747.1+854248	2523	22	-3	10.48					
101	IC2202	J072754.7-673427	3327	6	4	9.40	566	10.96	0.0		0.21
	ESO058-028	J072034.0-674239	3324	10	7	10.97					
102	UGC03864	J073057.0+723102	2737	50	5	12.40	5	9.51	1.0		0.55
	VV141b	J073054.8+723037	2714	75	10	15.83					
103	UGC03974	J074155.4+164809	162	5	10	11.40	11	7.54	11.7		1.69
	CGCG...	J074232.0+163340	168	5	10	13.11					
104	ESO035-018	J075504.2-762445	1492	5	5	9.76	288	10.04	4.6		0.73
	ESO035-020	J080318.6-770419	1479	9	9	13.15					
105	UGC04159	J080151.2+612447	1703	8	9	11.50	37	9.60	0.0		0.50
	UGC04169	J080234.1+612253	1701	5	9	12.42					
106	UGC04151	J080418.7+774860	2473	5	6	10.39	276	10.30	3.2	1.6	0.70
	UGC04066	J075615.6+780048	2487	5	8	12.09					
107	ESO124-014	J080912.7-613937	2708	20	-3	9.29	231	10.93	7.7		1.54
	IRAS...	J080852.5-611835	2756	44	3	10.00					
108	LCSBS1123P	J081715.9+245357	1832	5	9	13.68	29	8.75	41.0		0.88
	KUG0814...	J081721.0+245746	1806	70	9	14.99					
109	CGCG...	J081725.4+210950	2054	9	8	13.12	10	9.24	5.9		0.46
	CGCG...	J081728.1+211052	2024	75	4	13.20					
110	IC2267	J081801.5+244411	1962	10	6	11.84	29	9.57	11.2	9.4	0.75
	IC2268	J081806.6+244747	1928	5	9	12.90					
111	NGC2549	J081858.3+574811	1154	22	-2	8.02	127	10.51	0.5		0.50
	UGC04314	J081857.8+581547	1164	7	9	12.24					
112	6dF...	J082142.8-002601	1612	74	10	12.88	27	8.97	1.2		1.93
	UGC04358	J082126.0-002508	1606	6	10	14.03					
113	SAO0822+3545	J082605.6+353526	671	50	10	15.02	10	7.48	133.2		1.57
	SDSS...	J082555.5+353232	690	18	9	15.37					
114	UGC04393	J082604.4+455804	2156	12	6	11.21	116	9.83	10.8	7.6	0.61
	MCG...	J082718.1+460200	2179	5	9	13.37					
115	NGC2607	J083356.6+265821	3452	9	6	12.02	137	9.89	55.9		0.90
	SDSS...	J083326.0+265114	3503	37	8	15.03					
116	NGC2619	J083732.7+284219	3408	5	3	9.59	573	10.93	0.3		0.90
	KUG0833...	J083615.4+280337	3401	5	5	10.86					

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
117	NGC2644	J084131.9+045849	1780	32	5	10.35	309	9.96	3.5		1.05
	UGC04524	J084014.4+053804	1771	7	7	14.25					
118	UGC04543	J084321.6+454408	1983	5	8	12.43	42	9.24	3.3		1.27
	NPM1G...	J084253.9+454632	1972	75	9	15.32					
119	UGC04559	J084407.6+300709	2024	6	3	10.01	284	10.19	0.0		0.66
	SDSS...	J084442.7+293243	2025	8	9	15.57					
120	UGC04587	J084722.7+493331	3089	45	2	10.14	317	10.52	20.5		0.37
	SDSS...	J084955.0+494013	3132	21	8	14.61					
121	UGC04621	J085011.8+350436	2264	8	2	10.41	119	10.15	28.1		0.17
	KUG0847...	J085052.9+345435	2317	41	9	14.85					
122	UGCA147	J085107.1-173349	1732	5	6	10.16	140	10.02	51.0		0.48
	2MASX...	J085152.7-175116	1675	74	7	12.84					
123	NGC2683	J085241.4+332519	366	5	3	6.32	35	10.25	6.9	6.7	0.53
	[KK98]069	J085250.8+334752	420	5	10	14.31					
124	NGC2684	J085454.0+490937	2918	18	6	10.37	303	10.48	0.5		0.59
	SBS0849+496	J085258.4+492738	2924	8	9	11.70					
125	NGC2685	J085534.7+584404	966	7	-1	8.33	109	10.25	20.2	19.4	1.14
	UGC04683	J085754.4+590458	1018	5	10	13.95					
126	2MASX...	J085828.2-184717	3260	74	-1	10.81	157	10.28	155.6		1.10
	ESO564-003	J085902.9-183806	3134	97	8	14.97					
127	UGC04703...	J085829.8+061917	3373	7	9	13.10	20	9.47	3.0		0.23
	UGC04703...	J085825.0+062006	3353	23	10	14.97					
128	NGC2721	J085856.5-045407	3483	6	4	9.71	63	10.77	17.0	16.0	0.51
	FGC0821	J085914.4-045249	3367	14	8	14.84					
129	NGC2701	J085905.7+534618	2392	5	5	9.67	317	10.48	23.1	21.8	0.95
	SDSS...	J085618.6+540818	2435	5	8	15.08					
130	UGC04730	J090158.4+600906	3377	63	0	10.37	25	10.49	1.8		1.65
	UGC04727	J090143.9+600927	3333	75	6	15.09					
131	ESO564-011	J090246.2-204331	2498	9	0	10.46	7	10.30	4.3		0.50
	ESO564-010	J090244.9-204251	2598	74	10	12.12					
132	IC0512	J090349.8+853006	1830	11	6	9.90	33	10.15	0.3		0.05
	UGC04612	J090018.6+853156	1820	11	9	14.33					
133	KUG0901...	J090440.1+472415	2310	35	4	13.34	123	9.16	340.3		1.80
	SDSS...	J090331.1+473028	2368	67	9	14.15					
134	ESO564-019	J090527.5-183130	1730	74	4	11.30	211	9.81	90.6		0.48
	NGC2758	J090531.2-190234	1682	5	4	11.40					
135	NGC2772	J090741.9-233717	3139	5	3	9.33	7	10.86	0.5	0.4	0.91
	ESO-LV...	J090741.1-233749	3205	15	10	15.28					
136	NGC2764	J090817.5+212636	2608	5	-2	9.80	104	10.50	1.1	0.7	0.88
	LSBC...	J090855.3+212149	2591	5	9	14.39					
137	UGC04809	J090920.3+204150	2907	8	6	11.97	91	9.82	18.3	13.3	0.91
	MCG...	J090904.6+203452	2873	9	9	13.40					
138	CGCG...	J091023.5+192719	3007	10	-1	11.43	44	10.02	0.0		0.80
	UGC04822	J091038.5+192823	3005	5	8	13.72					
139	UGCA150	J091048.8-085338	1591	5	3	7.69	157	10.92	0.2		0.10
	2MASX...	J090939.9-083547	1600	74	9	13.41					
140	NGC2784	J091219.5-241021	407	35	-2	6.24	132	10.34	7.0	3.4	0.21
	ESO497-017	J090946.5-230033	438	11	10	11.81					
141	IC2445	J091312.6+314828	1859	9	6	12.78	65	9.08	14.2	5.4	0.58
	SDSS...	J091251.7+314051	1844	5	8	14.70					

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	log L	$\frac{m}{L_K}$	$\frac{m^c}{L_K}$	log(II)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
142	KUG0910...	J091340.9+331930	3374	42	5	13.16	128	9.63	0.0		0.85
	UGC04850	J091304.6+332517	3375	20	8	13.43					
143	NGC2785	J091515.4+405503	2728	10	7	9.41	81	10.69	6.5	6.2	0.21
	SDSS...	J091435.6+405524	2671	6	7	14.58					
144	ESO497-029	J091543.3-234205	3134	14	6	11.76	113	10.03	0.0		0.91
	ESO497-028	J091534.4-235053	3134	74	9	12.65					
145	NGC2811	J091611.1-161846	2099	29	1	7.96	165	11.02	44.9	4.5	0.61
	6dF...	J091648.3-160022	1944	74	9	12.74					
146	NGC2815	J091619.8-233760	2258	8	3	8.20	125	11.03	7.1	4.9	0.04
	NGC2815:...	J091547.6-232628	2330	20	9	14.93					
147	IC0529	J091832.8+734534	2422	5	5	9.47	275	10.62	3.9		0.43
	CGCG...	J091215.0+733539	2445	18	9	11.65					
148	NGC2787	J091918.6+691212	838	5	-1	7.21	187	10.51	41.0	39.8	0.28
	UGC04998	J092511.0+682259	761	7	10	13.16					
149	NGC2858	J092255.0+030925	3446	32	0	9.80	93	10.76	0.4		0.21
	2MASX...	J092234.1+030501	3432	36	-1	12.91					
150	NGC2852	J092314.6+400950	1778	25	1	10.09	16	10.16	0.5		0.39
	NGC2853	J092317.3+401200	1758	30	4	11.41					
151	UGC04984	J092339.7+542900	3452	63	9	13.50	165	9.36	318.8		1.61
	SBS0919+545	J092316.4+541734	3513	18	9	15.11					
152	ESO498-003	J092336.5-265255	2070	10	3	9.73	54	10.35	6.6		0.35
	ESO497-042	J092312.0-265627	2118	75	5	13.39					
153	NGC2891	J092656.6-244659	2067	20	-3	9.52	300	10.61	25.9	6.9	0.46
	ESO498-005	J092440.7-250534	2121	25	4	10.17					
154	UGC05052	J093114.0+734838	3253	19	2	10.28	313	10.68	66.9		0.64
	CGCG...	J092540.4+735400	3346	66	3	11.11					
155	MCG...	J093612.4-082604	1701	59	-4	9.76	175	10.17	6.3		0.74
	MCG...	J093520.4-084836	1680	6	9	12.46					
156	NGC2979	J094308.7-102260	2451	31	1	9.50	257	10.70	0.0		0.98
	MCG...	J094317.9-095644	2449	5	7	10.62					
157	NGC2983	J094341.1-202838	1767	45	-1	8.52	94	10.66	5.9		0.41
	6dF...	J094356.9-204142	1717	74	8	13.05					
158	NGC3020	J095006.6+124849	1283	5	6	10.67	30	9.74	3.6	3.0	1.23
	NGC3024	J095027.4+124556	1260	5	7	11.17					
159	UGC05272	J095022.4+312916	460	5	10	12.01	4	8.14	2.8		0.86
	UGC05272b	J095019.4+312721	469	13	10	15.32					
160	NGC3032	J095208.2+291410	1472	12	-2	9.64	70	10.09	54.0	52.6	0.46
	KUG0950...	J095257.6+291837	1561	7	8	15.77					
161	NGC3052	J095427.9-183820	3502	5	5	9.41	650	11.09	36.6	35.7	0.10
	ESO566-019	J095113.4-182833	3425	7	6	10.04					
162	NGC3044	J095340.9+013447	1115	34	6	8.97	29	10.11	7.4	3.2	0.72
	APMUKS...	J095404.6+013224	1168	20	10	17.94					
163	NGC3055	J095518.1+041612	1626	18	5	9.48	82	10.22	0.2		0.24
	SDSS...	J095435.7+042308	1620	66	9	14.81					
164	NGC3043	J095614.8+591826	3082	15	5	10.45	256	10.40	0.1		0.45
	SBS0953+592	J095722.4+585929	3085	5	9	14.46					
165	NGC3065	J100155.3+721013	2160	10	0	8.97	26	10.83	2.0	0.9	0.45
	NGC3066	J100211.1+720731	2227	29	4	9.92					
166	UGC05403	J100235.5+191037	1958	10	1	10.32	67	10.03	47.9	47.1	1.58
	UGC05401	J100231.2+190158	1877	5	9	14.52					

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
167	NGC3107	J100422.5+133717	2652	7	4	10.32	477	10.44	0.1		0.15
	CGCG...	J100551.2+125741	2653	5	1	11.40					
168	NGC3124	J100639.9-191318	3285	5	4	9.07	152	10.99	13.6	7.0	0.13
	2MASX...	J100711.1-190405	3199	30	4	13.49					
169	NGC3118	J100711.6+330140	1291	5	4	11.66	51	9.25	56.1		0.71
	UGC05446	J100630.9+325647	1332	42	6	13.19					
170	ESO567-018	J100726.2-212836	3307	30	3	10.86	346	10.39	28.7		0.50
	ESO567-014	J100548.5-211547	3349	74	7	12.28					
171	IC0591	J100727.7+121628	2659	12	4	11.25	242	10.08	15.1	9.5	0.40
	UGC05454	J100711.0+123905	2634	5	9	12.18					
172	CGCG...	J100757.1+131339	2605	11	6	12.34	96	9.54	12.5	7.5	0.07
	SDSS...	J100733.2+130624	2585	5	9	14.28					
173	MCG...	J100903.3-111360	3216	33	-2	9.78	37	10.80	42.7	29.2	0.03
	2MASX...	J100906.5-111119	3462	74	0	11.61					
174	IC0598	J101248.6+430844	2263	13	2	10.14	168	10.24	20.2		1.25
	KUG1008...	J101152.9+432432	2222	31	9	14.62					
175	NGC3153	J101250.5+124000	2656	5	6	10.60	354	10.20	10.2		0.65
	SDSS...	J101033.9+123540	2636	11	8	14.98					
176	IC2558	J101444.1-342019	2292	35	7	11.09	180	9.91	3.1		0.05
	ESO375-003	J101553.8-340653	2303	9	9	13.68					
177	ESO500-018	J101453.7-230302	3409	27	-2	9.64	358	10.79	73.9		0.25
	2MASX...	J101426.8-232904	3305	74	4	13.80					
178	UGC05541	J101655.4+582342	2344	5	10	13.52	84	9.00	46.2	36.3	0.49
	SDSS...	J101712.2+583225	2366	5	9	15.21					
179	IC0600	J101710.9-032952	1082	5	8	11.70	4	8.97	31.4	25.9	1.37
	LCRS...	J101712.7-032901	1003	17	10	14.58					
180	NGC3184	J101817.0+412528	589	5	6	7.22	394	10.25	1.1		0.09
	NGC3104	J100357.4+404525	595	7	10	11.19					
181	ESO567-052	J102008.0-214143	3251	27	-2	10.83	21	10.47	3.5		0.29
	ESO567-053	J102008.9-214319	3187	59	4	11.43					
182	NGC3206	J102147.6+565550	1239	5	6	11.15	85	9.54	16.1		0.38
	NGC3220	J102344.7+570137	1262	16	6	11.59					
183	UGC05646	J102553.1+142147	1223	5	5	10.94	145	9.49	13.7	8.2	1.01
	UGC05633	J102440.1+144526	1239	5	8	12.42					
184	NGC3246	J102641.8+035143	1957	23	8	10.72	301	9.90	1.5		1.44
	VIII Zw 081	J102848.1+041405	1951	5	9	14.15					
185	UGC05707	J103114.3+430815	2807	5	6	14.03	32	9.05	55.8	52.5	2.14
	SDSS...	J103118.6+430534	2848	5	9	14.80					
186	IC2594	J103604.2-241923	3265	20	-3	9.32	120	11.03	0.1		0.08
	ESO501-024	J103527.2-242303	3274	28	-1	10.37					
187	NGC3294	J103616.3+371929	1556	14	5	8.38	150	10.66	49.8	30.8	0.73
	KUG1032...	J103522.8+374018	1669	35	9	12.91					
188	NGC3301	J103656.0+215256	1240	17	-1	8.51	160	10.47	10.9	8.7	0.22
	NGC3287	J103447.3+213854	1199	5	8	9.77					
189	NGC3306	J103710.2+123909	2738	5	8	10.40	325	10.33	18.7	15.3	0.47
	CGCG...	J103723.4+120924	2706	7	8	13.01					
190	IC0630	J103833.8-071015	1930	10	9	8.63	85	10.70	30.9		0.40
	MRK1258	J103800.4-071802	1806	75	9	11.84					
191	NGC3320	J103936.5+472353	2353	7	4	10.09	356	10.30	10.8		0.78
	SDSS...	J104309.7+471258	2375	19	7	15.00					

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
192	6dF...	J104011.8-095640	2218	74	6	13.43	128	9.07	221.4		0.90
	6dF...	J103930.4-094609	2177	74	9	14.18					
193	AM1039-313...	J104120.7-314855	2388	74	0	10.58	24	10.25	8.1		0.50
	ESO437-042	J104127.7-314649	2317	18	5	11.49					
194	ESO568-021	J104115.2-210123	3322	75	3	11.15	385	10.26	73.0		0.60
	ESO568-023	J104248.5-204147	3268	14	7	12.67					
195	ESO569-001	J104409.1-204809	3375	37	-2	11.02	14	10.28	16.0		0.19
	2MASX...	J104409.7-204910	3511	74	5	13.80					
196	NGC3329	J104439.4+764834	2113	27	3	9.40	60	10.49	27.3		1.12
	UGC05841	J104456.0+764117	2004	83	5	11.93					
197	NGC3348	J104710.0+725023	2993	27	-5	7.94	299	11.40	20.2	11.4	0.04
	NGC3364	J104829.8+722530	2874	41	5	10.10					
198	UGC05897	J104741.5+110437	2575	16	5	10.25	116	10.42	22.5	21.0	0.42
	CGCG...	J104753.9+105352	2640	5	6	11.72					
199	NGC3398	J105131.4+552328	2943	75	3	10.76	388	10.25	100.8		0.77
	MCG...	J104835.3+554442	3006	37	9	14.02					
200	NGC3434	J105158.0+034731	3445	9	3	9.74	37	10.77	1.4	1.3	0.09
	CGCG...	J105200.2+035010	3402	5	8	13.61					
201	NGC3432	J105231.1+363708	589	5	9	9.06	158	9.52	3.1		0.70
	CGCG...	J105747.0+361539	596	17	10	13.32					
202	CGCG...	J105248.6+000204	1607	5	9	12.97	25	8.82	65.3		0.91
	MGC0013223	J105240.6-000117	1569	75	10	16.40					
203	LSBC...	J105318.6+023734	851	10	9	13.45	30	8.17	18.9		0.50
	LSBC...	J105303.1+022937	860	5	10	14.89					
204	NGC3448	J105439.2+541819	1448	27	3	9.47	24	10.16	26.5	25.7	0.95
	UGC06016	J105412.8+541714	1564	10	10	14.60					
205	ESO376-027	J105658.2-330952	3436	53	5	11.84	4	10.08	6.1	3.0	0.97
	ESO-LV...	J105659.1-330939	3560	40	7	12.92					
206	ESO569-030	J105824.2-190912	3257	30	4	13.06	62	9.57	64.5		0.08
	2MASX...	J105844.2-190931	3314	74	4	13.82					
207	UGC06074	J105958.3+505411	2946	5	9	10.57	41	10.31	0.1		1.41
	MCG...	J110006.4+505056	2952	5	8	14.03					
208	BTS029	J110138.9+303629	1626	5	10	14.08	12	8.61	240.3		0.80
	BTS028	J110132.4+303516	1708	75	9	14.58					
209	NGC3504	J110311.2+275821	1467	8	2	8.26	67	10.67	42.7	42.4	0.15
	NGC3512	J110403.0+280213	1307	7	5	9.64					
210	NGC3547	J110955.9+104315	1428	5	3	10.43	59	9.76	20.2		0.36
	CGCG...	J110923.3+105003	1387	75	9	12.64					
211	NGC3543	J111056.4+612049	1779	5	4	11.40	200	9.56	1.2		0.57
	[HS98]137A	J110718.0+613127	1783	5	10	14.20					
212	NGC3549	J111056.9+532316	2932	5	5	9.18	370	10.86	0.0		0.64
	CGCG...	J111350.5+530511	2934	40	7	13.13					
213	NGC3544	J111130.5-181722	3465	20	1	8.97	66	11.07	5.1	2.7	0.24
	NGC3571:...	J111119.6-181315	3378	30	8	14.15					
214	ESO377-019	J111045.4-352102	2699	11	7	11.11	327	10.23	121.8		0.13
	2MASX...	J111252.5-353614	2772	74	6	11.58					
215	CGCG...	J111540.4+460739	2901	5	9	13.31	23	9.25	17.7	16.1	0.75
	SDSS...	J111550.5+460638	2934	5	9	15.41					
216	UGC06309	J111746.5+512836	2931	6	4	10.57	40	10.30	12.3	12.0	0.39
	MRK1445	J111732.3+512553	2860	5	9	14.23					

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
217	NGC3617	J111750.9-260804	1886	8	-4	9.76	43	10.25	38.4	38.1	0.78
	ESO503-011	J111744.4-260223	1770	5	6	12.08					
218	NGC3621	J111816.5-324851	437	5	7	6.57	317	10.21	18.2	10.8	0.80
	HIPASS...	J113311.1-325745	409	9	9	13.65					
219	NGC3614	J111821.3+454454	2366	14	5	9.63	34	10.47	4.5		0.36
	SDSS...	J111826.7+454124	2308	35	9	15.47					
220	UGC06355	J112039.8+311320	2142	5	6	12.52	23	9.38	13.8		1.46
	2MASX...	J112046.0+311059	2107	30	9	13.44					
221	NGC3631	J112102.9+531011	1227	7	5	7.98	150	10.64	12.9	11.7	0.13
	NGC3657	J112355.6+525515	1283	9	-1	10.28					
222	UGC06402	J112319.1-005521	2412	5	8	11.21	80	9.89	14.7	4.2	1.70
	SDSS...	J112344.8-005011	2446	15	10	14.49					
223	NGC3687	J112800.6+293039	2453	12	4	10.23	7	10.23	40.5	39.9	1.46
	2MASX...	J112804.2+293038	2168	18	9	14.38					
224	NGC3694	J112854.1+352450	2254	27	1	10.39	280	10.14	60.8	57.0	0.86
	UGC06499	J113011.3+355208	2204	5	10	14.56					
225	NGC3705	J113007.5+091636	868	5	2	7.90	190	10.31	2.6		0.14
	IC2828	J112710.9+084352	883	12	9	12.64					
226	SBS1129+576	J113202.5+572246	1660	5	8	14.48	23	8.44	19.9		0.09
	SDSS...	J113227.7+572142	1646	33	9	15.02					
227	IC0705	J113256.3+501430	3005	42	-1	11.41	175	10.01	65.6	37.7	0.00
	SDSS...	J113342.5+502659	3062	16	9	14.39					
228	UGC06535	J113313.4+501808	3209	16	6	12.20	116	9.72	101.0		0.00
	SDSS...	J113253.4+500933	3147	46	9	16.09					
229	UGC06538	J113316.9+491705	3131	49	10	13.59	44	9.25	52.5		0.38
	SDSS...	J113319.8+492036	3173	18	8	14.95					
230	SDSS...	J113342.7+482005	3094	20	9	15.41	114	8.64	51.1		0.78
	SDSS...	J113403.9+482837	3107	29	9	15.77					
231	NGC3731	J113411.7+123044	3079	19	-5	10.27	300	10.46	3.1		0.76
	IC2929	J113331.5+120814	3063	11	4	14.20					
232	UGC06570	J113550.0+352007	1580	10	1	10.72	179	9.75	51.4	46.5	0.20
	UGC06603	J113802.1+351213	1617	5	6	13.01					
233	NGC3755	J113633.4+362437	1557	5	5	10.59	28	9.75	4.0		0.20
	HS1134+3639	J113654.7+362316	1583	36	9	14.88					
234	NGC3756	J113648.0+541737	1369	5	4	8.77	323	10.38	22.5		0.37
	SBS1139+550	J114227.2+544908	1406	50	0	12.06					
235	MRK0745	J113956.3+165718	3100	9	2	12.22	27	9.93	0.7		0.23
	CGCG...	J113949.6+165849	3086	7	8	12.51					
236	ESO266-015	J114055.7-442853	2886	5	4	9.70	68	10.65	0.1		0.20
	6dF...	J114059.2-442302	2894	74	4	12.77					
237	KUG1138...	J114107.4+322537	1704	70	10	14.13	45	8.68	45.0		0.75
	MRK0746	J114129.9+322059	1684	50	9	14.17					
238	NGC3818	J114157.4-060920	1493	7	-5	8.85	128	10.43	3.6	2.4	0.58
	UGCA242	J114122.5-062853	1518	8	9	11.52					
239	ESO571-016	J114209.1-181008	3385	7	4	10.42	112	10.51	28.5		0.81
	6dF...	J114135.0-181141	3469	74	10	13.38					
240	ESO572-001	J114638.5-204435	3330	74	4	12.53	256	9.82	204.8		1.81
	2MASX...	J114515.2-204447	3263	74	5	13.07					
241	NGC3892	J114801.0-105743	1519	59	-1	8.34	384	10.64	11.0		0.30
	UGCA245	J114526.2-100610	1487	5	6	11.09					

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
242	2MASX...	J115009.4-040232	1480	74	-1	12.15	155	9.16	663.4		0.15
	LCRS...	J114912.8-033934	1408	12	6	13.49					
243	UM456	J115036.2-003402	1574	5	8	12.75	12	9.07	59.8	50.8	0.92
	UM456A	J115034.0-003216	1645	16	8	13.55					
244	UGC06814	J115038.1+642101	3147	24	5	13.42	37	9.33	2.2		1.35
	SDSS...	J115102.2+641938	3157	39	9	14.65					
245	UGC06850	J115237.4-022810	862	12	9	12.97	58	8.39	26.3		0.72
	UM461	J115133.4-022222	852	5	9	14.17					
246	NGC3936	J115220.6-265421	1756	6	4	9.04	281	10.50	0.4		0.12
	ESO504-028	J115454.4-271505	1762	5	7	11.41					
247	NGC3952	J115340.6-035948	1382	5	9	11.00	103	9.74	2.5		0.35
	IC2969	J115231.3-035220	1372	6	4	11.14					
248	KDG083	J115614.5+311816	617	5	-3	11.31	125	8.72	165.0		0.43
	KUG1157...	J120016.2+311330	593	28	4	12.87					
249	UGC06927	J115708.5+302332	3334	32	-2	10.61	443	10.43	38.7	24.0	0.46
	IC2985	J115912.7+304352	3290	10	7	13.06					
250	IC2986	J115949.6+305040	3107	21	-2	11.17	195	10.14	27.8		0.21
	CGCG...	J120103.7+305039	3066	40	5	13.49					
251	IC0755	J120110.4+140616	1396	8	3	11.32	33	9.47	11.4	8.5	0.25
	MRK0756	J120127.5+140204	1366	8	4	12.39					
252	KUG1159...	J120225.1+292812	3336	32	7	12.96	113	9.48	40.7		0.73
	KISSB083	J120303.7+292653	3366	75	9	16.03					
253	SBS1203+592	J120614.2+585816	3367	7	9	13.78	62	9.23	0.2		0.39
	SDSS...	J120544.3+590047	3365	62	8	15.16					
254	NGC4112	J120709.5-401229	2400	45	3	9.17	23	10.69	2.9		0.02
	ESO321-007	J120722.1-401304	2329	74	5	12.49					
255	NGC4119	J120809.6+102244	1525	26	-1	8.48	343	10.55	9.3	8.1	0.30
	SDSS...	J121201.2+102354	1496	5	8	15.08					
256	NGC4127	J120826.4+764815	2004	5	5	10.01	333	10.21	33.0	20.8	0.36
	UGC07265	J121504.9+761408	2041	11	8	13.79					
257	ESO441-012	J120927.2-323055	1913	10	2	10.17	262	10.15	40.4	36.5	0.00
	ESO441-007	J120815.6-320031	1956	6	4	12.30					
258	NGC4141	J120947.3+585057	2079	57	6	11.36	59	9.70	5.4		1.10
	SDSS...	J120858.7+584732	2060	16	8	14.59					
259	ESO321-010	J121142.1-383255	2861	6	4	10.34	410	10.39	7.7		0.12
	6dF...	J121143.0-390845	2881	74	9	13.59					
260	NGC4162	J121152.5+240725	2512	5	4	9.35	69	10.64	5.4		0.07
	KUG1209...	J121134.9+240144	2458	75	10	14.63					
261	NGC4165	J121211.8+131448	1764	17	2	10.48	120	9.91	28.5	26.1	0.29
	SDSS...	J121317.8+130936	1804	5	8	14.08					
262	NGC4194	J121409.5+543137	2603	18	9	9.62	382	10.58	10.3	9.1	0.45
	SDSS...	J121250.4+550625	2633	5	9	15.38					
263	UGC07249	J121436.9+124843	509	5	8	12.73	13	7.96	11.6		0.27
	SDSS...	J121412.1+124658	501	11	8	14.89					
264	NGC4203	J121505.1+331150	1078	5	-3	7.40	483	10.71	24.5	23.4	0.13
	UGC07428	J122202.5+320543	1125	5	10	12.83					
265	ESO321-016	J121526.7-380839	2901	8	6	10.89	72	10.20	1.3	0.7	0.12
	ESO321-018	J121554.3-380536	2885	5	10	13.30					
266	NGC4217	J121550.9+470530	1085	5	3	7.58	199	10.80	18.0	6.4	0.20
	NGC4220	J121611.7+475260	1015	35	0	8.13					

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
267	UGC07298	J121630.1+521339	254	5	10	12.55	12	7.44	44.8		0.70
	CGCG...	J121546.8+522317	245	15	10	14.25					
268	NGC4238	J121655.8+632436	2908	11	7	11.03	52	10.11	2.4	0.1	0.64
	SDSS...	J121617.2+632318	2930	11	9	15.46					
269	ESO380-008	J121658.2-372816	1835	5	8	11.40	79	9.59	1.4		1.16
	ESO380-009	J121731.9-371946	1828	9	10	14.06					
270	NGC4290	J122047.5+580533	3143	9	3	9.29	610	10.88	0.6		0.37
	MCG...	J122634.9+574951	3151	67	6	13.22					
271	KUG1218...	J122054.9+382549	623	46	9	12.97	68	8.02	1287.8	395.8	0.29
	KDG105	J122143.0+375914	582	5	10	15.07					
272	VCC0513	J122157.8+022042	1699	5	2	12.07	191	9.43	0.3		0.06
	VCC0597	J122256.6+024449	1697	16	3	12.56					
273	NGC4369	J122436.2+392259	1053	29	1	8.91	154	10.09	29.7	28.0	0.03
	PGC166134	J122207.0+394442	1098	5	10	14.66					
274	SBS1222+614	J122505.4+610911	832	5	9	13.03	18	8.48	0.1		0.86
	MCG...	J122453.8+610349	833	5	10	13.20					
275	NGC4384	J122512.0+543022	2616	11	1	10.37	155	10.27	13.9	12.9	0.66
	SDSS...	J122442.6+544441	2578	5	10	14.99					
276	CGCG...	J122536.4+502013	2563	16	4	12.12	14	9.61	5.3	2.8	2.11
	2MASX...	J122528.4+501944	2599	12	6	14.45					
277	UGC07531	J122612.0-011813	1836	42	10	12.74	29	9.11	133.5		0.71
	UM501	J122622.7-011512	1765	60	9	14.04					
278	NGC4433	J122738.6-081642	2794	10	2	9.50	79	10.95	0.0		1.42
	NGC4428	J122728.3-081004	2801	11	5	9.64					
279	ESO380-033	J122744.3-342520	2659	9	4	11.91	46	9.84	36.5		0.37
	2MASX...	J122724.9-342335	2590	74	9	12.67					
280	UGC07584	J122802.8+223516	543	5	9	13.75	39	7.72	0.0		0.40
	LSBC...	J122805.0+221727	543	5	10	14.56					
281	NGC4449	J122811.9+440540	252	7	9	7.24	36	9.49	2.0	0.6	0.37
	UGC07577	J122740.9+432944	240	5	10	10.44					
282	NGC4454	J122850.8-015621	2206	44	0	9.04	65	10.70	3.5	1.6	0.23
	CGCG...	J122850.7-020339	2254	13	4	11.71					
283	NGC4513	J123201.5+661957	2451	26	1	10.21	275	10.30	32.9		0.87
	SDSS...	J123602.3+660618	2497	58	6	13.73					
284	ESO322-031	J123648.7-420827	3236	59	-1	9.75	659	10.98	28.1		0.11
	ESO322-034	J123733.3-411829	3295	59	-2	9.91					
285	NGC4584	J123817.9+130635	1641	18	1	10.45	267	9.92	0.6		0.11
	IC3586	J123654.8+123112	1645	5	-1	12.11					
286	UGC07798	J123803.2-021551	2418	17	6	11.59	211	9.75	35.3	27.6	0.74
	SDSS...	J123905.8-020044	2446	5	8	14.29					
287	NGC4628	J124225.3-065816	2651	7	3	9.45	48	10.76	4.5	0.8	0.00
	NGC4626	J124225.1-070245	2718	34	4	10.94					
288	NGC4630	J124231.2+035737	556	36	10	9.88	96	9.15	68.3		0.30
	VCC1855	J124050.3+043133	586	40	1	14.48					
289	UGC07883	J124257.3-011346	3061	18	6	10.57	39	10.31	43.6	42.0	1.02
	SDSS...	J124309.6-011234	2923	13	9	15.69					
290	NGC4653	J124350.9-003340	2476	6	6	9.96	96	10.62	0.8	0.5	0.74
	NGC4642	J124317.8-003839	2494	5	4	10.36					
291	SDSS...	J124423.2+620306	2660	72	10	15.20	78	8.62	102.0		0.94
	SDSS...	J124412.1+621019	2682	8	10	15.40					

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
292	ESO268-044	J124842.2-450029	3233	30	3	10.59	253	10.48	26.3		0.42
	2MASX...	J124805.2-451909	3181	74	-1	11.84					
293	ESO575-012	J125147.4-221658	3367	74	4	12.47	248	9.78	520.5		0.37
	ESO575-003	J125031.7-221205	3471	74	4	13.75					
294	ESO575-017	J125240.2-221134	3223	29	7	11.60	186	10.09	3.5		0.12
	ESO575-019	J125327.9-222053	3237	5	8	12.75					
295	ESO507-036	J125259.2-240326	3138	10	4	11.22	334	10.11	114.2		0.25
	AM1251-240...	J125406.5-242538	3077	74	9	14.03					
296	NGC4793	J125440.7+285618	2474	20	5	8.48	12	10.96	3.0	0.2	1.00
	KISSR0148	J125445.2+285529	2336	67	10	15.60					
297	NGC4767B	J125445.0-395108	3241	18	6	9.79	106	10.75	15.7		0.21
	ESO323-040	J125428.5-394341	3325	74	4	12.07					
298	2MASX...	J125557.3-283846	2929	35	0	11.19	146	10.32	3.4		0.09
	ESO443-010	J125532.6-282733	2950	7	2	11.35					
299	ARK396	J125726.5-032927	2947	28	-2	10.34	133	10.41	105.8		0.42
	SDSS...	J125722.9-034028	3079	90	10	14.96					
300	NGC4830	J125727.9-194129	3142	12	-3	8.82	17	11.12	19.0	15.8	0.82
	2MASX...	J125732.7-194201	3498	74	-1	12.46					
301	UGC08127	J130103.7-015712	1297	33	10	12.68	8	8.89	0.2		0.07
	UGC08127...	J130100.7-015834	1302	5	10	13.64					
302	ESO323-068	J130157.1-410414	3103	59	3	10.32	497	10.55	63.6		0.09
	AM1300-412	J130300.4-414215	3165	74	3	11.74					
303	UGCA319	J130214.4-171415	548	8	10	11.59	40	8.53	0.8		0.84
	UGCA320	J130316.7-172523	546	5	10	12.96					
304	LCRS...	J130235.6-113807	3293	9	4	13.14	157	9.55	2.1		0.33
	PGC045016	J130231.4-112613	3287	88	9	13.84					
305	UGC08153	J130305.9+035931	2744	5	6	10.87	47	10.12	0.4		1.65
	SDSS...	J130249.2+035836	2753	55	10	15.73					
306	NGC4961	J130547.6+274403	2528	17	6	10.84	15	10.07	0.2	0.0	1.00
	LSBC...	J130549.7+274239	2517	5	10	14.60					
307	SBS1307+542	J130908.8+535637	2608	33	3	12.13	94	9.83	11.6		1.66
	UGC08231	J130837.6+540428	2581	6	5	12.28					
308	NGC4989	J130916.0-052347	2888	38	-2	9.23	88	10.97	22.0	20.1	0.12
	NGC4990	J130917.3-051622	3029	7	-2	10.35					
309	NGC4995	J130940.7-075000	1605	7	3	8.21	402	10.94	40.6	39.7	0.02
	NGC4981	J130848.7-064639	1519	6	4	8.47					
310	NGC4988	J130954.4-430621	1842	42	-1	11.85	48	9.42	20.8		0.68
	ESO269-056	J131001.6-431243	1873	15	10	14.49					
311	UGC08246	J131004.5+341051	833	5	7	13.14	21	8.26	214.2		0.14
	MAPS-N...	J131029.2+341413	873	75	10	15.03					
312	UGC08255	J131056.5+112838	3285	6	6	11.38	184	10.16	27.7	26.0	0.20
	UGC08253	J131043.9+114228	3242	5	6	12.90					
313	ESO382-016	J131312.4-364322	3032	33	-2	9.36	164	10.92	34.2		0.38
	2MASX...	J131208.8-363934	3152	74	1	10.92					
314	UGC08316	J131406.5+480923	2619	34	4	12.49	151	9.45	94.2	69.9	1.13
	SDSS...	J131239.0+480919	2581	5	9	15.43					
315	UGC08331	J131530.3+472956	344	6	10	12.20	4	7.76	20.0		0.20
	DDO169 NW	J131518.4+473200	328	75	10	16.61					
316	IC4216	J131701.9-104612	2664	8	6	10.73	407	10.36	13.3		0.37
	NGC5066	J131828.5-101402	2639	43	1	11.20					

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
317	ESO576-024	J131757.5-215147	2824	75	8	13.00	169	9.55	319.9		0.65
	ESO576-023	J131739.4-213711	2749	9	8	13.13					
318	NGC5068	J131854.8-210221	471	5	6	7.51	271	9.92	7.5		0.65
	2MASX...	J132921.0-211045	457	29	-2	12.56					
319	ESO576-040	J132043.7-220304	1885	12	7	11.37	10	9.63	0.1		0.09
	[CCF97]G8	J132049.6-220318	1879	6	5	13.66					
320	NGC5144	J132254.1+703053	3325	14	5	10.07	88	10.61	9.7		0.50
	UGC08434	J132413.9+703153	3264	75	7	13.60					
321	NGC5114	J132401.7-322038	3357	26	-3	9.27	180	11.07	43.5	34.8	0.20
	ESO444-019	J132306.3-321441	3512	37	-2	10.49					
322	NGC5122	J132414.9-103915	2681	22	-1	10.02	122	10.43	26.1	24.2	0.37
	MCG...	J132439.1-102921	2611	9	9	13.98					
323	IC4237	J132432.8-210813	2451	7	3	9.29	304	10.71	6.8		0.67
	MCG...	J132516.0-203859	2482	29	4	11.52					
324	UGC08521	J133230.8+015052	3167	6	2	10.34	164	10.46	18.3		0.81
	SDSS...	J133140.6+014800	3219	41	9	14.77					
325	2MASX...	J133549.8-341433	3086	30	4	12.82	201	9.68	234.0		0.38
	6dF...	J133536.1-343051	3017	74	5	13.06					
326	UGC08602	J133645.5+320528	3062	5	10	15.60	23	8.61	47.7	41.1	0.58
	UGC08605	J133654.3+320544	3035	5	9	15.60					
327	NGC5247	J133803.0-175303	1179	5	4	7.49	586	10.76	33.9	32.7	0.01
	ESO577-027	J134246.9-193454	1232	5	10	11.56					
328	NGC5219	J133841.7-455121	2267	45	3	9.92	255	10.35	20.5	13.2	1.15
	HIPASS...	J133928.8-461811	2306	9	8	13.83					
329	NGC5303	J134745.0+381816	1466	18	5	10.22	16	9.87	0.0		0.39
	NGC5303B	J134745.5+381533	1462	21	4	12.73					
330	ESO383-091	J135032.3-371720	857	5	7	11.02	34	9.04	121.6		1.14
	6dF...	J135113.9-372328	799	74	10	13.94					
331	NGC5342	J135125.9+595148	2368	27	1	10.14	192	10.29	18.6		0.03
	SDSS...	J134925.5+593831	2407	67	9	15.21					
332	NGC5324	J135205.9-060330	2922	5	5	9.36	122	10.78	0.7		0.29
	LCRS...	J135123.7-060413	2905	75	7	12.92					
333	IC4341	J135334.2+373120	2425	36	5	11.70	88	9.92	55.5	23.4	0.34
	UGC08795	J135248.5+372927	2359	11	6	11.96					
334	NGC5376	J135516.1+593024	2230	31	5	9.09	458	10.69	10.4		0.14
	UGC08741	J134856.3+595009	2200	45	4	11.46					
335	ESO510-013	J135504.4-264650	3262	8	1	8.79	393	11.11	12.0		1.61
	6dF...	J135543.9-261812	3320	74	5	13.06					
336	VV100	J135545.5-060010	1942	5	8	12.36	26	9.31	10.9		1.47
	VV099	J135534.2-055822	1915	52	9	13.88					
337	NGC5377	J135616.7+471408	1899	9	1	8.35	600	10.80	0.5		0.19
	SDSS...	J135005.0+462701	1905	5	9	14.85					
338	KUG1356... A	J135823.0+225317	2813	35	3	12.30	27	9.76	1.2		0.97
	KUG1356... B	J135824.7+225539	2798	35	4	12.89					
339	LCRS...	J140125.2-035816	3107	53	5	13.19	59	9.48	70.4		1.80
	LCRS...	J140115.2-035414	3162	74	5	13.94					
340	UGC08982	J140300.0+614504	1868	31	9	12.84	153	9.09	30.5		0.01
	SDSS...	J140524.6+613401	1883	5	9	14.41					
341	IC0971	J140352.8-100826	3190	5	5	10.45	58	10.46	2.8		2.26
	IC4358	J140334.2-100904	3156	75	4	12.67					

