

УДК 524.72-13(083.8)

СПИСОК ГРУПП КАРЛИКОВЫХ ГАЛАКТИК В МЕСТНОМ СВЕРХСКОПЛЕНИИ

© 2012 Д. И. Макаров, Р. И. Уклеин

Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 27 февраля 2012 года; принята в печать 4 марта 2012 года

Мы представляем список групп, состоящих исключительно из карликовых галактик. В выборке собрано 126 объектов, преимущественно объединенных в пары. Наиболее населенная группа содержит 6 карликовых галактик. Большинство рассматриваемых систем находятся в областях пониженной плотности и эволюционируют без влияния массивных галактик. Группы характеризуются размерами 30 кпк и дисперсией скоростей 11 км/с. Они схожи с ассоциациями карликовых галактик, но 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 темной материи.

Ключевые слова: *астрономические базы данных: каталоги — галактики: группы*

1. ВВЕДЕНИЕ

Современные массовые обзоры, такие как 2dF [1], HIPASS [2], 6dF [3], ALFALFA [4], и SDSS [5], значительно обогатили наши знания о красных смещениях в ближней Вселенной. За последнее десятилетие на шкале Местного Сверхскопления число измеренных скоростей возросло в 3–4 раза. Благодаря сплошным обзорам неба красные смещения стали известны не только для гигантских, но и для большого числа карликовых галактик.

В серии работ Макарова и Караченцева [6–8] исследовались распределение и свойства кратных систем галактик на масштабе Местного Сверхскопления. В работе [6] 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 [9]. Большинство кратных карликовых галактик содержит молодое звездное население, что проявляется в цвете и морфологии систем. Радионаблюдения подобных объектов показали, что в них есть большие запасы нейтрального водорода [10].

Талли и др. [11], исследуя трехмерное 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

100–1000 M_{\odot}/L_{\odot} и содержат большое количество темной материи. Обнаружение пар карликовых галактик на масштабе Местного Сверхскопления указывает на распространенность подобных систем во Вселенной.

2. ГРУППЫ В МЕСТНОМ СВЕРХСКОПЛЕНИИ

Данная статья является продолжением работ Макарова и Караченцева по исследованию кратных систем на шкале 40 Мпк [6–8]. В этих работах можно найти подробное изложение методики выделения групп и анализа полученной выборки. Здесь мы вкратце опишем необходимые детали создания каталогов. Лучевые скорости, видимые звездные величины, морфологические типы и другие параметры галактик брались из баз данных HyperLEDA и NED. Обе базы содержат большое количество ложных данных, которые во многом возникают из-за автоматических процедур обработки наблюдений. Наиболее распространенные виды загрязнения: путаница координат и скоростей галактик, расположенных близко друг к другу на небе; присутствие объектов с ложными лучевыми скоростями, полученными из массовых обзоров неба типа 2dF; видимые звездные величины из обзора SDSS относятся к отдельным областям протяженных галактик. Мы, по возможности, исправили такие и некоторые другие ошибки. Визуальный контроль параметров галактик в работе над каталогами групп [6–8] являлся важным и наиболее

трудоемким этапом. В итоге была получена выборка 10 914 галактик с лучевыми скоростями в системе отсчета Местной группы $V_{LG} < 3500$ км/с, расположенных на галактических высотах $|b| > 15^\circ$. Выборка такой глубины содержит все Местное Сверхскопление с его окраинами.

Алгоритм кластеризации кратных систем [6–8] основан на естественном требовании, чтобы полная энергия физической пары галактик была отрицательной. На первом этапе рассчитывались критерии связанности всех пар галактик в выборке: полная энергия системы должна удовлетворять соотношению $\Delta V^2 \Delta R < 2GM$ и галактики должны находиться внутри сферы нулевой скорости $\pi H_0^2 \Delta R^3 < 8GM$, здесь ΔV и ΔR — разница скоростей и проекционных расстояний в паре галактик, M — их суммарная масса. Пары, отобранные по эти критериям, объединялись в группы. Процесс повторялся до тех пор, пока была хотя бы одна пара, удовлетворяющая вышеозначенным критериям. В алгоритме используется информация только о координатах, красных смещениях и звездных величинах объектов. Расстояния до галактик определялись по закону Хаббла с $H_0 = 73$ км/с/Мпк. Масса оценивалась по интегральной светимости галактики в ближнем инфракрасном диапазоне K_s и в предположении, что все галактики имеют одинаковые отношения “масса-светимость”.

