

СПИРАЛЬНЫЕ ГАЛАКТИКИ С БОЛЬШЕЙ ФРАКЦИЕЙ ТЕМНОЙ МАТЕРИИ В ПРЕДЕЛАХ ОБЛАСТИ 3-10 Мпк ВОКРУГ СКОПЛЕНИЙ ВИРГО И ФОРНАКС

Н.Г.КОГОШВИЛИ¹, Т.М.БОРЧХАДЗЕ¹, А.Т.КАЛЛОГЛЯН²

Поступила 27 марта 2015

Основываясь на данных Сводного каталога галактик MERCG, изучены динамические характеристики спиральных галактик с абсолютной величиной $M \geq -20^m.6$ в пределах области размером от 3 до 10 Мпк, окружающей скопления Вирго и Форнакс. По диаметрам галактик определялся радиус R_D , рассматриваемый как область наибольшей концентрации темной материи. Основываясь на условии центробежного равновесия, вычислялись динамические параметры спиральных галактик с $M \geq -20^m.6$, а их сравнение с динамическими параметрами спиральных галактик с $M \leq -20^m.6$ показало значительно меньшее число спиральных галактик с $M \geq -20^m.6$ с большей фракцией темной материи в области, окружающей эти скопления, что составило 12.7% в области, окружающей скопления Вирго и 15.3% - в окружении скопления Форнакс.

Ключевые слова: *галактики: динамические параметры*

1. *Введение.* Природа темной материи продолжает привлекать внимание исследователей. В частности, изучение кривых вращения спиральных галактик показывает, что динамическая масса галактик растет с ее радиусом и может включать, наряду с обычной, и темную материю. Еще Рубин и др. [1] отметили различие в профиле кривых вращения спиральных галактик в зависимости от их светимости. В свою очередь, Персик и Салукси [2,3] отметили возрастание скорости к краю спиральных галактик низкой светимости с существованием в них большей фракции темной материи, а светимость спиральных галактик рассматривали определяющей при изучении в них темной материи. Авторы [2,3] вывели выражения для оценки динамических параметров спиральных галактик низкой светимости с использованием B_T^0 величин в RCBG каталоге Вокулера и др. [4].

Целью настоящей работы является продолжение изучения параметров темной материи в спиральных галактиках низкой светимости на этот раз в области, окружающей скопления Вирго и Форнакс в пределах от 3 до 10 Мпк с использованием данных о галактиках, собранных в Сводном Каталоге Галактик (MERCG) [5] и отобранных из каталогов: МКГ, Воронцов-Вельминов и др. [6], RCBG, Вокулер и др. [4]. MERCG каталог доступен на сайте <http://library.iliauni.edu.ge/galaxies.html> и приводит 70

параметров для примерно 40000 галактик, включая определения звездных величин галактик ярче $m = 15.5$ по данным каталога Цвикки [7].

2. *Выборки галактик.* Как и в случае изучения динамических параметров спиральных галактик в ряде скоплений Когошвили, Борчхадзе и Каллоглян [8] в качестве предельного значения светимости для спиральных галактик низкой светимости мы принимаем условно значение $M_B = -20.6$ (основанное на $H_0 = 75$ км/с/Мпк), которое соответствует абсолютной величине спиральной галактики N4321, характеризуемой крутым ростом кривой скорости вращения, типичной для спиральных галактик низкой светимости, в которых предполагается большая фракция темной материи (см. рис.4. ссылку [2]).

В качестве значения постоянной Хаббла мы используем величину $H_0 = 75$ км/с/Мпк наиболее близкую к значению 74.2 км/с/Мпк, измеренную Риис и др. [9] на основе наблюдений, выполненных на Хаббловском космическом телескопе.

Общее число галактик в области, окружающей скопление Вирго в пределах от 3 до 10 Мпк от центра составило 1110 галактик, из которых число галактик с B_T^0 величиной составило 880 галактик.

Абсолютные величины галактик определялись на основе использования видимой величины B_T^0 , исправленной за галактическое и внутреннее поглощение в RCG3 каталоге, в то время как MERCG содержит 3823 спиральные галактики с B_T^0 величинами.

В настоящей работе мы изучаем динамические параметры спиральных галактик с $M_B \geq -20.6$, а также их распределение в области, окружающей скопление Вирго и Форнакс в пределах от 3 до 10 Мпк.

3. *Основные типы галактик в области от 3 до 10 Мпк, окружающей скопление Вирго.* Изучены характеристики 880 галактик в пределах области размером от 3 до 10 Мпк, окружающей скопление Вирго на основе данных MERCG каталога [5] с координатами $11^h 20^m \leq \alpha \leq 13^h 40^m$ и $0^\circ \leq \delta \leq 25^\circ$ и с лучевыми скоростями $500 \leq V \leq 2500$ и центром в M87 (NGC4486) с $V = 1229$ км/с.

В табл.1 приводятся средние значения параметров основных типов галактик в области, окружающей скопление Вирго в диапазоне от 3 до 10 Мпк (морфологический тип, абсолютная величина, число галактик, число галактик в процентах и диаметр галактик вместе с ошибками).