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{m}{L_K}$	$\frac{m^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
342	ESO510-058	J140437.4-244959	2156	8	6	10.43	18	10.16	0.0		0.15
	ESO510-059	J140446.4-244938	2160	8	6	12.14					
343	UGC08995	J140447.4+084803	1182	5	8	13.18	8	8.47	42.0	38.9	0.47
	LSBC...	J140441.6+084716	1145	5	10	16.34					
344	NGC5468	J140634.9-052711	2732	5	6	10.39	55	10.57	8.7	4.6	0.49
	NGC5472	J140655.0-052738	2803	32	2	10.64					
345	HIPASS...	J140940.8-144622	2190	9	7	13.21	19	9.16	0.6		1.69
	2MASX...	J140948.6-144721	2183	74	5	13.93					
346	CGCG...	J140954.9+564921	1930	28	1	11.58	129	9.56	30.9		0.01
	SDSS...	J140942.0+563231	1903	73	5	14.11					
347	NGC5496	J141137.9-010933	1455	5	7	10.30	252	10.08	2.2		0.31
	IC0976	J140843.3-010942	1445	15	-1	10.33					
348	NGC5492	J141035.2+193644	2274	7	1	10.17	392	10.24	17.2	13.4	1.61
	FGC1717	J140953.6+201836	2299	6	8	15.03					
349	NGC5493	J141129.4-050237	2609	30	-2	8.45	616	11.04	1.5	0.3	0.21
	FGC1731	J141434.1-042502	2594	5	7	12.53					
350	NGC5526	J141353.7+574617	2180	16	6	10.32	59	10.16	42.7	42.1	0.46
	MCG...	J141312.5+574959	2274	5	9	14.36					
351	NGC5585	J141948.2+564345	458	7	7	9.49	81	9.13	20.5	13.3	0.03
	KUG1413...	J141509.3+570515	475	5	10	14.10					
352	NGC5582	J142043.1+394137	1534	20	-5	8.93	331	10.41	1.2		0.47
	UGC09242	J142521.0+393222	1525	9	7	11.73					
353	ESO385-012	J142115.7-361336	3511	7	6	11.19	258	10.38	28.7	24.5	1.00
	ESO385-014	J142224.5-360118	3464	10	4	11.86					
354	NGC5611	J142404.8+330251	2025	46	1	9.75	61	10.33	28.2	27.1	2.18
	UGC09232	J142427.3+325707	2116	5	8	13.82					
355	NGC5595	J142413.2-164323	2560	47	5	9.15	42	10.91	0.4		0.94
	NGC5597	J142427.4-164546	2534	42	6	9.89					
356	NGC5624	J142635.2+513507	2062	9	5	10.67	93	9.98	43.4	42.2	0.87
	SBS1423+517	J142524.6+513316	2123	5	9	14.13					
357	NGC5630	J142736.6+411528	2759	5	8	10.84	324	10.14	0.1		0.10
	SDSS...	J142934.1+405602	2757	34	9	14.92					
358	UGC09274	J142802.8+211814	1117	73	7	12.63	42	8.82	112.2		1.96
	UGC09282	J142841.6+212022	1155	5	10	13.36					
359	IC1014	J142818.4+134649	1277	5	8	11.36	70	9.33	0.0		1.82
	UGC09273	J142810.7+133306	1276	5	10	13.12					
360	CGCG...	J142914.5+444156	2538	46	1	11.00	306	10.09	79.8		0.34
	UGC09251	J142631.5+445144	2486	32	6	12.45					
361	UGC09299	J142934.6-000106	1475	13	6	11.25	221	9.56	79.8		0.45
	CGCG...	J142837.8+003311	1509	19	4	12.39					
362	ESO385-031	J142931.7-343728	2921	74	6	10.61	288	10.46	40.8		0.27
	ESO385-033	J143015.7-341409	2862	5	6	11.20					
363	NGC5656	J143025.5+351915	3259	21	2	9.34	105	10.88	1.4	1.2	0.55
	SDSS...	J142950.5+352255	3288	5	6	14.64					
364	ESO511-050	J143132.6-252314	2397	8	5	10.68	249	10.10	3.3		0.90
	6dF...	J142951.5-253552	2385	74	8	13.38					
365	IC4444	J143138.6-432506	1750	6	4	8.54	85	10.65	7.2		0.66
	ESO272-012	J143101.8-431441	1694	75	9	13.63					
366	NGC5665	J143225.8+080443	2197	29	5	9.47	450	10.49	37.8		0.31
	CGCG...	J143152.5+085559	2150	39	3	12.79					

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	log L	$\frac{m}{L_K}$	$\frac{m^c}{L_K}$	log(I)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
367	CGCG... SDSS...	J143245.2+025454 J143235.4+031652	1472 1490	5 29	4 5	13.20 13.31	130	8.93	61.9		0.23
368	NGC5669 KUG1429...	J143243.5+095326 J143220.9+095560	1349 1360	6 35	6 5	10.34 12.82	33	9.75	0.8		0.89
369	NGC5612 ESO022-003	J143401.3-782315 J144551.0-775530	2458 2505	41 7	2 5	8.92 12.98	453	10.82	18.1	15.5	1.11
370	UGC09389 UGC09394	J143533.3+125430 J143539.9+131012	1816 1793	5 5	3 6	12.25 13.40	113	9.33	32.9	26.5	1.18
371	IC4468 ESO580-005	J143826.7-222203 J143815.9-221928	2310 2235	10 74	5 7	9.83 13.07	33	10.39	8.9		0.33
372	NGC5730 NGC5731	J143952.2+424432 J144009.2+424646	2648 2643	10 16	4 7	10.99 11.55	41	10.24	0.1		0.36
373	ESO447-030 ESO447-031	J143946.3-324009 J144055.5-322232	2798 2871	23 22	-2 -1	9.17 9.72	258	11.03	15.2	9.4	0.71
374	NGC5727 SDSS...	J144026.2+335921 J144003.5+340559	1575 1522	5 64	8 10	12.38 13.87	50	9.11	128.9		1.73
375	FGC1793 ESO580-008	J144112.1-173846 J144107.4-174707	3298 3313	5 5	7 8	12.81 13.62	111	9.67	5.8	3.0	0.07
376	UGC09504... UGC09506	J144527.6+312537 J144532.6+312454	1649 1597	35 5	8 10	12.64 14.89	8	9.00	26.0	19.7	1.86
377	UGCA394 ESO580-022	J144724.2-172644 J144605.2-180120	2082 2088	7 8	6 8	9.82 11.86	327	10.36	0.7		0.87
378	NGC5762 CGCG...	J144842.6+122726 J144728.4+124554	1796 1828	5 11	3 9	10.88 13.70	187	9.78	37.8	21.1	1.29
379	SDSS... SDSS...	J144948.8+362347 J144951.1+362502	1979 1978	5 32	10 10	14.20 14.79	10	8.70	0.0		1.84
380	UGC09562 UGC09560	J145114.4+353232 J145056.5+353418	1355 1305	21 22	5 9	12.04 12.79	21	9.19	41.7	11.5	2.33
381	ESO512-023 MCG...	J145113.8-263753 J145110.4-263818	2435 2592	6 15	2 5	9.69 11.79	9	10.57	6.9	6.7	0.79
382	UGC09569 UGC09567	J145159.8+434314 J145146.5+433841	2621 2662	7 29	7 6	12.26 12.41	54	9.80	16.9		1.57
383	CGCG... SDSS...	J145601.2+022749 J145434.4+022038	2082 2124	24 42	-2 10	11.56 15.27	191	9.62	98.5		0.46
384	NGC5798 NGC5789	J145738.0+295807 J145635.5+301403	1870 1886	7 5	9 8	10.94 11.23	156	10.00	4.8	2.1	0.58
385	UGC09665 UGC09657	J150132.5+481911 J150048.7+482139	2707 2675	7 7	4 8	10.26 12.87	82	10.38	4.0	3.3	1.11
386	IC4522 2MASX...	J151128.9-755136 J150622.8-751753	2617 2670	9 9	3 6	9.58 12.56	408	10.62	32.3	28.6	0.73
387	2MASXi... UGC09762:...	J151156.7+323553 J151154.0+324530	2323 2330	5 5	9 10	14.31 14.67	89	8.83	8.6		0.16
388	ESO581-025 2MASX...	J151330.9-204030 J151338.2-204529	2165 2124	9 74	4 5	9.06 13.34	45	10.63	2.1		0.70
389	NGC5878 MCG...	J151345.7-141611 J151354.2-130622	1908 1860	5 9	3 3	8.12 11.85	524	10.90	17.9	15.5	0.52
390	VIIZw 591 MCG...	J151504.1+611212 J151051.0+610852	2692 2723	26 18	3 9	10.89 13.82	331	10.12	28.2		0.40
391	NGC5899 NGC5900	J151503.3+420259 J151505.1+421235	2726 2649	20 8	5 3	8.57 9.42	103	11.18	4.7	4.2	0.40

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
392	NGC5917	J152132.6-072238	1855	36	3	10.74	32	10.04	3.8		1.19
	MCG...	J152133.3-072652	1888	75	-2	11.26					
393	MCG...	J152135.9-120536	3156	59	1	9.50	617	10.80	140.1		0.64
	6dF...	J152224.4-125219	3267	74	7	13.95					
394	MRK0482	J152804.2+553245	3515	38	2	11.19	95	10.27	8.0		0.32
	MRK0481	J152750.5+552613	3479	75	-1	13.00					
395	IC1125	J153305.6-013742	2773	12	8	10.88	76	10.14	48.7	10.4	0.30
	SDSS...	J153239.2-013606	2859	39	9	15.30					
396	NGC5957	J153523.2+120250	1871	5	3	9.48	143	10.59	23.0	22.6	0.09
	NGC5956	J153458.5+114501	1944	5	2	9.86					
397	NGC5970	J153830.0+121112	2003	5	5	8.80	67	10.73	5.3	1.7	0.09
	IC1131	J153851.7+120450	2063	26	-5	11.05					
398	ESO022-010	J153334.9-780726	2453	59	-2	10.13	444	10.53	2.2		1.17
	IC4555	J154814.8-781044	2465	10	6	10.64					
399	UGC09977	J154159.5+004246	1918	5	5	10.56	117	10.16	19.6	18.7	0.96
	UGC09979	J154219.5+002828	1964	5	10	10.98					
400	UGC10010	J154445.7+460441	2805	23	7	12.54	212	9.67	41.5		1.01
	MRK0490	J154630.7+455954	2832	5	9	13.09					
401	UGC10043	J154841.2+215210	2252	5	4	10.39	79	10.16	54.5		1.14
	UGC10049...	J154917.1+214943	2343	63	8	14.39					
402	NGC6015	J155125.2+621836	1041	6	6	8.47	257	10.26	50.1	48.1	0.28
	UGC10031	J154545.7+613321	1096	6	9	14.59					
403	NGC6017	J155715.5+055954	1830	75	-2	9.79	120	10.20	6.6		0.15
	SDSS...	J155614.4+060553	1857	45	9	14.70					
404	NGC6070	J160958.7+004234	2033	7	6	8.69	556	10.76	2.9	1.2	0.02
	UGC10290	J161432.9+004918	2017	6	9	11.40					
405	UGC10288	J161424.8-001227	2075	5	5	9.34	358	10.51	24.5	23.2	0.02
	VV370	J161329.0-005301	2118	5	9	12.55					
406	MCG...	J164203.2-050158	1601	5	4	8.99	383	10.46	2.2	0.6	1.42
	MCG...	J163808.6-044924	1612	5	4	11.07					
407	NGC6207	J164303.7+364957	1037	5	3	9.12	293	9.98	0.5		0.76
	UGC10477	J163734.8+371710	1033	8	7	13.25					
408	2MASX...	J164808.3-002514	2396	74	6	12.52	57	9.62	1.7		2.63
	2MASX...	J164759.2-001945	2407	9	10	12.62					
409	UGC10625	J165723.1+384019	2252	6	8	13.82	15	8.97	0.2		1.02
	SHOC553	J165730.0+384123	2255	5	9	14.37					
410	UGC10743	J171130.7+075941	2683	20	3	10.32	285	10.33	8.9	6.7	2.08
	HIPASS...	J170956.0+074713	2707	5	8	14.06					
411	UGC10770...	J171310.2+591956	1391	32	8	11.60	4	9.54	0.6		2.52
	UGC10770...	J171307.1+591924	1414	27	8	11.60					
412	NGC6368	J172711.5+113237	2905	5	3	9.13	221	10.87	0.7	0.4	0.06
	UGC10852	J172617.3+111901	2919	5	6	13.53					
413	UGC10887	J172607.0+774213	2088	5	6	12.32	185	9.57	18.3		1.84
	UGC10907	J172959.2+772347	2071	34	4	12.46					
414	UGC10864	J172819.4+141008	3030	31	-2	10.12	158	10.55	66.5	60.1	1.20
	CGCG...	J172901.7+141751	3143	16	3	12.88					
415	NGC6384	J173224.3+070337	1791	5	4	7.48	481	11.11	2.7	2.3	1.65
	UGC10862	J172808.9+072521	1816	5	5	11.66					
416	NGC6470	J174414.9+673710	1719	21	3	11.12	145	9.70	0.0		2.09
	UGC10991	J174628.9+672017	1718	5	10	12.72					

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
417	ESO139-049	J180035.0-590811	2611	8	6	10.25	257	10.44	40.6	36.6	0.42
	ESO139-046	J175916.9-593026	2672	10	6	11.55					
418	NGC6548	J180559.2+183514	2369	27	1	8.55	615	11.04	15.7	10.5	0.38
	NGC6555	J180749.2+173618	2418	5	5	9.80					
419	2MASX...	J181037.5-561640	3459	36	5	10.67	92	10.65	4.5		1.15
	IC4679	J181124.5-561516	3502	16	6	10.92					
420	NGC6574	J181151.2+145854	2471	6	4	8.35	535	11.13	0.1		0.14
	NGC6570	J181107.3+140535	2466	6	9	9.82					
421	NGC6585	J181221.8+393759	3077	8	4	10.26	380	10.48	2.7	1.1	0.29
	UGC111140	J181109.3+391014	3064	5	6	13.37					
422	UGC11152	J181232.2+183556	2928	5	8	12.56	28	9.54	8.6		0.89
	UGC11152:...	J181222.5+183630	2958	20	10	15.15					
423	IC4694	J181526.4-581232	2644	9	5	10.29	265	10.60	31.6	9.8	0.88
	2MASX...	J181214.2-581503	2580	36	1	10.31					
424	NGC6599	J181543.0+245445	3253	26	-2	9.27	183	11.12	3.5		1.03
	NGC6602	J181634.3+250239	3299	25	2	9.77					
425	NGC6438	J182217.5-852407	2349	75	-2	8.22	4	11.29	0.0		0.02
	NGC6438A	J182235.5-852423	2377	75	10	8.55					
426	NGC6667	J183039.8+675913	2856	6	2	9.28	569	10.82	16.9		2.18
	UGC11222	J182156.4+680744	2897	63	6	12.32					
427	IC4721	J183424.8-582948	2116	5	6	8.90	71	10.77	45.5	45.0	1.30
	IC4720	J183332.5-582419	1936	11	6	10.00					
428	UGC11291	J183604.5+305023	3137	7	7	13.17	225	9.50	24.3		0.17
	CGCG...	J183506.2+303730	3154	29	5	13.85					
429	NGC6654A	J183927.1+733442	1824	7	7	11.91	19	9.58	1.0		0.23
	UGC11331	J183860.0+733634	1811	9	10	12.26					
430	IC4807	J190217.7-565552	3397	36	5	10.53	281	10.47	19.1	10.3	0.29
	HIPASS...	J185949.7-570128	3356	9	6	12.98					
431	NGC6764	J190816.4+505560	2700	8	4	9.33	405	10.81	2.5		1.49
	NGC6759	J190656.8+502039	2718	45	2	10.95					
432	IC4837	J191514.6-543947	2582	18	6	9.80	555	10.70	6.1		0.30
	IC4821	J190932.0-550102	2603	10	5	10.35					
433	ESO338-004	J192758.2-413432	2850	26	4	12.60	76	9.64	57.2		1.62
	ESO338-004B	J192731.6-413854	2903	75	5	13.32					
434	NGC6814	J194240.6-101925	1703	5	4	7.59	617	11.00	23.3	21.0	0.74
	HIPASS...	J194833.7-094802	1647	9	10	13.89					
435	NGC6810	J194334.4-583921	1929	46	2	8.66	86	10.68	19.6	17.9	0.19
	ESO142-032	J194236.9-584806	1833	13	10	12.88					
436	NGC6835	J195433.1-123409	1761	54	1	8.80	51	10.61	0.0		0.79
	NGC6836	J195440.1-124117	1763	5	9	11.11					
437	NGC6869	J200042.4+661339	3024	42	-2	8.65	679	11.08	43.8	40.3	0.74
	kkh092	J201001.1+660501	2943	11	10	14.21					
438	HIPASS...	J201046.9-113835	3352	9	7	12.28	55	9.88	75.8		0.60
	2MASX...	J201103.7-113808	3258	74	5	13.13					
439	2MASX...	J201411.8-114537	3385	74	7	11.73	276	10.05	3.0		0.60
	HIPASS...	J201252.5-113913	3395	9	5	13.29					
440	IC4960	J201523.9-703216	3324	30	-2	10.42	474	10.51	52.7	43.5	0.13
	IC4962	J201642.5-710746	3269	5	4	12.55					
441	NGC6887	J201717.3-524748	2639	8	4	8.85	117	10.89	0.3		0.63
	NGC6887:...	J201605.2-524539	2626	30	9	14.00					

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
442	IC1313	J201843.7–165645	3421	19	2	9.56	60	10.83	30.9	8.6	0.31
	2MASX...	J201828.6–165930	3250	74	3	12.93					
443	ESO462–025	J202908.2–275452	3127	5	8	13.28	215	9.42	203.8		0.87
	ESO462–022	J202806.0–280505	3173	68	8	14.24					
444	IC5020	J203038.5–332908	3127	8	3	9.26	91	10.88	0.1		0.18
	ESO400–037	J203113.5–332841	3119	5	6	13.72					
445	ESO596–051	J203105.0–181202	2413	74	7	11.41	3	9.89	0.0		2.74
	ESO596–051	J203106.3–181157	2414	9	8	12.87					
446	AM2029–235...	J203236.0–234258	3154	74	3	13.61	35	9.43	0.3		0.65
	AM2029–235...	J203225.5–234135	3158	74	3	13.67					
447	ESO234–049	J203518.1–495156	2536	8	4	10.59	372	10.17	7.3		0.31
	6dF...	J203210.1–493056	2520	74	9	14.23					
448	ESO186–065	J203557.2–541758	3398	26	–3	9.93	332	10.70	16.3		0.28
	IC5021	J203334.0–543115	3353	74	7	12.92					
449	ESO234–050	J203557.9–501132	2650	75	–1	11.19	125	9.96	0.1		0.31
	ESO234–056	J203702.2–500538	2648	65	8	15.91					
450	IC5039	J204314.3–295112	2763	7	4	9.88	110	10.78	0.9	0.6	0.66
	IC5007	J204334.4–294213	2783	5	7	10.09					
451	NGC6920	J204357.4–800003	2699	40	–2	8.28	75	11.13	15.6	1.4	0.36
	ESO026–005	J204601.4–800451	2545	75	9	11.40					
452	ESO285–048	J204440.2–455843	2693	5	6	10.90	173	10.13	7.5		0.32
	ESO285–051	J204600.8–455059	2715	35	9	13.28					
453	NGC6958	J204842.6–375951	2740	25	–4	8.38	138	11.11	1.6		0.21
	2MASX...	J204935.7–375240	2705	40	–3	12.39					
454	NGC7029	J211152.1–491701	2750	37	–5	8.53	702	11.06	0.0		0.55
	ESO235–073	J211157.5–502105	2750	9	8	12.79					
455	NGC7070A	J213147.3–425052	2385	26	0	9.30	198	10.80	0.2		0.59
	NGC7070	J213025.4–430514	2392	5	6	10.01					
456	UGC11760	J213139.8+022704	3491	13	4	10.72	64	10.64	0.1		1.21
	NGC7081	J213124.1+022929	3500	9	3	10.99					
457	NGC7079	J213235.2–440403	2661	25	–2	8.57	268	11.01	23.6	10.3	0.16
	ESO287–037	J213432.0–441853	2574	33	8	12.22					
458	NGC7083	J213544.7–635410	2989	10	4	8.41	343	11.29	14.1		0.11
	ESO107–044	J214003.4–635432	3071	51	–2	9.86					
459	IC5120	J213848.3–642101	3201	10	4	10.78	336	10.30	97.8		0.12
	NGC7083a	J213506.0–641114	3271	75	9	15.82					
460	NGC7137	J214813.0+220934	1975	10	5	8.82	79	10.68	39.8	39.6	1.30
	UGC11813	J214731.1+220951	2118	5	10	14.96					
461	NGC7135	J214946.0–345235	2760	39	–3	8.84	312	11.13	21.6	11.0	0.12
	IC5131	J214725.3–345301	2671	25	–3	9.32					
462	ESO288–013	J215146.1–430725	2560	22	9	11.73	265	9.78	64.2		0.43
	2MASX...	J215356.2–431830	2525	74	5	13.51					
463	ESO027–001	J215226.4–813151	2364	5	5	9.09	74	10.70	0.4		0.27
	ESO027–003	J215345.2–813910	2378	26	10	13.74					
464	ESO404–012	J215707.2–343456	2646	26	5	9.45	274	10.81	2.4		0.15
	NGC7154	J215521.0–344851	2668	13	10	10.37					
465	UGC11866	J215834.0+140722	1970	5	4	11.80	83	9.47	6.3	3.0	2.10
	[ZBS97]A04–1	J215906.4+141421	1984	5	10	15.17					
466	NGC7177	J220041.2+174417	1424	5	3	8.14	194	10.62	17.0	16.5	1.28
	UGC11868	J215904.7+181039	1368	5	9	12.89					

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
467	ESO404-018	J220110.2-323444	2324	8	7	10.92	193	9.99	58.0		0.19
	6dF...	J220250.2-323437	2275	74	4	13.34					
468	NGC7168	J220207.4-514435	2702	34	-5	8.87	583	10.90	22.5		0.35
	ESO237-019	J215720.6-511303	2651	27	10	13.31					
469	ESO532-015	J220308.2-222340	1854	8	6	11.76	39	9.47	46.2	33.8	0.79
	ESO532-014	J220257.1-222819	1799	15	6	13.79					
470	AM2206-272...	J220855.9-271322	2763	37	4	11.57	52	10.04	37.7	24.5	0.44
	ESO532-022	J220911.3-270959	2681	10	6	12.08					
471	IC5169	J221010.0-360519	3062	19	-1	9.77	377	10.68	40.1		1.04
	ESO404-041	J221236.3-355730	3127	74	6	13.08					
472	ESO288-045	J221037.8-431511	2230	71	5	12.38	150	9.39	79.8		0.68
	AM2209-432	J221207.4-431038	2197	8	10	14.39					
473	2MASX...	J221247.1-254303	2756	9	3	11.91	51	9.79	0.9		0.43
	ESO532-032	J221253.2-253835	2747	5	8	13.50					
474	NGC7241	J221549.9+191356	1723	8	4	8.95	34	10.48	0.9	0.8	1.28
	UGC11964	J221529.1+191312	1697	5	7	12.92					
475	2MASX...	J221805.4-253116	2827	10	3	11.86	113	9.83	0.1		1.46
	ESO533-010	J221807.0-254120	2825	5	9	13.57					
476	NGC7259	J222305.5-285717	1789	37	3	10.75	21	9.83	29.1	27.6	1.31
	ESO467-051	J222316.4-285848	1879	8	6	14.21					
477	MCG...	J222741.5-094337	1786	43	8	13.10	33	9.08	208.3		2.64
	6dF...	J222730.5-093959	1866	74	9	13.59					
478	NGC7307	J223352.5-405558	2088	5	6	10.41	158	10.12	113.5		0.95
	ESO345-027	J223414.4-411404	2178	75	8	12.85					
479	NGC7314	J223546.2-260301	1511	5	4	8.18	99	10.67	1.2	0.9	1.45
	ESO534-001	J223607.0-261852	1490	5	9	13.33					
480	ESO534-010	J223851.6-254233	3207	42	-3	9.94	371	10.62	71.3		0.27
	ESO534-015	J224000.8-260728	3125	74	2	14.18					
481	ESO534-021	J224434.7-225931	3247	13	5	11.65	314	10.08	5.6		0.36
	2MASX...	J224419.6-232329	3261	31	7	12.82					
482	NGC7416	J225541.7-052943	3031	10	3	9.23	654	10.86	12.0		1.85
	MCG...	J225834.5-045618	2998	74	6	13.82					
483	IC5273	J225926.7-374210	1310	9	6	8.75	164	10.31	21.6	20.1	0.27
	ESO406-040	J230022.2-371205	1263	6	10	14.15					
484	NGC7448	J230003.6+155849	2449	6	5	8.99	317	10.79	6.5	5.9	0.05
	UGC12321	J230219.0+160140	2417	5	4	12.07					
485	NGC7457	J230059.9+300842	1119	11	-3	8.17	36	10.46	12.7	12.3	0.32
	UGC12311	J230125.1+301421	1211	8	6	12.34					
486	NGC7456	J230210.4-393410	1212	8	6	9.35	310	10.03	4.2		0.35
	LCRS...	J230153.2-382941	1201	30	10	12.31					
487	ESO027-021	J230419.1-792757	2308	20	1	10.56	46	10.13	8.4	6.2	0.74
	[SOM2000]...	J230415.6-793258	2262	10	9	12.75					
488	UGC12347	J230512.2+185205	1899	21	10	12.32	78	9.43	0.7		0.29
	UGC12344	J230460.0+184212	1895	5	8	12.80					
489	NGC2573B	J230732.8-890659	2311	24	10	12.06	12	9.70	0.8		0.75
	NGC2573A	J231227.2-890734	2328	75	3	12.60					
490	NGC7541	J231443.9+043204	2894	8	5	8.33	37	11.25	0.0		1.11
	NGC7537	J231434.5+042954	2893	5	4	10.19					
491	NGC7625	J232030.1+171332	1878	8	1	8.86	177	10.60	0.5		0.50
	UGC12549	J232153.5+172612	1888	5	10	13.52					

Таблица В.1: Каталог пар (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\perp}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
492	ESO536-003	J232216.0-234204	1774	75	6	13.58	62	8.79	627.0		1.73
	2MASX...	J232217.9-233306	1702	74	8	14.51					
493	NGC7667	J232423.1-000629	2892	7	9	12.22	15	9.64	1.6	1.1	1.52
	UM160e	J232423.4-000514	2912	6	10	16.15					
494	NGC7637	J232627.7-815442	3447	55	5	9.60	31	10.83	33.8	32.7	1.42
	ESO012-001...	J232555.4-815241	3195	16	5	12.02					
495	UGCA439	J232632.8+181560	1834	60	9	12.78	137	9.01	828.7		0.50
	EXG...	J232554.1+183245	1762	75	9	15.66					
496	NGC7676	J232901.7-594300	3250	35	-3	9.39	410	10.88	70.0		0.31
	ESO148-009	J232456.9-594720	3354	74	5	13.31					
497	ESO148-017	J233006.7-592753	2995	21	-5	9.48	559	10.78	37.3		0.31
	ESO148-014	J232729.2-600952	3053	74	3	12.61					
498	NGC7694	J233315.8-024210	2461	5	10	10.77	10	10.14	3.3		0.01
	NGC7695	J233315.0-024313	2400	75	2	12.35					
499	ESO291-034	J233522.2-425332	3186	9	4	11.63	351	10.12	54.5		0.58
	2MASX...	J233331.0-423441	3144	74	1	12.28					
500	NGC7712	J233551.6+233707	3319	5	2	10.47	383	10.53	4.5	3.2	1.67
	UGC12675	J233438.3+231328	3301	5	4	12.00					
501	NGC7714	J233614.1+020919	3000	9	3	9.74	24	10.66	1.0	0.4	0.95
	NGC7715	J233622.1+020924	2960	16	9	12.70					
502	ESO240-010	J233743.6-473013	3143	45	-2	8.65	302	11.20	14.6	11.2	0.16
	ESO240-013	J233927.0-474629	3223	10	3	10.63					
503	NGC7721	J233848.6-063104	2173	5	5	8.67	404	10.81	8.8	5.0	0.23
	MCG...	J233848.9-054448	2208	11	9	12.60					
504	NGC7731	J234129.1+034424	3084	11	1	10.62	19	10.59	0.2		0.55
	NGC7732	J234133.9+034330	3104	17	7	10.77					
505	NGC7741	J234354.4+260432	1017	5	6	9.61	181	9.77	0.1		0.31
	UGC12732	J234039.9+261411	1016	5	8	13.35					
506	NGC7751	J234658.3+065142	3456	9	0	9.60	25	10.80	18.4	18.3	1.48
	ESDO...	J234650.7+065131	3259	6	10	14.13					
507	NGC7755	J234751.8-303119	3001	7	5	8.96	285	10.95	21.4	7.7	0.78
	APMUKS...	J234650.7-301105	2926	30	9	15.63					
508	ESO472-006	J235404.5-252716	3091	40	9	11.74	102	10.01	0.4		0.37
	APMBGC...	J235440.2-252919	3085	26	5	12.77					
509	NGC7793	J235749.8-323528	247	10	7	6.85	165	9.59	29.6	5.7	0.53
	ESO349-031	J000813.4-343442	223	11	10	13.41					

## В.2 168 близких триплетов галактик

Каталог 168 тройных систем галактик, выделенных по критериям (1) – (3) в рассматриваемом объёме, представлен в Таблице 1. Первая колонка таблицы содержит порядковый номер триплета. Во второй колонке указаны обозначения галактик в известных каталогах; координатная часть имён в обзорах 2MASS, 6dF, SDSS и др. опущена. В третьей колонке представлены экваториальные координаты галактик на эпоху 2000.0, при этом компоненты триплетов ранжированы по их видимой  $K$ -величине, а сами триплеты расположены в порядке возрастания прямого восхождения самого яркого компонента. Колонки (4) и (5) указывают, соответственно, лучевую скорость галактики в  $\text{км с}^{-1}$  относительно центроида Местной группы, и ошибку её измерения. Колонки (6) и (7) содержат морфологический тип галактики в цифровом коде и её видимую величину в  $K$ -полосе с поправкой за галактическое поглощение, согласно Schlegel et al. (1998). Колонка (8) представляет среднее гармоническое расстояние между компонентами в проекции на небе; при этом расстояние до галактик определялось по средней лучевой скорости триплета при постоянной Хаббла  $H = 73 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ . В колонке (9) указан логарифм интегральной светимости триплета при абсолютной звёздной величине Солнца  $K_s = 3^m 28$  (Binney and Merrifield 1998). Десятая колонка содержит оценку отношения проекционной массы тройной системы к её суммарной светимости. Здесь масса триплета определялась, согласно Heisler et al. (1985), выражением

$$\mathfrak{M}_p = \frac{64}{G\pi} \langle \Delta V_i^2 \cdot R_{\perp i} \rangle, \quad (4)$$

где усредняемая разность лучевой скорости компонента  $\Delta V_i$  и его проекционное расстояние  $R_{\perp i}$  взяты по отношению к центроиду системы, с учётом светимости в качестве веса.

Однако, такая оценка массы триплета является статистически смещённой из-за асимметричного влияния ошибок измерения лучевых скоростей. Чтобы получить несмещённую оценку массы, необходимо заменить  $\Delta V_i^2$  в (4) на квадратичную разность  $(\Delta V_i^2 - \epsilon_i^2)$ , где  $\epsilon_i$  указаны в колонке (5). Скорректированные (несмещённые) оценки отношения массы к светимости представлены в одиннадцатой колонке; отрицательные величины мы опускаем, как не имеющие физического смысла. Последняя колонка каталога содержит логарифм безразмерного параметра  $II$  (индекса изолированности), который характеризует наименьшее значение из условий

(1) и (2) для членов триплета по отношению к соседним галактикам. Близкая к нулю величина  $\lg(II)$  означает, что тройная система близка к “захвату” нового члена и переходу в категорию систем более высокой кратности.

Таблица В.2: Каталог триплетов галактик в Местном сверхскоплении и его окрестностях

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{harm}$	$\log L$	$\frac{\overline{M}}{L_K}$	$\frac{\overline{M}^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
			km s <sup>-1</sup>			mag	kpc	$L_{\odot}$	$\odot$	$\odot$	
1	NGC7817	J000358.9+204508	2555	6	4	8.40	194	11.19	92.1	91.9	0.93
	NGC7798	J235925.5+204459	2650	5	4	9.35					
	ESDOF538-02	J000431.1+204305	2419	5	9	15.15					
2	NGC0063	J001745.5+112701	1373	8	5	9.22	332	10.26	1.4	0.0	1.96
	UGC00191	J002005.2+105248	1349	5	9	11.04					
	UGC00156	J001648.1+122053	1347	5	10	12.17					
3	NGC0150	J003415.5-274813	1609	6	3	8.51	130	10.63	55.5		0.39
	ESO410-012	J002817.7-275858	1588	75	5	11.54					
	ESO410-017	J003338.3-274745	1838	75	5	13.29					
4	NGC0210	J004035.0-135222	1726	14	3	8.38	208	10.71	40.5	31.8	0.11
	MCG-02-02-083	J004112.5-133247	1713	42	10	13.09					
	FGC0073	J004043.3-130235	1651	9	8	14.38					
5	NGC0274	J005101.9-070325	1848	14	-3	9.17	18	10.61	0.6		0.60
	NGC0275	J005104.2-070400	1859	7	6	10.54					
	NGC0298	J005502.3-071959	1864	5	6	11.28					
6	MCG-02-05-072	J015403.2-141511	1461	30	0	10.26	172	9.96	39.1		0.27
	2MASX...	J015247.5-141628	1444	75	5	11.19					
	KUG0150-138	J015236.1-133440	1414	75	10	13.83					
7	VV525	J022621.3-095027	2136	5	8	11.25	131	9.99	30.1		0.70
	MRK1039	J022732.8-100956	2094	45	8	11.83					
	MRK1042	J022804.6-101100	2134	34	9	13.05					
8	NGC0925	J022716.9+333445	736	5	7	7.85	308	10.25	3.0	0.5	0.44
	UGC02023	J023318.2+332928	784	9	10	11.23					
	UGC01924	J022749.8+314336	776	5	6	12.06					
9	NGC1232	J030945.5-203446	1626	8	5	7.37	475	11.07	81.5	72.3	0.05
	MCG-04-08-040	J031216.3-210258	1483	48	0	12.03					
	ESO547-009	J030558.7-192329	1638	5	10	13.90					
10	NGC1248	J031248.6-051329	2247	21	-2	9.51	62	10.58	50.8	30.0	0.02
	DDO032	J031438.6-044627	2221	5	8	11.08					
	MRK0604	J031247.4-051607	2102	75	7	13.27					
11	NGC1291	J031718.6-410629	703	5	0	5.65	226	11.03	114.9	114.2	0.17
	ESO300-014	J030937.9-410150	824	9	9	9.99					
	ESO300-016	J031010.5-400011	582	9	10	13.29					
12	NGC1340	J032819.7-310405	1069	16	-4	7.39	432	10.73	1.2		0.33
	ESO358-022	J033520.3-323608	1071	29	-2	10.17					
	ESO418-008	J033130.7-301248	1083	5	8	12.17					
13	IC1954	J033131.4-515417	886	7	3	8.74	233	10.09	27.5		0.54
	IC1933	J032539.9-524708	885	9	6	10.19					
	ESO200-045	J033502.3-512713	852	75	10	13.99					
14	MCG-03-10-045	J034638.1-163301	1193	16	3	9.73	147	9.92	0.6		0.44
	MCG-03-10-041	J034335.5-160052	1186	53	8	11.89					
	6dF...	J034649.1-161557	1190	74	9	13.04					
15	NGC1482	J035438.9-203009	1823	39	-1	8.47	48	10.70	4.2	1.3	0.29
	NGC1481	J035429.0-202538	1638	32	-3	11.17					
	ESO549-035	J035503.9-202301	1685	30	6	12.46					
16	2MASX...	J041314.4+132110	1578	75	3	10.80	39	10.00	0.6		2.05
	2MASX...	J041249.2+132945	1563	9	1	10.99					
	UGC02984	J041312.6+132511	1567	5	8	11.94					

Таблица В.2: Каталог триплетов (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{harm}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
17	ESO362-011	J051638.8-370609	1135	5	4	9.33	144	10.02	61.4	58.8	0.72
	ESO362-019	J052104.2-365725	1089	8	9	11.62					
	ESO362-016	J051918.5-370617	1133	5	10	13.17					
18	NGC1888	J052234.4-112958	2314	23	5	8.25	7	11.10	0.5	0.3	0.35
	MCG-02-14-015	J052314.8-112529	2360	10	0	10.79					
	NGC1889	J052235.3-112949	2341	20	-1	10.90					
19	NGC2139	J060108.0-234020	1633	7	6	9.33	232	10.49	35.5		0.48
	IC2152	J055753.4-231051	1673	9	1	9.93					
	6dF...	J060215.4-235201	1596	74	6	12.80					
20	ESO005-004	J060541.6-863755	1598	41	3	8.09	295	10.75	10.0	8.0	0.80
	ESO004-017	J050429.4-870145	1508	5	10	11.12					
	ESO001-002	J050436.8-873420	1538	8	10	15.06					
21	ESO556-015	J062105.6-200254	1775	9	2	8.88	64	10.58	57.7	43.1	0.07
	ESO556-019	J062150.2-201331	1661	5	9	11.52					
	ESO556-018	J062145.2-200737	1827	74	7	12.57					
22	UGC03765	J071602.0+564905	3321	46	-2	9.86	38	10.75	40.5	38.3	0.34
	CGCG261-042	J071610.4+564923	3186	56	3	11.95					
	2MASX...	J071704.3+564402	3419	16	5	13.90					
23	NGC2336	J072704.1+801041	2402	6	4	7.69	386	11.32	22.7	20.3	0.04
	IC0467	J073018.4+795221	2238	12	5	10.03					
	UGC03604	J070222.2+805711	2362	20	9	11.30					
24	NGC2403	J073651.4+653609	265	5	6	6.18	8	9.93	36.5		0.21
	NGC2366	J072854.7+691257	255	6	10	10.61					
	NGC2363	J072829.6+691134	224	69	10	13.36					
25	ESO163-011	J073805.5-551127	2529	5	3	10.48	49	10.37	14.1		0.77
	ESO163-010	J073753.2-551060	2433	98	6	11.46					
	ESO163-013	J074120.0-551046	2519	9	8	13.22					
26	NGC2424	J074039.3+391360	3312	64	3	9.30	179	10.90	13.2	12.7	0.26
	KUG0737+394	J074057.9+392245	3253	12	8	13.71					
	UGC03954	J073955.2+390228	3194	5	10	14.92					
27	NGC2460	J075652.3+602058	1558	5	2	8.51	89	10.60	82.1	51.7	0.59
	IC2209	J075614.2+601815	1474	42	3	11.78					
	UGC04182	J080349.7+612050	1618	38	5	12.25					
28	NGC2481	J075713.7+234604	2097	34	-1	9.14	24	10.68	0.7		1.12
	NGC2480	J075710.5+234647	2249	11	5	11.67					
	SDSS...	J075726.0+233608	2251	55	-1	13.46					
29	NGC2543	J081257.9+361517	2456	23	3	9.41	77	10.62	5.4	4.9	0.22
	2MASX...	J081258.5+361154	2461	7	9	13.35					
	SDSS...	J081436.0+362604	2431	7	10	15.21					
30	IC2256	J081654.4+241037	2103	11	6	11.87	62	9.62	199.8	62.6	0.35
	IC2271	J081819.7+243137	2098	13	9	13.08					
	SDSS...	J081808.3+243006	2038	47	9	14.80					
31	UGC04305	J081905.0+704312	311	6	10	8.78	69	9.05	63.6	57.7	0.28
	UGC04483	J083703.0+694631	304	5	10	12.76					
	KDG052	J082356.0+710146	268	5	10	13.91					
32	NGC2592	J082708.1+255813	1904	21	-5	9.11	166	10.50	10.4	9.8	0.36
	SDSS...	J082628.8+260429	1881	5	-3	13.53					
	SDSS...	J082711.0+251435	1855	5	6	13.75					
33	NGC2639	J084338.1+501220	3252	15	1	8.39	50	11.27	22.3	17.0	0.03
	2MASX...	J084520.0+501411	3418	18	4	13.87					
	SDSS...	J084512.8+501313	3307	54	6	14.57					
34	UGC04640	J085143.8-020803	3099	9	5	10.52	24	10.50	0.2		1.65
	UGC04638...	J085137.9-022158	3105	22	9	11.68					
	UGC04638...	J085138.0-022115	3110	11	10	14.33					