Большая часть данных по фотометрии была взята из обзора всего неба 2MASS [12, 13]. В случае отсутствия оценок в K -фильтре оптические величины (B , V , R , I) и величины ближнего инфракрасного диапазона (J , H) пересчитывались в K -величины, как это было описано в серии работ [6–8].

В результате кластеризации 5926 галактик были объединены в 1082 системы с населенностью 2 и более. В работе Макарова и Караченцева [8] было показано, что медианное значение дисперсии скоростей и гармонических радиусов групп с количеством членов $n \geq 4$ в Местном Сверхскоплении равны, соответственно, $\sigma_V = 74$ км/с и 204 кпк; среднее время пересечения примерно равно 2.2 миллиарда лет; типичная масса группы $M_p = 2.3 \times 10^{12} M_\odot$ и отношение “масса-светимость” в K -полосе $M/L = 22 M_\odot/L_\odot$.

3. ГРУППЫ КАРЛИКОВЫХ ГАЛАКТИК

Караченцев и Макаров [6] обратили внимание на существование неожиданно большого числа пар, состоящих из карликовых галактик. Несмотря на то, что подобные системы известны давно, а самая известная — пара галактик I Zw 18 A и

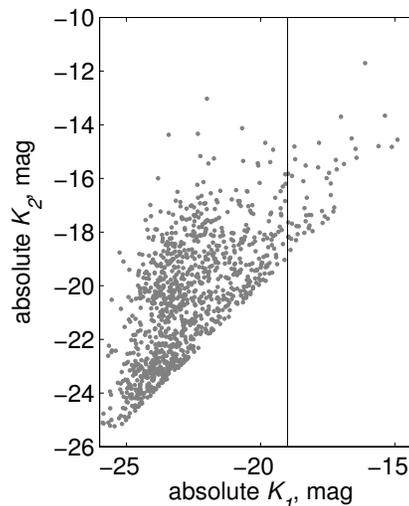


Рис. 1. Зависимость абсолютной звездной величины второго по яркости члена K_2 от абсолютной звездной величины ярчайшего члена K_1 . Справа от сплошной линии ($M_K > -19$ mag) находятся группы карликовых галактик. Данный график соответствует правой части Рисунка 7 из статьи [6].

I Zw 18 C [14], до недавнего времени группы карликовых галактик не привлекали к себе пристального внимания.

Рис. 1 демонстрирует распределение групп из работы [6] по светимости первого и второго по яркости члена группы. Системы, привлечшие наше внимание, расположены справа от вертикальной линии. Мы составили список групп карликовых галактик, взяв за основу каталоги групп в Местном Сверхскоплении [6–8]. Выборка галактик из этих работ была незначительно модифицирована. Были добавлены и обновлены скорости и звездные величины галактик по литературным данным. Были учтены изменения, полученные в ходе работ по уточнению и исправлению данных в HyperLEDA. Информация о группах галактик в Местном Сверхскоплении также была обновлена с использованием оригинального алгоритма кластеризации. В список карликовых групп были включены системы, в которых ярчайшая галактика слабее $M_K = -19$ mag в фильтре K , и эти группы не являются подструктурами более ярких образований. Это позволяет отобразить в основном карликовые иррегулярные галактики с небольшим количеством галактик поздних типов (Sdm–Sm) среди наиболее ярких объектов.

Полученная выборка была очищена от ложных систем. Такие образования могут возникать 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 $\sim 1^\circ \times 1^\circ$ велся визуальный поиск возможных членов групп без известных лучевых скоростей. Основным критерием визуального отбора являлось морфологическое соответствие кандидатов известным членам и данному красному смещению. Поиск велся только в зоне покрытия SDSS. Кроме этого, в список отбирались кратные карликовые системы, которые были выявлены в ходе просмотра изображений в рамках проверки надежности информации о галактиках в базе данных HyperLEDA. Этот поиск был не систематическим и затрагивал только галактики, по тем или иным причинам привлекавшие наше внимание.