В первой строке табл.1 приводятся число и процентное содержание ярких спиральных галактик с ($M \leq -20^m.6$) и их средний диаметр с ошибками, во второй - общее число слабых спиральных галактик с ($M \geq -20^m.6$), также со средним диаметром с их ошибками, в третьей строке приводятся спиральные галактики низкой светимости с ($M \geq -20^m.6$)

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ГАЛАКТИК В ПРЕДЕЛАХ ОБЛАСТИ
3-10 Мпк ВОКРУГ СКОПЛЕНИЯ ВИРГО С ОБЩИМ ЧИСЛОМ
880 ГАЛАКТИК И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Морф. тип галактик	n	%	M	Sd	Se	<диаметр> (кпк)	Sd	Se
Спир. гал. ($M \leq -20^m.6$)	27	0.03	-20.77	0.85	0.16	30.2	10.0	1.9
Спир. гал. ($M \geq -20^m.6$)	471	53.5	-18.19	1.29	0.06	13.1	7.6	0.4
Спир. гал. ($M \geq -20^m.6$)	112	12.7	-18.41	0.95	0.09	12.4	4.3	0.4
Е и L галактики	158	17.8	-18.47	1.38	0.11	13.2	9.0	0.7
Iг галактики	112	12.7	-16.80	1.22	0.12	8.4	4.7	0.4

с предполагаемой большей фракцией темной материи, которые выделялись по типу близкому в RC3 каталоге к спиральям Sc, а именно, с описанием типа Sc, Sbc и Scd в согласии с Вокулер [10]. В спиральных галактиках этого типа ядерные области столь слабы, что их интегральное излучение и показатели цвета обусловлены, в основном, их спиральными рукавами. Основное требование к профилю (форме) кривой вращения спиральных галактик низкой светимости, согласно [1-3], в случае статистических работ с каталогами галактик мы заменяем выделением спиральных галактик типа Sc, Sbc и Scd с их показателями цвета.

В табл.2 приводятся средние значения показателей цвета основных типов спиральных галактик в области, окружающей скопление Вирго в пределах от 3 до 10 Мпк: 1-я строка: S галактики с $M \leq -20^m.6$, 2-я строка: S галактики с $M \geq -20^m.6$, 3-я строка: S галактики с $M \geq -20^m.6$, заподозренные в большей фракции темной материи.

Таблица 2

СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦВЕТА ОСНОВНЫХ
ТИПОВ СПИРАЛЬНЫХ ГАЛАКТИК В ПРЕДЕЛАХ ОБЛАСТИ
3-10 Мпк ВОКРУГ СКОПЛЕНИЯ ВИРГО

Морф.тип галактик	n	(B - V)	Sd	Se	n	(U - B)	Sd	Se
Спир. гал. ($M \leq -20^m.6$)	27	0.63	0.13	0.03	15	0.055	0.17	0.04
Спир. гал. ($M \geq -20^m.6$)	136	0.56	0.17	0.02	119	-0.052	0.23	0.02
Спир. гал. ($M \geq -20^m.6$)	39	0.50	0.10	0.02	31	-0.132	0.11	0.02

Для галактик области в пределах 3-10 Мпк вокруг скопления Вирго (рис.1) построение диаграммы Хаббла осуществлялось по формуле, в которой вычисляется V_n - объем усеченной пирамиды для определения расстояния между каждой галактикой и центральной галактикой M87, который затем пересчитывается в диаметр вписанного в усеченную пирамиду

шара:

$$V_n = \frac{4}{3H^3} (V_1^3 - V_2^3) \operatorname{tg} \frac{\delta_1 - \delta_2}{2} \operatorname{tg} \frac{(\alpha_1 - \alpha_2) \cos(\delta_1 + \delta_2)/2}{2}$$