Таблица В.2: Каталог триплетов (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\text{harm}}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
35	NGC2706	J085612.3-023348	1416	9	3	9.52	249	10.34	15.5		0.43
	NGC2690	J085238.0-023612	1388	40	2	9.63					
	6dF...	J085100.2-022202	1369	74	10	14.99					
36	ESO563-036	J085711.5-203438	2424	12	0	9.52	102	10.62	123.2	62.4	0.50
	ESO563-034	J085656.3-203138	2327	5	6	11.81					
	2MASX...	J085554.2-200814	2525	74	2	12.67					
37	2MASX...	J085745.8-190416	2236	7	0	11.63	55	9.91	171.1	40.4	1.52
	ESO564-004	J090009.2-185408	2164	14	1	12.01					
	LCSBS1216P	J085738.4-190238	2109	74	2	12.84					
38	UGC04773	J090600.3+184553	3312	8	4	10.41	19	10.71	0.6		0.56
	NGC2744	J090439.0+182752	3302	6	2	10.69					
	PGC200248	J090438.6+182723	3298	5	10	14.52					
39	NGC2770	J090933.7+330725	1898	6	5	9.56	27	10.32	12.8	3.1	0.58
	KUG0906+333A...	J090919.9+330717	1812	5	10	14.10					
	[GSK2002]...	J090946.8+330838	1920	75	10	16.05					
40	NGC2781	J091127.5-144901	1761	15	-1	8.48	156	10.73	1.7	0.9	0.63
	MCG-02-24-003	J091206.7-152552	1799	9	7	11.94					
	DDO057	J091119.9-150258	1786	5	10	12.23					
41	NGC2778	J091224.4+350139	2001	34	-5	9.51	68	10.51	13.6	12.5	0.21
	NGC2780	J091244.4+345532	1928	10	3	10.85					
	UGC04834	J091150.9+345748	2024	5	6	12.85					
42	NGC2732	J091324.7+791114	2145	12	-2	8.94	69	10.71	46.9	46.4	0.83
	UGC04832	J091452.3+791147	2146	18	5	11.91					
	UGC04776	J091008.2+792137	2259	5	10	14.06					
43	UGC04868	J091451.8+483537	2822	5	9	14.95	80	8.90	20.9		0.61
	UGC04874	J091516.3+484003	2821	5	9	15.18					
	SDSS...	J091552.1+484120	2809	17	9	15.39					
44	NGC2835	J091752.9-222117	600	5	5	7.88	134	9.95	7.2	4.8	0.03
	ESO565-001	J092128.1-223007	562	5	10	11.97					
	ESO497-035	J091658.3-231645	545	9	8	13.36					
45	NGC2820	J092145.6+641529	1697	12	5	9.90	17	10.22	31.1	28.6	0.03
	NGC2814	J092111.5+641511	1789	30	3	11.06					
	NGC2820A	J092130.3+641420	1554	33	0	13.74					
46	NGC2865	J092330.2-230941	2323	9	-4	8.43	107	10.96	14.5		0.04
	2MASX...	J092522.5-231114	2324	74	0	12.44					
	FGCE0745	J092340.8-231446	2193	14	8	14.22					
47	NGC2856	J092416.0+491457	2676	19	5	9.70	98	10.90	13.3	11.2	0.32
	NGC2854	J092403.1+491216	2793	25	3	10.09					
	UGC05049	J092855.4+491418	2760	6	6	10.85					
48	CGCG034-050	J092812.2+032430	3322	16	1	10.37	341	10.53	2.5		0.32
	CGCG034-052	J092953.4+033845	3368	44	8	13.20					
	SDSS...	J092711.1+031838	3361	53	8	14.39					
49	NGC2902	J093052.9-144409	1747	32	0	9.08	318	10.52	2.1	0.1	0.11
	MCG-02-24-027	J092859.2-144827	1760	6	7	11.59					
	MCG-02-25-003	J093406.8-151821	1743	5	9	11.62					
50	UGC05050	J093109.4+762751	2413	67	3	11.47	278	10.09	71.1		1.26
	NGC2938	J093823.8+761910	2461	6	6	12.01					
	MRK0118	J094418.3+762109	2484	75	2	12.37					
51	NGC3030	J095010.5-121335	2458	74	-3	10.30	68	10.57	8.7		0.71
	MCG-02-25-020	J095014.0-120328	2443	12	4	10.31					
	MCG-02-25-019	J094957.3-120545	2375	5	8	12.37					
52	NGC3059	J095008.2-735520	977	20	4	7.87	316	10.42	6.6		0.12
	HIPASSJ1004-73	J100458.4-735117	963	9	9	13.10					
	ESO037-004	J093237.5-741516	992	75	10	14.01					

Таблица В.2: Каталог триплетов (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{harm}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
53	NGC2985	J095022.2+721643	1470	12	2	7.35	96	10.92	38.3	38.1	0.10
	NGC3027	J095540.6+721213	1214	7	7	10.82					
	KDG059	J095150.0+720460	1337	5	10	14.68					
54	NGC3026	J095054.8+283302	1415	5	10	10.70	37	9.71	120.1		0.46
	KUG0947+282	J095011.0+280047	1366	5	-5	12.81					
	MCG+05-23-039	J095000.7+275947	1428	75	4	13.05					
55	NGC3045	J095317.7-183842	1975	6	4	10.47	28	10.07	25.1	8.4	0.80
	6dF...	J095332.4-183932	2069	74	7	12.73					
	ESO566-025	J095342.9-183947	1977	9	8	13.18					
56	NGC3056	J095432.9-281753	697	31	-1	8.61	124	9.92	23.9		0.17
	ESO435-016	J095846.2-283719	651	43	3	10.13					
	ESO435-020	J095921.2-280800	682	11	9	12.43					
57	NGC3067	J095821.1+322212	1425	13	4	8.90	370	10.36	23.0		0.07
	IC2524	J095732.9+333711	1439	47	1	12.18					
	UGC05393	J100141.9+330813	1397	11	10	13.99					
58	NGC3089	J095936.7-281953	2413	10	3	9.29	318	10.77	3.2		0.33
	ESO435-014	J095748.4-283024	2365	5	5	10.37					
	2MASX...	J100151.8-283037	2364	74	-1	12.18					
59	IC2531	J095955.5-293704	2177	5	5	8.48	130	10.85	9.8		0.35
	6dF...	J095811.4-293437	2020	74	6	11.23					
	6dF...	J095813.6-292451	2024	9	5	12.20					
60	UGC05376	J100027.1+032228	1865	18	4	9.77	86	10.24	105.8	105.4	0.13
	UGC05377	J100031.6+031219	1942	6	6	13.16					
	SDSS...	J100059.1+032752	1764	5	8	14.06					
61	NGC3102	J100431.8+600629	3139	50	0	10.58	357	10.54	111.1	29.4	0.45
	UGC05408	J100351.9+592610	3088	8	1	11.28					
	SDSS...	J100413.4+602214	3205	61	8	14.34					
62	UGC05576	J102043.4+651019	3420	6	2	10.48	344	10.59	7.9		0.71
	UGC05520	J101500.4+650824	3438	18	6	11.67					
	SDSS...	J102256.0+651203	3405	20	9	14.93					
63	UGC05600	J102410.0+783744	2990	33	-2	11.03	43	10.24	2.1		0.41
	UGC05609	J102422.3+783633	2962	12	4	12.61					
	UGC05682	J103109.3+785314	2995	7	5	14.01					
64	IC2580	J102818.0-313105	2837	5	5	10.01	59	10.52	1.5		0.57
	6dF...	J102831.3-313354	2832	74	7	13.18					
	2MASX...	J102849.2-312951	2811	74	8	14.15					
65	ESO437-002	J103459.7-280442	2018	18	3	10.79	101	10.13	62.0		0.62
	2MASX...	J103604.3-273032	2011	48	-5	11.31					
	ESO437-003	J103507.7-275929	2108	74	5	12.80					
66	ESO501-059	J103749.5-270718	2147	46	3	10.79	154	10.15	32.5		0.16
	2MASX...	J103544.7-270001	2162	38	1	11.41					
	2MASX...	J103548.4-271020	2205	36	9	13.75					
67	NGC3310	J103845.9+533012	1071	29	4	8.97	275	10.06	11.7	10.0	0.73
	SBS1033+531	J103636.4+525101	1047	5	9	14.27					
	kkh062	J104455.5+541222	1068	5	10	14.70					
68	NGC3347A	J104020.6-362440	2485	14	6	9.65	59	10.56	27.5	19.4	0.04
	NGC3347C	J104053.7-361717	2349	5	7	11.81					
	6dF...	J104039.6-362205	2434	74	9	14.14					
69	UGC05798	J103946.9+475555	1566	17	5	12.16	169	9.29	6.6		0.44
	UGCA216	J104214.2+474559	1565	16	8	13.04					
	SDSS...	J104407.8+474242	1572	18	9	14.97					
70	NGC3423	J105114.3+055024	829	9	6	8.54	284	10.04	76.1	46.6	0.07
	UGC05974	J105135.2+043459	875	27	7	12.19					
	MRK1271	J105609.0+061023	824	11	9	12.21					

Таблица В.2: Каталог триплетов (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{harm}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
71	UGC06029	J105502.3+494333	1424	17	10	12.03	199	9.38	9.7		1.23
	UGC05998...	J105308.4+501705	1413	36	10	12.51					
	SBS1054+504	J105658.7+500826	1408	8	9	13.12					
72	NGC3471	J105909.0+613150	2218	10	1	9.58	50	10.48	2.3	1.8	0.99
	MCG+10-16-040	J105925.8+613306	2271	5	8	13.39					
	UGC06080	J110040.1+611914	2287	8	6	14.05					
73	NGC3511	J110323.8-230512	831	5	5	8.04	100	10.42	4.0	2.0	0.87
	NGC3513	J110346.1-231444	918	11	5	9.13					
	ESO502-024	J111239.4-232744	904	8	8	14.02					
74	NGC3521	J110548.6-000209	605	5	4	5.76	98	10.84	28.1	22.4	0.42
	UGC06145	J110534.6-015148	533	5	10	13.59					
	MGC0016030	J110440.2+000330	602	75	10	14.80					
75	NGC3606	J111615.6-334939	2720	75	-5	9.36	215	10.89	16.5		0.07
	ESO377-031	J111601.0-335805	2721	7	4	10.25					
	ESO377-026	J111256.6-332306	2761	74	5	12.05					
76	NGC3683A	J112911.7+570756	2522	5	5	9.62	225	10.56	89.6	60.2	0.59
	2MASX...	J112560.0+565408	2449	31	9	13.39					
	SDSS...	J112627.4+564045	2561	34	9	15.25					
77	NGC3717	J113132.0-301828	1450	7	3	7.49	109	10.98	19.5	14.8	0.20
	IC2764	J112705.0-285849	1355	24	0	9.22					
	IC2913	J113151.4-302439	1401	12	4	10.46					
78	NGC3786	J113942.5+315433	2673	29	4	9.33	40	11.03	4.7	0.6	0.24
	NGC3788	J113944.7+315552	2639	34	3	9.34					
	2MASX...	J113901.3+312916	2705	30	4	11.88					
79	NGC3810	J114058.8+112816	858	5	5	7.94	253	10.31	0.3		0.30
	NGC3773	J113813.0+120643	850	9	-2	10.69					
	SDSS...	J113708.8+131505	855	11	7	14.41					
80	NGC3811	J114116.6+474127	3145	17	6	9.69	440	10.71	31.6		0.78
	SDSS...	J114259.7+482125	3164	43	8	14.80					
	SDSS...	J114009.1+481530	3101	31	9	15.28					
81	IC2957	J114537.0+311758	1752	30	2	11.46	45	9.75	47.0	17.1	0.75
	UGC06684	J114320.9+312718	1753	5	7	12.12					
	UGC06684...	J114332.7+312728	1794	14	9	12.79					
82	NGC3876	J114526.7+090939	2757	7	2	11.15	30	10.06	23.3	20.3	0.41
	SDSS...	J114522.1+090944	2871	61	-2	13.88					
	UGC06717	J114445.8+091246	2725	5	8	14.08					
83	NGC3887	J114704.6-165117	969	5	4	8.01	196	10.36	12.0	10.5	0.20
	HIPASSJ1150-17	J115027.4-172035	943	9	9	13.59					
	[KKS2000]25	J114517.8-171626	983	5	10	15.68					
84	NGC3941	J115255.4+365911	922	11	-2	7.31	281	10.61	1.1	0.5	0.24
	NGC3930	J115146.0+380054	921	5	5	11.18					
	UGC06955	J115829.8+380433	911	6	10	11.34					
85	NGC3962	J115440.1-135830	1587	32	-5	7.65	222	10.88	7.4		0.56
	6dF...	J115430.6-142318	1457	74	9	13.68					
	[KKS2000]26	J115353.0-150150	1506	5	10	15.29					
86	NGC3976	J115557.6+064503	2348	5	3	9.20	110	10.68	12.7	8.4	0.86
	NGC3976A	J115602.5+064040	2355	55	7	12.95					
	CGCG040-060	J115306.1+060914	2382	5	6	12.97					
87	NGC4067	J120411.5+105116	2288	14	3	9.89	275	10.69	32.6	27.6	0.41
	NGC4078	J120447.6+103544	2402	39	-2	9.92					
	SDSS...	J120315.1+100628	2395	5	6	14.03					
88	NGC4108	J120644.6+670948	2650	10	4	9.80	103	10.57	4.9		0.13
	NGC4108B	J120711.6+671407	2723	11	7	12.86					
	2MASX...	J120518.0+665735	2750	29	4	13.80					

Таблица В.2: Каталог триплетов (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{\text{harm}}$	$\log L$	$\frac{\overline{m}}{L_K}$	$\frac{\overline{m}^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
89	NGC4158	J121110.2+201033	2379	10	3	9.73	193	10.51	63.8	54.3	0.51
	KUG1209+203	J121157.7+200140	2291	36	4	12.47					
	LSBCF573-03	J120942.6+200252	2416	10	10	12.54					
90	NGC4206	J121516.8+130126	593	5	4	9.38	185	9.38	26.5	14.1	0.09
	VCC0168	J121553.8+140131	578	8	-5	12.80					
	VCC0448	J122100.2+124333	564	8	10	14.47					
91	IC0777	J121923.8+281836	2495	19	3	11.03	88	10.21	53.2		0.91
	CGCG158-065	J121938.6+282943	2368	29	1	11.33					
	KUG1217+288	J121956.6+283319	2455	75	5	14.16					
92	ESO321-025	J122142.9-394610	1888	46	6	9.73	217	10.30	90.2		1.15
	ESO321-023	J122055.6-393210	1979	74	4	12.41					
	6dF...	J122511.8-393507	1867	74	6	13.21					
93	NGC4304	J122212.7-332904	2353	14	4	9.02	335	11.02	27.3	21.3	0.20
	IC3253	J122345.2-343720	2452	7	5	9.08					
	IC3253:...	J122219.6-343828	2387	30	9	14.56					
94	NGC4388	J122546.8+123943	2409	13	3	7.99	111	11.14	1.1		0.03
	IC3305	J122514.5+115059	2362	54	-1	12.94					
	VPC0415	J122528.5+123812	2318	74	8	14.43					
95	NGC4355	J122654.6-005239	1978	24	1	10.11	62	10.16	3.4		0.44
	CGCG014-050...	J122914.0-012122	1979	19	8	13.51					
	VV655...	J122704.5-005421	2038	10	10	14.72					
96	NGC4444	J122836.4-431542	2639	12	4	9.37	494	10.94	2.7		0.05
	ESO268-003	J122518.0-432644	2663	75	-2	9.63					
	ESO267-046	J122432.3-440925	2632	9	10	12.97					
97	NGC4500	J123122.2+575753	3260	18	1	9.74	190	10.73	111.5	65.6	0.37
	SDSS...	J122936.4+580116	3144	5	8	14.17					
	SDSS...	J123114.6+581118	3346	95	8	15.16					
98	NGC4437	J123245.6+000654	970	5	6	7.32	451	10.65	17.4	16.5	0.20
	NGC4592	J123918.7-003155	918	7	8	10.21					
	CGCG014-054	J123103.8+014032	953	5	10	14.33					
99	NGC4546	J123529.5-034735	890	12	-3	7.38	54	10.52	1.6		0.29
	NGC4597	J124012.9-054757	868	7	8	11.67					
	CGCG014-074	J123551.0-034558	829	55	9	12.50					
100	NGC4507	J123536.6-395433	3262	21	2	8.83	413	11.15	4.2		0.26
	FAIRALL0030	J123915.1-401110	3328	74	3	11.17					
	FAIRALL0031	J124046.1-401215	3308	74	3	13.04					
101	NGC4574	J123743.5-353104	2695	5	5	10.26	141	10.41	45.0		0.71
	ESO380-050	J123820.5-353657	2678	13	4	12.37					
	ESO380-051	J123827.9-351913	2763	74	-2	13.89					
102	ESO574-033	J124758.4-221606	3280	20	4	10.09	310	10.61	202.9	115.7	0.48
	ESO574-035	J124904.1-214757	3377	75	8	13.46					
	ESO574-036	J124907.4-221815	3194	5	10	14.12					
103	NGC4746	J125155.4+120459	1688	5	3	9.48	154	10.26	28.8	27.4	0.53
	MAPS-NGPO...	J125106.8+120336	1694	11	10	14.60					
	LSBCD646-09	J125311.6+123804	1730	5	10	14.63					
104	NGC4799	J125515.5+025348	2668	6	3	9.88	578	10.51	5.5	4.2	0.75
	UGC08084	J125822.1+024732	2641	5	8	13.12					
	PGC166147	J125310.5+032624	2656	5	10	14.82					
105	NGC4826	J125643.8+214052	365	8	2	5.31	366	10.58	1.2		0.09
	KDG215	J125540.5+191233	362	5	10	14.06					
	NGC4789A	J125405.2+270859	355	7	10	15.34					
106	UGC08067	J125712.2-014225	2692	5	4	10.41	100	10.31	2.6	0.9	0.41
	SDSS...	J125657.4-014137	2776	18	8	15.29					
	SDSS...	J125756.1-021100	2753	5	9	15.45					

Таблица В.2: Каталог триплетов (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{harm}$	$\log L$	$\frac{M}{L_K}$	$\frac{M^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
107	NGC4915	J130128.2-043247	2937	84	-5	8.76	165	11.08	5.5	0.1	0.19
	NGC4890	J130038.3-043610	2871	43	6	10.65					
	DDO160	J130133.3-044630	2825	11	8	12.43					
108	NGC4925	J130207.4-074239	3291	30	-2	9.96	168	10.74	3.0		0.15
	IC4071	J130204.1-073611	3190	23	4	11.40					
	PGC2816854	J130121.8-080408	3209	25	5	12.66					
109	ESO323-076	J130439.2-415116	3318	59	2	10.84	144	10.38	202.6	76.2	0.12
	2MASX...	J130458.3-414052	3240	74	6	12.59					
	6dF...	J130500.3-413310	3423	74	10	14.78					
110	NGC4970	J130733.7-240031	3034	64	-2	9.05	129	10.97	16.7		0.12
	2MASX...	J130737.7-235618	3197	74	5	12.04					
	ESO508-014	J130832.2-232049	3049	74	7	14.13					
111	NGC5012	J131137.1+225456	2590	15	5	8.76	342	11.07	5.8	0.8	0.39
	NGC5016	J131206.7+240542	2589	20	4	9.72					
	UGC08290	J131241.8+224947	2551	20	9	12.39					
112	ESO323-092	J131215.4-395614	2960	41	-4	9.94	314	10.61	9.9		0.52
	6dF...	J131054.2-401643	2948	74	9	12.56					
	ESO323-096	J131347.3-394743	2989	74	7	13.29					
113	NGC5145	J132513.9+431602	1298	11	2	9.33	248	10.36	22.4	20.3	0.02
	NGC5103	J132030.1+430502	1352	8	2	9.49					
	UGC08449	J132636.6+424551	1306	5	8	13.03					
114	ESO509-074	J133541.4-240426	2384	17	5	9.59	163	10.59	14.9		0.68
	ESO509-064	J133439.2-234046	2453	42	7	11.89					
	6dF...	J133600.8-235518	2415	74	7	12.75					
115	NGC5343	J135411.7-073517	2491	23	-3	9.25	237	10.96	14.5	11.5	0.81
	NGC5339	J135400.3-075550	2582	18	3	9.68					
	MCG-01-35-017	J135237.1-075256	2596	19	6	11.54					
116	NGC5380	J135656.7+373637	3241	23	-3	9.34	276	11.05	15.6	8.3	0.16
	NGC5378	J135651.0+374750	3099	18	1	9.83					
	KUG1357+375	J140000.2+371825	3088	30	7	13.99					
117	NGC5375	J135656.0+290951	2418	5	2	9.24	66	10.62	2.8		1.44
	WAS81	J135710.0+291310	2310	75	9	15.15					
	MAPS-NGPO...	J135729.7+290331	2281	75	9	16.93					
118	UGC08876	J135658.1+455824	2196	30	1	10.28	380	10.19	15.8		0.24
	SDSS...	J135404.7+461802	2254	68	8	14.75					
	SDSS...	J140003.3+461713	2274	45	8	15.29					
119	NGC5365	J135750.6-435553	2199	45	-2	7.89	425	11.13	49.6	48.8	0.03
	ESO271-004	J135522.2-442842	2204	10	8	12.31					
	ESO271-003	J135227.5-435253	2107	5	9	12.61					
120	NGC5494	J141224.2-303839	2450	44	5	8.94	545	10.87	9.0	0.3	0.07
	ESO446-031	J141330.1-293541	2467	11	6	11.05					
	ESO446-020	J140931.3-301634	2424	22	9	11.86					
121	2dF...	J141547.0-040432	2636	9	7	12.13	262	9.96	4.5		0.21
	2MASX...	J141729.6-041107	2628	31	5	12.17					
	2MASX...	J141516.8-042132	2644	9	8	12.95					
122	NGC5556	J142034.1-291430	1206	5	7	9.61	17	9.98	74.2	46.6	2.12
	ESO446-053	J142117.1-291547	1213	7	9	11.45					
	2MASX...	J142110.4-291504	1084	74	9	13.96					
123	NGC5623	J142708.7+331509	3433	28	-2	9.35	419	10.95	37.9	31.3	0.38
	UGC09243	J142533.3+335053	3389	5	6	12.37					
	2MASX...	J142501.5+332552	3488	30	5	14.14					
124	NGC5633	J142728.4+460848	2451	16	3	9.59	472	10.55	22.6	21.6	0.49
	SBS1428+457	J143012.2+453232	2466	5	8	13.15					
	SDSS...	J142449.9+463141	2417	5	9	14.85					

Таблица В.2: Каталог триплетов (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{harm}$	$\log L$	$\frac{m}{L_K}$	$\frac{m^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
125	NGC5687	J143452.4+542833	2371	24	-3	8.95	88	10.76	19.7	15.9	1.01
	UGC09452	J143918.9+535233	2345	6	5	13.26					
	SDSS...	J143449.7+543204	2210	54	0	13.27					
126	ESO512-012	J144011.4-254636	3288	33	4	9.05	119	11.14	6.6		0.16
	ESO512-009	J143922.2-252812	3391	74	-2	10.39					
	2MASX...	J143940.2-252925	3360	74	5	12.38					
127	NGC5728	J144223.9-171511	2679	19	1	8.13	615	11.23	8.1		0.15
	IC4476	J143951.9-161441	2652	43	-1	10.78					
	HIPASSJ1444-17	J144457.0-171450	2709	9	8	13.50					
128	IC1048	J144258.0+045322	1602	23	3	9.53	113	10.20	38.6		0.00
	UGC09485	J144302.8+044556	1719	65	7	14.67					
	SDSS...	J144620.2+044359	1629	51	9	15.14					
129	ESO580-020	J144545.3-204659	2243	20	8	12.48	35	9.55	25.2		1.18
	ESO580-021	J144549.4-204841	2182	54	8	13.27					
	ESO580-018	J144525.8-204107	2229	5	8	13.67					
130	ARP261...	J144932.9-100951	1761	11	10	11.20	13	9.92	24.9	18.8	0.82
	ARP261...	J144930.6-101024	1759	21	8	11.54					
	KTS52C	J144934.8-100449	1694	30	9	12.31					
131	NGC5777	J145117.8+585841	2317	18	4	9.31	68	10.62	12.6	9.1	0.26
	UGC09570	J145135.9+585714	2365	22	7	13.41					
	SBS1446+595	J144738.9+592152	2396	15	9	14.69					
132	ESO386-033	J145606.5-374147	2768	11	0	9.55	98	10.90	49.8	34.7	0.80
	ESO386-039	J145625.3-373603	2595	52	5	9.92					
	2MASX...	J145708.4-373755	2871	74	4	12.79					
133	NGC5915	J152133.1-130530	2202	17	2	9.62	47	10.77	1.9		0.56
	NGC5916	J152137.9-131009	2155	41	1	9.62					
	NGC5916A	J152113.8-130602	2221	32	5	11.29					
134	NGC5996	J154658.9+175303	3374	10	4	10.40	55	10.56	7.5	4.8	0.07
	UGC10044	J154858.4+180611	3394	5	6	12.72					
	NGC5994	J154653.2+175221	3351	28	3	13.09					
135	NGC5967	J154815.9-754023	2698	36	6	8.67	208	11.02	6.4	5.4	0.73
	NGC5967A	J154658.7-754715	2619	10	6	11.13					
	HIPASSJ1604-75	J160302.5-753932	2691	9	10	15.85					
136	UGC10200	J160545.9+412041	2162	18	9	11.54	20	9.75	2.3		0.30
	CGCG223-037	J160547.0+411906	2104	36	9	12.79					
	SDSS...	J160541.9+412308	2104	6	10	15.01					
137	NGC6278	J170050.3+230040	2948	18	-2	8.97	54	10.97	59.2	58.5	0.12
	NGC6276	J170045.1+230238	2895	38	4	11.76					
	UGC10650	J170014.7+230627	3122	6	10	13.64					
138	NGC6359	J171753.0+614651	3209	48	-3	9.50	297	10.86	3.5		0.49
	UGC10796	J171647.7+615512	3332	36	3	12.14					
	SDSS...	J172335.8+614925	3313	16	9	14.94					
139	NGC6458	J174911.0+204815	3388	50	0	10.28	158	10.80	16.1	13.0	0.87
	NGC6460	J174930.4+204549	3536	19	3	10.53					
	HIPASSJ1750+21	J175011.4+211559	3412	9	6	13.72					
140	UGC11057	J175714.9+121046	3029	9	4	9.64	124	10.91	1.6	1.4	1.34
	UGC11055	J175704.7+121423	3109	5	5	10.24					
	UGC11059	J175731.4+114357	3071	5	7	12.92					
141	CGCG142-002	J180520.6+230747	2757	75	4	12.10	26	9.79	29.8	18.0	0.77
	UGC11111	J180517.9+230620	2616	23	8	13.44					
	ADBS...	J180506.9+230830	2699	5	10	13.66					
142	UGC11124	J180726.9+353331	1847	5	5	13.15	51	9.07	214.1		1.94
	NPM1G+35.0421	J180729.1+353726	1769	75	9	14.02					
	UGC11124:...	J180745.0+352330	1729	20	10	14.38					

Таблица В.2: Каталог триплетов (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{harm}$	$\log L$	$\frac{m}{L_K}$	$\frac{m^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
143	NGC6703	J184718.8+453302	2651	14	-3	8.22	242	11.15	37.6	36.6	0.55
	UGC11329	J184052.0+451541	2629	11	4	12.79					
	UGC11357	J184800.2+452630	2454	6	8	13.99					
144	NGC6699	J185202.0-571915	3300	20	4	8.86	524	11.26	15.3	6.1	0.43
	IC4757	J184355.8-571003	3300	39	0	9.84					
	IC4775	J184826.3-571101	3410	10	3	11.38					
145	ESO281-033	J185257.8-423215	2905	37	3	9.79	329	10.76	16.5		1.98
	2MASX...	J185258.6-421645	2984	50	2	11.17					
	6dF...	J185658.6-424211	2925	74	4	11.88					
146	NGC6788	J192649.8-545705	3079	5	2	8.50	168	11.29	0.8		0.18
	ESO184-063	J192340.2-550356	3120	10	3	9.87					
	IC4856	J192730.5-545431	3116	69	10	12.07					
147	ESO338-008...	J193014.7-392443	2746	30	6	12.45	4	9.81	5.3	2.7	2.06
	ESO338-008...	J193011.2-392431	2827	37	4	12.90					
	ESO338-008...	J193013.8-392451	2763	25	10	13.28					
148	NGC6844	J200250.1-651347	2901	9	2	9.34	231	10.82	0.3		1.52
	ESO105-022	J200338.3-650434	2916	70	7	12.10					
	ESO105-019	J195735.3-650615	2906	9	8	13.57					
149	NGC6875	J201312.5-460942	3090	25	-3	8.90	36	11.17	26.1	22.8	0.59
	NGC6875A	J201155.9-460839	3153	8	4	9.96					
	2MASX...	J201315.3-460843	3364	74	2	12.62					
150	NGC6942	J204037.9-541811	3203	26	0	8.71	534	11.29	3.7		0.19
	NGC6948	J204329.1-532124	3164	24	1	9.52					
	HIPASSJ2045-53	J204514.0-534354	3193	9	9	12.74					
151	NGC6943	J204433.7-684452	2967	8	6	8.50	188	11.14	77.0	54.0	0.42
	NGC6943:...	J204335.7-683427	3187	75	7	13.53					
	NGC6943b	J204719.0-683357	2947	75	-1	14.48					
152	NGC7051	J211951.3-084659	2693	14	1	9.41	299	10.76	28.8		0.29
	2MASX...	J211830.5-090152	2747	9	5	12.13					
	2MASX...	J211704.1-090029	2793	74	3	12.55					
153	ESO342-050	J212815.0-375141	2592	25	5	9.46	167	10.67	32.4		0.71
	ESO342-049	J212716.3-375120	2651	25	9	13.02					
	ESO342-051	J212835.6-373514	2725	75	7	13.59					
154	NGC7097	J214012.9-423222	2572	43	-5	8.68	70	10.97	56.8	52.6	0.26
	NGC7097A	J214037.9-422849	2607	41	2	11.63					
	AM2137-424...	J213953.7-423641	2338	50	9	13.53					
155	NGC7184	J220239.8-204846	2736	8	5	7.76	84	11.36	78.3	78.0	0.14
	2MASX...	J220239.5-205143	2411	30	4	13.77					
	FGCE1693	J220520.4-203649	2872	5	7	14.42					
156	MCG-01-57-004	J222339.2-032554	3201	22	-2	9.13	156	10.97	61.4	45.2	1.04
	2MASX...	J222320.7-033936	3256	74	4	12.36					
	UGCA428	J222411.5-032900	3031	5	7	13.46					
157	NGC7280	J222627.6+160854	2115	27	-1	9.04	101	10.67	1.2	0.2	0.77
	PGC141021	J222643.9+151940	2155	5	2	12.40					
	UGCA429	J222645.0+161058	2167	12	10	12.68					
158	NGC7290	J222826.4+170851	3168	5	4	10.71	186	10.32	94.8		2.34
	UGC12049	J222847.4+170057	3224	6	10	14.86					
	NPM1G+16.0529	J222945.8+165059	3115	75	9	15.19					
159	NGC7332	J223724.5+234754	1474	24	0	8.00	72	10.99	2.8		0.17
	NGC7339	J223746.9+234712	1619	7	4	8.55					
	KKR73	J223540.7+233623	1583	75	10	15.58					
160	NGC7365	J224510.0-195707	3191	35	-3	9.82	270	10.71	1.5		0.44
	ESO603-012	J224605.4-192455	3157	13	8	12.12					
	ESO603-008	J224426.9-200208	3163	5	10	13.91					

Таблица В.2: Каталог триплетов (продолжение)

N	Name	J2000.0	$V_{LG}$	$\pm$	T	K	$R_{harm}$	$\log L$	$\frac{\overline{m}}{L_K}$	$\frac{\overline{m}^c}{L_K}$	$\log(II)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
161	NGC7368	J224531.7-392031	2368	6	3	9.13	284	10.76	6.9		0.19
	ESO346-001	J224833.8-393856	2352	8	5	10.96					
	APMUKS...	J224832.7-395710	2388	74	9	13.99					
162	NGC7377	J224747.5-221844	3452	11	-1	8.17	744	11.41	39.2	32.0	0.19
	ESO534-020	J224410.4-225825	3449	29	3	12.51					
	ESO603-015	J224858.6-214855	3334	30	-3	12.78					
163	NGC7391	J225036.1-013241	3242	20	-5	8.59	364	11.20	0.1		0.47
	UGC12208	J225006.4-010258	3266	64	7	12.02					
	SDSS...	J224849.6-005911	3264	9	9	14.85					
164	NGC7392	J225148.7-203629	3286	7	4	8.63	134	11.22	0.1		0.22
	ESO603-021	J225122.1-201450	3289	8	7	11.10					
	ESO603-020	J225102.0-201602	3281	35	8	12.23					
165	NGC7497	J230903.4+181038	1967	7	6	9.08	311	10.59	7.3	5.6	0.20
	HIPASSJ2308+17	J230851.3+171236	2022	9	8	12.63					
	UGCA436	J230959.9+182653	2049	5	10	13.74					
166	NGC7640	J232206.6+405044	668	6	5	8.56	169	10.04	22.9	21.6	1.59
	UGC12632	J232958.7+405925	718	5	9	9.79					
	UGC12588	J232442.4+412048	717	5	8	10.71					
167	IC5332	J233427.5-360604	722	5	7	8.70	322	10.02	8.7	6.1	0.48
	NGC7713	J233615.0-375617	696	6	7	9.19					
	ESO347-017	J232656.2-372049	701	5	9	12.56					
168	NGC7750	J234637.8+034759	3130	7	5	10.04	233	10.73	5.4	4.5	0.11
	NGC7757	J234845.5+041016	3153	5	6	10.89					
	AGC330937	J234920.4+041053	3169	6	10	16.07					

### В.3 395 групп галактик

Колонки таблицы В.3 содержат следующую информацию:

- 1) основное имя ярчайшей галактики (взято, как правило, из NED);
- 2) экваториальные координаты главной галактики в группе (J2000.0);
- 3) количество членов группы с известными радиальными скоростями;
- 4) средняя лучевая скорость группы в  $\text{км с}^{-1}$  относительно центра Местной Группы;
- 5) стандартное отклонение лучевых скоростей галактик в группе ( $\text{км с}^{-1}$ ), без коррекции за ошибки измерений;
- 6) средний гармонический радиус группы (кпк), соответствующий расстоянию до группы  $\langle D \rangle$ , определённого из закона Хаббла  $H_0 = 73 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ ;
- 7) логарифм полной светимости группы в  $K_s$ -полосе, представленный в единицах светимости Солнца  $M_{\odot, K} = 3.28^m$  (Binney and Merrifield 1998);
- 8) логарифм проекционной массы группы (Heisler et al. 1985, уравнение 11)

$$\mathfrak{M}_p = \frac{32}{\pi} \frac{1}{N - 3/2} \sum_{i=1}^N \frac{V_{i,r}^2 R_{i,\perp}}{G}, \quad (\text{В.2})$$

где  $V_{i,r}$  и  $R_{i,\perp}$  – радиальная скорость и проекция расстояния на небо  $i$ -ой галактики относительно центра системы. Нужно отметить, что это значение статистически смещено. Для получения несмещенной оценки массы необходимо скорректировать наблюдаемый квадрат скорости,  $V_{i,r}^2$ , за ошибку измерения,  $(V_{i,r}^2 - \epsilon^2)$ . В случае больших ошибок,  $\epsilon$ , несмещенная оценка массы,  $\mathfrak{M}_p^c$ , может принимать отрицательное значение;

- 9) отношение проекционной массы к светимости в  $K_s$ -полосе в солнечных единицах;
- 10) морфологический тип главного члена группы, согласно классификации RC3 (de Vaucouleurs et al. 1991);
- 11) разница видимых  $K_s$ -величин первой и второй по светимости галактики в группе;
- 12) членство группы в ассоциации, идентифицированной для большего значения параметра  $\kappa = 40$ , где имя ассоциации соответствует доминирующей в ней группе.