Отметим, что в ходе визуального поиска кратных карликовых систем на изображениях Sloanовского 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 приведен в Таблице 1. В ней даны: (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 [15]; (6) видимая звездная величина в B -фильтре, которая была оценена по данным SDSS фотометрии в фильтрах g и r (см. таблицу 1 из [16]) или бралась из базы данных HyperLEDA [17]; (7) абсолютная звездная величина в B -фильтре; (8) основной гравитирующий центр (MD) и индекс изолированности группы (II).

Таблица 1. Список групп карликовых галактик

Группа		Имя галактики	R.A.	Dec	V_{LG} ,	m_B ,	M_B ,	MD	II
(1)	(2)	(3)	J2000		km/s	mag	mag	(8)	(9)
			(4)		(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
J0130+02	A	UGC 1075	01 30 02.5	+02 51 09	2227 ± 6	16.60	-15.92	NGC 488	1.29
	B	LSBC F828-01	01 30 29.0	+02 49 55	2240 ± 10	17.00	-15.53		
J0310-41	A	LCRS B030900.1-415914	03 10 49.7	-41 47 57	1253 ± 74	16.03	-15.20	NGC 1399	1.75
	B	LCRS B030909.4-415056	03 10 59.2	-41 39 40	1186 ± 26				
J0453-61	A	ESO 119-016	04 51 29.2	-61 39 03	739 ± 10	14.89	-15.24	NGC 1796	1.19
	B	SGC 0454.2-6138	04 54 55.4	-61 33 53	745 ± 9	16.09	-14.05		
J0532-25	A	ESO 487-017	05 30 29.0	-24 52 35	1661 ± 13	16.24	-15.76	NGC 1964	5.79
	B	ESO 487-020	05 32 23.8	-25 13 55	1750 ± 74	16.14	-15.92		
	C	AM 0530-245	05 32 46.5	-24 55 33	1684 ± 74	16.67	-15.31		
J0700-04	A	HIZSS 003 A	07 00 28.2	-04 12 26	109 ± 11	18.00	-12.29	LG	5.89
	B	HIZSS 003 B	07 00 24.6	-04 13 13	143 ± 11				
J0714+44	A	UGC 3698	07 09 18.7	+44 22 48	465 ± 5	15.16	-14.35	M 81	22.90
	B	NGC 2337	07 10 13.6	+44 27 26	477 ± 5	13.10	-16.39		
	C	UGC 3817	07 22 44.5	+45 06 31	478 ± 2	15.96	-13.63		
J0723+36	A	SDSS J072313.46+362213.0	07 23 13.5	+36 22 13	967 ± 1	19.31	-11.54		
	B	SDSS J072301.42+362117.1	07 23 01.4	+36 21 17	914 ± 1	17.01	-13.72		
	C	SDSS J072320.56+362440.9	07 23 20.6	+36 24 41	935 ± 1	21.59	-9.19		
J0742+16	A	UGC 3974	07 41 55.4	+16 48 09	162 ± 5	13.62	-13.24	M 81	49.14

Таблица 1. (Продолжение)