Анализ распределения спиральных галактик на диаграмме Хаббла,

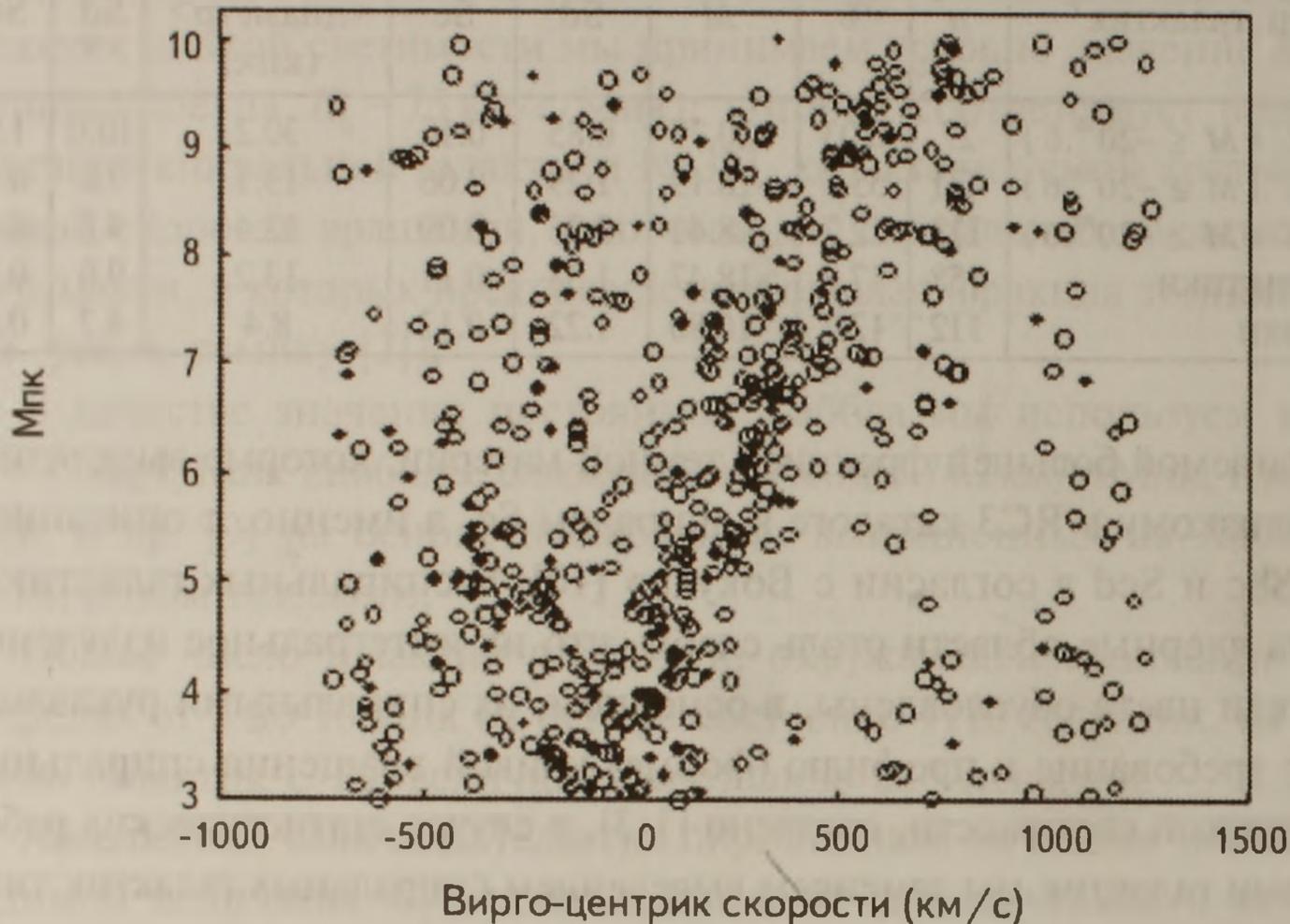


Рис.1. Распределение 610 спиральных галактик в области, окружающей скопление Вирго в пределах 3-10 Мпк с лучевыми скоростями 527 ± 2484 км/с, отмеченных открытыми кружками, в то время как 112 спиральных галактик с $M_B \geq -20.6$, заподозренных в большей фракции темной материи, выделены черными кружками.