Таблица В.3: Основные свойства групп

Group	J2000.0	N	$V_{LG}$	$\sigma_V$	$R_h$	$\lg L/L_\odot$	$\lg \mathfrak{M}/\mathfrak{M}_\odot$	$\lg \mathfrak{M}/L$	T	$\Delta m_{21}$	Association
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
NGC7814	J000314.9+160844	4	1283	34	262	10.98	12.16	1.18	2	5.27	NGC7814
ESO293-034	J000619.9-412960	5	1435	59	41	10.18	11.87	1.69	6	3.14	ESO293-034
NGC0055	J001453.6-391148	4	111	26	123	9.46	11.37	1.91	9	0.13	NGC0055
NGC0092	J002131.7-483729	5	3302	101	40	11.08	12.49	1.41	1	1.16	NGC0092
NGC0134	J003022.0-331439	4	1629	121	159	11.29	12.54	1.25	4	3.64	NGC0134
NGC0253	J004733.1-251718	6	374	87	275	11.24	12.87	1.63	5	3.66	NGC0253
NGC0289	J005242.4-311221	8	1618	81	205	11.01	12.77	1.76	4	0.73	NGC0134
IC0065	J010055.4+474055	4	2930	77	142	10.95	12.50	1.55	4	0.71	IC0065
NGC0428	J011255.7+005854	4	1289	16	117	10.07	10.96	0.89	9	4.26	NGC0428
NGC0488	J012146.9+051524	17	2368	85	200	11.83	13.16	1.33	3	1.03	NGC0488
NGC0524	J012447.7+093220	16	2581	147	391	11.79	13.16	1.37	-1	1.67	NGC0488
NGC0584	J013120.8-065205	11	1945	63	335	11.63	12.85	1.22	-5	0.67	NGC0584
NGC0628	J013641.8+154700	6	831	46	171	10.71	12.18	1.47	5	4.96	NGC0628
NGC0660	J014302.4+133842	5	955	29	235	10.64	10.96	0.32	1	4.48	NGC0628
NGC0672	J014754.5+272558	5	564	41	74	9.78	11.39	1.61	6	1.78	NGC0672
NGC0681	J014910.8-102535	7	1889	140	212	10.94	12.89	1.95	2	0.52	NGC0720
NGC0697	J015117.6+222129	10	3080	128	260	11.75	13.17	1.42	5	0.21	NGC0697
NGC0720	J015300.5-134419	6	1758	145	352	11.20	13.07	1.87	-5	4.16	NGC0720
NGC0772	J015919.6+190027	6	2565	56	258	11.57	12.45	0.88	3	3.08	NGC0772
IC0210	J020928.2-094048	8	1975	47	157	10.65	12.27	1.62	4	1.18	IC0210
NGC0864	J021527.6+060009	4	1677	25	195	10.65	11.93	1.28	5	3.84	NGC0864
IC1788	J021550.0-311204	4	3455	31	512	11.22	11.83	0.61	4	0.25	IC1788
NGC0891	J022233.4+422057	18	775	60	197	11.30	12.64	1.34	3	0.30	NGC0891
NGC0908	J022304.6-211402	9	1585	60	228	11.18	12.14	0.96	5	3.01	NGC0908
NGC0936	J022737.5-010923	12	1592	129	336	11.33	12.95	1.62	-1	1.84	NGC1068
NGC0988	J023527.8-092122	22	1437	103	379	11.55	12.98	1.43	6	0.45	NGC1068
NGC1032	J023923.7+010538	5	2750	37	429	11.14	12.37	1.23	0	4.06	NGC1068
NGC1068	J024240.7-000048	11	1160	80	387	11.54	12.79	1.25	3	1.36	NGC1068
NGC1097	J024618.0-301512	4	1189	140	43	11.26	12.53	1.27	3	4.26	NGC1316
NGC1153	J025809.6+032133	4	3167	66	311	11.08	12.73	1.65	1	0.31	NGC1153
NGC1187	J030237.6-225202	4	1315	48	106	10.60	11.90	1.30	5	4.74	NGC1316
NGC1209	J030603.0-153641	6	2597	144	95	11.40	13.13	1.73	-4	0.23	NGC1209
NGC1184	J031645.0+804736	4	2489	74	418	11.27	12.80	1.53	2	1.68	NGC1184
NGC1302	J031951.2-260338	6	1663	47	383	11.15	12.30	1.15	0	0.55	NGC1316
NGC1299	J032009.7-061543	5	2313	49	120	10.41	12.03	1.62	3	1.25	NGC1248
NGC1316	J032241.7-371230	111	1411	244	454	12.30	13.94	1.64	-2	0.72	NGC1316
NGC1332	J032617.3-212007	22	1469	183	279	11.55	13.39	1.84	-3	0.51	NGC1316
NGC1386	J033646.2-355957	8	755	70	165	10.37	12.40	2.03	-1	0.57	NGC1316
NGC1395	J033829.8-230140	24	1548	121	378	11.53	13.05	1.52	-5	1.40	NGC1316
NGC1398	J033852.1-262016	10	1386	89	612	11.46	13.09	1.63	2	1.13	NGC1316
NGC1407	J034011.9-183449	25	1713	167	385	11.61	13.32	1.71	-4	1.96	NGC1316
NGC1433	J034201.6-471319	14	946	76	340	11.07	12.84	1.77	1	0.60	NGC1291
NGC1511	J035939.8-673820	4	1131	32	77	10.37	11.78	1.41	1	2.25	NGC1553
NGC1512	J040354.3-432056	5	714	61	11	10.40	12.02	1.62	1	2.25	NGC1291
NGC1519	J040807.6-171134	4	1781	26	238	10.29	11.57	1.28	3	0.56	NGC1316
NGC1532	J041204.3-325227	10	1159	89	137	11.25	12.70	1.45	3	1.00	NGC1316
NGC1553	J041610.5-554649	29	1022	185	62	11.79	13.56	1.77	-2	0.50	NGC1553
UGC02998	J041634.3+024533	5	3317	92	329	11.18	12.90	1.72	3	0.14	NGC1550
NGC1665	J044817.1-052539	6	2669	48	380	11.17	12.52	1.35	-2	0.17	NGC1665
NGC1779	J050518.1-090850	4	3222	25	536	11.27	11.69	0.42	-0	1.38	NGC1723
NGC1808	J050742.3-373047	6	840	118	129	11.04	12.45	1.41	1	0.36	NGC1808
MCG-02-14-003	J051107.7-092320	4	2518	56	72	10.50	12.35	1.85	5	0.79	NGC1888
NGC1832	J051203.3-154116	6	1839	36	396	10.91	12.09	1.18	4	1.79	NGC1832
NGC1947	J052647.6-634536	4	914	30	277	10.56	11.56	1.00	-3	2.86	NGC1553
NGC1964	J053321.8-215645	9	1532	83	385	11.07	12.89	1.82	3	1.33	NGC1964
NGC1993	J053525.6-174855	4	3029	55	359	10.86	12.14	1.28	-3	3.50	NGC1993
NGC2089	J054751.4-173609	5	2818	45	600	11.22	12.49	1.27	-3	0.88	NGC2089

Таблица В.3: Основные свойства групп (продолжение)

Group	J2000.0	N	$V_{LG}$	$\sigma_V$	$R_h$	$\lg L/L_\odot$	$\lg \mathfrak{M}/\mathfrak{M}_\odot$	$\lg \mathfrak{M}/L$	T	$\Delta m_{21}$	Association
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
NGC2207	J061622.0-212222	5	2570	108	113	11.44	13.07	1.63	4	0.37	NGC2207
ESO489-035	J061859.5-243749	4	2557	38	85	10.83	11.37	0.54	-3	0.05	NGC2207
NGC2217	J062139.8-271402	5	1559	82	253	11.20	12.41	1.21	-1	2.21	NGC2217
UGC03714	J071232.7+714502	4	3074	98	235	11.09	12.86	1.77	5	0.18	UGC03714
ESO162-017	J071554.5-572037	4	837	32	97	9.57	11.30	1.73	6	1.86	ESO162-017
NGC2369	J071637.7-622037	7	2924	58	211	11.64	12.61	0.97	1	0.47	NGC2369
UGC03816	J072312.4+580353	5	3369	121	137	11.27	12.70	1.43	-2	0.12	UGC03816
NGC2300	J073220.5+854232	11	2100	85	409	11.45	12.86	1.41	-3	1.49	NGC2300
NGC2442	J073623.8-693151	12	1135	63	150	11.24	12.24	1.00	4	1.00	NGC2442
NGC2565	J081948.3+220153	5	3467	51	113	11.15	12.26	1.11	4	0.49	NGC2565
NGC2577	J082243.5+223311	4	2024	108	129	10.82	12.30	1.48	-3	0.46	NGC2577
NGC2551	J082450.3+732443	5	2436	51	301	10.78	12.09	1.31	0	1.03	NGC2633
NGC2594	J082717.2+255244	4	2215	55	124	10.18	11.69	1.51	1	3.03	NGC2592
NGC2604A	J083323.1+293220	4	2013	25	8	9.85	10.98	1.13	6	2.04	NGC2608
NGC2648	J084239.8+141708	4	1933	80	94	10.78	12.17	1.39	1	2.21	NGC2648
NGC2633	J084804.6+740556	5	2331	94	62	11.03	12.95	1.92	3	0.30	NGC2633
NGC2679	J085132.9+305155	4	1984	61	24	10.40	11.90	1.50	-2	1.95	NGC2679
NGC2681	J085332.7+511849	4	753	42	205	10.38	11.60	1.22	0	5.14	NGC2841
NGC2698	J085536.5-031102	8	1673	106	94	11.11	12.78	1.67	2	0.01	NGC2698
NGC2655	J085537.7+781323	8	1584	67	318	11.39	12.61	1.22	0	1.65	NGC2655
NGC2712	J085930.5+445450	4	1887	41	428	10.51	12.08	1.57	3	4.51	NGC2712
NGC2719	J090015.5+354340	4	3095	84	26	10.08	12.10	2.02	10	0.84	NGC2719
NGC2738	J090400.5+215804	4	2979	46	108	10.73	11.58	0.85	4	0.01	NGC2738
NGC2743	J090454.0+250015	4	2895	26	121	10.36	11.78	1.42	6	1.80	NGC2750
NGC2750	J090547.9+252615	4	2640	170	44	10.91	13.47	2.56	5	0.14	NGC2750
NGC2775	J091020.1+070217	9	1259	98	189	10.99	12.88	1.89	2	4.58	NGC2775
NGC2768	J091137.5+600214	10	1416	126	315	11.28	13.09	1.81	-4	1.46	NGC2768
NGC2782	J091405.1+400649	4	2512	28	30	10.86	11.89	1.03	1	4.03	NGC2782
NGC2798	J091722.9+415959	6	1707	73	75	10.51	11.88	1.37	1	2.12	NGC2798
UGC04906	J091739.9+525935	6	2346	49	280	10.61	12.06	1.45	1	3.21	UGC04906
NGC2855	J092127.5-115434	6	1652	35	216	10.87	11.91	1.04	-0	3.77	PGC025886
NGC2841	J092202.6+505836	6	640	74	233	10.78	12.61	1.83	3	5.31	NGC2841
NGC2859	J092418.6+343048	8	1636	113	54	10.83	12.37	1.54	-1	3.52	NGC2859
NGC2872	J092542.5+112556	11	3204	216	147	11.43	13.21	1.78	-5	0.11	NGC2911
NGC2894	J092930.2+074308	6	1970	46	312	10.98	11.99	1.01	1	0.00	NGC2894
NGC2904	J093017.0-302306	5	2227	74	111	10.93	12.06	1.13	-3	0.33	NGC2904
NGC2907	J093136.7-164405	4	1819	109	84	10.92	12.42	1.50	1	1.64	NGC2811
NGC2903	J093210.1+213003	4	417	31	69	10.42	11.62	1.20	4	5.64	NGC2903
NGC2911	J093346.1+100909	21	3069	144	311	11.45	13.20	1.75	-2	0.86	NGC2911
NGC2962	J094053.9+050957	8	1768	70	123	10.77	12.07	1.30	-1	1.02	NGC2962
NGC2967	J094203.3+002011	6	1652	68	320	10.63	12.63	2.00	5	1.22	NGC2974
NGC2974	J094233.3-034157	5	1660	66	186	11.54	13.03	1.49	-5	5.02	NGC2974
NGC2950	J094235.1+585105	4	1425	44	137	10.75	12.33	1.58	-2	4.26	NGC2768
MCG+02-25-021	J094253.4+092940	7	3070	47	67	10.93	11.91	0.98	3	1.04	NGC2911
NGC2964	J094254.2+315050	9	1491	91	206	11.07	12.80	1.73	4	0.08	NGC2964
ESO434-028	J094413.2-285055	4	2228	19	417	10.77	11.58	0.81	-3	0.92	NGC3223
NGC2986	J094416.0-211641	7	2032	96	406	11.37	13.11	1.74	-5	0.66	NGC2986
NGC2997	J094538.8-311128	9	785	107	126	10.86	12.63	1.77	5	3.75	NGC2997
NGC2992	J094542.1-141935	4	2094	59	52	10.90	11.54	0.64	1	1.54	NGC2992
UGC05228	J094603.7+014006	4	1686	38	133	10.01	11.71	1.70	5	4.57	NGC2974
NGC2990	J094617.2+054232	5	2898	60	22	10.62	12.20	1.58	5	1.13	NGC2990
NGC3001	J094618.7-302615	4	2139	46	488	11.08	12.35	1.27	4	0.99	NGC3223
CGCG063-066	J094649.0+094410	4	2867	14	191	10.09	10.86	0.77	1	3.17	NGC2911
NGC3023	J094952.6+003705	6	1670	19	28	10.24	11.21	0.97	5	0.12	NGC2974
NGC3031	J095533.2+690355	30	193	138	102	10.86	12.59	1.73	2	0.81	NGC3031
NGC3078	J095824.6-265537	13	2149	105	569	11.59	13.16	1.57	-5	0.46	NGC3223
UGC05376	J100027.1+032228	4	1844	75	141	10.35	12.08	1.73	4	1.12	UGC05376
NGC3100	J100040.8-313952	34	2420	142	738	12.08	13.57	1.49	-2	0.04	NGC3223

Таблица В.3: Основные свойства групп (продолжение)

Group	J2000.0	N	$V_{LG}$	$\sigma_V$	$R_h$	$\lg L/L_\odot$	$\lg \mathfrak{M}/\mathfrak{M}_\odot$	$\lg \mathfrak{M}/L$	T	$\Delta m_{21}$	Association
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
NGC3079	J100157.8+554047	7	1205	94	122	10.88	12.26	1.38	7	3.54	NGC3079
NGC3115	J100514.0-074307	5	437	58	119	10.53	12.29	1.76	-3	4.17	NGC3115
NGC3145	J101009.9-122602	4	3283	62	13	11.22	11.38	0.16	4	2.84	NGC3145
ESO436-001	J101247.5-275022	4	2198	71	306	10.63	12.29	1.66	4	0.29	NGC3223
NGC3166	J101345.8+032530	10	1097	63	92	11.10	12.13	1.03	0	0.07	NGC3166
NGC3175	J101442.1-285219	6	800	24	121	10.46	11.76	1.30	2	1.37	NGC2997
ESO567-032	J101544.5-201744	6	3343	60	397	10.89	12.54	1.65	1	1.49	NGC3311
NGC3147	J101653.6+732403	5	2978	80	510	11.60	12.95	1.35	4	3.42	NGC3147
NGC3190	J101805.6+214955	13	1197	112	181	11.13	12.77	1.64	1	0.52	NGC4472
NGC3182	J101933.0+581221	4	2203	42	321	10.57	12.00	1.43	1	1.68	NGC3182
NGC3223	J102135.1-341601	53	2497	404	368	12.13	14.31	2.18	3	0.57	NGC3223
NGC3233	J102157.5-221604	4	3422	57	516	11.12	12.62	1.50	0	0.82	NGC3311
NGC3227	J102330.6+195154	5	1034	79	71	10.75	12.29	1.54	1	0.93	NGC4472
NGC3230	J102344.0+123404	6	2728	134	111	10.94	12.49	1.55	1	3.61	NGC3230
NGC3245	J102718.4+283027	6	1291	39	239	10.95	11.91	0.96	-2	0.94	NGC3245
ESO375-041	J102931.0-351535	4	1476	39	58	10.07	11.16	1.09	-2	0.64	NGC3223
NGC3275	J103051.8-364413	5	2852	40	674	11.29	12.44	1.15	2	1.64	NGC3223
IC2587	J103059.6-343347	6	1701	91	225	10.58	12.38	1.80	-3	1.77	NGC3223
NGC3281	J103152.1-345113	4	3116	135	510	11.35	13.31	1.96	2	1.72	NGC3223
NGC3282	J103221.9-221808	4	3416	72	147	10.84	12.17	1.33	-2	3.50	NGC3311
NGC3266	J103317.6+644458	5	1817	76	105	10.49	11.86	1.37	-2	0.51	NGC3266
NGC3300	J103638.4+141016	8	2852	36	65	11.01	11.92	0.91	1	0.95	NGC3367
NGC3311	J103642.8-273142	139	3303	426	520	12.51	14.29	1.78	-3	0.36	NGC3311
NGC3338	J104207.5+134449	6	1123	100	86	10.55	11.54	0.99	5	1.46	NGC4472
NGC3358	J104333.0-362438	7	2700	86	199	11.46	12.97	1.51	0	0.08	NGC3223
ESO501-088	J104418.8-224934	8	3497	76	114	10.90	12.55	1.65	2	0.94	NGC3311
NGC3367	J104635.0+134503	7	2896	57	326	11.16	12.55	1.39	5	1.52	NGC3367
NGC3379	J104749.6+123454	27	747	233	179	11.47	13.23	1.76	-5	0.05	NGC4472
NGC3393	J104823.5-250943	6	3450	153	382	11.35	13.28	1.93	1	1.10	NGC3311
NGC3394	J105039.8+654338	10	3449	80	192	10.84	12.59	1.75	5	0.60	NGC3394
NGC3414	J105116.2+275830	8	1298	117	94	10.78	12.52	1.74	-2	2.17	NGC3245
NGC3415	J105142.6+434245	4	3298	53	156	11.07	12.56	1.49	-1	0.66	NGC3415
NGC3430	J105211.4+325702	11	1578	103	128	10.86	12.50	1.64	5	0.15	NGC3430
NGC3449	J105253.7-325539	5	2980	74	422	11.45	12.69	1.24	2	0.61	NGC3223
NGC3458	J105601.5+570701	6	2000	64	74	10.62	11.98	1.36	-2	1.28	NGC3610
NGC3486	J110024.0+285829	5	617	18	99	10.00	10.99	0.99	5	3.14	NGC4472
NGC3497	J110718.1-192818	9	3487	144	207	11.43	12.99	1.56	-2	1.74	ESO569-024
NGC3557	J110957.7-373221	13	2576	143	452	11.70	13.49	1.79	-5	1.01	NGC3557
NGC3573	J111118.6-365232	5	2090	47	104	11.03	12.06	1.03	-0	0.30	NGC3557
NGC3585	J111317.1-264518	9	1189	70	414	11.09	12.66	1.57	-5	3.97	NGC3585
NGC3583	J111410.9+481907	5	2175	98	56	11.05	12.74	1.69	3	1.05	NGC3583
NGC3607	J111654.7+180307	31	959	124	247	11.13	13.08	1.95	-3	1.10	NGC4472
NGC3610	J111825.3+584710	19	1794	119	271	11.38	13.08	1.70	-4	0.66	NGC3610
NGC3613	J111836.1+575960	11	2105	148	194	11.11	12.77	1.66	-5	2.47	NGC3610
NGC3626	J112003.8+182125	4	1361	109	136	10.78	12.81	2.03	-1	0.67	NGC4472
NGC3627	J112015.0+125930	16	728	154	192	11.43	13.05	1.62	3	0.19	NGC4472
UGC06354	J112055.2+632416	4	3376	37	262	10.27	11.67	1.40	4	0.32	UGC06354
NGC3640	J112106.9+031405	12	1191	174	151	10.90	12.66	1.76	-5	1.33	NGC4472
NGC3656	J112338.8+535032	7	3014	109	149	10.88	12.48	1.60	1	3.53	NGC3549
NGC3665	J112443.6+384546	11	2038	70	353	11.33	12.80	1.47	-2	1.45	NGC3665
NGC3672	J112502.5-094743	7	1509	101	146	11.00	12.83	1.83	5	0.59	NGC3672
NGC3686	J112743.9+171327	6	1044	69	114	10.55	12.22	1.67	4	0.79	NGC4472
IC0694	J112831.0+583341	6	3178	73	39	11.61	13.05	1.44	4	0.18	IC0694
NGC3706	J112944.4-362329	11	2684	80	280	11.38	12.85	1.47	-3	2.42	ESO320-031
IC0705	J113256.3+501430	4	3104	91	99	10.20	11.99	1.79	-1	0.79	IC0705
NGC3742	J113532.5-375723	8	2533	108	215	11.47	12.80	1.33	2	0.01	ESO320-031
NGC3735	J113557.3+703208	4	2809	73	240	11.15	12.85	1.70	5	2.81	NGC3735
NGC3762	J113723.8+614534	5	3439	71	298	11.16	12.55	1.39	1	0.73	IC0694

Таблица В.3: Основные свойства групп (продолжение)

Group	J2000.0	N	$V_{LG}$	$\sigma_V$	$R_h$	$\lg L/L_\odot$	$\lg \mathfrak{M}/\mathfrak{M}_\odot$	$\lg \mathfrak{M}/L$	T	$\Delta m_{21}$	Association
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
NGC3769	J113744.1+475335	6	780	42	35	9.81	11.99	2.18	3	1.47	NGC5194
NGC3770	J113758.7+593701	4	3359	139	93	10.82	12.78	1.96	1	1.14	IC0694
NGC3780	J113922.4+561614	5	2484	55	415	11.04	12.68	1.64	5	0.21	NGC3780
NGC3800	J114013.5+152032	4	3188	44	64	11.07	12.42	1.35	3	1.07	NGC3801
NGC3801	J114016.9+174341	15	3324	82	161	11.56	12.70	1.14	-2	0.78	NGC3801
NGC3810	J114058.8+112816	4	853	32	237	10.31	11.69	1.38	5	2.75	NGC4472
NGC3838	J114413.8+575653	11	1368	63	202	10.60	12.19	1.59	-0	0.28	NGC5194
NGC3853	J114428.3+163329	5	3218	16	436	10.91	11.60	0.69	-5	1.93	NGC3801
NGC3869	J114545.6+104929	4	2868	40	347	10.89	12.09	1.20	1	2.33	NGC4472
NGC3872	J114549.1+134600	8	3074	54	470	11.25	12.52	1.27	-5	2.33	NGC3801
NGC3877	J114607.8+472941	21	955	65	239	11.05	12.57	1.52	5	0.03	NGC5194
NGC3894	J114850.4+592456	21	3397	123	242	11.60	13.02	1.42	-4	0.74	IC0694
NGC3900	J114909.5+270119	4	1745	30	227	10.74	11.31	0.57	-0	1.25	NGC4472
NGC3923	J115101.8-284822	26	1553	159	357	11.62	13.33	1.71	-5	1.18	NGC3923
NGC3945	J115313.7+604032	16	1399	92	358	11.28	12.93	1.65	-1	0.04	NGC3945
ESO320-031	J115405.8-395150	17	2679	150	438	11.71	13.33	1.62	5	0.64	ESO320-031
NGC3966	J115644.2+320118	11	3162	101	195	11.43	12.75	1.32	2	0.78	NGC3966
NGC3992	J115736.0+532228	72	1097	120	452	11.68	13.33	1.65	4	0.11	NGC5194
NGC4004	J115805.2+275244	4	3357	43	122	10.90	11.92	1.02	10	0.06	NGC4008
NGC4030	J120023.6-010600	7	1291	50	347	10.91	12.52	1.61	4	3.57	NGC4472
NGC4039	J120153.6-185311	23	1409	74	256	11.50	12.82	1.32	9	0.12	NGC4039
UGC07017	J120222.5+295142	4	3100	44	123	10.56	11.70	1.14	4	1.35	NGC3966
NGC4062	J120403.8+315345	4	736	33	175	10.08	11.92	1.84	5	2.55	NGC4472
NGC4105	J120640.8-294537	29	1870	139	382	11.61	13.23	1.62	-4	0.60	NGC3923
NGC4111	J120703.1+430355	20	851	93	212	11.14	12.69	1.55	-1	0.08	NGC5194
UGCA 272	J120747.6+672302	4	2441	33	174	10.18	11.50	1.32	2	1.52	NGC4256
NGC4125	J120806.0+651027	16	1515	85	282	11.33	12.67	1.34	-5	2.24	NGC3945
NGC4123	J120811.1+025242	5	1150	15	80	10.36	11.15	0.79	5	1.56	NGC4472
NGC4128	J120832.3+684603	4	2505	80	286	10.97	12.73	1.76	-2	2.31	NGC4256
NGC4151	J121032.6+392421	16	1031	69	348	11.03	12.56	1.53	2	0.48	NGC5194
NGC4149	J121032.8+581815	4	3107	51	260	10.45	12.06	1.61	3	4.98	NGC4290
NGC4150	J121033.7+302406	4	211	56	56	8.68	11.61	2.93	-2	2.81	NGC4150
NGC4157	J121104.4+502905	8	834	65	150	10.82	12.21	1.39	3	0.12	NGC5194
NGC4189	J121347.3+132529	6	1987	30	132	10.64	11.45	0.81	6	4.83	NGC4472
ESO380-006	J121534.3-353747	9	2568	147	386	11.57	13.40	1.83	3	0.50	ESO380-006
NGC4217	J121550.9+470530	5	1085	55	224	10.83	12.20	1.37	3	0.55	NGC5194
NGC4216	J121554.4+130858	16	55	52	23	8.60	11.24	2.64	3	2.27	NGC4472
NGC4219	J121627.3-431927	4	1708	55	268	10.86	12.59	1.73	4	3.57	NGC4219
NGC4224	J121633.7+072744	15	2425	118	448	11.33	12.95	1.62	1	0.18	NGC4472
NGC4250	J121726.3+704809	4	2277	51	81	10.66	11.93	1.27	2	4.91	NGC4250
NGC4244	J121729.7+374826	8	291	38	76	9.71	11.60	1.89	6	0.18	NGC5194
NGC4256	J121843.0+655353	11	2808	157	191	11.43	12.96	1.53	3	0.99	NGC4256
NGC4254	J121849.6+142459	16	2296	92	457	11.71	13.28	1.57	5	1.51	NGC4472
NGC4258	J121857.5+471814	15	551	80	254	10.97	12.45	1.48	4	2.34	NGC5194
NGC4261	J121923.2+054931	87	2060	276	358	11.99	13.70	1.71	-5	0.67	NGC4472
NGC4274	J121950.6+293652	14	990	102	256	11.22	12.70	1.48	2	0.42	NGC4472
NGC4291	J122017.8+752215	8	1866	92	337	11.12	12.76	1.64	-5	0.08	NGC4291
NGC4303	J122154.9+042825	23	1387	115	434	11.35	12.97	1.62	4	1.64	NGC4472
NGC4321	J122254.9+154921	17	1515	165	394	11.55	13.35	1.80	4	2.11	NGC4472
NGC4346	J122327.9+465938	5	787	25	286	10.29	11.41	1.12	-2	0.95	NGC5194
NGC4342	J122339.0+070314	5	596	32	125	9.87	11.44	1.57	-3	0.28	NGC4472
NGC4373	J122517.8-394535	21	2992	149	554	11.95	13.40	1.45	-3	0.20	NGC4696
NGC4402	J122607.6+130646	4	117	17	63	8.50	10.60	2.10	3	1.56	NGC4472
NGC4441	J122720.4+644805	4	2885	49	247	10.78	12.27	1.49	-1	0.23	NGC4256
NGC4472	J122946.8+080002	355	992	291	696	12.44	14.14	1.70	-5	0.34	NGC4472
NGC4490	J123036.4+413837	8	583	45	98	10.36	11.84	1.48	7	1.31	NGC5194
NGC4501	J123159.2+142514	31	1956	199	717	12.06	13.79	1.73	3	0.78	NGC4472
NGC4521	J123247.6+635621	7	2644	68	322	10.91	12.51	1.60	0	1.86	NGC4256

Таблица В.3: Основные свойства групп (продолжение)

Group	J2000.0	N	$V_{LG}$	$\sigma_V$	$R_h$	$\lg L/L_\odot$	$\lg \mathfrak{M}/\mathfrak{M}_\odot$	$\lg \mathfrak{M}/L$	T	$\Delta m_{21}$	Association
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
NGC4527	J123408.5+023914	18	1592	85	305	11.52	12.93	1.41	4	0.58	NGC4472
NGC4535	J123420.3+081152	23	1747	121	624	11.75	13.36	1.61	5	0.08	NGC4472
NGC4546	J123529.5-034735	4	879	49	92	10.54	12.07	1.53	-3	4.29	NGC4472
NGC4552	J123539.8+123323	12	230	55	90	9.81	11.73	1.92	-5	1.79	NGC4472
NGC4565	J123620.8+255916	11	1191	83	301	11.83	12.98	1.15	3	0.56	NGC4472
NGC4568	J123634.3+111420	6	2163	28	135	11.59	12.25	0.66	4	0.79	NGC4472
NGC4589	J123725.0+741131	4	2121	155	218	11.17	12.82	1.65	-5	2.86	NGC4291
NGC4593	J123939.4-052039	7	2368	114	239	11.37	12.96	1.59	3	0.55	NGC4593
NGC4594	J123959.4-113723	11	856	61	597	11.53	12.90	1.37	1	2.98	NGC4472
IC3639	J124052.8-364521	4	3045	64	57	10.88	11.94	1.06	4	1.37	NGC4696
NGC4648	J124144.4+742515	8	1604	52	291	10.96	12.50	1.54	-5	0.00	NGC4291
NGC4631	J124208.0+323229	28	635	90	243	11.12	12.98	1.86	7	0.25	NGC4472
NGC4636	J124249.9+024116	32	757	73	337	11.08	12.58	1.50	-5	1.01	NGC4472
NGC4643	J124320.1+015842	9	1195	74	301	10.80	12.60	1.80	-1	4.20	NGC4472
NGC4666	J124508.7-002743	16	1427	98	320	11.24	12.95	1.71	5	1.33	NGC4472
NGC4682	J124715.5-100348	4	2215	48	179	10.89	12.23	1.34	6	0.10	NGC4472
NGC4690	J124755.5-013922	4	2643	53	102	10.43	12.06	1.63	-3	3.79	NGC4690
NGC4697	J124835.9-054803	37	1175	109	546	11.66	13.27	1.61	-5	0.13	NGC4472
NGC4696	J124849.3-411840	116	2845	303	690	12.50	14.13	1.63	-4	1.08	NGC4696
NGC4750	J125007.2+725228	8	1836	53	467	11.06	12.38	1.32	4	1.35	NGC4291
NGC4736	J125053.1+410714	5	352	16	338	10.64	11.34	0.70	2	5.49	NGC5194
ESO507-025	J125131.8-262707	26	3028	130	328	11.92	13.18	1.26	-3	0.98	ESO507-025
NGC4753	J125222.1-011159	23	992	98	486	11.21	12.76	1.55	-1	1.08	NGC4472
ESO442-028	J125235.2-315314	4	3315	27	175	10.60	11.80	1.20	8	3.10	ESO507-025
NGC4751	J125250.8-423936	9	1838	88	254	11.10	12.85	1.75	-3	0.96	NGC4696
NGC4759	J125304.5-091160	12	3471	146	454	11.81	13.55	1.74	-2	0.63	NGC4759
NGC4795	J125502.9+080356	7	2548	118	53	10.80	12.34	1.54	1	0.78	NGC4472
NGC4814	J125521.9+582039	5	2644	76	78	10.91	12.63	1.72	3	2.03	NGC4814
NGC4808	J125549.0+041815	5	591	27	115	9.78	11.30	1.52	6	0.72	NGC4472
NGC4835	J125807.8-461551	5	1933	59	83	10.92	12.31	1.39	4	4.84	NGC4696
NGC4856	J125921.3-150232	5	1189	50	217	10.79	12.25	1.46	-0	3.58	NGC4472
NGC4866	J125927.1+141016	5	1909	58	126	11.02	12.63	1.61	-0	3.65	NGC4472
NGC4900	J130039.1+023005	8	779	36	53	9.99	11.61	1.62	5	3.35	NGC4472
NGC4902	J130059.7-143049	6	2450	48	355	11.30	12.39	1.09	3	1.03	NGC5044
NGC4933B	J130356.7-112953	5	3009	63	32	11.53	12.64	1.11	-0	0.02	NGC4933B
NGC4930	J130405.3-412442	7	2258	75	366	10.91	12.69	1.78	4	2.71	NGC4696
NGC4936	J130417.1-303135	16	2931	194	460	11.79	13.36	1.57	-5	1.70	ESO507-025
NGC4965	J130709.4-281341	4	2036	30	109	10.35	11.38	1.03	7	0.11	NGC5078
NGC4995	J130940.7-075000	4	1569	38	422	11.01	12.03	1.02	3	0.26	NGC4472
NGC4993	J130947.7-232302	15	2702	74	375	11.42	12.44	1.02	-3	0.05	ESO507-025
NGC5005	J131056.2+370333	13	986	119	171	11.24	12.85	1.61	4	0.51	NGC5194
NGC5020	J131239.9+123559	6	3279	26	200	11.01	11.43	0.42	4	4.00	NGC5020
NGC5011	J131251.9-430546	20	2871	131	448	11.78	13.43	1.65	-5	0.75	NGC4696
NGC5018	J131301.0-193105	9	2579	133	231	11.53	12.92	1.39	-5	1.54	NGC5044
NGC5044	J131524.0-162308	52	2474	245	480	11.96	13.72	1.76	-5	1.14	NGC5044
NGC5054	J131658.5-163805	7	1556	101	76	11.15	12.95	1.80	4	1.01	NGC5044
IC4214	J131742.7-320606	4	2109	67	495	11.03	12.80	1.77	2	2.22	NGC5078
NGC5077	J131931.7-123925	9	2731	111	202	11.45	12.83	1.38	-5	1.44	NGC5044
NGC5078	J131950.0-272436	26	1849	138	620	11.81	13.48	1.67	1	0.03	NGC5078
NGC5084	J132016.9-214939	12	1560	141	452	11.50	13.20	1.70	-2	0.76	NGC5078
NGC5109	J132052.4+573841	4	2253	44	124	10.05	11.50	1.45	4	0.24	NGC5473
NGC5090	J132112.8-434216	16	3167	218	337	12.01	13.74	1.73	-5	0.58	NGC4696
NGC5121	J132445.6-374056	5	1250	38	184	10.45	11.89	1.44	1	3.16	NGC5128
NGC5145	J132513.9+431602	7	1310	21	226	10.40	11.44	1.04	2	0.16	NGC5194
NGC5128	J132527.6-430109	15	299	94	402	11.21	12.52	1.31	-2	0.52	NGC5128
NGC5170	J132948.8-175759	4	1313	86	223	10.83	12.63	1.80	5	2.57	NGC5247
NGC5194	J132952.7+471143	9	574	84	182	11.29	12.93	1.64	4	0.12	NGC5194
NGC5198	J133011.4+464015	15	2678	101	301	11.16	12.69	1.53	-5	1.15	NGC5198

Таблица В.3: Основные свойства групп (продолжение)

Group	J2000.0	N	$V_{LG}$	$\sigma_V$	$R_h$	$\lg L/L_\odot$	$\lg \mathfrak{M}/\mathfrak{M}_\odot$	$\lg \mathfrak{M}/L$	T	$\Delta m_{21}$	Association
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
NGC5188	J133128.3-344740	6	2129	30	599	11.22	12.08	0.86	3	0.11	NGC5188
NGC5218	J133210.4+624604	4	3033	55	174	11.07	12.08	1.01	3	0.66	NGC5218
UGC08603	J133633.7+443557	5	2726	50	224	10.26	11.94	1.68	2	1.05	NGC5198
NGC5236	J133700.9-295157	12	321	77	149	10.78	12.29	1.51	5	3.63	NGC5128
NGC5248	J133732.1+085306	5	1087	48	133	10.77	12.21	1.44	4	4.91	NGC4472
NGC5297	J134623.7+435219	8	2399	51	182	10.91	12.00	1.09	5	1.92	NGC5371
NGC5308	J134700.4+605823	7	2172	85	191	10.93	12.59	1.66	-2	5.00	NGC5473
NGC5302	J134849.7-303040	4	3444	84	210	11.37	12.58	1.21	-0	0.67	IC4296
NGC5322	J134915.2+601126	21	1937	169	421	11.44	13.12	1.68	-5	1.45	NGC5473
NGC5371	J135539.9+402742	55	2616	195	455	12.07	13.69	1.62	4	0.01	NGC5371
NGC5363	J135607.2+051517	17	1161	143	152	11.18	12.76	1.58	0	0.87	NGC4472
NGC5383	J135704.8+415048	5	2328	81	173	11.02	12.41	1.39	3	1.45	NGC5371
IC4351	J135754.3-291857	5	2478	139	99	11.28	12.85	1.57	3	1.69	IC4351
NGC5403	J135950.9+381057	4	2751	69	12	10.79	12.18	1.39	2	2.22	NGC5371
NGC5422	J140042.0+550952	12	1935	121	249	11.07	13.01	1.94	-1	0.28	NGC5473
NGC5430	J140045.7+591942	4	3158	15	418	11.07	11.14	0.07	3	1.93	NGC5430
NGC5448	J140250.1+491022	5	2141	74	459	10.82	12.67	1.85	1	2.18	NGC5481
NGC5457	J140312.6+542057	6	379	61	150	10.56	12.05	1.49	6	3.97	NGC5194
NGC5427	J140326.0-060151	5	2496	55	89	11.17	12.59	1.42	5	0.91	NGC5427
NGC5473	J140443.2+545333	18	2162	94	294	11.25	12.75	1.50	-3	0.04	NGC5473
NGC5481	J140641.2+504324	9	2012	131	154	10.86	12.87	2.01	0	0.08	NGC5481
NGC5506	J141314.9-031227	4	1773	29	36	10.97	11.29	0.32	1	0.92	NGC5506
NGC5529	J141534.1+361336	7	2956	122	131	11.13	12.54	1.41	5	5.08	NGC5557
IC0996	J141722.1+573747	4	3231	39	102	10.37	11.66	1.29	4	0.36	IC0996
NGC5557	J141825.7+362937	20	3325	141	381	11.69	13.30	1.61	-5	1.56	NGC5557
NGC5566	J142019.9+035601	12	1527	116	186	11.31	12.89	1.58	1	0.44	NGC5846
NGC5602	J142218.8+503005	5	2354	79	103	10.57	12.23	1.66	1	1.82	NGC5676
NGC5600	J142349.5+143819	4	2266	59	330	10.85	12.19	1.34	5	0.28	NGC5600
NGC5638	J142940.4+031400	12	1683	84	184	10.82	12.28	1.46	-5	3.03	NGC5846
NGC5661	J143157.4+061502	4	2303	48	79	9.99	11.66	1.67	6	1.62	NGC5661
NGC5678	J143205.6+575517	7	2081	78	196	11.20	12.67	1.47	3	0.18	NGC5473
NGC5643	J143240.8-441029	4	986	59	167	10.92	12.48	1.56	5	0.70	NGC5643
NGC5676	J143246.8+492728	17	2389	105	348	11.57	12.99	1.42	5	0.48	NGC5676
NGC5707	J143730.8+513343	7	2348	87	220	10.73	12.12	1.39	2	2.26	NGC5676
UGC09476	J144132.0+443046	4	3401	23	100	10.77	11.76	0.99	5	0.56	UGC09476
NGC5729	J144206.9-090034	4	1750	49	106	10.43	11.76	1.33	3	1.71	NGC5729
NGC5726	J144256.0-182642	4	3333	54	134	10.81	12.02	1.21	-3	3.29	NGC5726
IC1048	J144258.0+045322	4	1671	59	132	10.27	11.98	1.71	3	2.42	NGC5846
ESO512-018	J144333.9-242739	6	3321	168	103	11.33	13.09	1.76	-2	1.09	ESO512-018
NGC5746	J144456.0+015717	39	1679	107	269	11.66	13.20	1.54	3	1.36	NGC5846
ESO580-027	J144728.5-221642	4	3169	20	174	10.96	11.53	0.57	1	1.49	ESO512-018
NGC5757	J144746.4-190443	6	2532	46	268	11.10	12.05	0.95	3	0.75	NGC5728
NGC5775	J145357.6+033240	8	1558	105	129	11.07	12.85	1.78	5	1.43	NGC5846
NGC5792	J145822.7-010528	6	1822	50	290	11.06	12.03	0.97	3	4.19	NGC5846
NGC5820	J145839.8+535310	5	3423	83	218	11.11	12.47	1.36	-2	1.50	NGC5908
NGC5791	J145846.2-191601	11	3257	129	309	11.51	13.11	1.60	-4	1.13	NGC5791
NGC5796	J145924.1-163726	7	2901	223	375	11.54	13.37	1.83	-5	1.22	NGC5796
NGC5812	J150055.7-072726	4	1829	140	132	11.02	12.37	1.35	-5	1.97	NGC5812
MCG-02-38-030	J150300.2-131658	5	2697	130	187	10.98	13.27	2.29	1	0.45	NGC5796
NGC5838	J150526.3+020558	9	1266	54	148	11.01	12.16	1.15	-3	0.87	NGC5846
NGC5846	J150629.3+013620	74	1809	228	395	11.80	13.64	1.84	-5	0.46	NGC5846
NGC5861	J150916.1-111918	5	1825	107	295	10.89	12.22	1.33	5	0.45	NGC5861
NGC5907	J151553.7+561944	10	950	66	265	11.17	12.54	1.37	5	0.11	NGC5907
NGC5898	J151813.6-240553	14	2233	187	131	11.49	13.09	1.60	-4	0.03	NGC5898
NGC5930	J152607.9+414034	8	2784	85	81	11.16	12.65	1.49	2	0.98	NGC5899
NGC5961	J153516.2+305152	4	1887	58	70	9.96	12.04	2.08	3	2.41	NGC5961
NGC5962	J153631.7+163628	5	2020	31	51	11.07	11.98	0.91	5	0.63	NGC5962
IC1128	J153752.9-014407	5	3430	76	172	10.74	12.38	1.64	-2	1.18	IC1128

Таблица В.3: Основные свойства групп (продолжение)

Group	J2000.0	N	$V_{LG}$	$\sigma_V$	$R_h$	$\lg L/L_\odot$	$\lg \mathfrak{M}/\mathfrak{M}_\odot$	$\lg \mathfrak{M}/L$	T	$\Delta m_{21}$	Association
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
NGC5982	J153839.8+592121	16	3123	159	512	11.82	13.31	1.49	-5	0.00	NGC5982
NGC6000	J154949.6-292313	4	2094	30	182	10.99	11.01	0.02	4	3.93	NGC6000
NGC6181	J163221.0+194936	4	2571	61	204	11.09	12.29	1.20	5	1.61	NGC6181
NGC6307	J170740.5+604503	4	3312	55	81	10.96	12.06	1.10	2	1.37	NGC6307
NGC6340	J171024.9+721816	6	1492	59	101	10.72	12.06	1.34	0	1.50	NGC6340
IC4633	J171347.0-773210	6	2736	96	161	11.43	12.91	1.48	6	0.72	IC4633
NGC6484	J175147.0+242900	4	3363	38	174	10.96	11.74	0.78	2	1.47	NGC6427
NGC6501	J175603.7+182223	7	3312	137	185	11.50	13.20	1.70	-1	0.05	NGC6501
IC4704	J182753.6-713635	6	3429	173	287	11.62	13.08	1.46	-3	0.59	IC4704
IC4797	J185629.7-541821	8	2641	150	179	11.63	13.15	1.52	-4	0.26	IC4797
NGC6744	J190946.1-635127	9	751	78	229	11.12	12.59	1.47	4	1.11	NGC6744
NGC6753	J191123.6-570258	5	2954	106	587	11.57	13.20	1.63	3	3.12	IC4797
NGC6758	J191352.3-561836	7	3355	111	434	11.60	13.12	1.52	-4	1.00	IC4797
NGC6868	J200954.1-482246	19	2780	182	309	11.96	13.38	1.42	-5	0.39	NGC6868
NGC6903	J202344.9-191932	5	3449	50	389	11.38	12.51	1.13	-3	3.53	NGC6903
NGC6902	J202428.1-433913	7	2958	155	246	11.41	13.07	1.66	2	0.12	NGC6868
NGC6907	J202506.7-244834	4	3216	32	726	11.43	12.03	0.60	4	2.10	NGC6907
IC5011	J202833.8-360138	4	2391	59	34	10.95	11.56	0.61	-2	2.66	IC5011
NGC6925	J203420.6-315851	6	2862	105	296	11.50	13.17	1.67	4	0.82	NGC6925
IC5063	J205202.3-570408	4	3303	64	172	11.26	12.25	0.99	-1	1.38	IC5063
IC5096	J211821.5-634538	5	2984	125	453	11.56	13.23	1.67	4	0.37	IC5096
NGC7049	J211900.2-483343	5	2136	138	185	11.55	13.16	1.61	-2	0.97	NGC7049
ESO287-013	J212313.9-454623	4	2710	64	84	10.85	12.26	1.41	4	1.80	NGC7079
NGC7126	J214918.1-603633	5	2946	58	87	10.86	11.95	1.09	5	0.46	NGC7126
NGC7144	J215242.4-481513	5	1830	34	384	11.26	11.91	0.65	-5	0.55	NGC7213
NGC7166	J220032.9-432323	6	2385	140	95	11.18	13.03	1.85	-3	1.01	NGC7166
NGC7176	J220208.5-315923	22	2633	139	190	11.75	13.11	1.36	-5	0.31	NGC7176
NGC7185	J220256.7-202817	4	1899	22	195	10.40	10.66	0.26	-3	1.27	NGC7185
NGC7196	J220554.8-500710	4	2820	58	61	11.30	12.85	1.55	-5	1.69	NGC7196
NGC7192	J220650.2-641858	5	2835	59	441	11.38	12.73	1.35	-4	1.07	IC5250A
NGC7213	J220916.3-471000	11	1806	126	180	11.55	13.16	1.61	1	1.14	NGC7213
IC5179	J221609.1-365037	5	3424	87	404	11.25	12.64	1.39	4	2.91	IC5179
IC1438	J221629.1-212550	5	2716	24	356	10.82	11.66	0.84	1	2.92	IC1438
NGC7302	J223223.8-140714	4	2822	94	26	10.90	12.52	1.62	-3	3.98	NGC7302
NGC7331	J223704.1+342456	4	1113	44	276	11.29	12.34	1.05	4	4.50	NGC7331
IC5250A	J224717.5-650335	11	3076	90	192	11.83	13.23	1.40	-3	0.12	IC5250A
NGC7410	J225501.0-393941	5	1871	170	273	11.28	13.41	2.13	3	2.79	NGC7582
IC1459	J225710.6-362744	16	1775	221	336	11.66	13.54	1.88	-5	1.57	NGC7582
IC5267	J225713.6-432346	5	1644	93	185	11.21	12.48	1.27	-1	1.14	NGC7582
UGC12281	J225912.8+133624	4	2871	39	85	9.73	11.18	1.45	7	2.33	UGC12281
NGC7454	J230107.3+162258	7	2248	83	86	10.85	12.46	1.61	-5	0.06	NGC7454
NGC7484	J230704.9-361631	4	2707	103	40	10.95	12.37	1.42	-5	3.38	NGC7484
NGC7507	J231207.6-283223	4	1605	80	57	11.18	12.00	0.82	-5	1.67	NGC7507
NGC7582	J231823.5-422214	13	1578	67	299	11.64	12.61	0.97	2	0.22	NGC7582
IC5328	J233316.5-450057	6	3084	67	566	11.29	12.82	1.53	-4	3.52	IC5328
NGC7716	J233631.5+001750	5	2797	40	291	10.81	11.79	0.98	3	2.49	NGC7716
NGC7727	J233953.9-121735	5	2043	51	314	11.37	12.19	0.82	1	0.59	NGC7727
NGC7743	J234421.1+095603	4	1856	81	94	11.03	12.29	1.26	-1	0.22	NGC7743

## В.4 Группы карликовых галактик

В таблице В.4 приведены следующие данные: (1) имя группы в списке; (2) обозначение компонента, отражающее порядок галактики в группе по прямому восхождению; (3) имя галактики в известных каталогах; (4) координаты на эпоху J2000; (5) радиальная скорость относительно центра Местной группы  $V_{LG}$ , согласно Karachentsev and Makarov (1996); (6) видимая звёздная величина в  $B$ -фильтре, которая была оценена по данным SDSS фотометрии в фильтрах  $g$  и  $r$  (см. таблицу 1 из Jester et al. (2005)), или взята из базы данных HyperLEDA Makarov et al. (2014); (7) абсолютная звёздная величина в  $B$ -фильтре; (8) основной гравитирующий центр (MD) и индекс изолированности группы (II).