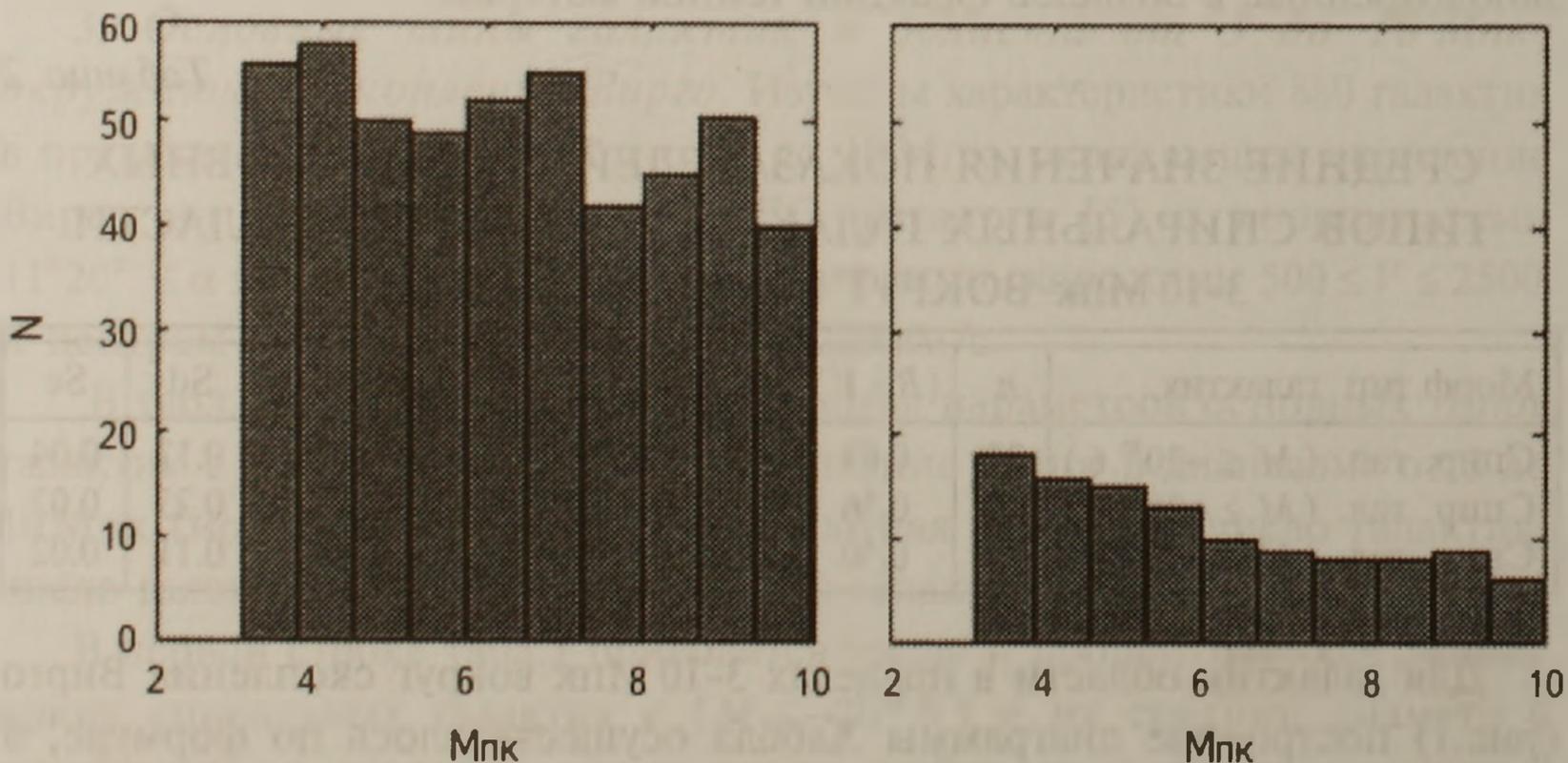


Рис.2. Гистограммы распределения 610 спиральных галактик в области 3-10 Мпк вокруг скопления Вирго (левая гистограмма) и распределение 112 спиральных галактик с большей фракцией темной массы (правая гистограмма).

охватывающий центральные области региона размером от 3 до 10 Мпк, показывает некоторое увеличение плотности спиральных галактик с большей фракцией темной материи в области, близкой к скоплению Вирго, с постепенным уменьшением их числа с переходом к общему фону. Эта же тенденция также хорошо прослеживается на гистограммах распределений 610 спиральных галактик вокруг скопления Вирго и на распределении 112 спиральных галактик с большей фракцией темной материи (рис.2).

4. *Динамические характеристики спиральных галактик в области 3-10 Мпк вокруг скопления Вирго.* Используя условие центробежного равновесия, Persic и Salucci [3] выразили динамическую массу M_{dyn} спиральной галактики в функции светимости L_B в единицах массы Солнца.

На основе средних диаметров спиральных галактик ярче и слабее $-20^m.6$ были вычислены размеры области $R_d = R_{sp}/3.2$, в которой возможна максимальная концентрация темной материи и вычислены значения M_{dyn} и M_{dyn}/L_B , а также центральная поверхностная плотность μ_0 и полный угловой момент K , основываясь на выводах теории передачи углового момента.

В табл.2 приводятся динамические параметры M_{dyn}/L_B , μ_0 и K для ярких спиральных галактик с $n=27$ и $M \leq -20^m.6$, а также для галактик с $n=112$ и $M \geq -20^m.6$ с предполагаемой фракцией темной материи в пределах области с размером 3-10 Мпк вокруг скопления Вирго.

В табл.3 средние значения и дисперсия динамических параметров M_{dyn}/L_B и μ_0 приведены в единицах массы Солнца $2 \cdot 10^{11} M_{\odot}/\text{кпк}^2$, а

Таблица 3

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПИРАЛЬНЫХ ГАЛАКТИК В ОБЛАСТИ 3-10 Мпк ВОКРУГ СКОПЛЕНИЯ ВИРГО

Параметр	Сп. гал. с $M \geq -20^m.6$	n	Сп. гал. с $M \leq -20^m.6$	n	t	$1 - P(t)$
M	-18.41 ± 0.95	112	-20.77 ± 0.85	27	12.4	$< 10^{-7}$
M_{dyn}/L_B	4.12 ± 0.26	112	3.46 ± 0.24	27	17.4	$< 10^{-7}$
μ_0	0.0106 ± 0.0015	112	0.0080 ± 0.0009	27	9.8	$< 10^{-7}$
K	107 ± 120	112	3142 ± 4594	27	11.1	$< 10^{-7}$

K - в единицах $2 \cdot 10^{11} M_{\odot} \text{кпк км с}^{-1}$ для 112 спиральных галактик с $M \geq -20^m.6$ и 27 S галактик с $M \leq -20^m.6$ в области 3-10 Мпк вокруг скопления Вирго.

Все вычисленные параметры сравнивались по критерию Стьюдента, свидетельствуя о значительной фракции темной материи в спиральных

галактиках с $M \geq -20^m.6$.

5. *Основные типы галактик в области с размером 3-10 Мпк вокруг скопления Форнакс.* Скопление Форнакс рассматривается как значительная концентрация галактик в южном полушарии с превалированием эллиптических (E+L) галактик, согласно Джордан и др. [11]: вокруг центра скопления с $\alpha = 3^h 35^m$ и $\delta = -35^\circ.7$.

Скопления Virgo и Форнакс демонстрируют различия в основных свойствах: Virgo - иррегулярное по форме скопление со значительным числом спиральных галактик, в то время как скопление Форнакс - более регулярное и компактное по форме с меньшим числом спиральных галактик и более плотное, чем скопление Virgo.

Как и в случае изучения распределения галактик и их основных параметров в окружении скопления Virgo были изучены основные характеристики галактик в окружении скопления Форнакс в пределах 3-10 Мпк на основе данных каталога MERSG.

В табл.4 приведены основные типы галактик и их характеристики для 470 галактик в скоплении Форнакс на основе данных каталога MERSG.

В первой строке приводятся основные характеристики для ярких 24

Таблица 4

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ГАЛАКТИК В ПРЕДЕЛАХ ОБЛАСТИ
3-10 Мпк ВОКРУГ СКОПЛЕНИЯ ФОРНАКС С ОБЩИМ ЧИСЛОМ
470 ГАЛАКТИК И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Морф. тип галактик	n	%	M	Sd	Se	<диаметр> (кпк)	Sd	Se
Спир. гал. ($M \leq -20^m.6$)	24	5.1	-20.97	0.55	0.11	30.4	9.8	1.0
Спир. гал. ($M \geq -20^m.6$)	218	46.4	-18.37	1.27	0.09	14.1	6.5	0.4
Спир. гал. ($M \geq -20^m.6$)	72	15.3	-18.22	0.86	0.10	11.8	4.3	0.5
E и L галактики	94	20.0	-18.62	1.43	0.15	12.7	7.3	0.8
Ig галактики	62	13.2	-16.42	1.10	0.14	7.5	2.8	0.4

Таблица 5

ПОКАЗАТЕЛИ ЦВЕТА ОСНОВНЫХ ТИПОВ СПИРАЛЬНЫХ
ГАЛАКТИК В ПРЕДЕЛАХ ОБЛАСТИ 3-10 Мпк ВОКРУГ
СКОПЛЕНИЯ ФОРНАКС

Морф.тип галактик	n	(B - V)	Sd	Se	n	(U - B)	Sd	Se
Спир. гал. ($M \leq -20^m.6$)	16	0.60	0.15	0.04	16	0.02	0.13	0.03
Спир. гал. ($M \geq -20^m.6$)	53	0.54	0.17	0.02	51	-0.09	0.22	0.03
Спир. гал. ($M \geq -20^m.6$)	36	0.54	0.13	0.02	31	-0.09	0.11	0.02

спиральных галактик с $M \leq -20^m.6$, во второй - характеристики для 218 спиральных галактик с $M \geq -20^m.6$, а в третьей строке - галактики с предполагаемой большей фракцией темной материи, отбираемые по критерию Sc, Sbc и Scd в RC3 каталоге. Одновременно подсчитывались средние значения показателей цвета для рассматриваемых типов спиральных галактик, приведенные в табл.5 в пределах области 3-10 Мпк вокруг скопления