В процессе работы над составлением списка групп карликовых галактик было обнаружено, что часть красных смещений в SDSS оценена методом кросс-корреляции. Несмотря на то, что в спектре присутствуют эмиссионные линии, порой очень яркие, оценка скорости по ним по каким-то причинам не проводилась (таблица эмиссионных красных смещений в SDSS отсутствует). В результате для таких объектов точность определения лучевых скоростей оказалась существенно занижена. В некоторых случаях красное смещение было оценено неверно. Используя спектры из базы данных SDSS, мы измерили гелиоцентрические скорости по эмиссионным линиям нескольких галактик — J0817+24B = KUG 0814+251, J0959+41B = KUG 0956+419, J1648+21A = SDSS J164711.10+210527.0 и J1648+21C = SDSS J164802.08+213330.5. Значения скоростей этих галактик помечены значком <sup>†</sup>.

Таблица В.4: Список групп карликовых галактик

Группа (1)(2)	Имя галактики (3)	J2000.0 (4)	$V_{LG}$ , (5)	$m_B$ , (6)	$M_B$ , (7)	MD (8)	II. (9)
J0130+02 A	UGC 1075	J013002.5+025109	2227 ± 6	16.60	-15.92	NGC 488	1.29
B	LSBC F828-01	J013029.0+024955	2240 ± 10	17.00	-15.53		
J0310-41 A	LCRS B030900.1-415914	J031049.7-414757	1253 ± 74	16.03	-15.20	NGC 1399	1.75
B	LCRS B030909.4-415056	J031059.2-413940	1186 ± 26				
J0453-61 A	ESO 119-016	J045129.2-613903	739 ± 10	14.89	-15.24	NGC 1796	1.19
B	SGC 0454.2-6138	J045455.4-613353	745 ± 9	16.09	-14.05		
J0532-25 A	ESO 487-017	J053029.0-245235	1661 ± 13	16.24	-15.76		
B	ESO 487-020	J053223.8-251355	1750 ± 74	16.14	-15.92	NGC 1964	5.79
C	AM 0530-245	J053246.5-245533	1684 ± 74	16.67	-15.31		
J0700-04 A	HIZSS 003 A	J070028.2-041226	109 ± 11	18.00	-12.29	LG	5.89
B	HIZSS 003 B	J070024.6-041313	143 ± 11				

Таблица В.4: Список групп карликовых галактик (продолжение)

Группа (1)(2)	Имя галактики (3)	R.A. (4)	Dec (4)	$V_{LG}$ , (5)	$m_B$ , (6)	$M_B$ , (7)	MD (8)	I.I. (9)
J0714+44 A	UGC 3698	J070918.7+442248		$465 \pm 5$	15.16	-14.35	M 81	22.90
B	NGC 2337	J071013.6+442726		$477 \pm 5$	13.10	-16.39		
C	UGC 3817	J072244.5+450631		$478 \pm 2$	15.96	-13.63		
J0723+36 A	SDSS J072313.46+362213.0	J072313.5+362213		$967 \pm 1$	19.31	-11.54		
B	SDSS J072301.42+362117.1	J072301.4+362117		$914 \pm 1$	17.01	-13.72		
C	SDSS J072320.56+362440.9	J072320.6+362441		$935 \pm 1$	21.59	-9.19		
J0742+16 A	UGC 3974	J074155.4+164809		$162 \pm 5$	13.62	-13.24	M 81	49.14
B	CGCG 087-033	J074232.0+163340		$168 \pm 5$	15.43	-11.49		
J0747+51 A	MCG +09-13-052	J074657.0+511747		$510 \pm 5$	16.66	-12.85	NGC 2500	12.11
B	KUG 0743+513	J074732.0+511129		$503 \pm 5$	15.14	-14.32		
J0817+24 A	LCSB S1123P	J081715.9+245357		$1832 \pm 5$	17.11	-15.17	IC 2267	8.42
B	KUG 0814+251	J081721.0+245746		$2076 \pm 5^\dagger$	17.12	-15.43		
J0821-00 A	UGC 4358	J082126.0-002508		$1606 \pm 6$	15.96	-15.94	UGC 4254	74.24
B	6dF J0821428-002601	J082142.8-002601		$1612 \pm 74$	16.48	-15.43		
J0825+35 A	HS 0822+3542a	J082555.5+353232		$698 \pm 3$	16.57	-13.53	NGC 2683	43.55
B	SAO 0822+3545	J082605.6+353526		$712 \pm 2$	18.34	-11.80		
J0852+13 A	SDSSJ085233.76+135028.4	J085233.8+135028		$1360 \pm 3$	17.15	-14.34		
B	SDSSJ085240.94+135157.0	J085240.9+135157		$1390 \pm 22$	19.56	-11.98		
J0859+39 A	UGC 4704	J085859.0+391240		$581 \pm 6$	15.51	-14.12	NGC 2683	18.29
B	SDSS J085947.03+392302.6	J085946.9+392306		$573 \pm 34$	17.23	-12.37		
J0911+42 A	SDSS J091108.40+423922.1	J091108.4+423922		$1498 \pm 13$	16.02	-15.61	NGC 2798	14.93
B	SDSS J091110.62+423801.4	J091110.6+423801			18.81			
J0915+48 A	UGC 4868	J091451.8+483537		$2822 \pm 5$	17.43	-15.58	NGC 2856	4.61
B	UGC 4874	J091516.3+484003		$2821 \pm 5$	17.60	-15.41		
C	SDSS J091552.07+484119.5	J091552.1+484120		$2809 \pm 17$	18.08	-14.94		
J0934+55 A	I Zw 18 C	J093359.7+551445		$821 \pm 5$	19.73	-10.66	NGC 2841	8.34
B	I Zw 18 A	J093402.0+551428		$837 \pm 4$	16.48	-13.95		
J0950+31 A	UGC 5272b	J095019.5+312722		$479 \pm 5$	17.82	-11.35	NGC 2903	12.64
B	UGC 5272	J095022.4+312916		$453 \pm 4$	14.46	-14.59		
J0959+41 A	KUG 0956+420	J095930.0+414601		$1704 \pm 36$	16.43	-15.47	NGC 2964	99.46
B	KUG 0956+419	J095945.0+414037		$1664 \pm 3^\dagger$	16.61	-15.23		
J1016+37 A	UGC 5540	J101621.9+374647		$1138 \pm 4$	14.60	-16.42	NGC 3245	66.28
B	KUG 1013+381	J101624.5+375446		$1150 \pm 3$	15.97	-15.07		
J1040-09 A	6dF J1039304-094609	J103930.4-094609		$2177 \pm 74$	16.68	-15.85	NGC 3375	7.86
B	6dF J1040118-095641	J104011.8-095640		$2218 \pm 74$	16.48	-16.08		
J1052+00 A	MGC 0013223	J105240.6-000117		$1569 \pm 75$	17.59	-14.26	UGC 5922	8.11
B	CGCG 010-041	J105248.6+000204		$1607 \pm 5$	15.62	-16.28		
J1053+02 A	LSBC L1-137A	J105303.1+022937		$860 \pm 5$	17.59	-12.93	NGC 3379	5.35
B	LSBC L1-137	J105318.6+023734		$851 \pm 10$	15.80	-14.69		
J1101+30 A	BTS 028	J110132.4+303516		$1708 \pm 75$	17.56	-14.38	NGC 3430	6.38
B	BTS 029	J110138.9+303629		$1626 \pm 5$	18.32	-13.52		
J1110+40 A	KUG 1107+403	J111025.2+400311		$2943 \pm 30$	16.11	-16.98	NGC 3665	85.47
B	SDSS J111026.28+400117.4	J111026.3+400117			19.06			
J1113+53 A	UGC 06251	J111326.1+533542		$999 \pm 5$	16.33	-14.42	NGC 3992	2.14
B	SDSS J111343.60+533848.3	J111343.6+533848		$985 \pm 5$	18.04	-12.68		
J1131-35 A	6dF J1131390-352255	J113138.9-352256		$2396 \pm 48$	16.52	-16.36	NGC 3742	3.50
B	PGC 649656	J113139.6-352242			17.35			

Таблица В.4: Список групп карликовых галактик (продолжение)

Группа (1)(2)	Имя галактики (3)	R.A. (4)	Dec (4)	$V_{LG}$ , (5)	$m_B$ , (6)	$M_B$ , (7)	MD (8)	I.I. (9)
J1134+48 A	SDSS J113342.71+482004.9	J113342.7+482005		$3094 \pm 20$	17.69	-15.53	NGC 3811	5.94
B	SDSS J113403.75+482834.4	J113403.9+482837		$3107 \pm 29$	18.15	-15.09		
J1141+32 A	KUG 1138+327	J114107.4+322537		$1704 \pm 70$	15.86	-16.08	IC 2957	5.64
B	MRK 0746	J114129.9+322059		$1684 \pm 50$	15.68	-16.24		
C	SDSS J114136.70+321651.5	J114136.7+321652		$1737 \pm 2$	17.00	-14.98		
J1146+58 A	SBS 1143+588	J114558.7+583207		$1519 \pm 37$	15.75	-15.89	NGC 4036	2.00
B	SDSS J114603.39+583621.8	J114603.4+583622		$1518 \pm 42$	17.81	-13.83		
J1150-00 A	UM 456A	J115034.0-003216		$1645 \pm 16$	17.07	-14.81	NGC 4472	10.39
B	UM 456	J115036.2-003402		$1574 \pm 5$	16.43	-15.35		
J1152-02 A	UM 461	J115133.4-022222		$866 \pm 9$	14.71	-15.74	NGC 4472	6.02
B	UGC 6850	J115237.4-022810		$860 \pm 6$	14.72	-15.72		
J1154-03 A	SDSS J115348.29-031306.5	J115348.3-031306		$1243 \pm 12$	18.00	-13.25		
B	CGCG 012-113	J115407.6-034056		$1223 \pm 27$	16.02	-15.20	NGC 4030	2.30
C	SDSS J115503.67-033012.4	J115503.7-033012		$1216 \pm 69$	18.02	-13.20		
J1157+02 A	SDSS J115725.14+021115.9	J115725.1+021116		$839 \pm 5$	17.95	-12.45	NGC 4472	2.43
B	SDSS J115735.27+021004.0	J115735.3+021004		$796 \pm 32$	16.48	-13.81		
J1158+31 A	KDG 083	J115614.5+311816		$617 \pm 5$	16.65	-13.06	NGC 4278	2.70
B	KUG 1157+315	J120016.2+311330		$593 \pm 28$	15.25	-14.36		
J1216+52 A	CGCG 269-049	J121546.8+522317		$245 \pm 15$	15.27	-12.47	NGC 3031	5.51
B	UGC 07298	J121630.1+521339		$254 \pm 5$	16.64	-11.15		
J1221+38 A	KUG 1218+387	J122054.9+382549		$623 \pm 46$	15.57	-14.16	NGC 4490	1.95
B	KDG 105	J122143.0+375914		$582 \pm 5$	17.57	-11.98		
J1224+28 A	[KK98] 138	J122158.4+281434		$417 \pm 8$	18.88	-10.00	NGC 4278	2.28
B	[KK98] 144	J122529.1+282857		$453 \pm 2$	18.18	-10.87		
J1225+61 A	MCG +10-18-044	J122453.8+610349		$833 \pm 5$	15.85	-14.50	NGC 3992	9.87
B	SBS 1222+614	J122505.4+610911		$832 \pm 5$	14.86	-15.49		
J1226-01 A	UGC 7531	J122611.8-011817		$1858 \pm 12$	15.27	-16.86	NGC 4527	5.13
B	UM 501	J122622.7-011512		$1861 \pm 14$	16.41	-15.72		
J1228+22 A	UGC 7584	J122802.8+223516		$545 \pm 4$	16.20	-13.25	NGC 4278	3.19
B	KKH 80	J122805.0+221727		$543 \pm 5$	17.00	-12.44		
C	NGC 4455	J122844.1+224914		$581 \pm 5$	13.05	-16.55		
J1244+62 A	MCG +11-16-003	J124359.9+621960		$2739 \pm 77$	16.46	-16.48	NGC 4521	7.41
B	MCG +11-16-005	J124412.0+621451		$2750 \pm 9$	16.10	-16.85		
C	SDSS J124411.92+621021.5	J124412.1+621019		$2681 \pm 12$	18.00	-14.88		
D	SDSS J124418.07+621007.7	J124418.0+621007			18.32			
E	SDSS J124423.23+620305.5	J124423.2+620306		$2660 \pm 72$	17.86	-15.01		
J1301-01 A	CGCG 1258.5-0142S	J130100.7-015834		$1302 \pm 5$	17.04	-14.31	NGC 4699	3.11
B	UGC 8127	J130103.7-015712		$1297 \pm 33$	15.67	-15.67		
J1303-17 A	UGCA 319	J130214.4-171415		$548 \pm 8$	15.08	-14.65	NGC 5068	10.32
B	UGCA 320	J130316.7-172523		$546 \pm 5$	13.40	-16.31		
J1304-02 A	LCRS B130157.2-024313	J130431.8-025917		$1148 \pm 34$	16.27	-14.82	NGC 4699	2.26
B	HIPASS J1304-02	J130446.6-025216		$1122 \pm 9$	16.81	-14.23		
J1310+34 A	UGC 8246	J131004.5+341051		$833 \pm 5$	14.55	-15.78	NGC 5005	1.38
B	SDSS J131029.12+341411.5	J131029.2+341413		$873 \pm 75$	18.92	-11.51		
J1315+47 A	DDO 169 NW	J131518.4+473200		$328 \pm 75$			NGC 4736	1.57
B	UGC 08331	J131530.3+472956		$344 \pm 6$	14.60	-13.82		

Таблица В.4: Список групп карликовых галактик (продолжение)

Группа (1)(2)	Имя галактики (3)	R.A. (4)	Dec	$V_{LG}$ , (5)	$m_B$ , (6)	$M_B$ , (7)	MD (8)	I.I. (9)
J1337+32 A	SDSS J133605.53+320823.2	J133605.6+320821			17.94		NGC 5353	36.57
B	UGC 8602	J133645.5+320528		$3062 \pm 5$	17.54	-15.63		
C	UGC 8605	J133654.3+320544		$3035 \pm 5$	17.57	-15.58		
D	SDSS J133657.55+320208.4	J133657.5+320208		$3106 \pm 29$	16.90	-16.30		
E	UGC 8608	J133700.9+314600		$3033 \pm 3$	16.04	-17.13		
F	SDSS J133704.69+315337.9	J133704.7+315337			18.23			
J1355+04 A	KKH86	J135433.5+041435		$209 \pm 5$	16.88	-9.36	LG	9.56
B	SDSS J135429.53+041237.1	J135429.5+041237						
J1404+61 A	UGC 08982	J140300.0+614504		$1868 \pm 31$	15.48	-16.62	NGC 5322	1.02
B	SDSS J140524.63+613401.3	J140524.6+613401		$1883 \pm 5$	16.81	-15.31		
J1423+21 A	SDSS J142332.69+213112.1	J142332.8+213118			19.86		NGC 4472	50.1
B	SDSS J142337.04+213128.2	J142337.0+213128		$2068 \pm 21$	19.12	-13.31		
J1428+21 A	UGC 9274	J142802.8+211814		$1117 \pm 73$	14.35	-16.69	NGC 4472	32.34
B	UGC 9282	J142841.6+212022		$1155 \pm 5$	16.17	-14.96		
J1437+59 A	SDSS J143659.37+590535.1	J143659.3+590536			18.34		NGC 5777	6.70
B	SDSS J143703.11+590606.3	J143702.0+590555		$2402 \pm 10$	18.34	-14.28		
J1450+36 A	SDSS J144948.75+362347.3	J144948.8+362347		$1979 \pm 5$	16.96	-15.26	UGC 9519	69.09
B	SDSS J144951.10+362501.5	J144951.1+362502		$1978 \pm 32$	16.69	-15.53		
J1648+21 A	SDSS J164711.10+210527.0	J164711.1+210527		$2727 \pm 2^\dagger$	16.76	-16.32	NGC 6181	30.25
B	UGC 10549	J164726.5+210732		$2719 \pm 9$	16.23	-16.87		
C	SDSS J164802.08+213330.5	J164802.1+213330		$2753 \pm 12^\dagger$	17.48	-15.71		
J1657+38 A	UGC 10625	J165723.1+384019		$2252 \pm 6$	16.88	-15.63	NGC 6339	370.21
B	SHOC 553	J165730.0+384123		$2255 \pm 5$	16.90	-15.62		
J2227-09 A	6dF J2227305-093959	J222730.5-093959		$1866 \pm 74$	15.64	-16.62	NGC 253	313.57
B	MCG -02-57-007	J222741.5-094337		$1786 \pm 43$	15.81	-16.35		

## В.5 520 изолированных галактик (LOG)

Список 520 “сиротливых” галактик в Местном сверхскоплении и его окрестностях представлен в таблице В.5. Её столбцы содержат следующие данные: (1) — порядковый номер в каталоге, (2) — имя или номер галактики в известных каталогах так, как они зафиксированы в базах данных NUGCLEDA и NED; в ряде случаев длинные имена галактик из последних обзоров (SDSS, 6dF, HIPASS) приведены с многоточием без указания координатной части, (3) — экваториальные координаты на эпоху (2000.0), (4) — лучевая скорость галактики относительно центра Местной группы и ошибка её измерения (в км с<sup>-1</sup>), (5) — морфологический тип галактики по цифровой шкале Вокулера (de Vaucouleurs et al. 1991), (6) — интегральная видимая величина галактики в полосе  $K_s$ , взятая из 2MASS обзора, или пересчитанная из других фотометрических полос с учётом морфологического типа; в последнем случае, который преобладает, погрешность величины  $K$  может достигать  $\sim 0.5^m$ ; (7) — значение индекса изолированности в условии  $\mathfrak{M}/L_K = 6 \cdot (II) \cdot (\mathfrak{M}_\odot/L_\odot)$ , при котором галактика ещё сохраняет свою обособленность, (8) — логарифм потока в линии H I 21 см (в янски/ км с<sup>-1</sup>) по данным NUGCLEDA; в ряде случаев (отмечены двоеточием) верхний предел HI-потока был оценен по данным обзора HIPASS или другим доступным источникам, (9) — в этой колонке знаком “+” отмечены галактики, удовлетворяющие критерию Караченцевой (Karachentseva 1973) со значительным запасом, (10) — колонка примечаний содержит краткие указания на наличие у галактики инфракрасного потока “IR” в обзоре IRAS, принадлежности к плоским системам “F” из каталогов RFGC и 2MFGC, наличия пекулярной структуры “pec”, принадлежности к спискам активных объектов Маркаряна “Mrk” или к изолированным галактикам каталога “KIG”.

Таблица В.5: Каталог изолированных галактик в Местном сверхскоплении и его окрестностях

LOG	Name	RA (J2000.0) Dec.	$V_{LG}$	$\pm$	$T$	$K_s$	lg II	lg $F_{HI}$	K73	Note
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	
1	ESO149-013	J000246.3–524618	1363	80	10	13.39	1.78	1.06	+	
2	ESO149-018	J000714.5–523712	1744	9	9	13.61	1.86	0.74	+	
3	UGC00064	J000744.0+405232	554	17	10	12.80	1.97	1.24	+	
4	UGC00063	J000750.8+355759	715	5	10	12.72	2.03	0.36	+	
5	ESO538-024	J001017.8–181551	1634	5	10	13.20	1.87	0.84	+	
6	PGC130903	J001108.7–385915	3180	43	6	13.95	2.17	0.3 :		
7	6dF...	J001408.3–353648	3268	29	9	14.31	2.25	0.71	+	
8	SDSS...	J001500.1–110804	3467	5	6	14.78	1.92	0.3 :	+	
9	ESO241-027	J001502.7–431731	3235	74	6	12.44	1.99	0.05	+	

Таблица В.5: Каталог изолированных галактик (продолжение)

LOG (1)	Name (2)	RA (J2000.0) Dec. (3)	$V_{LG}$ (4)	$\pm$ (5)	$T$ (6)	$K_s$ (7)	$\lg II$ (8)	$\lg F_{HI}$ (9)	K73 (10)	Note (11)
10	6dF...	J001550.9-225511	3213	34	6	12.54	2.07	0.56	+	
11	ESO194-002	J001830.4-473921	1433	10	9	13.92	1.69	0.3 :	+	
12	AM0016-575	J001909.3-573830	1636	5	2	12.12	1.87	1.28	+	pec
13	UGC00199	J002051.8+125122	2015	5	10	14.64	1.72	0.53	+	
14	ESO150-005	J002225.6-533851	1344	5	8	11.32	2.02	1.11	+	
15	NGC0101	J002354.6-323210	3411	30	6	10.19	2.01	1.12	+	IR
16	UM240	J002507.4+001846	3397	13	9	15.64	2.30	0.3 :	+	
17	6dF...	J002755.3-031101	3372	10	6	11.79	2.05	0.46	+	
18	UM040	J002826.6+050016	1523	5	2	13.26	1.96	0.70	+	
19	UGC00285	J002851.1+285622	2428	11	2	11.60	2.08	0.04	+	IR
20	UGC00288	J002903.6+432554	463	5	10	13.32	1.85	0.71	+	
21	UGC00313	J003126.1+061224	2237	35	4	11.33	2.12	-0.09	+	IR
22	HS0029+1748	J003203.1+180446	2410	30	9	15.12	2.53	0.3 :		
23	ESO294-020	J003209.7-401605	1393	11	8	11.13	1.90	0.44	+	IR
24	UGC00328	J003322.1-010717	2139	5	8	12.78	1.97	1.11	+	
25	CGCG409-040	J003448.9+072701	739	10	2	11.44	1.76	-0.58	+	
26	CGCG500-052	J003707.6+284954	2233	16	9	12.42	2.08	0.64		F
27	PGC002235	J003726.1-370311	3400	24	6	14.07	2.37	0.3 :		
28	HIPASSJ0041-01b	J004139.6-020042	2096	9	10	13.49	2.01	0.52	+	
29	ESO540-016	J004214.7-180942	1623	5	6	12.50	1.67	1.52	+	IR,F
30	Andromeda IV	J004230.1+403433	522	9	10	13.98	1.77	1.36	+	
31	CGCG410-002	J004448.4+050809	3066	21	0	11.66	1.94	0.3 :	+	IR
32	UGC00477	J004613.1+192924	2870	10	7	11.81	2.11	1.59		F
33	UGCA014	J004747.5-095358	1450	5	7	11.93	2.00	1.40		F
34	ESO079-007	J005003.8-663312	1511	11	7	11.67	2.00	0.84		IR
35	PGC169954	J005154.6+232851	2847	8	9	13.90	1.88	0.01		
36	ARK018	J005159.6-002912	1764	8	1	12.58	1.89	1.17		
37	MCG-01-03-027	J005217.2-035760	1520	28	6	13.93	1.85	1.05	+	
38	ESO411-027	J005251.7-271933	1852	10	8	13.43	1.95	0.27		
39	IC1596	J005442.8+213122	2891	5	3	11.41	1.61	0.70	+	IR,KIG
40	UGC00578	J005621.1+394933	1728	31	4	11.46	2.32			IR
41	ESO474-045	J005721.3-242219	1894	5	8	13.73	2.03	0.64	+	
42	UGC00614	J005936.2+353337	2591	13	6	11.98	2.74	0.67	+	IR
43	ESO151-019	J010220.8-541923	1261	9	8	11.81	2.15	0.86	+	
44	UGC00655	J010401.2+415035	1084	5	8	12.57	1.63	1.21	+	
45	MCG-04-03-052	J010632.4-234045	3500	33	5	13.25	2.06	0.54	+	
46	UGC00685	J010722.4+164104	351	5	9	12.00	2.24	1.06	+	KIG
47	NGC0406	J010725.1-695245	1335	5	5	10.17	1.63	1.53	+	IR
48	UGC00695	J010746.4+010349	764	5	9	12.76	2.21	0.53		
49	KK11	J010821.9-381234	605	10	9	14.26	2.05	0.67	+	
50	NGC0404	J010927.0+354304	218	24	-3	8.55	1.78	1.59	+	IR
51	ESO243-050	J011048.8-422231	1423	8	10	12.12	2.03	0.84	+	
52	AM0117-681	J011901.8-680244	1883	9	7	12.69	2.13	0.72	+	
53	LSBGF352-021	J012658.6-350542	2068	9	10	15.26	1.98	0.16		
54	AM0126-653	J012822.4-651615	1461	22	5	11.55	1.91	0.95	+	IR
55	UGC01054	J012848.3+342047	2889	5	7	14.25	2.60	0.86		F
56	FGC0175	J013531.5+020154	2731	5	8	13.65	1.92	0.65	+	F
57	NGC0620	J013659.7+421924	2708	19	7	10.99	1.94	2.00	+	IR
58	UGCA020	J014314.7+195832	677	5	10	13.61	1.75	0.97	+	pec
59	ESO114-007	J014630.4-584027	2063	9	8	11.98	2.14	1.22	+	
60	UGC01207	J014726.3+820934	1500	5	8	14.01	1.65	0.75		
61	NGC0685	J014742.8-524543	1234	16	5	9.18	1.62	1.54	+	IR
62	UGC01198	J014917.7+851538	1408	38	-2	10.89	1.81	0.02	+	IR
63	KUG0148-067	J015128.4-063060	2205	5	7	12.40	1.93	1.03	+	
64	ESO354-021	J015833.3-345147	3046	43	4	13.12	1.79	0.54	+	IR
65	UGC01464	J015907.6+015324	3049	75	8	14.01	2.29	0.3 :	+	
66	ESO153-019	J020539.2-560411	2014	30	6	12.47	1.96	0.32	+	
67	ESO030-008	J020901.7-755606	1054	60	7	12.46	1.88	1.39	+	F

Таблица В.5: Каталог изолированных галактик (продолжение)

LOG (1)	Name (2)	RA (J2000.0) Dec. (3)	$V_{LG}$ (4)	$\pm$ (5)	$T$ (6)	$K_s$ (7)	$\lg II$ (8)	$\lg F_{HI}$ (9)	K73 (10)	Note (11)
68	PGC138508	J021223.2+131227	2375	27	8	13.80	2.41	0.00		
69	PGC169963	J021336.1+231528	2617	8	8	14.78	2.71	-0.05		
70	UGC01756	J021653.9+021212	3098	6	2	11.67	1.98	0.3 :	+	IR
71	KUG0215+005	J021808.1+004530	2820	5	8	14.72	1.88	0.3 :	+	
72	ESO355-005	J021839.7-363152	2399	30	8	14.68	1.64	0.57		
73	NGC0918	J022550.8+182946	1648	5	5	8.93	2.08	1.22	+	IR,KIG
74	UGC01970	J022954.0+251523	2073	5	6	11.14	1.71	1.02	+	F
75	UGC01975	J023014.7+330757	3369	14	5	11.95	1.88	0.48	+	F,KIG
76	UGC01999	J023152.6+190911	1110	5	5	12.92	2.03	1.32	+	F
77	UGC02082	J023616.1+252526	862	6	6	9.97	1.82	1.66		IR,F,KIG
78	ESO479-020	J023908.2-223944	2999	11	5	12.30	1.84	0.99	+	
79	UGC02143	J023936.6+360452	2930	9	2	11.27	1.83	0.64		IR
80	ESO546-021	J024742.8-185025	3037	5	7	13.87	1.66	0.54		F
81	CGCG463-025	J025019.7+190643	1362	5	9	12.27	2.67	0.47		
82	UGC02352	J025205.4+042215	1872	8	7	14.40	2.58	0.68	+	F
83	UGC02392	J025546.4+334560	1712	5	5	13.22	2.39	0.78	+	
84	UGC02429	J025709.2+011935	1822	6	7	12.88	2.19	0.84	+	
85	UGC02432	J025726.8+100812	840	5	10	13.84	2.57	0.85	+	
86	UGCA047	J025824.3-041744	2397	10	6	11.37	1.61	0.85	+	IR
87	NGC1156	J025942.2+251414	507	5	9	9.46	2.12	1.67	+	IR,KIG
88	KKH018	J030305.8+334140	375	5	10	13.49	1.76	0.40	+	
89	ESO547-004	J030330.6-201034	3275	10	5	13.29	1.99	0.64	+	
90	MCG-01-09-010	J030931.2-045444	3136	5	6	11.29	1.96	0.77		
91	MCG+04-08-013	J031419.8+240914	1421	9	6	13.44	2.61	1.05		
92	KDG032	J031856.7-103247	1910	9	10	14.02	1.61	0.84	+	
93	NGC1337	J032806.0-082319	1216	7	6	9.19	1.87	1.80	+	IR
94	UGC02809	J033933.2+194703	1368	6	8	12.59	1.60	0.77	+	
95	HIPASSJ0341+18	J034201.8+180830	1369	9	8	12.89	1.60	0.48		
96	2MASX...	J034559.4-123149	900	25	1	11.17	2.28	0.3 :	+	IR
97	UGC02899	J035424.6+063524	3482	5	5	12.14	2.11	1.01	+	F
98	UGC02905	J035700.1+163121	345	5	10	13.60	2.19	0.66		
99	HIPASSJ0358+10	J035824.2+095845	2003	9	8	13.70	2.82	0.84	+	
100	MCG-01-11-002	J040615.9-083809	2777	5	8	13.72	1.75	0.74	+	pec
101	PGC103224	J040755.9-444750	3380	31	7	14.73	2.38	0.15	+	
102	[KKS2000]53	J040904.1-083737	834	5	9	12.51	2.08	0.77		
103	2MASX...	J041202.3-101841	2815	74	4	12.70	2.60	0.3 :		IR
104	ESO420-013	J041349.7-320025	3449	36	-1	9.47	1.79	0.3 :	+	IR
105	UGC02997	J041604.9+081049	1590	19	2	10.19	2.05	-0.03	+	IR
106	6dF...	J041804.5-214740	3468	74	6	13.52	2.55	0.3 :	+	
107	UGC03045	J042641.7+202428	1429	5	5	9.58	2.48	0.3 :		F
108	HIPASSJ0426-07	J042647.9-073332	2368	9	8	14.76	1.92	0.64	+	
109	UGC03053	J042809.7+213919	2452	5	6	9.71	2.24	0.75	+	IR
110	ESO251-003	J042841.3-461916	1194	9	9	13.90	1.72	0.57		
111	ESO202-035	J043216.4-494033	1663	18	5	10.03	1.90	1.58	+	IR,F
112	2MASX...	J043342.0-333046	2677	64	1	11.03	2.54	0.3 :		
113	ESO304-002	J043519.8-421212	2030	51	2	11.84	2.35	0.3 :	+	IR
114	MCG-02-12-046	J043624.6-093049	2327	7	8	12.70	1.84	1.13	+	IR,pec
115	PGC971141	J043632.5-110009	1727	17	8	13.78	2.25	0.3 :	+	
116	ESO551-030	J044226.8-172713	3067	30	7	12.39	1.83	0.75	+	
117	KKH028	J044344.0+025954	3463	5	10	13.49	2.36	0.55	+	
118	APMUKS...	J044720.7-151518	2375	49	10	14.55	1.92	0.31		
119	LSBGF304-013	J045010.5-394745	2052	22	10	12.27	2.03	0.66	+	
120	ESO552-016	J045228.5-191734	2918	5	8	11.45	2.32	0.58		F
121	DDO229	J045253.0-251445	1214	9	8	11.11	1.85	1.40	+	IR
122	NGC1705	J045413.5-532140	401	29	9	10.52	2.20	1.18	+	IR
123	ESO552-031	J045803.2-190727	1527	5	7	13.67	1.81	0.46	+	
124	CGCG445-001	J045902.7+122403	3412	5	2	11.24	2.66	0.36		IR
125	ESO252-007	J050301.3-431756	2742	74	4	11.72	2.53	0.47	+	IR

Таблица В.5: Каталог изолированных галактик (продолжение)

LOG (1)	Name (2)	RA (J2000.0) Dec. (3)	$V_{LG}$ (4)	$\pm$ (5)	$T$ (6)	$K_s$ (7)	$\lg II$ (8)	$\lg F_{HI}$ (9)	K73 (10)	Note (11)
126	DDO35	J050324.6+162416	1396	5	8	10.82	2.57	1.25	+	IR
127	UGC03247	J050638.5+084033	3328	7	4	11.98	2.16	0.77	+	
128	ESO553-016	J051105.9-182537	3415	5	8	13.36	2.05	1.01		
129	ESO423-002	J051516.3-303135	1285	7	6	10.28	1.85	1.25	+	IR,F
130	UGC03288	J051930.9+040746	2983	9	8	13.89	3.02	0.60		
131	MCG+12-06-004	J052426.4+711134	3467	10	6	12.88	2.39	0.24		
132	ESO253-002	J052436.2-460241	3366	9	8	13.03	1.70	0.62	+	
133	UGC03303	J052459.5+043018	446	5	8	13.09	2.10	1.44	+	
134	ESO553-046	J052705.7-204041	372	10	9	12.19	2.47	0.43	+	IR
135	MCG-03-14-017	J052814.1-160728	2017	5	6	11.15	1.73	1.13	+	IR
136	ESO554-002	J052907.6-195602	2756	39	6	12.47	1.64	0.78	+	IR
137	MCG-02-15-001	J053139.9-102332	2535	36	4	10.08	1.90	0.41	+	IR,F
138	ESO487-030	J053718.7-262552	1290	8	7	10.94	1.85	1.11	+	
139	ESO306-013	J053858.3-414414	788	75	9	11.04	1.67	0.65	+	IR
140	[KKS2000]54	J054155.2-123336	2090	13	10	11.94	1.73	0.55	+	
141	IC2147	J054328.1-302942	1093	5	7	10.76	1.92	1.20	+	IR
142	ESO253-019	J054401.9-453017	821	75	10	14.58	2.21	0.3 :		
143	ESO488-017	J054729.0-233434	837	11	4	11.67	2.43	0.63	+	IR
144	ESO555-002	J055026.7-194333	2191	7	4	10.00	1.66	1.34	+	IR,F
145	ESO120-016	J055135.3-590244	3415	10	3	9.81	2.18	0.98	+	IR,F
146	2MASX...	J055302.3-114420	3039	8	3	11.68	2.52	0.88	+	IR
147	HIPASSJ0554-35	J055354.2-355729	2720	9	9	13.75	1.60	0.62	+	
148	ESO488-044	J055550.8-224825	3104	10	4	13.37	1.83	0.56	+	
149	ESO425-001	J060010.3-314714	1128	9	9	12.02	1.71	0.99		
150	RFGC1042	J060143.4-345642	1065	10	8	14.41	2.12	0.76		F
151	UGC03394	J060449.6+560957	1945	5	7	12.55	2.24	0.78	+	
152	UGC03403	J061032.9+712245	1444	5	5	9.96	1.67	1.03	+	IR,F
153	UGC03409	J061052.6+643403	1516	5	10	14.19	2.01	1.01	+	
154	ESO121-020	J061554.2-574332	307	5	10	13.75	2.04	0.90		
155	ESO206-016	J063109.7-522507	918	5	10	13.41	1.98	0.76	+	
156	UGC03485	J063456.3+655008	1438	7	7	14.80	1.91			F
157	ESO206-017	J063819.6-515710	753	10	6	13.55	1.67	0.68	+	F
158	ESO308-022	J063932.7-404315	557	5	10	13.27	2.10	0.51	+	
159	[HS98] 011	J064332.3+634226	3042	15	10	14.37	2.17	0.38		
160	ESO255-019	J064548.2-473152	785	5	8	11.59	1.72	1.27	+	
161	ESO309-005	J065302.9-391613	1634	10	3	11.19	2.25	0.81	+	IR
162	ARGO	J070518.8-583113	279	9	8	11.33	1.90	1.54	+	
163	UGC03672	J070627.6+301919	964	9	10	13.74	2.10	1.48		pec
164	ESO88-004	J071006.5-631544	2037	52	1	10.85	1.70	0.3 :	+	IR
165	ESO035-001	J071042.4-733037	2819	28	4	10.47	2.34	0.47	+	IR
166	UGC03761	J071504.3+380843	3359	5	7	12.71	2.18	0.58	+	F
167	ESO162-015	J071523.7-550435	2537	10	5	12.45	1.87	0.89		
168	UGC03748	J071527.3+652629	2620	12	7	13.61	2.12	0.88	+	
169	CGCG309-028	J071804.4+682034	2796	27	0	10.87	2.12		+	
170	UGC03826	J072427.9+614138	1854	5	7	13.00	1.84	1.42	+	IR,KIG
171	UGC03845	J072642.7+470538	3083	5	4	10.72	1.87	0.71		IR
172	UGC03876	J072917.5+275358	811	5	6	12.89	2.00	1.06	+	IR,F,KIG
173	SDSS...	J073058.9+410960	892	5	9	13.76	1.89		+	
174	ESO059-001	J073118.2-681117	246	9	8	11.20	1.68	1.24	+	
175	ESO035-012	J074001.1-762619	1190	9	10	12.44	1.71	0.72	+	
176	KUG0738+493	J074232.4+491130	3015	14	7	11.96	1.97		+	
177	UGC04115	J075701.8+142327	213	5	10	12.16	1.78	1.19	+	
178	UGC04117	J075726.0+355621	756	5	8	12.40	1.82	0.68	+	
179	NGC2504	J075952.3+053630	2419	75	4	11.42	2.29	0.76	+	IR,pec
180	UGC04176	J080242.8+404043	3092	41	7	12.65	2.29	0.70	+	pec
181	UGC04204	J080524.9+555700	3063	8	8	14.17	2.32	0.43	+	
182	CGCG148-111	J080547.7+301401	2295	36	6	13.16	2.45		+	F
183	UGC04247	J080903.6+164039	2717	8	7	12.93	2.60	1.22		F