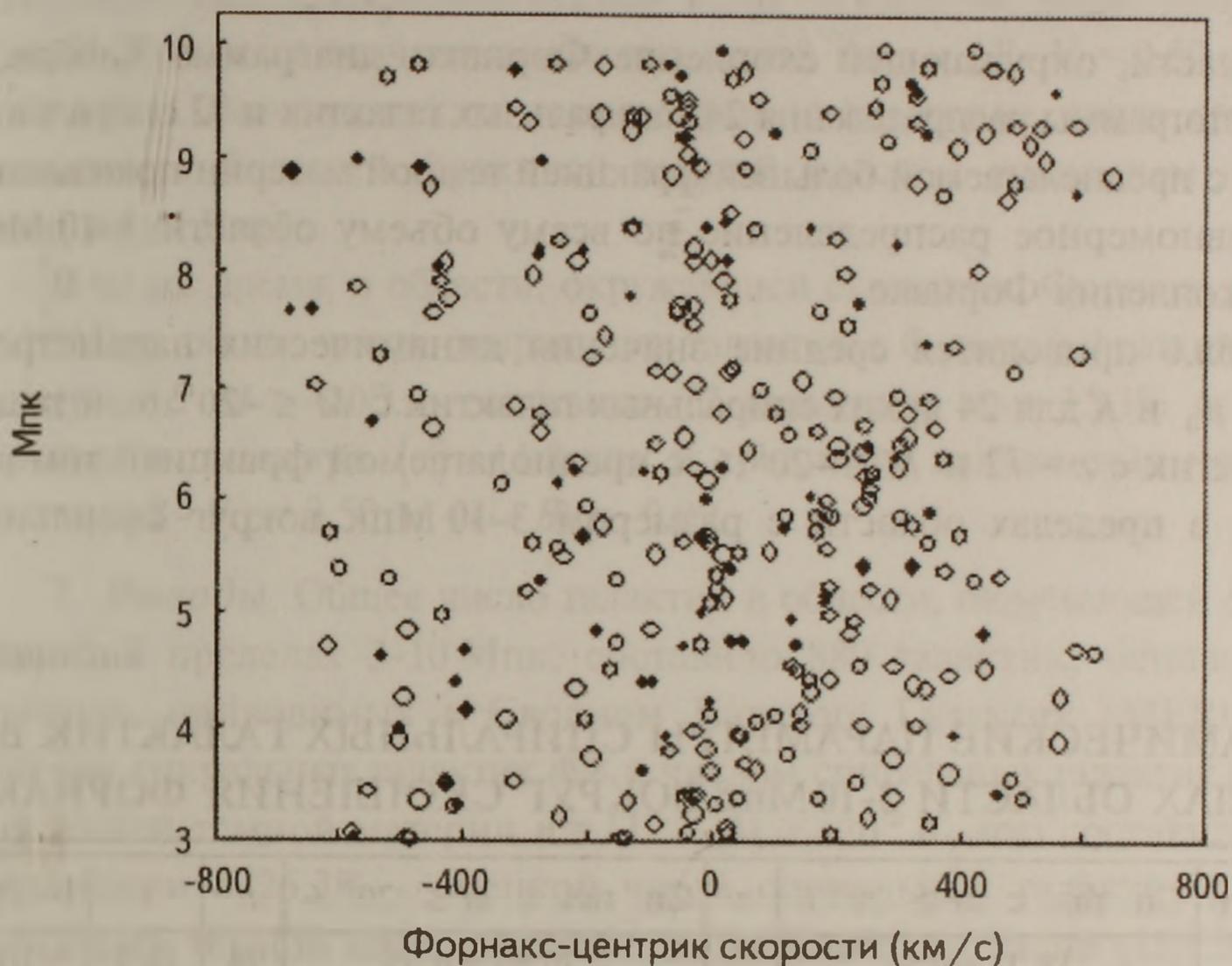


Рис.3. Диаграмма Хаббла для 314 спиральных галактик в области 3-10 Мпк вокруг скопления Форнакс.