Таблица В.5: Каталог изолированных галактик (продолжение)

LOG (1)	Name (2)	RA (J2000.0) Dec. (3)	$V_{LG}$ (4)	$\pm$ (5)	$T$ (6)	$K_s$ (7)	$\lg II$ (8)	$\lg F_{HI}$ (9)	K73 (10)	Note (11)
184	UGC04254	J080924.0+003634	1610	5	5	10.62	1.87	0.75	+	IR
185	UGC04258	J081047.8+465444	3172	8	6	12.08	1.62	0.67	+	F
186	UGC04267	J081256.4+545808	2694	75	6	11.73	2.26		+	IR
187	UGC04307	J081801.4+475109	3164	5	6	12.46	1.62			
188	NGC2574	J082048.2-085506	2635	5	4	9.79	1.67	0.95		
189	SDSS...	J082712.8+265127	1779	5	9	14.86	2.06		+	
190	CGCG032-035	J083121.6+070000	1702	34	8	12.85	1.72		+	
191	UGC04537	J084244.9+354528	2883	5	6	13.49	2.53	0.70	+	F
192	MCG-01-23-002	J084900.4-074947	2667	7	4	10.55	2.30	0.65	+	IR,F
193	ESO060-015	J085003.7-700736	3284	10	5	11.45	1.75	0.77	+	IR,F
194	LSBCD563-06	J085222.8+210050	3456	5	10	15.32	1.66	0.3 :	+	
195	UGC04684	J085640.7+002230	2316	7	7	12.23	2.00	0.85	+	IR,KIG
196	NGC2722	J085846.2-034236	2535	8	3	10.41	1.73	0.86	+	IR
197	UGC04722	J090023.5+253641	1705	7	7	12.14	2.15	1.29	+	IR,F,pec,KIG
198	KUG0857+479	J090058.5+474743	3175	48	4	11.19	1.63		+	
199	NGC2731	J090208.4+081806	2385	23	6	10.47	2.07	0.42	+	IR
200	UGC04711	J090322.8+784505	3480	40	3	12.69	1.93		+	
201	KKH46	J090836.5+051727	409	5	10	15.71	1.68	0.42		
202	LSBC D634-03	J090853.5+143455	181	12	10	14.98	1.69	-0.60	+	
203	CGCG121-027	J090934.4+251323	2200	37	9	12.75	2.34	0.3 :	+	
204	ESO006-005	J090947.4-833130	1771	20	7	13.87	1.61	0.59	+	
205	ESO018-015	J091011.5-791404	1431	10	6	11.78	1.65	1.07	+	IR
206	CGCG006-011	J091125.3-025257	3371	10	5	13.03	1.71	0.60	+	IR
207	SDSS...	J091126.7+455226	3415	20	6	13.77	1.99		+	
208	IC2450	J091705.3+252545	1607	32	3	10.92	1.90	0.3 :		IR,Mrk
209	UGC04925	J091819.8+174512	2881	5	7	12.18	2.00	1.02	+	F
210	UGC04922	J091836.5+475221	2022	5	8	11.23	1.70	1.36	+	
211	FGC0878	J092050.4-034659	3262	12	8	14.49	2.17	0.3 :	+	F
212	CGCG062-024	J092059.6+110333	1128	15	9	12.99	1.78	0.3 :		
213	KUG0917+461	J092110.8+455316	1884	41	4	11.58	1.70		+	IR,KIG
214	UGC04970	J092145.6+393129	2417	47	5	12.03	2.03	0.58	+	F
215	CGCG151-073	J092310.9+264905	2375	7	9	13.23	1.68	0.48	+	
216	UGC05023	J092601.2+192301	2404	10	9	11.73	2.26	0.37		IR,Mrk
217	UGC05078	J093145.8+034343	3021	8	7	13.58	1.93	1.18	+	F
218	UGC05135	J093836.2+431037	1717	67	6	13.17	2.14			
219	UGC05114	J094003.2+820617	1811	11	9	13.27	1.84	0.49	+	pec
220	6dF...	J094208.4-233544	3043	74	0	11.05	1.66	0.3 :	+	
221	SBS0945+594	J094841.6+591539	2313	5	4	11.87	1.86		+	IR,Mrk
222	MRK1426	J094918.4+483350	1906	26	4	13.67	2.14	0.19		Mrk
223	SDSS...	J095058.8+104805	3017	5	5	13.24	1.81	1.00		
224	UGC05299	J095241.3-001103	2705	8	8	12.99	1.98	0.78	+	
225	6dF...	J095536.6-165756	2759	74	8	12.72	1.92	0.3 :		
226	UGC05309	J095711.4+804435	3252	8	8	14.41	1.98	0.52		
227 <sup>1</sup>	KUG0956+420	J095930.0+414601	1678	36	9	14.54	2.13			
228	KUG0956+457	J100005.2+453111	1708	5	9	14.60	1.81			
229	ESO567-012	J100526.0-174757	2780	75	4	11.05	1.64	0.3 :	+	
230	KUG1003+466	J100646.7+462304	2417	38	7	14.37	1.96			
231	UGC05467	J100812.9+184225	2768	26	-2	10.83	2.10	0.64	+	IR
232	HIPASSJ1008-33	J100828.7-330837	1337	9	10	14.30	1.81	0.50		
233	SBS1006+578	J100935.4+573401	1593	5	9	14.33	1.70	0.51	+	Mrk
234	NGC3139	J101005.2-114642	1157	10	1	10.25	1.98	0.3 :		
235	UGC05493	J101117.9+002633	3436	5	5	11.08	2.30	0.78	+	IR
236	UGC05526	J101428.6+155411	2928	40	5	12.72	1.72	0.3 :		
237	SDSS...	J101456.7+604557	3331	95	8	13.44	1.99		+	
238	UGCA208	J101628.2+451918	1671	5	9	12.65	1.88	0.65		Mrk
239	IC2563	J101851.9-323548	1044	5	7	12.64	1.88	0.54	+	

<sup>1</sup>Вероятно эта галактика образует пару с KUG0956+419  $V_{LG} = 1733 \text{ km s}^{-1}$

Таблица В.5: Каталог изолированных галактик (продолжение)

LOG (1)	Name (2)	RA (J2000.0) Dec. (3)	$V_{LG}$ (4)	$\pm$ (5)	$T$ (6)	$K_s$ (7)	$\lg II$ (8)	$\lg F_{HI}$ (9)	K73 (10)	Note (11)
240	ESO567-048	J101941.6-174460	631	5	8	10.28	1.90	1.11		
241	MRK0630	J102310.4+175746	3425	45	9	11.67	1.93	0.5 :		IR,Mrk
242	KUG1028+412	J103118.4+410226	2568	5	9	15.23	2.12			
243	PGC031148	J103238.2-172534	2377	5	8	13.09	1.78	0.64	+	pec
244	MRK1434	J103410.1+580349	2247	75	9	15.24	1.62			Mrk
245	UGC05744	J103504.8+463341	3365	30	1	11.04	1.74			IR,Mrk
246	UGC05825	J104211.1+234448	3390	8	4	10.78	2.15	0.90	+	
247	DDO87	J104936.5+653150	467	5	10	12.83	1.76	1.21		
248	CGCG038-048	J105512.6+055145	3320	18	3	12.41	2.05	0.5 :	+	
249	ESO437-071	J105519.3-302804	1875	5	6	10.90	1.71	1.00	+	
250	MCG-02-28-031	J105938.2-153135	2785	6	6	11.45	2.12	1.01	+	F
251	UGC06138	J110439.7+274326	2506	5	5	11.00	1.83	0.94		
252	2MASX...	J110443.6-290633	2103	74	6	12.49	1.76	0.5 :	+	F
253	ESO438-002	J110542.0-312737	3426	5	6	13.25	2.00	0.5 :	+	F
254	KKSG23	J110611.5-142432	789	5	10	13.22	1.61	1.04	+	
255	2MASX...	J110703.8-173622	749	29	8	13.09	1.69	0.74		
256	CGCG364-019	J110734.3+825114	1876	26	0	13.06	1.96		+	
257	KUG1107+403	J111025.2+400311	2932	29	6	13.42	1.89		+	
258	PGC034171	J111329.0-061525	2312	5	6	11.17	1.77	0.29		
259	KK100	J111359.3+111944	2822	5	7	14.68	1.70	0.3 :	+	
260	ESO265-018	J111436.1-431610	2608	39	10	13.66	1.80	0.65		pec
261	UGC06383	J112202.6+424909	3177	8	6	13.46	2.12	0.72		IR,F,KIG
262	MCG-03-29-006	J112232.9-173412	3399	42	4	13.12	1.68	0.3 :	+	IR
263	UGC06517	J113202.4+364153	2472	9	4	11.10	1.85	0.82	+	IR
264	2MASX...	J114234.8-165210	2226	40	-3	10.90	1.62	0.5 :		
265	SDSS...	J114805.4+005929	2867	66	8	14.93	1.69	0.5 :		
266	ESO504-016	J114834.4-255710	2890	34	1	12.46	1.72	0.3 :	+	
267	6dF...	J115042.6-101312	2131	42	8	12.74	1.63	0.43	+	
268	UGC06890	J115511.7+002915	3038	5	8	13.84	1.72	0.82	+	
269	ESO020-003	J115514.0-784436	2733	9	8	14.33	2.05	0.56	+	
270	NGC4025	J115910.2+374737	3217	7	6	12.33	2.07	0.87		F
271	6dF...	J120227.5-190602	2268	74	9	13.38	1.87	0.3 :	+	
272	ESO505-025	J121045.1-264215	1625	74	9	13.36	1.75	0.48	+	
273	AM1213-220	J121557.8-222530	2141	5	10	14.36	1.89	0.62	+	pec
274	SDSS...	J122703.0+413423	2104	5	8	14.07	1.75			
275	MCG-02-32-012	J122758.8-133130	3249	37	-2	11.75	1.95	0.3 :	+	
276	NGC4529	J123251.6+201101	2468	5	5	12.93	1.72	0.86		F
277	ESO442-013	J123713.5-282934	1269	6	6	11.90	1.63	1.54	+	
278	UGCA291	J123837.3+555533	3364	58	9	13.69	2.30		+	F,Mrk
279	SDSS...	J124417.4+594308	3054	5	9	14.72	1.65		+	
280	IC3740	J124530.6+204857	2602	65	4	12.81	2.16	0.7 :		
281	SBS1245+542	J124809.9+540127	3437	69	8	11.96	2.30		+	IR,Mrk
282	SDSS...	J125446.3+153530	2564	11	9	14.29	1.76	0.3 :		
283	MCG+09-21-092	J130255.7+554140	1472	14	9	13.94	1.84	0.55		F
284	MCG+08-24-030	J130321.3+481951	2595	56	5	12.83	1.70		+	
285	UGC08166	J130352.5+105821	2853	5	6	12.68	1.92	0.94	+	F,KIG
286	UGC08224	J130821.6+392740	3328	75	5	12.69	1.66	0.73	+	F
287	CGCG101-017	J131556.3+174538	1178	37	9	14.48	1.93	0.3 :	+	KIG
288	DDO171	J131841.2-082647	1150	5	8	11.38	1.83	0.70	+	
289	NGC5089	J131939.3+301523	2138	11	3	10.86	1.89	0.92	+	IR
290	NGC5116	J132255.6+265850	2887	5	5	9.90	2.01	0.88		IR
291	UGC08509	J132818.9+673753	1162	5	9	13.89	1.94		+	
292	SDSS...	J133047.8+395446	1290	5	9	15.53	1.65			
293	UGCA362	J133305.9+685138	1676	75	9	13.53	1.78		+	IR,Mrk
294	UGC08578	J133535.6+291301	872	10	9	13.31	2.28	0.54		Mrk
295	DDO180	J133810.3-094805	1153	9	8	9.99	1.81	1.15	+	IR
296	UGC08647	J133948.1+311725	776	5	10	14.08	2.18	1.01		
297	MCG-01-35-010	J134537.0-055923	1333	11	8	12.90	1.75	1.66		IR

Таблица В.5: Каталог изолированных галактик (продолжение)

LOG (1)	Name (2)	RA (J2000.0) (3)	Dec. (4)	$V_{LG}$ (5)	$\pm$ (6)	$T$ (7)	$K_s$ (8)	$\lg II$ (9)	$\lg F_{HI}$ (10)	K73 (11)	Note (12)
298	KK220	J134736.5+331222	812	5	10	14.98	2.18	-0.08	+		
299	UGC08737	J134816.7+680506	1959	5	4	9.69	1.65	0.54	+		IR,F
300	ESO577-038	J134825.7-185220	1719	5	7	13.49	2.70	1.25	+		F
301	KK224	J134857.3+433601	1244	5	10	14.79	1.71	0.26			
302	HIPASSJ1349-12	J134910.0-124535	1246	9	8	12.99	1.81	0.83	+		pec
303	CGCG102-075	J135305.4+155040	3019	41	1	11.10	2.65	0.5 :	+		
304	DDO184	J135524.9+174743	939	5	8	10.89	1.81	1.25	+		pec
305	UGC08894	J135747.6+632351	1938	11	8	13.82	1.73	0.86	+		
306	ESO008-004	J135748.0-830449	2208	5	6	11.72	1.64	1.16	+		IR
307	MCG+10-20-057	J135842.9+615146	1658	9	9	13.87	1.79		+		
308	CGCG018-021	J140043.0-003020	3361	21	8	13.71	1.93	0.06	+		
309	NGC5470	J140632.0+060146	962	5	4	9.96	1.75	0.96	+		IR,F
310	UGC09024	J140640.6+220412	2331	5	2	13.49	1.61	0.92	+		pec
311	ESO511-008	J141128.6-261214	2440	35	2	11.09	1.69	0.38	+		IR
312	NGC5510	J141337.2-175902	1309	19	8	11.04	1.67	1.16	+		IR
313	NGC5523	J141452.3+251903	1073	5	6	9.74	1.96	1.46	+		IR,F,KIG
314	PGC051218	J141960.0-101150	3286	29	7	13.37	1.74	0.65	+		
315	UGC09193	J142113.8+364434	770	5	10	14.62	2.23	0.49	+		
316	ESO446-055	J142129.4-275602	2416	6	4	12.89	2.07	0.59	+		
317	DDO189	J142232.2+452302	803	5	8	13.13	1.63	1.41	+		
318	HIPASSJ1424-16B	J142429.0-165858	1352	9	8	12.01	1.67	1.10			
319	DDO190	J142443.4+443133	263	6	10	11.00	2.49	1.39	+		
320	KKSG46	J142826.6-085516	1439	9	10	14.30	1.60	0.74	+		
321	UGC09320	J142958.4+365224	859	6	8	13.88	2.21	0.69	+		
322	ESO385-032	J143011.9-365752	2646	5	5	9.71	1.74	1.04	+		IR
323	6dF...	J143047.8-091327	2486	74	8	12.82	2.06	0.5 :			
324	SDSS...	J143208.7+383122	1492	71	9	14.75	2.28				
325	LSBCD512-02	J143320.1+265950	883	5	10	13.08	2.70	0.38	+		
326	KKSG47	J143525.0-170947	1448	5	10	15.03	2.25	0.96	+		
327	2MASX...	J143839.3-105407	3338	74	3	12.03	2.05	0.5 :	+		IR
328	MRK0475	J143905.5+364822	655	30	9	13.95	2.13	-0.82	+		Mrk
329	ESO386-013	J144304.3-332926	1205	9	10	12.41	2.64	0.67	+		
330	SDSS...	J144310.9+382045	2875	30	6	13.40	2.10		+		
331	UGC09497	J144412.8+423744	884	42	7	13.16	1.74		+		
332	UGC09519	J144621.1+342214	1782	26	0	10.23	1.62		+		IR
333	SDSS...	J144827.7+385233	1938	37	9	14.58	2.55				
334	MCG-01-38-003	J144848.0-034259	868	9	9	12.22	1.90	1.39	+		
335	UGC09540	J144852.0+344242	895	5	8	14.80	2.30	0.68	+		
336	ESO386-029	J145323.3-360511	1392	74	8	12.12	2.64	0.38	+		
337	UGC09588	J145411.9+301232	2939	16	9	12.47	1.96		+		IR
338	2MASX...	J145739.4+263953	1477	75	9	13.63	2.30		+		pec
339	NGC5832	J145745.7+714056	657	5	8	10.28	1.85	1.44	+		IR,KIG
340	ESO581-012	J150004.9-223926	3350	9	7	13.79	2.19	0.92			IR,F,pec
341	UGC09676	J150330.6+274929	2962	5	7	12.14	2.53				
342	UGC09730	J150403.0+773804	2353	11	6	12.78	2.38	0.78	+		IR,KIG
343	PGC1067957	J150704.8-034202	1638	74	9	13.36	2.05	0.48	+		
344	PGC054003	J150737.3-175450	2984	5	8	14.32	1.69	1.03	+		
345	UGC09739	J150855.4+254402	1441	5	7	12.56	2.30	0.73	+		KIG
346	UGC09764	J151038.2+645354	2444	11	7	13.18	1.97	1.19	+		
347	ESO513-022	J151200.7-240236	3469	74	4	11.71	1.77	0.92			IR,pec
348	FGC1874	J151532.1+493714	2668	14	7	14.47	2.18	0.10			F
349	CGCG221-048	J151701.1+394144	978	39	9	13.66	2.99				
350	CGCG106-029	J151754.3+161841	766	5	10	13.22	2.88	0.11	+		
351	SDSS...	J151832.1+310940	1626	61	10	14.57	2.44				
352	UGC09814	J151925.1+110315	3256	5	8	12.75	2.78	0.51	+		IR
353	IC4538	J152111.6-233930	2755	18	5	9.45	1.83	0.80	+		IR
354	ESO449-009	J152311.9-322419	3243	74	2	10.82	2.81	0.72	+		
355	UGC09880	J153044.4+471908	2730	5	8	13.83	2.40	0.69			

Таблица В.5: Каталог изолированных галактик (продолжение)

LOG (1)	Name (2)	RA (J2000.0) Dec. (3)	$V_{LG}$ (4)	$\pm$ (5)	$T$ (6)	$K_s$ (7)	$\lg II$ (8)	$\lg F_{HI}$ (9)	K73 (10)	Note (11)
356	UGC09875	J153047.5+230357	2072	5	8	14.18	1.95	0.68	+	
357	UGC09893	J153257.3+462710	817	9	10	12.61	2.75	1.02	+	KIG
358	KKR21	J153700.6+204742	1798	5	8	13.22	2.51	0.75	+	
359	6dF...	J153729.3-285308	2618	74	8	12.65	1.82	0.7 :	+	
360	NGC5964	J153736.3+055824	1468	5	7	11.79	1.67	1.46	+	IR,KIG
361	SDSS...	J153928.7+005637	3006	22	7	13.82	2.27	0.5 :	+	
362	UGC10023	J154609.7+065354	1440	5	8	12.01	1.67	0.70	+	
363	UGC10025	J154624.4+025039	1538	5	8	13.90	2.26	0.71		F
364	UGC10058	J155024.2+255521	2257	5	8	14.16	2.08	0.72		
365	UGC10125	J155206.6+835136	1867	5	8	13.77	2.08	1.08	+	
366	UGC10119	J155438.5+791025	2441	19	4	13.18	2.41			
367	HIPASSJ1558-10	J155820.0-103207	906	9	8	12.06	1.84	1.07	+	
368	CGCG319-040	J160227.9+642112	1813	20	6	13.16	2.42			IR
369	UGC10175	J160437.7+304253	952	6	8	12.46	2.48	0.66		
370	2MASX...	J160511.0+462331	3155	74	5	13.57	2.50		+	
371	KKSG48	J160540.9-043419	1616	5	10	12.64	1.60	0.86	+	
372	2MASX...	J160705.2-112552	1786	74	4	11.43	2.59	0.5 :	+	
373	UGC10247	J160926.0+600517	3210	5	8	12.77	1.71	0.76	+	
374	MCG-01-41-006	J160936.8-043713	847	9	10	11.92	2.38	0.84		
375	SHOC 529	J161111.5+482004	3011	16	9	13.15	2.20			
376	UGC10281	J161320.6+171134	1182	5	10	15.39	3.00	0.67	+	
377	HIPASSJ1615-17	J161545.3-175030	2330	9	8	11.96	3.32	0.90	+	
378	DDO204	J161618.3+470247	908	6	8	11.03	2.61	1.17	+	IR
379	KKR26	J161644.6+160509	2347	5	10	14.56	1.79	0.36		
380	MCG-02-41-001	J161715.8-114355	960	5	3	9.80	1.84	1.60	+	IR
381	2MASX...	J162047.4+470354	3218	35	9	14.05	2.34		+	
382	LSBCD584-05	J162123.8+205156	3220	5	8	14.01	1.76	1.27		
383	UGC10383	J162442.8+643044	2990	5	8	12.31	2.30	0.82	+	
384	UGC10419	J163006.1+274158	2762	5	8	14.34	2.38	0.62		
385	UGC10437	J163107.6+432055	2795	13	6	12.71	3.08	1.10		KIG
386	SDSS...	J163424.7+245741	1131	40	9	15.51	1.85		+	
387	UGCA412	J163521.1+521253	2865	33	9	13.05	2.39	-0.35	+	IR,Mrk
388	PGC165693	J164302.7-204009	1174	5	7	10.33	2.80	0.47	+	IR
389	2MASX...	J164819.4-103139	1595	9	8	11.54	2.56	1.07	+	
390	UGC10589	J165025.0+555027	2351	11	6	12.25	3.00		+	
391	DDO206	J165421.5+530647	1317	5	8	12.59	1.88	0.95	+	IR
392	KKR30	J165638.5+075955	1584	6	8	13.87	2.01	0.67	+	
393	NGC6283	J165926.6+495519	1317	36	4	10.83	1.88		+	IR
394	HIPASSJ1700-12	J170006.3-120001	1327	9	8	13.46	3.07	0.76		
395	UGC10721	J170825.6+253103	3091	5	4	10.57	2.12	0.72	+	
396	KKR34	J171242.1+135428	1640	5	10	14.78	1.93	0.61	+	
397	NGC6339	J171706.5+405042	2326	6	6	10.96	1.89	1.05		IR
398	DDO207	J171951.0+142401	1698	5	9	12.61	1.88	0.64	+	KIG
399	CGCG226-010	J172410.3+432711	2382	38	5	12.65	1.92			IR
400	UGC10854	J172446.4+581221	3052	11	6	12.30	2.01	0.49		
401	UGC10899	J173335.8+204604	3402	5	4	11.92	1.85	0.76	+	
402	UGC10901	J173354.1+052834	2956	8	6	13.62	2.91	0.96	+	
403	KUG1736+636	J173637.1+633502	1454	75	9	13.00	2.51		+	IR
404	IC1265	J173639.4+420518	2397	6	2	10.99	1.92	0.64		IR
405	NGC6434	J173648.8+720520	2741	6	4	9.96	2.07	1.00	+	IR
406	6dF...	J173924.3-674906	3075	9	6	12.72	1.64	0.68	+	
407	VII Zw 744	J174137.7+830759	2120	69	-1	12.02	2.37		+	KIG
408	HIPASSJ1745-59	J174526.7-593128	3113	9	8	13.34	1.93	0.63	+	
409	KKR36	J174616.3+020658	3107	6	9	13.59	2.45	0.59	+	
410	UGC10985	J174804.4+144429	1969	5	8	10.71	2.11	0.68		IR,F
411	MRK1119	J175236.9+374453	3431	36	0	12.04	2.47		+	IR,Mrk
412	NGC6542	J175938.6+612134	932	35	2	11.03	2.08	0.32	+	IR,F
413	UGC11109	J180414.0+464414	1820	5	10	14.46	2.75	0.72		

Таблица В.5: Каталог изолированных галактик (продолжение)

LOG	Name	RA (J2000.0)	Dec.	$V_{LG}$	$\pm$	$T$	$K_s$	$\lg II$	$\lg F_{HI}$	K73	Note
(1)	(2)	(3)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(10)
414	UGC11220	J182325.5+405643		1706	5	10	14.45	2.78	0.98	+	
415	UGC11231	J182538.3+292232		3135	75	6	13.38	2.00	0.27	+	F
416	UGC11295	J183307.5+752401		2632	5	6	13.58	2.08	1.04	+	F
417	NGC6689	J183450.3+703126		758	5	6	10.11	1.72	1.45	+	IR,KIG
418	UGC11382	J185357.7+743936		2679	6	10	13.60	2.08	0.19	+	
419	UGC11400	J190025.5+790220		1991	5	8	14.04	2.54	0.33		
420	NGC6762	J190537.1+635603		3205	28	0	10.19	2.18		+	
421	IC4819	J190707.3-592801		1728	10	6	11.01	1.65	1.45	+	F
422	NGC6789	J191641.1+635824		136	11	9	12.22	1.65	0.0 :	+	
423	NGC6796	J192131.1+610855		2477	14	4	9.56	2.32	1.38	+	IR,F
424	ESO525-005	J192645.2-272514		1995	9	10	13.77	2.14	0.41		
425	HIPASSJ1926-74	J192727.1-740458		2444	9	9	14.51	2.23	0.36		
426	2MASX...	J193159.0-362646		2769	11	5	12.99	2.31	0.11		
427	ESO594-011	J194042.4-221614		1874	5	5	11.97	2.46	0.23	+	
428	UGCA416	J194822.0-180442		1864	19	8	12.34	1.93	1.02	+	
429	2MASX...	J195015.9-101724		2163	10	4	11.63	1.86	1.06	+	
430	UGC11496	J195302.0+673954		2402	7	8	13.19	1.72	0.80	+	
431	KK246	J200357.4-314054		436	49	10	13.56	3.22	0.92	+	
432	IC4968	J201450.2-644754		3348	74	5	11.60	1.66	0.5 :		
433	IC4986	J201711.6-550211		2080	16	7	11.94	2.02	1.30		
434	FGC2266	J201729.1-105051		2010	5	6	12.72	3.20	0.99	+	F
435	2MASX...	J201731.5+720726		2692	22	-1	10.71	1.95		+	IR
436	6dF...	J202031.8-045358		1567	9	8	13.66	2.15	1.06	+	
437	UGC11565	J202802.9+045743		3318	9	6	11.71	2.68	1.03	+	IR,F
438	UGC11566	J202811.9+001718		1875	35	4	10.91	1.79	0.3 :	+	IR,Mrk
439	AM2024-612	J202843.2-611819		3377	74	8	13.44	1.72	0.50		
440	KKR54	J203558.8-011859		1929	7	10	14.23	1.79	0.3 :	+	
441	2MASX...	J203857.3-634616		1536	9	9	13.60	1.94	0.57	+	
442	IC5028	J204322.0-653852		1498	9	10	12.78	1.94	0.92		
443	IC5052	J205201.6-691136		447	7	7	8.87	2.65	2.20	+	IR
444	ESO598-017	J210230.8-192752		2546	74	8	13.13	2.83	0.41	+	
445	ESO341-032	J210333.4-392647		2762	9	9	11.53	1.64	0.98	+	IR
446	ESO464-023	J210656.0-300542		2619	75	8	14.29	2.20	0.3 :		
447	ESO187-051	J210733.1-545702		1313	32	8	12.54	2.10	1.09		pec
448	MCG-01-54-003	J211005.1-034206		2425	5	5	10.94	2.26	0.56	+	
449	ESO107-016	J211606.2-644901		1704	48	7	12.30	1.88	1.46	+	F
450	CGCG471-002	J211652.9+241215		3164	29	0	10.41	2.29	0.5 :	+	IR
451	MCG-01-54-016	J212559.8-034836		3127	5	7	13.26	2.08	0.86		F
452	ESO530-051	J212744.0-234006		1904	43	8	12.89	2.31	0.54	+	
453	NGC7077	J212959.6+022451		1369	5	9	11.36	2.83	0.34	+	IR,Mrk
454	ESO465-009	J213515.1-305041		3195	59	5	12.32	1.66	0.41		
455	2MASX...	J213554.0-030853		3073	5	4	11.16	2.08	0.45		IR
456	UGC11782	J213809.7+085741		1359	5	8	11.71	2.37	1.05	+	
457	6dF...	J214226.9-061954		1448	74	9	13.36	1.96	0.64		
458	CGCG402-023	J215102.8+061436		1698	28	9	12.77	2.60	0.16	+	KIG
459	ESO532-002	J215322.1-263441		1858	5	10	15.98	1.98	0.64	+	
460	UGC11908	J220635.2+160319		2039	5	9	13.84	1.89	0.58	+	
461	UGC11921	J220915.6+142136		1939	5	8	13.34	1.86	1.18	+	KIG
462	ESO404-037	J221035.2-365031		2610	5	8	14.19	1.88	1.34	+	
463	APMBGC...	J221848.9-461303		1185	45	9	13.96	1.65			
464	IC5201	J222057.4-460209		893	5	6	10.16	1.65	1.97	+	IR
465	ESO238-005	J222230.1-482418		671	9	10	13.19	1.99	1.18	+	
466	DUKST405-048	J222310.0-333953		2512	74	9	13.94	1.65	0.3 :	+	
467	UGC12010	J222318.7+053202		3037	5	5	11.37	2.56	0.70	+	F
468	ESO289-026	J222333.2-421628		2421	5	8	11.93	1.85	1.35		IR
469	ESO190-011	J222703.3-521536		2788	9	8	12.26	1.89	0.58	+	
470	ESO345-021	J223237.8-380254		3193	49	4	12.20	2.15	0.5 :		
471	ESO238-018	J223543.8-505326		2848	75	5	12.39	1.89	0.70	+	IR

Таблица В.5: Каталог изолированных галактик (продолжение)

LOG (1)	Name (2)	RA (J2000.0) Dec. (3)	$V_{LG}$ (4)	$\pm$ (5)	$T$ (6)	$K_s$ (7)	$\lg II$ (8)	$\lg F_{HI}$ (9)	K73 (10)	Note (11)
472	DDO214	J223635.0-025424	1887	5	8	10.56	1.93	1.08	+	
473	NGC7328	J223729.3+103154	3054	21	5	9.60	1.75	1.05	+	IR,KIG
474	UGC12141	J223814.8+804038	2353	5	7	11.80	1.62	0.92	+	F,KIG
475	UGC12151	J224133.9+002404	1966	5	8	11.27	1.79	1.20	+	
476	SDSS...	J224359.9-100701	1115	6	10	15.03	2.78	0.3 :	+	
477	PGC133414	J224431.4-281547	2604	21	9	13.68	1.98	0.5 :		
478	UGC12178	J224508.7+062551	2160	5	8	10.52	1.83	1.37	+	IR,KIG
479	HIPASSJ2250+00	J225024.2+005247	1902	9	10	14.43	1.79	0.5 :	+	
480	UGC12221	J225025.6+825237	2314	11	7	11.07	1.62	1.14	+	IR,KIG
481	UGC12213	J225103.0+071745	3438	5	7	12.47	1.73	0.92	+	
482	NGC7406	J225356.2-063445	1786	8	4	10.41	2.21	0.41		
483	MCG-05-54-004	J225445.2-265325	868	37	9	13.31	2.17	1.01		IR
484	ESO469-006	J225508.0-305520	3027	53	-1	11.41	2.05	0.5 :		IR
485	LSBCF469-02	J225721.5+275852	3233	6	8	15.67	2.93	0.42	+	
486	ESO603-031	J225726.4-175308	2391	10	2	12.22	2.31	0.20	+	
487	PGC938611	J225946.2-132322	1361	9	9	12.57	2.41	0.37		
488	NGC7460	J230142.9+021549	3401	18	5	9.95	1.77	0.07	+	IR
489	PGC132632	J230313.0-352415	2157	43	6	13.94	1.63	0.48	+	
490	PGC141060	J230341.3+234108	1432	6	10	14.13	2.67	0.50		
491	UGC12340	J230433.9+270921	1340	8	8	12.63	2.67	0.87	+	
492	ESO604-004	J230628.9-174710	3120	5	8	13.72	2.56	0.94	+	
493	HIPASSJ2307-61	J230720.8-614052	3108	9	10	15.06	1.74	0.41	+	
494	2MASX...	J231122.0-231525	3490	74	3	13.00	2.77	0.7 :		
495	MCG-03-59-001	J231136.7-152835	2201	20	7	12.12	1.72	0.93	+	F
496	ESO407-014	J231739.5-344727	2782	7	5	10.80	2.15	1.03	+	IR
497	6dF...	J231803.9-485936	2275	74	9	14.30	1.67	0.3 :	+	
498	UGC12495	J231848.5+163738	2869	21	6	13.71	1.87	0.66	+	
499	KUG2316+162	J231921.9+163401	3187	18	5	13.34	1.86	-0.07	+	
500	KKR75	J232011.2+103723	1703	5	10	15.44	1.62	0.54	+	
501	FGC2498	J232442.0-024730	2726	13	7	13.76	1.96	0.3 :	+	F
502	IC5321	J232620.0-175723	2984	11	5	12.29	2.29	1.01	+	IR
503	UGC12070	J233157.3+780903	1724	5	10	13.24	2.10	0.96	+	
504	ESO347-029	J233627.2-384657	1553	8	8	11.28	1.74	1.46	+	
505	UGCA441	J233739.6+300746	1660	7	9	12.06	2.89	-0.14	+	IR,Mrk,KIG
506	UGC12713	J233814.7+304233	568	8	9	13.60	2.09	0.88	+	
507	UGC12729	J234020.8+011445	2074	55	4	12.24	2.21	0.98	+	KIG
508	2MASX...	J234056.8-190507	1637	30	9	12.35	2.12	0.34		IR
509	ESO292-014	J234235.2-445417	1500	55	6	10.75	1.68	1.06	+	IR,F
510	PGC072271	J234425.9-164849	1680	9	10	13.36	2.12	0.73	+	
511	HIPASSJ2344-07	J234429.5-073545	1983	9	8	13.25	2.52	0.76		
512	UGC12771	J234532.7+171512	1535	5	10	13.90	3.25	0.46	+	
513	ESO149-001	J234749.9-570415	1800	11	8	9.49	1.87	1.82	+	IR
514	PGC812517	J234951.8-223256	1098	9	9	13.69	2.88	0.46	+	
515	NGC7764	J235054.0-404342	1691	69	8	10.30	1.74	1.05	+	
516	ESO149-003	J235202.8-523440	501	9	8	12.41	2.48	1.15	+	
517	UGC12856	J235645.3+164850	2017	8	8	13.21	1.67	1.39	+	pec
518	UGC12857	J235647.6+012118	2642	7	5	11.26	1.75	1.36	+	IR,F,KIG
519	ESO028-007	J235801.0-732711	2374	9	7	13.00	3.46	0.86		
520	NGC7800	J235936.7+144826	1976	6	10	11.26	1.61	1.71	+	IR,pec

# Литература

- A. Abate and P. Erdoğdu. Peculiar velocities into the next generation: cosmological parameters from the SFI++ survey. *MNRAS*, **400**, 1541–1547, December 2009.
- K. N. Abazajian, J. K. Adelman-McCarthy, M. A. Agüeros, S. S. Allam, et al. The Seventh Data Release of the Sloan Digital Sky Survey. *ApJS*, **182**, 543–558, June 2009.
- C. P. Ahn, R. Alexandroff, C. Allende Prieto, F. Anders, et al. The Tenth Data Release of the Sloan Digital Sky Survey: First Spectroscopic Data from the SDSS-III Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment. *ArXiv e-prints*, July 2013.
- S. S. Allam, D. L. Tucker, B. C. Lee, and J. A. Smith. A Catalog of Very Isolated Galaxies from the Sloan Digital Sky Survey Data Release 1. *AJ*, **129**, 2062–2073, May 2005.
- H. Arp. Characteristics of companion galaxies. *ApJ*, **256**, 54–74, May 1982.
- K. S. Arraki, A. Klypin, S. More, and S. Trujillo-Gomez. Effects of baryon removal on the structure of dwarf spheroidal galaxies. *MNRAS*, **438**, 1466–1482, February 2014.
- W. Baade. The Resolution of Messier 32, NGC 205, and the Central Region of the Andromeda Nebula. *ApJ*, **100**, 137, September 1944.
- N. A. Bahcall, R. Cen, R. Davé, J. P. Ostriker, and Q. Yu. The Mass-to-Light Function: Antibias and  $\Omega_m$ . *ApJ*, **541**, 1–9, September 2000.
- A. Baillard, E. Bertin, V. de Lapparent, P. Fouqué, et al. The EFIGI catalogue of 4458 nearby galaxies with detailed morphology. *A&A*, **532**, A74, August 2011.

- R. Barkana and A. Loeb. The Photoevaporation of Dwarf Galaxies during Reionization. *ApJ*, **523**, 54–65, September 1999.
- M. K. Barker, A. Sarajedini, and J. Harris. Variations in Star Formation History and the Red Giant Branch Tip. *ApJ*, **606**, 869–893, May 2004.
- P. Battinelli and S. Demers. The standard candle aspect of carbon stars. *A&A*, **442**, 159–163, October 2005.
- A. Begum, J. N. Chengalur, I. D. Karachentsev, M. E. Sharina, and S. S. Kaisin. FIGGS: Faint Irregular Galaxies GMRT Survey - overview, observations and first results. *MNRAS*, **386**, 1667–1682, May 2008.
- K. Bekki. Formation of blue compact dwarf galaxies from merging and interacting gas-rich dwarfs. *MNRAS*, **388**, L10–L14, July 2008.
- E. F. Bell, D. H. McIntosh, N. Katz, and M. D. Weinberg. The Optical and Near-Infrared Properties of Galaxies. I. Luminosity and Stellar Mass Functions. *ApJS*, **149**, 289–312, December 2003.
- M. Bellazzini, F. R. Ferraro, and E. Pancino. A Step toward the Calibration of the Red Giant Branch Tip as a Standard Candle. *ApJ*, **556**, 635–640, August 2001.
- M. Bellazzini, F. R. Ferraro, A. Sollima, E. Pancino, and L. Origlia. The calibration of the RGB Tip as a Standard Candle. Extension to Near Infrared colors and higher metallicity. *A&A*, **424**, 199–211, September 2004.
- V. Belokurov, D. B. Zucker, N. W. Evans, M. I. Wilkinson, et al. A Faint New Milky Way Satellite in Bootes. *ApJ*, **647**, L111–L114, August 2006.
- A. J. Benson, R. G. Bower, C. S. Frenk, C. G. Lacey, et al. What Shapes the Luminosity Function of Galaxies? *ApJ*, **599**, 38–49, December 2003.
- A. A. Berlind and D. H. Weinberg. The Halo Occupation Distribution: Toward an Empirical Determination of the Relation between Galaxies and Mass. *ApJ*, **575**, 587–616, August 2002.
- G. M. Bernstein, P. Guhathakurta, S. Raychaudhury, R. Giovanelli, et al. Tests of the Tully-Fisher relation. 1: Scatter in infrared magnitude versus 21 CM width. *AJ*, **107**, 1962–1976, June 1994.

- M. A. Bershad, J. D. Lowenthal, and D. C. Koo. Near-Infrared Galaxy Counts to J and K  $\sim 24$  as a Function of Image Size. ApJ, **505**, 50–73, September 1998.
- G. Bertelli, M. Mateo, C. Chiosi, and A. Bressan. The star formation history of the Large Magellanic Cloud. ApJ, **388**, 400–414, April 1992.
- M. Bilicki, M. Chodorowski, T. Jarrett, and G. A. Mamon. Is the Two Micron All Sky Survey Clustering Dipole Convergent? ApJ, **741**, 31, November 2011.
- B. Binggeli, A. Sandage, and G. A. Tammann. Studies of the Virgo Cluster. II - A catalog of 2096 galaxies in the Virgo Cluster area. AJ, **90**, 1681–1759, September 1985.
- J. Binney and M. Merrifield. Galactic Astronomy. 1998.
- M. R. Blanton and S. Roweis. K-Corrections and Filter Transformations in the Ultraviolet, Optical, and Near-Infrared. AJ, **133**, 734–754, February 2007.
- M. R. Blanton, D. W. Hogg, N. A. Bahcall, J. Brinkmann, et al. The Galaxy Luminosity Function and Luminosity Density at Redshift  $z = 0.1$ . ApJ, **592**, 819–838, August 2003.
- M. R. Blanton, R. H. Lupton, D. J. Schlegel, M. A. Strauss, et al. The Properties and Luminosity Function of Extremely Low Luminosity Galaxies. ApJ, **631**, 208–230, September 2005.
- P. Bode, J. P. Ostriker, and N. Turok. Halo Formation in Warm Dark Matter Models. ApJ, **556**, 93–107, July 2001.
- M. Boylan-Kolchin, J. S. Bullock, and M. Kaplinghat. Too big to fail? The puzzling darkness of massive Milky Way subhaloes. MNRAS, **415**, L40–L44, July 2011.
- T. Bremnes, B. Binggeli, and P. Prugniel. Structure and stellar content of dwarf galaxies. I. B and R photometry of dwarf galaxies in the M 81 group. A&AS, **129**, 313–328, April 1998.
- T. Bremnes, B. Binggeli, and P. Prugniel. Structure and stellar content of dwarf galaxies. III. B and R photometry of dwarf galaxies in the M 101 group and the nearby field. A&AS, **137**, 337–350, June 1999.

- T. Bremnes, B. Binggeli, and P. Prugniel. Structure and stellar content of dwarf galaxies. IV. B and R photometry of dwarf galaxies in the CVnI cloud. *A&AS*, **141**, 211–220, January 2000.
- J. S. Bullock, A. V. Kravtsov, and D. H. Weinberg. Hierarchical Galaxy Formation and Substructure in the Galaxy’s Stellar Halo. *ApJ*, **548**, 33–46, February 2001.
- M. Bureau, J. R. Mould, and L. Staveley-Smith. A New I-Band Tully-Fisher Relation for the Fornax Cluster: Implication for the Fornax Distance and Local Supercluster Velocity Field. *ApJ*, **463**, 60, May 1996.
- A. Buzzoni. Broad-band colours and overall photometric properties of template galaxy models from stellar population synthesis. *MNRAS*, **361**, 725–742, August 2005.
- M. Cappellari, N. Scott, K. Alatalo, L. Blitz, et al. The ATLAS<sup>3D</sup> project - XV. Benchmark for early-type galaxies scaling relations from 260 dynamical models: mass-to-light ratio, dark matter, Fundamental Plane and Mass Plane. *MNRAS*, **432**, 1709–1741, July 2013.
- E. Carretta and R. G. Gratton. Abundances for globular cluster giants. I. Homogeneous metallicities for 24 clusters. *A&AS*, **121**, January 1997.
- E. Carretta, R. G. Gratton, G. Clementini, and F. Fusi Pecci. Distances, Ages, and Epoch of Formation of Globular Clusters. *ApJ*, **533**, 215–235, April 2000.
- K.-H. Chae. Galaxy evolution from strong-lensing statistics: the differential evolution of the velocity dispersion function in concord with the  $\Lambda$  cold dark matter paradigm. *MNRAS*, **402**, 2031–2048, March 2010.
- J. N. Chengalur, S. A. Pustilnik, J.-M. Martin, and A. Y. Kniazev. HI in extremely metal deficient galaxies - III. Giant Metrewave Radio Telescope observations of blue compact galaxy HS 0822+3542. *MNRAS*, **371**, 1849–1854, October 2006.
- K. Chiboucas, I. D. Karachentsev, and R. B. Tully. Discovery of New Dwarf Galaxies in the M81 Group. *AJ*, **137**, 3009–3037, February 2009.
- Y.-Y. Choi, C. Park, and M. S. Vogeley. Internal and Collective Properties of Galaxies in the Sloan Digital Sky Survey. *ApJ*, **658**, 884–897, April 2007.

- R. Ciardullo, G. H. Jacoby, H. C. Ford, and J. D. Neill. Planetary nebulae as standard candles. II - The calibration in M31 and its companions. *ApJ*, **339**, 53–69, April 1989.
- R. Ciardullo, J. J. Feldmeier, G. H. Jacoby, R. Kuzio de Naray, et al. Planetary Nebulae as Standard Candles. XII. Connecting the Population I and Population II Distance Scales. *ApJ*, **577**, 31–50, September 2002.
- M.-R. L. Cioni, L. Girardi, P. Marigo, and H. J. Habing. AGB stars in the Magellanic Clouds. III. The rate of star formation across the Small Magellanic Cloud. *A&A*, **452**, 195–201, June 2006.
- S. Cole and N. Kaiser. Biased clustering in the cold dark matter cosmogony. *MNRAS*, **237**, 1127–1146, April 1989.
- S. Cole, P. Norberg, C. M. Baugh, C. S. Frenk, et al. The 2dF galaxy redshift survey: near-infrared galaxy luminosity functions. *MNRAS*, **326**, 255–273, September 2001.
- P. Colín, V. Avila-Reese, and O. Valenzuela. Substructure and Halo Density Profiles in a Warm Dark Matter Cosmology. *ApJ*, **542**, 622–630, October 2000.
- M. Colless, G. Dalton, S. Maddox, W. Sutherland, et al. The 2dF Galaxy Redshift Survey: spectra and redshifts. *MNRAS*, **328**, 1039–1063, December 2001.
- C. Conroy, R. H. Wechsler, and A. V. Kravtsov. Modeling Luminosity-dependent Galaxy Clustering through Cosmic Time. *ApJ*, **647**, 201–214, August 2006.
- S. Cote, K. C. Freeman, C. Carignan, and P. J. Quinn. Discovery of Numerous Dwarf Galaxies in the Two Nearest Groups of Galaxies. *AJ*, **114**, 1313, October 1997.
- S. Côté, C. Carignan, and K. C. Freeman. The Various Kinematics of Dwarf Irregular Galaxies in Nearby Groups and Their Dark Matter Distributions. *AJ*, **120**, 3027–3059, December 2000.
- S. Courteau. Optical Rotation Curves and Linewidths for Tully-Fisher Applications. *AJ*, **114**, 2402, December 1997.
- H. M. Courtois, R. B. Tully, J. R. Fisher, N. Bonhomme, et al. The Extragalactic Distance Database: All Digital H I Profile Catalog. *AJ*, **138**, 1938–1956, December 2009.

- H. M. Courtois, R. B. Tully, and P. Héraudeau. Cosmic flows: University of Hawaii 2.2-m I-band photometry. *MNRAS*, **415**, 1935–1942, August 2011.
- H. M. Courtois, Y. Hoffman, R. B. Tully, and S. Gottlöber. Three-dimensional Velocity and Density Reconstructions of the Local Universe with Cosmicflows-1. *ApJ*, **744**, 43, January 2012.
- H. M. Courtois, D. Pomarède, R. B. Tully, Y. Hoffman, and D. Courtois. Cosmography of the Local Universe. *AJ*, **146**, 69, September 2013.
- A. C. Crook, J. P. Huchra, N. Martimbeau, K. L. Masters, et al. Groups of Galaxies in the Two Micron All Sky Redshift Survey. *ApJ*, **655**, 790–813, February 2007.
- G. S. Da Costa and T. E. Armandroff. Standard globular cluster giant branches in the  $(M_{I,V-I/sub} \text{ O})$  plane. *AJ*, **100**, 162–181, July 1990.
- J. J. Dalcanton, B. F. Williams, A. C. Seth, A. Dolphin, et al. The ACS Nearby Galaxy Survey Treasury. *ApJS*, **183**, 67–108, July 2009.
- D. A. Dale, R. Giovanelli, M. P. Haynes, E. Hardy, and L. E. Campusano. Seeking the Local Convergence Depth. IV. Tully-Fisher Observations of 35 Abell Clusters. *AJ*, **118**, 1468–1488, October 1999.
- K. Davidson, T. D. Kinman, and S. D. Friedman. High-resolution spectroscopy and direct imaging of the dwarf galaxy I ZW 18. *AJ*, **97**, 1591–1599, June 1989.
- J. I. Davies. The Detection of Dark Galaxies in Blind HI Surveys. In J. I. Davies and M. J. Disney, editors, *IAU Symposium*, volume 244 of *IAU Symposium*, pages 7–16, May 2008.
- M. Davis, A. Nusser, K. L. Masters, C. Springob, et al. Local gravity versus local velocity: solutions for  $\beta$  and non-linear bias. *MNRAS*, **413**, 2906–2922, June 2011.
- S. De Rijcke, W. W. Zeilinger, G. K. T. Hau, P. Prugniel, and H. Dejonghe. Generalizations of the Tully-Fisher Relation for Early- and Late-Type Galaxies. *ApJ*, **659**, 1172–1175, April 2007.
- G. de Vaucouleurs. *Nearby Groups of Galaxies*, page 557. the University of Chicago Press, January 1975.

- G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, H. G. Corwin, Jr., R. J. Buta, et al. Third Reference Catalogue of Bright Galaxies. Volume I: Explanations and references. Volume 1991.
- A. Dekel and J. Silk. The origin of dwarf galaxies, cold dark matter, and biased galaxy formation. ApJ, **303**, 39–55, April 1986.
- I. P. dell’Antonio, G. D. Bothun, and M. J. Geller. Peculiar Velocities for Galaxies in the Great Wall.I.The Data. AJ, **112**, 1759, 1996.
- V. Desai, J. J. Dalcanton, L. Mayer, D. Reed, et al. The cluster galaxy circular velocity function. MNRAS, **351**, 265–278, June 2004.
- A. Di Cintio, C. B. Brook, A. V. Macciò, G. S. Stinson, et al. The dependence of dark matter profiles on the stellar-to-halo mass ratio: a prediction for cusps versus cores. MNRAS, **437**, 415–423, January 2014.
- M. Di Criscienzo, F. Caputo, M. Marconi, and I. Musella. RR Lyrae-based calibration of the Globular Cluster Luminosity Function. MNRAS, **365**, 1357–1366, February 2006.
- E. Díaz-Giménez, H. Muriel, and C. Mendes de Oliveira. Fossil groups in the Millennium Simulation. Evolution of the brightest galaxies. A&A, **490**, 965–973, November 2008.
- J. Diemand, M. Kuhlen, P. Madau, M. Zemp, et al. Clumps and streams in the local dark matter distribution. Nature, **454**, 735–738, August 2008.
- S. Djorgovski, B. T. Soifer, M. A. Pahre, J. E. Larkin, et al. Deep galaxy counts in the K band with the Keck telescope. ApJ, **438**, L13–L16, January 1995.
- A. E. Dolphin. Hubble Space Telescope Studies of the WLM Galaxy. II. The Star Formation History from Field Stars. ApJ, **531**, 804–812, March 2000a.
- A. E. Dolphin. WFPC2 Stellar Photometry with HSTPHOT. PASP, **112**, 1383–1396, October 2000b.
- A. E. Dolphin. The Charge-Transfer Efficiency and Calibration of WFPC2. PASP, **112**, 1397–1410, October 2000c.

- A. E. Dolphin. Numerical methods of star formation history measurement and applications to seven dwarf spheroidals. *MNRAS*, **332**, 91–108, May 2002.
- A. A. Dutton, C. Conroy, F. C. van den Bosch, L. Simard, et al. Dark halo response and the stellar initial mass function in early-type and late-type galaxies. *MNRAS*, **416**, 322–345, September 2011.
- P. Eigenthaler and W. W. Zeilinger. Revisiting the low-luminosity galaxy population of the NGC 5846 group with SDSS. *A&A*, **511**, A12, February 2010.
- Ekta, J. N. Chengalur, and S. A. Pustilnik. HI studies of extremely metal-deficient galaxies - II. Giant Metrewave Radio Telescope observations of SBS 1129+576. *MNRAS*, **372**, 853–861, October 2006.
- P. Erdoğdu, O. Lahav, J. P. Huchra, M. Colless, et al. Reconstructed density and velocity fields from the 2MASS Redshift Survey. *MNRAS*, **373**, 45–64, November 2006.
- M. W. Feast and R. M. Catchpole. The Cepheid period-luminosity zero-point from HIPPARCOS trigonometrical parallaxes. *MNRAS*, **286**, L1–L5, March 1997.
- H. C. Ferguson. Population studies in groups and clusters of galaxies. II - A catalog of galaxies in the central 3.5 deg of the Fornax Cluster. *AJ*, **98**, 367–418, August 1989.
- H. C. Ferguson and A. Sandage. Population studies in groups and clusters of galaxies. III - A catalog of galaxies in five nearby groups. *AJ*, **100**, 1–31, July 1990.
- F. R. Ferraro, M. Messineo, F. Fusi Pecci, M. A. de Palo, et al. The Giant, Horizontal, and Asymptotic Branches of Galactic Globular Clusters. I. The Catalog, Photometric Observables, and Features. *AJ*, **118**, 1738–1758, October 1999.
- F. R. Ferraro, P. Montegriffo, L. Origlia, and F. Fusi Pecci. A New Infrared Array Photometric Survey of Galactic Globular Clusters: A Detailed Study of the Red Giant Branch Sequence as a Step toward the Global Testing of Stellar Models. *AJ*, **119**, 1282–1295, March 2000.
- I. Ferrero, M. G. Abadi, J. F. Navarro, L. V. Sales, and S. Gurovich. The dark matter haloes of dwarf galaxies: a challenge for the  $\Lambda$  cold dark matter paradigm? *MNRAS*, **425**, 2817–2823, October 2012.

- R. L. Fingerhut, M. L. McCall, M. Argote, M. E. Cluver, et al. Deep  $K_s$  -near-infrared Surface Photometry of 80 Dwarf Irregular Galaxies in the Local Volume. *ApJ*, **716**, 792–809, June 2010.
- P. Fouque and G. Paturel. Standard photometric diameters of galaxies. II - Reduction of the ESO, UGC, MCG catalogues. *A&A*, **150**, 192–204, September 1985.
- P. Fouqué, J. Storm, and W. Gieren. Calibration of the Distance Scale from Cepheids. In D. Alloin and W. Gieren, editors, *Stellar Candles for the Extragalactic Distance Scale*, volume 635 of *Lecture Notes in Physics*, Berlin Springer Verlag, pages 21–44, 2003.
- W. L. Freedman, B. F. Madore, B. K. Gibson, L. Ferrarese, et al. Final Results from the Hubble Space Telescope Key Project to Measure the Hubble Constant. *ApJ*, **553**, 47–72, May 2001.
- M. Fukugita and P. J. E. Peebles. The Cosmic Energy Inventory. *ApJ*, **616**, 643–668, December 2004.
- M. Fukugita, K. Shimasaku, and T. Ichikawa. Galaxy Colors in Various Photometric Band Systems. *PASP*, **107**, 945, October 1995.
- C. Gallart, A. Aparicio, and J. M. Vilchez. The Local Group Dwarf Irregular Galaxy NGC 6822.I.The Stellar Content. *AJ*, **112**, 1928, November 1996.
- S. Garrison-Kimmel, M. Boylan-Kolchin, J. S. Bullock, and E. N. Kirby. Too big to fail in the Local Group. *MNRAS*, **444**, 222–236, October 2014.
- N. Gavrilović, A. Mickaelian, C. Petit, L. Č. Popović, and P. Prugniel. Activity type of galaxies in HyperLeda. In V. Karas and G. Matt, editors, *IAU Symposium*, volume 238 of *IAU Symposium*, pages 371–372, April 2007.
- M. Geha, R. P. van der Marel, P. Guhathakurta, K. M. Gilbert, et al. Local Group Dwarf Elliptical Galaxies. II. Stellar Kinematics to Large Radii in NGC 147 and NGC 185. *ApJ*, **711**, 361–373, March 2010.
- W. Gieren, G. Pietrzyński, I. Soszyński, F. Bresolin, et al. The Araucaria Project: Near-Infrared Photometry of Cepheid Variables in the Sculptor Galaxy NGC 300. *ApJ*, **628**, 695–703, August 2005.

- W. P. Gieren, P. Fouqué, and M. Gómez. Cepheid Period-Radius and Period-Luminosity Relations and the Distance to the Large Magellanic Cloud. *ApJ*, **496**, 17–30, March 1998.
- A. Gil de Paz, S. Boissier, B. F. Madore, M. Seibert, et al. The GALEX Ultraviolet Atlas of Nearby Galaxies. *ApJS*, **173**, 185–255, December 2007.
- P. E. Gill, W. Murray, and M. H. Wright. *Practical optimization*. 1981.
- R. Giovanelli, M. P. Haynes, B. R. Kent, P. Perillat, et al. The Arecibo Legacy Fast ALFA Survey. I. Science Goals, Survey Design, and Strategy. *AJ*, **130**, 2598–2612, December 2005.
- L. Girardi and M. Salaris. Population effects on the red giant clump absolute magnitude, and distance determinations to nearby galaxies. *MNRAS*, **323**, 109–129, May 2001.
- L. Girardi, A. Bressan, G. Bertelli, and C. Chiosi. Evolutionary tracks and isochrones for low- and intermediate-mass stars: From 0.15 to 7  $M_{sun}$ , and from  $Z=0.0004$  to 0.03. *A&AS*, **141**, 371–383, February 2000.
- L. Girardi, G. Bertelli, A. Bressan, C. Chiosi, et al. Theoretical isochrones in several photometric systems. I. Johnson-Cousins-Glass, HST/WFPC2, HST/NICMOS, Washington, and ESO Imaging Survey filter sets. *A&A*, **391**, 195–212, August 2002.
- V. Golev and P. Prugniel. A catalogue of Mg<sub>2</sub> indices of galaxies and globular clusters. *A&AS*, **132**, 255–260, October 1998.
- A. H. Gonzalez, K. A. Williams, J. S. Bullock, T. S. Kolatt, and J. R. Primack. The Velocity Function of Galaxies. *ApJ*, **528**, 145–155, January 2000.
- M. Górski, G. Pietrzyński, W. Gieren, M. Catelan, et al. The Araucaria Project: On the Tip of the Red Giant Branch Distance Determination to the Magellanic Clouds. *AJ*, **151**, 167, June 2016.
- J. R. Gott, III, M. Jurić, D. Schlegel, F. Hoyle, et al. A Map of the Universe. *ApJ*, **624**, 463–484, May 2005.

- E. Gourgoulhon, P. Chamaraux, and P. Fouque. Groups of galaxies within 80 Mpc. I - Grouping hierarchical method and statistical properties. *A&A*, **255**, 69–86, February 1992.
- F. Governato, C. Brook, L. Mayer, A. Brooks, et al. Bulgeless dwarf galaxies and dark matter cores from supernova-driven outflows. *Nature*, **463**, 203–206, January 2010.
- Q. Guo and S. White. Numerical resolution limits on subhalo abundance matching. *MNRAS*, **437**, 3228–3235, February 2014.
- M. P. Haynes. The ALFALFA Search for (Almost) Dark Galaxies across the HI Mass Function. In J. I. Davies and M. J. Disney, editors, *IAU Symposium*, volume 244 of *IAU Symposium*, pages 83–92, May 2008.
- M. P. Haynes, R. Giovanelli, J. J. Salzer, G. Wegner, et al. The I-Band Tully-Fisher Relation for SC Galaxies: Optical Imaging Data. *AJ*, **117**, 1668–1687, April 1999.
- M. P. Haynes, R. Giovanelli, A. M. Martin, K. M. Hess, et al. The Arecibo Legacy Fast ALFA Survey: The  $\alpha$ .40 H I Source Catalog, Its Characteristics and Their Impact on the Derivation of the H I Mass Function. *AJ*, **142**, 170, November 2011.
- J. Heisler, S. Tremaine, and J. N. Bahcall. Estimating the masses of galaxy groups - Alternatives to the virial theorem. *ApJ*, **298**, 8–17, November 1985.
- N. Hipparchus. *Peri megethon kai apostematon*. about 150 BC.
- G. L. Hoffman, D. W. Olson, and E. E. Salpeter. Dynamical models and the mass of the Virgo cluster. *ApJ*, **242**, 861–878, December 1980.
- D. W. Hogg, D. J. Eisenstein, M. R. Blanton, N. A. Bahcall, et al. Cosmic Homogeneity Demonstrated with Luminous Red Galaxies. *ApJ*, **624**, 54–58, May 2005.
- J. A. Holtzman, C. J. Burrows, S. Casertano, J. J. Hester, et al. The Photometric Performance and Calibration of WFPC2. *PASP*, **107**, 1065, November 1995.
- J. A. Holtzman, C. Afonso, and A. Dolphin. The Local Group Stellar Populations Archive from the Hubble Space Telescope WFPC2. *ApJS*, **166**, 534–548, October 2006.

- J.-S. Huang, D. Thompson, M. W. Kümmel, K. Meisenheimer, et al. The Calar Alto Deep Imaging Survey: K-band Galaxy number counts. *A&A*, **368**, 787–796, March 2001.
- E. Hubble. A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-Galactic Nebulae. *Proceedings of the National Academy of Science*, **15**, 168–173, March 1929.
- E. P. Hubble. Extragalactic nebulae. *ApJ*, **64**, 321–369, December 1926.
- J. P. Huchra and M. J. Geller. Groups of galaxies. I - Nearby groups. *ApJ*, **257**, 423–437, June 1982.
- J. P. Huchra, L. M. Macri, K. L. Masters, T. H. Jarrett, et al. The 2MASS Redshift Survey — Description and Data Release. *ApJS*, **199**, 26, April 2012.
- W. K. Huchtmeier and O. G. Richter. HI-observations of galaxies in the Kraan-Korteweg - Tammann catalogue of nearby galaxies. I - The data. *A&AS*, **63**, 323–343, February 1986.
- W. K. Huchtmeier and J. H. Seiradakis. H I observations of galaxies in nearby groups. *A&A*, **143**, 216–225, February 1985.
- W. K. Huchtmeier, I. D. Karachentsev, and V. E. Karachentseva. H I observations of nearby galaxies. II. The second list of the Karachentsev catalog. *A&AS*, **147**, 187–194, December 2000a.
- W. K. Huchtmeier, I. D. Karachentsev, V. E. Karachentseva, and M. Ehle. HI observations of nearby galaxies . I. The first list of the Karachentsev catalog. *A&AS*, **141**, 469–490, February 2000b.
- W. K. Huchtmeier, I. D. Karachentsev, and V. E. Karachentseva. HI observations of nearby galaxies. IV. More dwarf galaxies in the southern sky. *A&A*, **377**, 801–811, October 2001.
- W. K. Huchtmeier, I. D. Karachentsev, and V. E. Karachentseva. HI observations of nearby galaxies V. Narrow (HI) line galaxies. *A&A*, **401**, 483–489, April 2003.
- W. K. Huchtmeier, I. D. Karachentsev, and V. E. Karachentseva. HI-observations of dwarf galaxies in the Local Supercluster. *A&A*, **506**, 677–680, November 2009.

- E. M. L. Humphreys, M. J. Reid, J. M. Moran, L. J. Greenhill, and A. L. Argon. Toward a New Geometric Distance to the Active Galaxy NGC 4258. III. Final Results and the Hubble Constant. *ApJ*, **775**, 13, September 2013.
- R. Ibata, N. F. Martin, M. Irwin, S. Chapman, et al. The Haunted Halos of Andromeda and Triangulum: A Panorama of Galaxy Formation in Action. *ApJ*, **671**, 1591–1623, December 2007.
- I. Iben, Jr. and A. Renzini. Asymptotic giant branch evolution and beyond. *ARA&A*, **21**, 271–342, 1983.
- Y. Ita and N. Matsunaga. Period-magnitude relation of Mira-like variables in the Large Magellanic Cloud as a tool to understanding circumstellar extinction. *MNRAS*, **412**, 2345–2352, April 2011.
- B. A. Jacobs, L. Rizzi, R. B. Tully, E. J. Shaya, et al. The Extragalactic Distance Database: Color-Magnitude Diagrams. *AJ*, **138**, 332–337, August 2009.
- P. A. James, J. H. Knapen, N. S. Shane, I. K. Baldry, and R. S. de Jong. The H $\alpha$  Galaxy survey. IV. Star formation in the local Universe. *A&A*, **482**, 507–516, May 2008.
- N. Jarosik, C. L. Bennett, J. Dunkley, B. Gold, et al. Seven-year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Sky Maps, Systematic Errors, and Basic Results. *ApJS*, **192**, 14–+, February 2011.
- T. H. Jarrett, T. Chester, R. Cutri, S. Schneider, et al. 2MASS Extended Source Catalog: Overview and Algorithms. *AJ*, **119**, 2498–2531, May 2000.
- T. H. Jarrett, T. Chester, R. Cutri, S. E. Schneider, and J. P. Huchra. The 2MASS Large Galaxy Atlas. *AJ*, **125**, 525–554, February 2003.
- M. J. Jee, R. L. White, N. Benítez, H. C. Ford, et al. Weak-Lensing Analysis of the  $z \sim 0.8$  Cluster CL 0152-1357 with the Advanced Camera for Surveys. *ApJ*, **618**, 46–67, January 2005.
- J. B. Jensen, J. L. Tonry, B. J. Barris, R. I. Thompson, et al. Measuring Distances and Probing the Unresolved Stellar Populations of Galaxies Using Infrared Surface Brightness Fluctuations. *ApJ*, **583**, 712–726, February 2003.

- H. Jerjen, R. Rekola, L. Takalo, M. Coleman, and M. Valtonen. Surface brightness fluctuation distances for nearby dwarf elliptical galaxies. *A&A*, **380**, 90–101, December 2001.
- S. Jester, D. P. Schneider, G. T. Richards, R. F. Green, et al. The Sloan Digital Sky Survey View of the Palomar-Green Bright Quasar Survey. *AJ*, **130**, 873–895, September 2005.
- D. H. Jones, W. Saunders, M. Colless, M. A. Read, et al. The 6dF Galaxy Survey: samples, observational techniques and the first data release. *MNRAS*, **355**, 747–763, December 2004.
- D. H. Jones, B. A. Peterson, M. Colless, and W. Saunders. Near-infrared and optical luminosity functions from the 6dF Galaxy Survey. *MNRAS*, **369**, 25–42, June 2006.
- L. R. Jones, T. J. Ponman, A. Horton, A. Babul, et al. The nature and space density of fossil groups of galaxies. *MNRAS*, **343**, 627–638, August 2003.
- A. Jordán, P. Côté, J. P. Blakeslee, L. Ferrarese, et al. The ACS Virgo Cluster Survey. X. Half-Light Radii of Globular Clusters in Early-Type Galaxies: Environmental Dependencies and a Standard Ruler for Distance Estimation. *ApJ*, **634**, 1002–1019, December 2005.
- S. S. Kaisin and I. D. Karachentsev. Survey of galaxies in the local volume in H $\alpha$ : Faint companions of M31. *Astrophysics*, **49**, 287–298, July 2006.
- S. S. Kaisin and I. D. Karachentsev. Canes Venatici I cloud of galaxies seen in the H $\alpha$  line. *A&A*, **479**, 603–624, February 2008.
- E. I. Kaisina, D. I. Makarov, I. D. Karachentsev, and S. S. Kaisin. Observational database for studies of nearby universe. *Astrophysical Bulletin*, **67**, 115–122, January 2012.
- M. Kamionkowski and A. R. Liddle. The Dearth of Halo Dwarf Galaxies: Is There Power on Short Scales? *Physical Review Letters*, **84**, 4525–4528, May 2000.
- S. M. Kanbur, C. Ngeow, S. Nikolaev, N. R. Tanvir, and M. A. Hendry. The extragalactic Cepheid distance scale from LMC and Galactic period-luminosity relations. *A&A*, **411**, 361–379, December 2003.

- I. Karachentsev. Criterion for bound groups of galaxies. Application to the local volume. Astronomical and Astrophysical Transactions, **6**, 1–35, 1994.
- I. D. Karachentsev. The virial mass-luminosity ratio and the instability of different galactic systems. Astrophysics, **2**, 39–49, January 1966.
- I. D. Karachentsev. The Local Group and Other Neighboring Galaxy Groups. AJ, **129**, 178–188, January 2005.
- I. D. Karachentsev and I. O. Drozdovsky. Distances to five resolved galaxies in the Canes Venatici cloud. A&AS, **131**, 1–10, July 1998.
- I. D. Karachentsev and S. S. Kaisin. A View of the M81 Galaxy Group via the H $\alpha$  Window. AJ, **133**, 1883–1902, May 2007.
- I. D. Karachentsev and S. S. Kaisin. More Galaxies in the Local Volume Imaged in H $\alpha$ . AJ, **140**, 1241–1253, November 2010.
- I. D. Karachentsev and V. E. Karachentseva. New Dwarf Galaxy Candidates in the Leo-I Group. Astronomy Reports, **48**, 267–274, April 2004.
- I. D. Karachentsev and A. M. Kutkin. Infrared Luminosities of Local-Volume Galaxies. Astronomy Letters, **31**, 299–307, May 2005.
- I. D. Karachentsev and D. A. Makarov. The Galaxy Motion Relative to Nearby Galaxies and the Local Velocity Field. AJ, **111**, 794, February 1996.
- I. D. Karachentsev and D. I. Makarov. Galaxy Interactions in the Local Volume. In J. E. Barnes and D. B. Sanders, editors, Galaxy Interactions at Low and High Redshift, volume 186 of IAU Symposium, page 109, 1999.
- I. D. Karachentsev and D. I. Makarov. Binary galaxies in the local supercluster and its neighborhood. Astrophysical Bulletin, **63**, 299–345, December 2008.
- I. D. Karachentsev and O. G. Nasonova. The observed infall of galaxies towards the Virgo cluster. MNRAS, **405**, 1075–1083, June 2010.
- I. D. Karachentsev, D. I. Makarov, and W. K. Huchtmeier. HI properties of nearby galaxies from a volume-limited sample. A&AS, **139**, 97–103, October 1999.

- I. D. Karachentsev, V. E. Karachentseva, A. A. Suchkov, and E. K. Grebel. Dwarf galaxy candidates found on the SERC EJ sky survey. *A&AS*, **145**, 415–423, September 2000.
- I. D. Karachentsev, M. E. Sharina, D. I. Makarov, A. E. Dolphin, et al. The very local Hubble flow. *A&A*, **389**, 812–824, July 2002.
- I. D. Karachentsev, E. K. Grebel, M. E. Sharina, A. E. Dolphin, et al. Distances to nearby galaxies in Sculptor. *A&A*, **404**, 93–111, June 2003a.
- I. D. Karachentsev, M. E. Sharina, A. E. Dolphin, E. K. Grebel, et al. Galaxy flow in the Canes Venatici I cloud. *A&A*, **398**, 467–477, February 2003b.
- I. D. Karachentsev, V. E. Karachentseva, W. K. Huchtmeier, and D. I. Makarov. A Catalog of Neighboring Galaxies. *AJ*, **127**, 2031–2068, April 2004.
- I. D. Karachentsev, A. Dolphin, R. B. Tully, M. Sharina, et al. Advanced Camera for Surveys Imaging of 25 Galaxies in Nearby Groups and in the Field. *AJ*, **131**, 1361–1376, March 2006a.
- I. D. Karachentsev, V. E. Karachentseva, and W. K. Huchtmeier. Disturbed isolated galaxies: indicators of a dark galaxy population? *A&A*, **451**, 817–820, June 2006b.
- I. D. Karachentsev, V. E. Karachentseva, and W. K. Huchtmeier. New probable dwarf galaxies in northern groups of the Local Supercluster. *Astronomy Letters*, **33**, 512–519, August 2007.
- I. D. Karachentsev, V. E. Karachentseva, W. K. Huchtmeier, D. I. Makarov, and S. S. Kaisin. Probe of Dark Galaxies via Disturbed/Lopsided Isolated Galaxies. In J. I. Davies and M. J. Disney, editors, *IAU Symposium*, volume 244 of *IAU Symposium*, pages 235–246, May 2008a.
- I. D. Karachentsev, D. I. Makarov, V. E. Karachentseva, and O. V. Melnik. Optical identifications of 230 HIPASS radio sources. *Astronomy Letters*, **34**, 832–838, December 2008b.
- I. D. Karachentsev, O. G. Kashibadze, D. I. Makarov, and R. B. Tully. The Hubble flow around the Local Group. *MNRAS*, **393**, 1265–1274, March 2009.

- I. D. Karachentsev, D. I. Makarov, V. E. Karachentseva, and O. V. Melnyk. Catalog of nearby isolated galaxies in the volume  $z < 0.01$ . *Astrophysical Bulletin*, **66**, 1–27, January 2011a.
- I. D. Karachentsev, O. G. Nasonova, and H. M. Courtois. Fast Motions of Galaxies in the Coma I Cloud: A Case of Dark Attractor? *ApJ*, **743**, 123, December 2011b.
- I. D. Karachentsev, D. I. Makarov, and E. I. Kaisina. Updated Nearby Galaxy Catalog. *AJ*, **145**, 101, April 2013.
- V. E. Karachentseva. Catalogue of isolated galaxies. *Soobshcheniya Spetsial'noj Astrofizicheskoy Observatorii*, **8**, 1973.
- V. E. Karachentseva and I. D. Karachentsev. A list of new nearby dwarf galaxy candidates. *A&AS*, **127**, 409–419, February 1998.
- V. E. Karachentseva and I. D. Karachentsev. A supplementary list of southern nearby dwarf galaxy candidates. *A&AS*, **146**, 359–363, November 2000a.
- V. E. Karachentseva and I. D. Karachentsev. Southern Isolated Galaxy Triplets. *Astronomy Reports*, **44**, 501–522, August 2000b.
- V. E. Karachentseva, I. D. Karachentsev, and A. L. Shcherbanovskiy. Isolated triplets of galaxies. I - List. *Astrofizicheskie Issledovaniia Izvestiya Spetsial'noj Astrofizicheskoy Observatorii*, **11**, 3–39, 1979.
- V. E. Karachentseva, I. D. Karachentsev, and G. M. Richter. A list of nearby dwarf galaxies towards the Local Void in Hercules-Aquila. *A&AS*, **135**, 221–226, March 1999.
- V. E. Karachentseva, S. N. Mitronova, O. V. Melnyk, and I. D. Karachentsev. Catalog of isolated galaxies selected from the 2MASS survey. *Astrophysical Bulletin*, **65**, 1–17, January 2010.
- D. D. Kelson, G. D. Illingworth, J. L. Tonry, W. L. Freedman, et al. The Hubble Space Telescope Key Project on the Extragalactic Distance Scale. XXVII. A Derivation of the Hubble Constant Using the Fundamental Plane and  $D_n$ - $\sigma$  Relations in Leo I, Virgo, and Fornax. *ApJ*, **529**, 768–785, February 2000.

- R. Kennedy, C. Frenk, S. Cole, and A. Benson. Constraining the warm dark matter particle mass with Milky Way satellites. *MNRAS*, **442**, 2487–2495, August 2014.
- R. C. Kennicutt, Jr. Star Formation in Galaxies Along the Hubble Sequence. *ARA&A*, **36**, 189–232, 1998.
- R. C. Kennicutt, Jr., J. C. Lee, J. G. Funes, S. J., et al. An H $\alpha$  Imaging Survey of Galaxies in the Local 11 Mpc Volume. *ApJS*, **178**, 247–279, October 2008.
- V. A. Kilborn, R. L. Webster, L. Staveley-Smith, M. Marquarding, et al. A Catalog of H I-Selected Galaxies from the South Celestial Cap Region of Sky. *AJ*, **124**, 690–705, August 2002.
- E. N. Kirby, J. S. Bullock, M. Boylan-Kolchin, M. Kaplinghat, and J. G. Cohen. The dynamics of isolated Local Group galaxies. *MNRAS*, **439**, 1015–1027, March 2014.
- A. Klypin, A. V. Kravtsov, O. Valenzuela, and F. Prada. Where Are the Missing Galactic Satellites? *ApJ*, **522**, 82–92, September 1999.
- A. Klypin, H. Zhao, and R. S. Somerville.  $\Lambda$ CDM-based Models for the Milky Way and M31. I. Dynamical Models. *ApJ*, **573**, 597–613, July 2002.
- A. Klypin, F. Prada, G. Yepes, S. Hess, and S. Gottlober. Halo Abundance Matching: accuracy and conditions for numerical convergence. *ArXiv e-prints*, October 2013.
- A. Klypin, G. Yepes, S. Gottlober, F. Prada, and S. Hess. MultiDark simulations: the story of dark matter halo concentrations and density profiles. *ArXiv e-prints*, November 2014.
- A. A. Klypin, S. Trujillo-Gomez, and J. Primack. Dark Matter Halos in the Standard Cosmological Model: Results from the Bolshoi Simulation. *ApJ*, **740**, 102, October 2011.
- C. S. Kochanek, M. A. Pahre, E. E. Falco, J. P. Huchra, et al. The K-Band Galaxy Luminosity Function. *ApJ*, **560**, 566–579, October 2001.
- B. S. Koribalski, L. Staveley-Smith, V. A. Kilborn, S. D. Ryder, et al. The 1000 Brightest HIPASS Galaxies: H I Properties. *AJ*, **128**, 16–46, July 2004.

- K. Kovač, T. A. Oosterloo, and J. M. van der Hulst. A blind HI survey in the Canes Venatici region. *MNRAS*, **400**, 743–765, December 2009.
- R. C. Kraan-Korteweg. A catalog of 2810 nearby galaxies - The effect of the Virgocentric flow model on their observed velocities. *A&AS*, **66**, 255–279, December 1986.
- R. C. Kraan-Korteweg and G. A. Tammann. A catalogue of galaxies within 10 MPC. *Astronomische Nachrichten*, **300**, 181–194, 1979.
- A. Kravtsov. Dark Matter Substructure and Dwarf Galactic Satellites. *Advances in Astronomy*, **2010**, 281913, 2010.
- A. V. Kravtsov, A. A. Berlind, R. H. Wechsler, A. A. Klypin, et al. The Dark Side of the Halo Occupation Distribution. *ApJ*, **609**, 35–49, July 2004.
- R.-P. Kudritzki, M. A. Urbaneja, F. Bresolin, N. Przybilla, et al. Quantitative Spectroscopy of 24 A Supergiants in the Sculptor Galaxy NGC 300: Flux-weighted Gravity-Luminosity Relationship, Metallicity, and Metallicity Gradient. *ApJ*, **681**, 269–289, July 2008.
- P. Lanoix, G. Paturel, and R. Garnier. Direct calibration of the Cepheid period-luminosity relation. *MNRAS*, **308**, 969–978, October 1999.
- G. Lavaux and M. J. Hudson. The 2M++ galaxy redshift catalogue. *MNRAS*, **416**, 2840–2856, October 2011.
- G. Lavaux, R. B. Tully, R. Mohayaee, and S. Colombi. Cosmic Flow From Two Micron All-Sky Redshift Survey: the Origin of Cosmic Microwave Background Dipole and Implications for  $\Lambda$ CDM Cosmology. *ApJ*, **709**, 483–498, January 2010.
- J. C. Lee, A. Gil de Paz, R. C. Kennicutt, Jr., M. Bothwell, et al. A GALEX Ultraviolet Imaging Survey of Galaxies in the Local Volume. *ApJS*, **192**, 6, January 2011.
- M. G. Lee, W. L. Freedman, and B. F. Madore. The Tip of the Red Giant Branch as a Distance Indicator for Resolved Galaxies. *ApJ*, **417**, 553, November 1993.
- Y.-W. Lee, P. Demarque, and R. Zinn. The horizontal-branch stars in globular clusters. I - The period-shift effect, the luminosity of the horizontal branch, and the age-metallicity relation. *ApJ*, **350**, 155–172, February 1990.