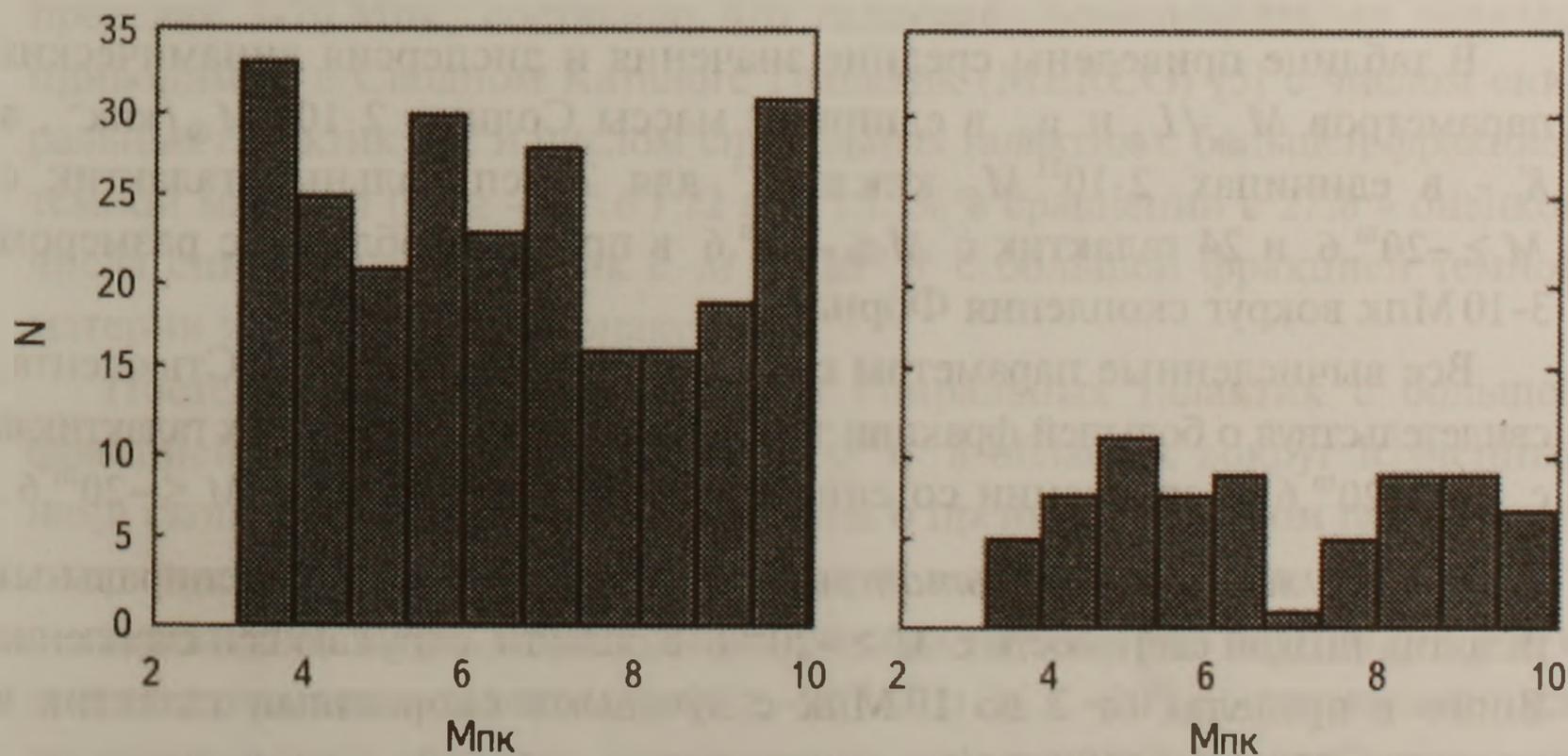


Рис.4. Гистограммы распределения 242 спиральных галактик (левый рисунок) и 72 спиральных галактик с большей фракцией темной материи (правый рисунок).

Форнакс.

На рис.3 приводится диаграмма Хаббла распределения 314 спиральных галактик в пределах области 3-10 Мпк вокруг скопления Форнакс.

Одновременно на рис.4 представлены гистограммы распределения 242 спиральных галактик, а также 72 спиральные галактики с предполагаемой фракцией темной материи в пределах области 3-10 Мпк вокруг скопления Форнакс.

В области, окружающей скопление Форнакс, диаграмма Хаббла, а также гистограммы распределения 242 спиральных галактик и 72 спиральных галактик с предполагаемой большей фракцией темной материи показывают более равномерное распределение по всему объему области 3-10 Мпк вокруг скопления Форнакс.

В табл.6 приводятся средние значения динамических параметров: M_{dyn}/L_B , μ_0 и K для 24 ярких спиральных галактик с $M \leq -20^{m.6}$, а также для галактик с $n=72$ и $M \geq -20^{m.6}$ с предполагаемой фракцией темной материи в пределах области с размером 3-10 Мпк вокруг скопления Форнакс.

Таблица 6

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СПИРАЛЬНЫХ ГАЛАКТИК В ПРЕДЕЛАХ ОБЛАСТИ 3-10 Мпк ВОКРУГ СКОПЛЕНИЯ ФОРНАКС

Параметр	Сп. гал. с $M \geq -20^{m.6}$	n	Сп. гал. с $M \leq -20^{m.6}$	n	t	$1 - P(t)$
M	-18.22 ± 0.86	72	-20.97 ± 0.55	24	18.3	$< 10^{-7}$
M_{dyn}/L_B	4.17 ± 0.24	72	3.40 ± 0.16	24	17.9	$< 10^{-7}$
μ_0	0.0109 ± 0.002	72	0.0078 ± 0.0003	24	4.0	$< 10^{-5}$
K	79 ± 106	72	3202 ± 2713	24	5.6	$< 10^{-7}$

В таблице приведены средние значения и дисперсия динамических параметров M_{dyn}/L_B и μ_0 в единицах массы Солнца $2 \cdot 10^{11} M_{\odot} / \text{кпк}^2$, а K - в единицах $2 \cdot 10^{11} M_{\odot} \text{кпк км с}^{-1}$ для 72 спиральных галактик с $M \geq -20^{m.6}$ и 24 галактик с $M \leq -20^{m.6}$ в пределах области с размером 3-10 Мпк вокруг скопления Форнакс.

Все вычисленные параметры сравнивались по критерию Стьюдента, свидетельствуя о большей фракции темной материи в спиральных галактиках с $M \geq -20^{m.6}$ в сравнении со спиральными галактиками с $M \leq -20^{m.6}$.

6. *Обсуждение результатов.* Изучены характеристики спиральных галактик низкой светимости с $M \geq -20^{m.6}$ в области, окружающей скопление Вирго в пределах от 3 до 10 Мпк с лучевыми скоростями галактик в пределах $500 \leq V \leq 2500 \text{ км/с}$.

Основное требование наблюдателей к светимости и профилю спиральных

галактик - форме кривой вращения спиральных галактик низкой светимости, изложенное в работах [1-3], мы заменили выделением спиральных галактик типа Sc, Sbc и Scd с их показателями цвета из RCBG [4] каталога, внесенного в MERCG [5], характерное для статистических работ.

В результате, число спиральных галактик с большей фракцией темной материи с $M \geq -20^m.6$ в пределах области от 3 до 10 Мпк, окружающей скопление Вирго, составило 112 или 12.7% со средним диаметром $\langle d \rangle = 12.4$ кпк и средними значениями показателей цвета: $(B - V) = 0.50$ и $(U - B) = -0.132$. Отмечено также постепенное уменьшение числа спиральных галактик с большей фракцией темной массы с удалением от границ скопления Вирго.

В то же время, в области, окружающей скопление Форнакс в пределах 3-10 Мпк, общее число спиральных галактик с большей фракцией темной материи с $M \geq -20^m.6$ составило 72 галактики или 15.3% со средним размером диаметра $\langle d \rangle = 11.8$ кпк и средними значениями показателей цвета: $(B - V) = 0.50$ и $(U - B) = -0.09$.