- J. Liske, D. J. Lemon, S. P. Driver, N. J. G. Cross, and W. J. Couch. The Millennium Galaxy Catalogue:  $16 \leq B_{MGC} < 24$  galaxy counts and the calibration of the local galaxy luminosity function. *MNRAS*, **344**, 307–324, September 2003.
- M.-M. Mac Low and A. Ferrara. Starburst-driven Mass Loss from Dwarf Galaxies: Efficiency and Metal Ejection. *ApJ*, **513**, 142–155, March 1999.
- L. M. Macri, K. Z. Stanek, D. Bersier, L. J. Greenhill, and M. J. Reid. A New Cepheid Distance to the Maser-Host Galaxy NGC 4258 and Its Implications for the Hubble Constant. *ApJ*, **652**, 1133–1149, December 2006.
- P. Madau, S. Shen, and F. Governato. Dark Matter Heating and Early Core Formation in Dwarf Galaxies. *ApJ*, **789**, L17, July 2014.
- B. F. Madore and W. L. Freedman. The Cepheid distance scale. *PASP*, **103**, 933–957, September 1991.
- B. F. Madore and W. L. Freedman. The tip of the red giant branch as a distance indicator for resolved galaxies. 2: Computer simulations. *AJ*, **109**, 1645–1652, April 1995.
- B. F. Madore and W. L. Freedman. Calibration of the Extragalactic Distance Scale. In A. Aparicio, A. Herrero, and F. Sánchez, editors, *Stellar astrophysics for the local group: VIII Canary Islands Winter School of Astrophysics*, page 263, 1998.
- B. F. Madore, W. L. Freedman, and S. Sakai. Helium core flash at the tip of the Red Giant Branch - A population II distance indicator. In M. Livio, M. Donahue, and N. Panagia, editors, *The Extragalactic Distance Scale*, pages 239–253, 1997.
- A. P. Magtesyan. Groups of Galaxies - Part One - Identification Principles. *Astrophysics*, **28**, 150, March 1988.
- A. Mahdavi, N. Trentham, and R. B. Tully. The NGC 5846 Group: Dynamics and the Luminosity Function to  $M_R = -12$ . *AJ*, **130**, 1502–1515, October 2005.
- M. A. G. Maia, L. N. da Costa, and D. W. Latham. A catalog of southern groups of galaxies. *ApJS*, **69**, 809–829, April 1989.

- J. Maíz-Apellániz, L. Cieza, and J. W. MacKenty. Tip of the Red Giant Branch Distances to NGC 4214, UGC 685, and UGC 5456. *AJ*, **123**, 1307–1315, March 2002.
- D. Makarov and I. Karachentsev. Galaxy groups and clouds in the local ( $z \sim 0.01$ ) Universe. *MNRAS*, **412**, 2498–2520, April 2011.
- D. Makarov, L. Makarova, L. Rizzi, R. B. Tully, et al. Tip of the Red Giant Branch Distances. I. Optimization of a Maximum Likelihood Algorithm. *AJ*, **132**, 2729–2742, December 2006.
- D. Makarov, P. Prugniel, N. Terekhova, H. Courtois, and I. Vauglin. HyperLEDA. III. The catalogue of extragalactic distances. *A&A*, **570**, A13, October 2014.
- D. I. Makarov and I. D. Karachentsev. A new catalogue of multiple galaxies in the Local Supercluster. In M. J. Valtonen and C. Flynn, editors, *IAU Colloq. 174: Small Galaxy Groups*, volume 209 of *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, pages 40–45, 2000.
- D. I. Makarov and I. D. Karachentsev. Galaxy triplets in the local supercluster. *Astrophysical Bulletin*, **64**, 24–49, January 2009.
- D. I. Makarov and R. I. Uklein. A list of groups of dwarf galaxies in the local supercluster. *Astrophysical Bulletin*, **67**, 135–146, April 2012.
- D. I. Makarov, L. N. Makarova, and R. I. Uklein. Distances to dwarf galaxies of the Canes Venatici I cloud. *Astrophysical Bulletin*, **68**, 125–138, April 2013.
- L. Makarova. Multi-colour photometry of nearby dwarf galaxies. *A&AS*, **139**, 491–512, November 1999.
- L. Makarova, I. Karachentsev, L. O. Takalo, P. Heinaemaeki, and M. Valtonen. Detailed images and distance measurements for eighteen dwarf irregular galaxies in the Canes Venatici cloud. *A&AS*, **128**, 459–470, March 1998.
- L. Makarova, I. Karachentsev, L. Rizzi, R. B. Tully, and G. Korotkova. B, V, I photometry of 20 dwarf irregular galaxies within 10 Mpc. *MNRAS*, **397**, 1672–1684, August 2009.

- L. N. Makarova and I. D. Karachentsev. CCD imaging of twenty nearby isolated irregular galaxies. *A&AS*, **133**, 181–196, December 1998.
- L. N. Makarova, I. D. Karachentsev, and T. B. Georgiev. Distances to six irregular galaxies in the Canes Venatici cluster from the brightest stars. *Astronomy Letters*, **23**, 378–384, May 1997.
- R. Mandelbaum, U. Seljak, G. Kauffmann, C. M. Hirata, and J. Brinkmann. Galaxy halo masses and satellite fractions from galaxy-galaxy lensing in the Sloan Digital Sky Survey: stellar mass, luminosity, morphology and environment dependencies. *MNRAS*, **368**, 715–731, May 2006.
- A. M. Martin, E. Papastergis, R. Giovanelli, M. P. Haynes, et al. The Arecibo Legacy Fast ALFA Survey. X. The H I Mass Function and  $\Omega_{\text{H I}}$  from the 40% ALFALFA Survey. *ApJ*, **723**, 1359–1374, November 2010.
- D. C. Martin, J. Fanson, D. Schiminovich, P. Morrissey, et al. The Galaxy Evolution Explorer: A Space Ultraviolet Survey Mission. *ApJ*, **619**, L1–L6, January 2005.
- N. F. Martin, A. W. McConnachie, M. Irwin, L. M. Widrow, et al. PAndAS' CUBS: Discovery of Two New Dwarf Galaxies in the Surroundings of the Andromeda and Triangulum Galaxies. *ApJ*, **705**, 758–765, November 2009.
- D. Martínez-Delgado, A. J. Romanowsky, R. J. Gabany, F. Annibali, et al. Dwarfs Gobbling Dwarfs: A Stellar Tidal Stream around NGC 4449 and Hierarchical Galaxy Formation on Small Scales. *ApJ*, **748**, L24, April 2012.
- S. Masaki, M. Fukugita, and N. Yoshida. Matter Distribution around Galaxies. *ApJ*, **746**, 38, February 2012.
- S. Mashchenko, H. M. P. Couchman, and J. Wadsley. The removal of cusps from galaxy centres by stellar feedback in the early Universe. *Nature*, **442**, 539–542, August 2006.
- K. L. Masters. *Galaxy flows in and around the Local Supercluster*. PhD thesis, Cornell University, New York, USA, 2005.
- J. Materne. The structure of nearby clusters of galaxies - Hierarchical clustering and an application to the Leo region. *A&A*, **63**, 401–409, February 1978.

- J. Materne. The structure of nearby groups of galaxies - Quantitative membership probabilities. *A&A*, **74**, 235–243, April 1979.
- D. S. Mathewson and V. L. Ford. Parameters of 2447 Southern Spiral Galaxies for Use in the Tully-Fisher Relation. *ApJS*, **107**, 97, November 1996.
- L. D. Matthews, J. S. Gallagher, III, and J. E. Littleton. HI Observations of Southern Extreme Late-Type Galaxies. II. Small Angular Size Galaxies and Galaxies Near the Galactic Plane. *AJ*, **110**, 581, August 1995.
- M. L. McCall. A Council of Giants. *MNRAS*, **440**, 405–426, May 2014.
- S. S. McGaugh, J. M. Schombert, G. D. Bothun, and W. J. G. de Blok. The Baryonic Tully-Fisher Relation. *ApJ*, **533**, L99–L102, April 2000.
- D. E. McLaughlin. Evidence in Virgo for the Universal Dark Matter Halo. *ApJ*, **512**, L9–L12, February 1999.
- O. V. Melnyk, V. E. Karachentseva, I. D. Karachentsev, D. I. Makarov, and I. V. Chilingarian. Search for companions of nearby isolated galaxies. *Astrophysics*, **52**, 184–191, April 2009.
- B. Méndez, M. Davis, J. Moustakas, J. Newman, et al. Deviations from the Local Hubble Flow. I. The Tip of the Red Giant Branch as a Distance Indicator. *AJ*, **124**, 213–233, July 2002.
- M. J. Meyer, M. A. Zwaan, R. L. Webster, L. Staveley-Smith, et al. The HIPASS catalogue - I. Data presentation. *MNRAS*, **350**, 1195–1209, June 2004.
- S. Mieske, M. Hilker, L. Infante, and C. Mendes de Oliveira. The early-type dwarf galaxy population of the Fornax cluster. *A&A*, **463**, 503–512, February 2007.
- H. J. Mo, S. Mao, and S. D. M. White. The formation of galactic discs. *MNRAS*, **295**, 319–336, April 1998.
- R. Mohayaee and R. B. Tully. The Cosmological Mean Density and Its Local Variations Probed by Peculiar Velocities. *ApJ*, **635**, L113–L116, December 2005.
- A. V. Moiseev. Ionized gas rotation curves in nearby dwarf galaxies. *Astrophysical Bulletin*, **69**, 1–20, January 2014.

- A. D. Montero-Dorta and F. Prada. The SDSS DR6 luminosity functions of galaxies. *MNRAS*, **399**, 1106–1118, November 2009.
- B. Moore, S. Ghigna, F. Governato, G. Lake, et al. Dark Matter Substructure within Galactic Halos. *ApJ*, **524**, L19–L22, October 1999.
- J. R. Mould, R. L. Akeson, G. D. Bothun, M. Han, et al. The velocity field of clusters of galaxies within 100 megaparsecs. II - Northern clusters. *ApJ*, **409**, 14–27, May 1993.
- O. G. Nasonova, J. A. de Freitas Pacheco, and I. D. Karachentsev. Hubble flow around Fornax cluster of galaxies. *A&A*, **532**, A104, August 2011.
- P. Natarajan and V. Springel. Abundance of Substructure in Clusters of Galaxies. *ApJ*, **617**, L13–L16, December 2004.
- J. F. Navarro, C. S. Frenk, and S. D. M. White. The Structure of Cold Dark Matter Halos. *ApJ*, **462**, 563, May 1996.
- J. F. Navarro, C. S. Frenk, and S. D. M. White. A Universal Density Profile from Hierarchical Clustering. *ApJ*, **490**, 493–508, December 1997.
- J. A. Newman, L. Ferrarese, P. B. Stetson, E. Maoz, et al. A Revised Cepheid Distance to NGC 4258 and a Test of the Distance Scale. *ApJ*, **553**, 562–574, June 2001.
- P. Norberg, S. Cole, C. M. Baugh, C. S. Frenk, et al. The 2dF Galaxy Redshift Survey: the  $b_J$ -band galaxy luminosity function and survey selection function. *MNRAS*, **336**, 907–931, November 2002a.
- P. Norberg, S. Cole, C. M. Baugh, C. S. Frenk, et al. The 2dF Galaxy Redshift Survey: the  $b_J$ -band galaxy luminosity function and survey selection function. *MNRAS*, **336**, 907–931, November 2002b.
- S. E. Nuza, A. G. Sánchez, F. Prada, A. Klypin, et al. The clustering of galaxies at  $z \approx 0.5$  in the SDSS-III Data Release 9 BOSS-CMASS sample: a test for the  $\Lambda$ CDM cosmology. *MNRAS*, **432**, 743–760, June 2013.
- S.-H. Oh, W. J. G. de Blok, F. Walter, E. Brinks, and R. C. Kennicutt, Jr. High-Resolution Dark Matter Density Profiles of THINGS Dwarf Galaxies: Correcting for Noncircular Motions. *AJ*, **136**, 2761–2781, December 2008.

- P. Pápai and I. Szapudi. Cosmological Density Fluctuations on 100 Mpc Scales and their ISW Effect. *ApJ*, **725**, 2078–2086, December 2010.
- E. Papastergis, A. M. Martin, R. Giovanelli, and M. P. Haynes. The Velocity Width Function of Galaxies from the 40% ALFALFA Survey: Shedding Light on the Cold Dark Matter Overabundance Problem. *ApJ*, **739**, 38, September 2011.
- E. Papastergis, R. Giovanelli, M. P. Haynes, and F. Shankar. Is there a "too big to fail" problem in the field? *A&A*, **574**, A113, February 2015.
- A. Pasquali, S. Larsen, I. Ferreras, O. Y. Gnedin, et al. Discovery of a Solitary Dwarf Galaxy in the APPLES Survey. *AJ*, **129**, 148–159, January 2005.
- G. Paturel. Direct determination of extragalactic distances from the 21 centimeter line width and the method of 'sosies'. *ApJ*, **282**, 382–386, July 1984.
- G. Paturel, L. Bottinelli, P. Fouque, and L. Gouguenheim. The extragalactic database of the Lyon-Meudon Observatories. In F. Murtagh, A. Heck, and P. Benvenuti, editors, *European Southern Observatory Conference and Workshop Proceedings*, volume 28 of *European Southern Observatory Conference and Workshop Proceedings*, pages 435–440, 1988.
- G. Paturel, P. Fouque, L. Bottinelli, and L. Gouguenheim. An extragalactic database. I - The Catalogue of Principal Galaxies. *A&AS*, **80**, 299–315, November 1989.
- G. Paturel, A. M. Garcia, P. Fouque, and R. Buta. An extragalactic database. III - Diameter reduction. *A&A*, **243**, 319–327, March 1991.
- G. Paturel, L. Bottinelli, and L. Gouguenheim. An extragalactic database V. Conversion of apparent B magnitudes to a standard system. *A&A*, **286**, 768–774, June 1994.
- G. Paturel, H. Andernach, L. Bottinelli, H. di Nella, et al. Extragalactic database. VII. Reduction of astrophysical parameters. *A&AS*, **124**, 109–122, July 1997.
- G. Paturel, C. Petit, P. Prugniel, G. Theureau, et al. HYPERLEDA. I. Identification and designation of galaxies. *A&A*, **412**, 45–55, December 2003a.

- G. Paturel, G. Theureau, L. Bottinelli, L. Gouguenheim, et al. HYPERLEDA. II. The homogenized HI data. *A&A*, **412**, 57–67, December 2003b.
- P. J. E. Peebles. *Principles of Physical Cosmology*. 1993.
- P. J. E. Peebles and A. Nusser. Nearby galaxies as pointers to a better theory of cosmic evolution. *Nature*, **465**, 565–569, June 2010.
- P. J. E. Peebles, S. D. Phelps, E. J. Shaya, and R. B. Tully. Radial and Transverse Velocities of Nearby Galaxies. *ApJ*, **554**, 104–113, June 2001.
- S. Perlmutter, G. Aldering, G. Goldhaber, R. A. Knop, et al. Measurements of Omega and Lambda from 42 High-Redshift Supernovae. *ApJ*, **517**, 565–586, June 1999.
- M. J. Pierce, J. S. Jurcevic, and D. Crabtree. Period-luminosity relations for red supergiant variables - I. The calibration. *MNRAS*, **313**, 271–280, April 2000.
- Planck Collaboration, P. A. R. Ade, N. Aghanim, C. Armitage-Caplan, et al. Planck 2013 results. XVI. Cosmological parameters. *A&A*, **571**, A16, November 2014.
- E. Polisensky and M. Ricotti. Massive Milky Way satellites in cold and warm dark matter: dependence on cosmology. *MNRAS*, **437**, 2922–2931, January 2014.
- A. Pontzen and F. Governato. How supernova feedback turns dark matter cusps into cores. *MNRAS*, **421**, 3464–3471, April 2012.
- F. Prada, A. A. Klypin, A. J. Cuesta, J. E. Betancort-Rijo, and J. Primack. Halo concentrations in the standard  $\Lambda$  cold dark matter cosmology. *MNRAS*, **423**, 3018–3030, July 2012.
- P. Prugniel and P. Heraudeau. Total magnitude, radius, colour indices, colour gradients and photometric type of galaxies. *A&AS*, **128**, 299–308, March 1998.
- P. Prugniel and F. Simien. The fundamental plane of early-type galaxies: stellar populations and mass-to-light ratio. *A&A*, **309**, 749–759, May 1996.
- P. Prugniel, A. Zasov, G. Busarello, and F. Simien. A catalogue of spatially resolved kinematics of galaxies: Bibliography. *A&AS*, **127**, 117–118, January 1998.

- P. Prugniel, V. Golev, and G. Maubon. Effect of the large scale environment on the stellar content of early-type galaxies. A&A, **346**, L25–L29, June 1999.
- D. J. Radburn-Smith, R. S. de Jong, A. C. Seth, J. Bailin, et al. The GHOSTS Survey. I. Hubble Space Telescope Advanced Camera for Surveys Data. ApJS, **195**, 18, August 2011.
- L. Reduzzi and R. Rampazzo. Candidates for a southern extension of the Karachentsev catalogue of isolated pairs of galaxies. Astrophysical Letters and Communications, **30**, 1995.
- M. Rejkuba. The distance to the giant elliptical galaxy NGC 5128. A&A, **413**, 903–912, January 2004.
- K. Riebe, A. M. Partl, H. Enke, J. Forero-Romero, et al. The MultiDark Database: Release of the Bolshoi and MultiDark cosmological simulations. Astronomische Nachrichten, **334**, 691–708, August 2013.
- A. G. Riess, A. V. Filippenko, P. Challis, A. Clocchiatti, et al. Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant. AJ, **116**, 1009–1038, September 1998.
- K. Rines and A. Diaferio. CIRS: Cluster Infall Regions in the Sloan Digital Sky Survey. I. Infall Patterns and Mass Profiles. AJ, **132**, 1275–1297, September 2006.
- L. Rizzi, E. V. Held, G. Bertelli, E. Nasi, et al. Coimbra Experiment: Group 2 analysis. In T. Lejeune and J. Fernandes, editors, Observed HR Diagrams and Stellar Evolution, volume 274 of Astronomical Society of the Pacific Conference Series, page 490, 2002.
- L. Rizzi, R. B. Tully, D. Makarov, L. Makarova, et al. Tip of the Red Giant Branch Distances. II. Zero-Point Calibration. ApJ, **661**, 815–829, June 2007.
- M. S. Roberts and M. P. Haynes. Physical Parameters along the Hubble Sequence. ARA&A, **32**, 115–152, 1994.
- A. E. Romano, A. A. Starobinsky, and M. Sasaki. Effects of inhomogeneities on apparent cosmological observables: "fake" evolving dark energy. European Physical Journal C, **72**, 2242, December 2012.

- J. L. Rosenberg and S. E. Schneider. The Arecibo Dual-Beam Survey: Arecibo and VLA Observations. *ApJS*, **130**, 177–199, September 2000.
- J. Roth. A volume-limited sample of IRAS galaxies to 4000 km/s, 3: CCD photometry from Palomar and Tololo observatories. *AJ*, **108**, 862–869, September 1994.
- R. Rozanski and M. Rowan-Robinson. The Accuracy of the Brightest Stars in Galaxies as Distance Indicators. *MNRAS*, **271**, 530, December 1994.
- A. Saha, F. Thim, G. A. Tammann, B. Reindl, and A. Sandage. Cepheid Distances to SNe Ia Host Galaxies Based on a Revised Photometric Zero Point of the HST WFPC2 and New PL Relations and Metallicity Corrections. *ApJS*, **165**, 108–137, July 2006.
- S. Sakai. The Tip of the Red Giant Branch as a Population II Distance Indicator. In K. Sato, editor, *Cosmological Parameters and the Evolution of the Universe*, volume 183 of *IAU Symposium*, page 48, 1999.
- S. Sakai, B. F. Madore, and W. L. Freedman. Tip of the Red Giant Branch Distances to Galaxies. III. The Dwarf Galaxy Sextans A. *ApJ*, **461**, 713, April 1996.
- S. Sakai, L. Ferrarese, R. C. Kennicutt, Jr., and A. Saha. The Effect of Metallicity on Cepheid-based Distances. *ApJ*, **608**, 42–61, June 2004.
- M. Salaris and S. Cassisi. The ‘tip’ of the red giant branch as a distance indicator: results from evolutionary models. *MNRAS*, **289**, 406–414, August 1997.
- M. Salaris and S. Cassisi. A new analysis of the red giant branch ‘tip’ distance scale and the value of the Hubble constant. *MNRAS*, **298**, 166–178, July 1998.
- M. Salaris, S. Cassisi, and A. Weiss. Red Giant Branch Stars: The Theoretical Framework. *PASP*, **114**, 375–402, April 2002.
- B. Salasnich, L. Girardi, A. Weiss, and C. Chiosi. Evolutionary tracks and isochrones for alpha -enhanced stars. *A&A*, **361**, 1023–1035, September 2000.
- S. Salim, R. M. Rich, S. Charlot, J. Brinchmann, et al. UV Star Formation Rates in the Local Universe. *ApJS*, **173**, 267–292, December 2007.

- A. Sandage. The redshift-distance relation. IX - Perturbation of the very nearby velocity field by the mass of the Local Group. *ApJ*, **307**, 1–19, August 1986.
- A. Sandage and G. A. Tammann. A revised Shapley-Ames Catalog of bright galaxies. 1981.
- A. R. Sandage. The Age of the Galaxies and Globular Clusters: Problems of Finding the Hubble Constant and Deceleration Parameter. In D. J. K. O’Connell, editor, Study Week on Nuclei of Galaxies, page 601, 1971.
- A. Sarajedini, M. K. Barker, D. Geisler, P. Harding, and R. Schommer. RR Lyrae Variables in M33. I. Evidence for a Field Halo Population. *AJ*, **132**, 1361–1371, September 2006.
- W. Saunders, W. J. Sutherland, S. J. Maddox, O. Keeble, et al. The PSCz catalogue. *MNRAS*, **317**, 55–63, September 2000.
- T. Sawala, C. S. Frenk, A. Fattahi, J. F. Navarro, et al. Local Group galaxies emerge from the dark. ArXiv e-prints, December 2014.
- P. Schechter. An analytic expression for the luminosity function for galaxies. *ApJ*, **203**, 297–306, January 1976.
- E. F. Schlafly and D. P. Finkbeiner. Measuring Reddening with Sloan Digital Sky Survey Stellar Spectra and Recalibrating SFD. *ApJ*, **737**, 103, August 2011.
- D. J. Schlegel, D. P. Finkbeiner, and M. Davis. Maps of Dust Infrared Emission for Use in Estimation of Reddening and Cosmic Microwave Background Radiation Foregrounds. *ApJ*, **500**, 525–553, June 1998.
- A. Schneider, R. E. Smith, A. V. Macciò, and B. Moore. Non-linear evolution of cosmological structures in warm dark matter models. *MNRAS*, **424**, 684–698, July 2012.
- A. Schneider, R. E. Smith, and D. Reed. Halo mass function and the free streaming scale. *MNRAS*, **433**, 1573–1587, August 2013.
- A. Schneider, D. Anderhalden, A. V. Macciò, and J. Diemand. Warm dark matter does not do better than cold dark matter in solving small-scale inconsistencies. *MNRAS*, **441**, L6–L10, June 2014.

- R. A. Schommer, G. D. Bothun, T. B. Williams, and J. R. Mould. Measuring galaxy distances from optical rotation curves. *AJ*, **105**, 97–120, January 1993.
- C. Schultz, J. Oñorbe, K. N. Abazajian, and J. S. Bullock. The high- $z$  universe confronts warm dark matter: Galaxy counts, reionization and the nature of dark matter. *MNRAS*, **442**, 1597–1609, August 2014.
- L. Searle and W. L. W. Sargent. Inferences from the Composition of Two Dwarf Blue Galaxies. *ApJ*, **173**, 25, April 1972.
- U. Seljak, A. Makarov, P. McDonald, and H. Trac. Can Sterile Neutrinos Be the Dark Matter? *Physical Review Letters*, **97**(19), 191303, November 2006.
- A. Shafieloo, V. Sahni, and A. A. Starobinsky. Is cosmic acceleration slowing down? *Phys. Rev. D*, **80**(10), 101301, November 2009.
- P. R. Shapiro, I. T. Iliev, and A. C. Raga. Photoevaporation of cosmological minihaloes during reionization. *MNRAS*, **348**, 753–782, March 2004.
- E. J. Shaya, P. J. E. Peebles, and R. B. Tully. Action Principle Solutions for Galaxy Motions within 3000 Kilometers per Second. *ApJ*, **454**, 15, November 1995.
- R. K. Sheth, M. Bernardi, P. L. Schechter, S. Burles, et al. The Velocity Dispersion Function of Early-Type Galaxies. *ApJ*, **594**, 225–231, September 2003.
- K. Shimasaku. Velocity functions of galaxies and clusters of galaxies. *ApJ*, **413**, 59–66, August 1993.
- C. E. Simpson and S. T. Gottesman. A Comparative Study of Star-forming and Quiescent Dwarf Galaxies. *AJ*, **120**, 2975–3006, December 2000.
- M. Sirianni, M. J. Jee, N. Benítez, J. P. Blakeslee, et al. The Photometric Performance and Calibration of the Hubble Space Telescope Advanced Camera for Surveys. *PASP*, **117**, 1049–1112, October 2005.
- R. S. Somerville and J. R. Primack. Semi-analytic modelling of galaxy formation: the local Universe. *MNRAS*, **310**, 1087–1110, December 1999.

- R. S. Somerville, R. C. Gilmore, J. R. Primack, and A. Domínguez. Galaxy properties from the ultraviolet to the far-infrared:  $\Lambda$  cold dark matter models confront observations. *MNRAS*, **423**, 1992–2015, July 2012.
- J. G. Sorce, H. M. Courtois, S. Gottlöber, Y. Hoffman, and R. B. Tully. Simulations of the Local Universe constrained by observational peculiar velocities. *MNRAS*, **437**, 3586–3595, February 2014.
- D. N. Spergel, R. Bean, O. Doré, M. R. Nolta, et al. Three-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Implications for Cosmology. *ApJS*, **170**, 377–408, June 2007.
- C. M. Springob, M. P. Haynes, R. Giovanelli, and B. R. Kent. A Digital Archive of H I 21 Centimeter Line Spectra of Optically Targeted Galaxies. *ApJS*, **160**, 149–162, September 2005.
- C. M. Springob, K. L. Masters, M. P. Haynes, R. Giovanelli, and C. Marinoni. SFI++. II. A New I-Band Tully-Fisher Catalog, Derivation of Peculiar Velocities, and Data Set Properties. *ApJS*, **172**, 599–614, October 2007.
- L. Staveley-Smith, S. Juraszek, B. S. Koribalski, R. D. Ekers, et al. New H I-detected Galaxies in the Zone of Avoidance. *AJ*, **116**, 2717–2727, December 1998.
- J. M. Stil and F. P. Israel. Neutral hydrogen in dwarf galaxies. I. The spatial distribution of HI. *A&A*, **389**, 29–41, July 2002.
- J. Storm, W. Gieren, P. Fouqué, T. G. Barnes, et al. Calibrating the Cepheid period-luminosity relation from the infrared surface brightness technique. II. The effect of metallicity and the distance to the LMC. *A&A*, **534**, A95, October 2011.
- L. E. Strigari, J. S. Bullock, M. Kaplinghat, J. D. Simon, et al. A common mass scale for satellite galaxies of the Milky Way. *Nature*, **454**, 1096–1097, August 2008.
- R. A. Swaters, T. S. van Albada, J. M. van der Hulst, and R. Sancisi. The Westerbork HI survey of spiral and irregular galaxies. I. HI imaging of late-type dwarf galaxies. *A&A*, **390**, 829–861, August 2002.

- G. A. Tammann, A. Sandage, and B. Reindl. New Period-Luminosity and Period-Color relations of classical Cepheids: I. Cepheids in the Galaxy. *A&A*, **404**, 423–448, June 2003.
- H. Taviö, A. J. Cuesta, F. Prada, A. A. Klypin, and M. A. Sanchez-Conde. The dark outside: the density profile of dark matter haloes beyond the virial radius. *ArXiv e-prints*, July 2008.
- V. A. Taylor, R. A. Jansen, R. A. Windhorst, S. C. Odewahn, and J. E. Hibbard. UBVR and Hubble Space Telescope Mid-Ultraviolet and Near-Infrared Surface Photometry and Radial Color Gradients of Late-Type, Irregular, and Peculiar Galaxies. *ApJ*, **630**, 784–803, September 2005.
- R. Teyssier, A. Pontzen, Y. Dubois, and J. I. Read. Cusp-core transformations in dwarf galaxies: observational predictions. *MNRAS*, **429**, 3068–3078, March 2013.
- W. G. Tift and W. J. Cocke. Uncertainties in 21 centimeter redshifts. I - Data. *ApJS*, **67**, 1–75, May 1988.
- A. V. Tikhonov and I. D. Karachentsev. Minivoids in the Local Volume. *ApJ*, **653**, 969–976, December 2006.
- A. V. Tikhonov and A. Klypin. The emptiness of voids: yet another overabundance problem for the  $\Lambda$  cold dark matter model. *MNRAS*, **395**, 1915–1924, June 2009.
- N. A. Tikhonov and I. D. Karachentsev. CCD photometry and distances of six resolved irregular galaxies in Canes Venatici. *A&AS*, **128**, 325–330, March 1998.
- J. Tonry and D. P. Schneider. A new technique for measuring extragalactic distances. *AJ*, **96**, 807–815, September 1988.
- J. L. Tonry, J. P. Blakeslee, E. A. Ajhar, and A. Dressler. The Surface Brightness Fluctuation Survey of Galaxy Distances. II. Local and Large-Scale Flows. *ApJ*, **530**, 625–651, February 2000.
- J. L. Tonry, A. Dressler, J. P. Blakeslee, E. A. Ajhar, et al. The SBF Survey of Galaxy Distances. IV. SBF Magnitudes, Colors, and Distances. *ApJ*, **546**, 681–693, January 2001.

- J. L. Tonry, C. W. Stubbs, K. R. Lykke, P. Doherty, et al. The Pan-STARRS1 Photometric System. *ApJ*, **750**, 99, May 2012.
- G.J. Toomer. Hipparchus on the Distances of the Sun and Moon. *Archives for the History of the Exact Sciences*, **14**, 126–142, 1974.
- T. Totani, Y. Yoshii, T. Maihara, F. Iwamuro, and K. Motohara. Near-Infrared Faint Galaxies in the Subaru Deep Field: Comparing the Theory with Observations for Galaxy Counts, Colors, and Size Distributions to  $K \sim 24.5$ . *ApJ*, **559**, 592–605, October 2001.
- N. Trentham and R. B. Tully. Dwarf galaxies in the NGC 1023 Group. *MNRAS*, **398**, 722–734, September 2009.
- S. Trujillo-Gomez, A. Klypin, J. Primack, and A. J. Romanowsky. Galaxies in  $\Lambda$ CDM with Halo Abundance Matching: Luminosity-Velocity Relation, Baryonic Mass-Velocity Relation, Velocity Function, and Clustering. *ApJ*, **742**, 16, November 2011.
- R. B. Tully. Nearby groups of galaxies. II - an all-sky survey within 3000 kilometers per second. *ApJ*, **321**, 280–304, October 1987.
- R. B. Tully. *Nearby galaxies catalog*. 1988.
- R. B. Tully and H. M. Courtois. Cosmicflows-2: I-band Luminosity-H I Linewidth Calibration. *ApJ*, **749**, 78, April 2012.
- R. B. Tully and J. R. Fisher. A new method of determining distances to galaxies. *A&A*, **54**, 661–673, February 1977.
- R. B. Tully and P. Fouque. The extragalactic distance scale. I - Corrections to fundamental observables. *ApJS*, **58**, 67–80, May 1985.
- R. B. Tully and M. J. Pierce. Distances to Galaxies from the Correlation between Luminosities and Line Widths. III. Cluster Template and Global Measurement of  $H_0$ . *ApJ*, **533**, 744–780, April 2000.
- R. B. Tully and E. J. Shaya. Infall of galaxies into the Virgo cluster and some cosmological constraints. *ApJ*, **281**, 31–55, June 1984.

- R. B. Tully and N. Trentham. Midlife Crises in Dwarf Galaxies in the NGC 5353/4 Group. AJ, **135**, 1488–1504, April 2008.
- R. B. Tully, E. J. Shaya, and M. J. Pierce. Nearby galaxy flows modeled by the light distribution - Distances, model, and the local velocity anomaly. ApJS, **80**, 479–499, June 1992.
- R. B. Tully, M. A. W. Verheijen, M. J. Pierce, J.-S. Huang, and R. J. Wainscoat. The Ursa Major Cluster of Galaxies.I.Cluster Definition and Photometric Data. AJ, **112**, 2471, December 1996.
- R. B. Tully, L. Rizzi, A. E. Dolphin, I. D. Karachentsev, et al. Associations of Dwarf Galaxies. AJ, **132**, 729–748, August 2006.
- R. B. Tully, E. J. Shaya, I. D. Karachentsev, H. M. Courtois, et al. Our Peculiar Motion Away from the Local Void. ApJ, **676**, 184–205, March 2008.
- R. B. Tully, L. Rizzi, E. J. Shaya, H. M. Courtois, et al. The Extragalactic Distance Database. AJ, **138**, 323–331, August 2009.
- R. B. Tully, H. M. Courtois, A. E. Dolphin, J. R. Fisher, et al. Cosmicflows-2: The Data. AJ, **146**, 86, October 2013.
- A. Udalski, M. Szymanski, M. Kubiak, G. Pietrzynski, et al. The Optical Gravitational Lensing Experiment. Cepheids in the Magellanic Clouds. III. Period-Luminosity-Color and Period-Luminosity Relations of Classical Cepheids. Acta Astron., **49**, 201–221, September 1999.
- O. Vaduvescu, M. L. McCall, M. G. Richer, and R. L. Fingerhut. Infrared Properties of Star-forming Dwarf Galaxies. I. Dwarf Irregular Galaxies in the Local Volume. AJ, **130**, 1593–1626, October 2005.
- O. Vaduvescu, M. G. Richer, and M. L. McCall. Infrared Properties of Star-forming Dwarf Galaxies. II. Blue Compact Dwarf Galaxies in the Virgo Cluster. AJ, **131**, 1318–1335, March 2006.
- J. Vennik. A list of nearby groups of galaxies. Tartu Astrofüüsika Observatoorium Teated, **73**, 1984.

- J. Vennik. PhD thesis, Tartu University, Tartu, USSR, 1987.
- M. A. W. Verheijen. The Ursa Major Cluster of Galaxies. V. H I Rotation Curve Shapes and the Tully-Fisher Relations. *ApJ*, **563**, 694–715, December 2001.
- M.-P. Véron-Cetty and P. Véron. A catalogue of quasars and active nuclei: 13th edition. *A&A*, **518**, A10, July 2010.
- M. Viel, G. D. Becker, J. S. Bolton, M. G. Haehnelt, et al. How Cold Is Cold Dark Matter? Small-Scales Constraints from the Flux Power Spectrum of the High-Redshift Lyman- $\alpha$  Forest. *Physical Review Letters*, **100**(4), 041304, February 2008.
- M. Viel, G. D. Becker, J. S. Bolton, and M. G. Haehnelt. Warm dark matter as a solution to the small scale crisis: New constraints from high redshift Lyman- $\alpha$  forest data. *Phys. Rev. D*, **88**(4), 043502, August 2013.
- A. M. von Benda-Beckmann, E. D’Onghia, S. Gottlöber, M. Hoeft, et al. The fossil phase in the life of a galaxy group. *MNRAS*, **386**, 2345–2352, June 2008.
- F. Walter, E. Brinks, W. J. G. de Blok, F. Bigiel, et al. THINGS: The H I Nearby Galaxy Survey. *AJ*, **136**, 2563-2647, December 2008.
- D. R. Weisz, J. J. Dalcanton, B. F. Williams, K. M. Gilbert, et al. The ACS Nearby Galaxy Survey Treasury. VIII. The Global Star Formation Histories of 60 Dwarf Galaxies in the Local Volume. *ApJ*, **739**, 5, September 2011.
- S. D. M. White and C. S. Frenk. Galaxy formation through hierarchical clustering. *ApJ*, **379**, 52–79, September 1991.
- A. B. Whiting, G. K. T. Hau, and M. Irwin. The Southern Dwarf Hunt: Local Group Dwarf Candidates in the Southern Sky. *ApJS*, **141**, 123–146, July 2002.
- J. A. Willick, S. Courteau, S. M. Faber, D. Burstein, et al. Homogeneous Velocity-Distance Data for Peculiar Velocity Analysis. III. The Mark III Catalog of Galaxy Peculiar Velocities. *ApJS*, **109**, 333–366, April 1997.
- B. Willman, J. J. Dalcanton, D. Martinez-Delgado, A. A. West, et al. A New Milky Way Dwarf Galaxy in Ursa Major. *ApJ*, **626**, L85–L88, June 2005.

- O. I. Wong, E. V. Ryan-Weber, D. A. Garcia-Appadoo, R. L. Webster, et al. The Northern HIPASS catalogue - data presentation, completeness and reliability measures. *MNRAS*, **371**, 1855–1864, October 2006.
- A. Zandivarez, H. J. Martínez, and M. E. Merchán. On the Luminosity Function of Galaxies in Groups in the Sloan Digital Sky Survey. *ApJ*, **650**, 137–147, October 2006.
- J. Zavala, Y. P. Jing, A. Faltenbacher, G. Yepes, et al. The Velocity Function in the Local Environment from  $\Lambda$ CDM and  $\Lambda$ WDM Constrained Simulations. *ApJ*, **700**, 1779–1793, August 2009.
- I. Zehavi, Z. Zheng, D. H. Weinberg, M. R. Blanton, et al. Galaxy Clustering in the Completed SDSS Redshift Survey: The Dependence on Color and Luminosity. *ApJ*, **736**, 59, July 2011.
- A. R. Zentner, A. A. Berlind, J. S. Bullock, A. V. Kravtsov, and R. H. Wechsler. The Physics of Galaxy Clustering. I. A Model for Subhalo Populations. *ApJ*, **624**, 505–525, May 2005.
- R. Zinn and M. J. West. The globular cluster system of the galaxy. III - Measurements of radial velocity and metallicity for 60 clusters and a compilation of metallicities for 121 clusters. *ApJS*, **55**, 45–66, May 1984.
- A. Zolotov, A. M. Brooks, B. Willman, F. Governato, et al. Baryons Matter: Why Luminous Satellite Galaxies have Reduced Central Masses. *ApJ*, **761**, 71, December 2012.
- M. A. Zwaan, L. Staveley-Smith, B. S. Koribalski, P. A. Henning, et al. The 1000 Brightest HIPASS Galaxies: The H I Mass Function and  $\Omega_{HI}$ . *AJ*, **125**, 2842–2858, June 2003.
- M. A. Zwaan, M. J. Meyer, and L. Staveley-Smith. The velocity function of gas-rich galaxies. *MNRAS*, **403**, 1969–1977, April 2010.
- И. Д. Караченцев. Двойные галактики. "Наука," Глав. ред. физико-математической лит-ры, 1987.

# Список сокращений и условных обозначений

2dF	двух-градусная площадка (the Two-degree-Field)
2dF GRS	обзор красных смещений в 2dF (the Two-degree-Field Galaxy Redshift Survey)
2MASS	обзор всего неба на двух микронах (the Two Micron All Sky Survey)
ACS	усовершенствованная камера для обзоров (the Advanced Camera for Surveys)
AGB	ветвь асимптотических гигантов (the asymptotic giant branch)
CDM	холодное тёмное вещество (the cold dark matter)
CMB	реликтовое излучение (the cosmic microwave background)
CMD	диаграмма цвет-величина (the color-magnitude diagram)
EDD	база данных внегалактических расстояний (the extragalactic distance database)
ESO	Европейская Южная Обсерватория (the European Southern Observatory)
FJ	соотношение Фабера-Джексона (the Faber-Jackson relation)
FUV	далёкий УФ (far-ultraviolet), в работе обычно относится к FUV-полосе миссии GALEX
$H_0$	постоянная Хаббла
HIPASS	HI-обзор всего неба на радиотелескопе в Parkes (the HI Parkes All Sky Survey)
HST	космический телескоп им. Хаббла (the Hubble Space Telescope)
IAU	Международный астрономический союз (the International Astronomical Union)
$\Lambda$ CDM	космологическая модель с холодным тёмным веществом и лямбда-членом (the $\Lambda$ cold dark matter)
LF	функция светимости (the luminosity function)
LG	Местная группа галактик (the Local Group)
LMC	Больше Магелланово Облако (Large Magellanic Cloud)

LV	Местный Объём (the Local Volume) — объём пространства внутри 10 Мпк от нашей Галактики
$(m - M)_0$	истинный модуль расстояния (the true distance modulus)
NFW	профиль Наварро-Френк-Вайта (the Navarro–Frenk–White profile)
PGC	каталог основных галактик (the Principal Galaxies Catalogue)
RC3	Третий реферативный каталог ярких галактик (the Third Reference Catalogue of Bright Galaxies) (de Vaucouleurs et al. 1991)
SBF	флуктуации поверхностной яркости (the surface brightness fluctuations)
SDSS	Слоановский цифровой обзор неба (the Sloan Digital Sky Survey)
SFR	темп звездообразования (the star formation rate)
SN Ia	сверхновые типа Ia (the type Ia supernovae)
sSFR	удельный темп звездообразования (the specific star formation rate)
TF	соотношение Талли-Фишера (the Tully-Fisher relation)
TRGB	вершина ветви красных гигантов (the tip of the red giant branch)
$V_h$	гелиоцентрическая скорость
$V_{LG}$	скорость объекта в системе центроида Местной Группы
WDM	“тёплая” тёмная материя (the warm dark matter)
WFPC2	широкого поля-планетарная камера 2 (the Wide Field-Planetary Camera 2)
$z$	красное смещение
ИК	инфра-красный
УФ	ультра-фиолет