7. *Выводы.* Общее число галактик в области, окружающей скопление Вирго в пределах 3-10 Мпк, составило 880 галактик, основываясь на данных, приводимых в Сводном Каталоге Галактик (MERCG) [5] с числом спиральных галактик 498 и числом спиральных галактик с большей фракцией темной материи $n = 112$ с $M \geq -20^m.6$, что составило 12.7% в сравнении с 26.3% - оценкой числа спиральных галактик с большей фракцией темной материи в скоплении Вирго, согласно [12]. Это свидетельствует об уменьшении темной материи с расстоянием от скоплений числа спиральных галактик с большей фракцией.

Общее число галактик в области, окружающей скопление Форнакс в пределах 3-10 Мпк, составило 470 галактик, основываясь на данных, приводимых в Сводном Каталоге Галактик (MERCG) [5] с числом спиральных галактик 242 и числом спиральных галактик с большей фракцией темной материи ($M \geq -20^m.6$) 72 или 15.3% в сравнении с 27% - оценкой числа спиральных галактик с $M \geq -20^m.6$ с большей фракцией темной материи в скоплении Форнакс [12].

Постепенное уменьшение числа спиральных галактик с большей фракцией темной материи с $M \geq -20^m.6$ в областях вокруг изученных нами скоплений может свидетельствовать о преимущественном присутствии спиральных галактик с темной материей в скоплениях галактик.

Сравнение вычисленных динамических параметров M_{dyn} , M_{dyn}/L_B , K и μ для спиральных галактик с $M \geq -20^m.6$ и $M \leq -20^m.6$, различающихся по светимости в областях, окружающих скопления Вирго и Форнакс на основе оценки t - критерия Стьюдента показывает статистически значимое

превышение фракции темной материи в спиральных галактиках с $M \geq -20^m.6$ и в окружении скоплений галактик.

¹ Абастуманская астрофизическая обсерватория им. Е.К.Харадзе,
Государственный университет им. Или,
Грузия, e-mail: nmnt@yahoo.com

² Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна,
Армения, e-mail: astrofiz@sci.am

SPIRAL GALAXIES WITH LARGER FRACTION OF DARK MATTER IN THE REGION 3-10 Mpc AROUND VIRGO AND FORNAX CLUSTERS

N.KOGOSHVILI¹, T.BORCHKHADZE¹, A.T.KALLOGHLIAN²

Based on the data in the Merged Catalogue of Galaxies MERCG there were studied the dynamical characteristics of spiral galaxies with absolute magnitudes $M \geq -20^m.6$ in the region of 3-10 Mpc surrounding the Virgo and Fornax clusters. Measured diameters of galaxies were used for defining the radius R_D , where a significant excess in the fraction of dark matter is possible. Based on the condition of centrifugal equilibrium the main dynamical parameters of spiral galaxies with $M \geq -20^m.6$ were calculated and their comparison with dynamical parameters computed for spiral galaxies with $M \leq -20^m.6$ showed considerably a less number of spiral galaxies with $M \geq -20^m.6$ in the regions, surrounding the Virgo and Fornax clusters, estimated as 12.7 % for the region around the Virgo cluster and 15.3% - around Fornax cluster.

Key words: *galaxies: dynamic features*

ЛИТЕРАТУРА

1. V.C.Rubin, W.K.Jr.Ford, N.Thonnard, *Astrophys. J.*, **238**, 41, 1980.
2. M.Persic, P.Salucci, *Astrophys. J.*, **355**, 44, 1990.
3. M.Persic, P.Salucci, *Astrophys. J.*, **368**, 60, 1991.
4. G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, H.G.Corwin et al., RCBG, Springer-Verlag, 1999.
5. N.G.Kogoshvili, T.M.Borchkhadze, *Абастум. астрофиз. обсерв. Бюлл.*, **77**,

- 2004,(Сводный Каталог MERCG доступен на сайте <http://library.iliauni.edu.ge/galaxies.html>).
6. Б.А.Воронцов-Вельяминов, А.А.Красногорская, В.П.Архипова, МКГ, I-V, 1964-19.
 7. F.Zwicky, CGCG 1-VI vv, CIT, Pasadena, 1961-1968.
 8. Н.Г.Когошвили, Т.М.Борчхадзе, А.Т.Каллоглян, *Астрофизика*, **56**, 361, 2013, (*Astrophysics*, **56**, 332, 2013).
 9. A.Riess et al., *Astrophys. J.*, **699**, 539, 2009.
 10. G. De Vaucouleurs, *Astrophys. J. Suppl.*, N48, 1961 (UBV 461 gal.).
 11. A.Jordan, J.P.Blakeslee et al. (10 auth.), *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, N169, 213, 2007.
 12. Н.Г.Когошвили, Т.М.Борчхадзе, А.Т.Каллоглян, *Астрофизика*, **57**, 513, 2014, (*Astrophysics*, **57**, 473, 2014).