Группа		Имя галактики	R.A. Dec	V_{LG} ,	m_B ,	M_B ,	MD	II
(1)	(2)	(3)	J2000	km/s	mag	mag	(8)	(9)
			(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	B	CGCG 087-033	07 42 32.0 +16 33 40	168 ± 5	15.43	-11.49		
J0747+51	A	MCG +09-13-052	07 46 57.0 +51 17 47	510 ± 5	16.66	-12.85	NGC 2500	12.11
	B	KUG 0743+513	07 47 32.0 +51 11 29	503 ± 5	15.14	-14.32		
J0817+24	A	LCSB S1123P	08 17 15.9 +24 53 57	1832 ± 5	17.11	-15.17	IC 2267	8.42
	B	KUG 0814+251	08 17 21.0 +24 57 46	2076 ± 5 †	17.12	-15.43		
J0821-00	A	UGC 4358	08 21 26.0 -00 25 08	1606 ± 6	15.96	-15.94	UGC 4254	74.24
	B	6dF J0821428-002601	08 21 42.8 -00 26 01	1612 ± 74	16.48	-15.43		
J0825+35	A	HS 0822+3542a	08 25 55.5 +35 32 32	698 ± 3	16.57	-13.53	NGC 2683	43.55
	B	SAO 0822+3545	08 26 05.6 +35 35 26	712 ± 2	18.34	-11.80		
J0852+13	A	SDSS J085233.76+135028.4	08 52 33.8 +13 50 28	1360 ± 3	17.15	-14.34		
	B	SDSS J085240.94+135157.0	08 52 40.9 +13 51 57	1390 ± 22	19.56	-11.98		
J0859+39	A	UGC 4704	08 58 59.0 +39 12 40	581 ± 6	15.51	-14.12	NGC 2683	18.29
	B	SDSS J085947.03+392302.6	08 59 46.9 +39 23 06	573 ± 34	17.23	-12.37		
J0911+42	A	SDSS J091108.40+423922.1	09 11 08.4 +42 39 22	1498 ± 13	16.02	-15.61	NGC 2798	14.93
	B	SDSS J091110.62+423801.4	09 11 10.6 +42 38 01	\pm	18.81			
J0915+48	A	UGC 4868	09 14 51.8 +48 35 37	2822 ± 5	17.43	-15.58	NGC 2856	4.61
	B	UGC 4874	09 15 16.3 +48 40 03	2821 ± 5	17.60	-15.41		
	C	SDSS J091552.07+484119.5	09 15 52.1 +48 41 20	2809 ± 17	18.08	-14.94		
J0934+55	A	IZw 18 C	09 33 59.7 +55 14 45	821 ± 5	19.73	-10.66	NGC 2841	8.34
	B	IZw 18 A	09 34 02.0 +55 14 28	837 ± 4	16.48	-13.95		
J0950+31	A	UGC 5272b	09 50 19.5 +31 27 22	479 ± 5	17.82	-11.35	NGC 2903	12.64
	B	UGC 5272	09 50 22.4 +31 29 16	453 ± 4	14.46	-14.59		
J0959+41	A	KUG 0956+420	09 59 30.0 +41 46 01	1704 ± 36	16.43	-15.47	NGC 2964	99.46
	B	KUG 0956+419	09 59 45.0 +41 40 37	1664 ± 3 †	16.61	-15.23		
J1016+37	A	UGC 5540	10 16 21.9 +37 46 47	1138 ± 4	14.60	-16.42	NGC 3245	66.28
	B	KUG 1013+381	10 16 24.5 +37 54 46	1150 ± 3	15.97	-15.07		
J1040-09	A	6dF J1039304-094609	10 39 30.4 -09 46 09	2177 ± 74	16.68	-15.85	NGC 3375	7.86

Таблица 1. (Продолжение)

Группа		Имя галактики	R.A.	Dec	V_{LG} ,	m_B ,	M_B ,	MD	II
(1)	(2)	(3)	J2000		km/s	mag	mag	(8)	(9)
			(4)		(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	B	6dF J1040118-095641	10 40 11.8	-09 56 40	2218 ± 74	16.48	-16.08		
J1052+00	A	MGC 0013223	10 52 40.6	-00 01 17	1569 ± 75	17.59	-14.26	UGC 5922	8.11
	B	CGCG 010-041	10 52 48.6	+00 02 04	1607 ± 5	15.62	-16.28		
J1053+02	A	LSBC L1-137A	10 53 03.1	+02 29 37	860 ± 5	17.59	-12.93	NGC 3379	5.35
	B	LSBC L1-137	10 53 18.6	+02 37 34	851 ± 10	15.80	-14.69		
J1101+30	A	BTS 028	11 01 32.4	+30 35 16	1708 ± 75	17.56	-14.38	NGC 3430	6.38
	B	BTS 029	11 01 38.9	+30 36 29	1626 ± 5	18.32	-13.52		
J1110+40	A	KUG 1107+403	11 10 25.2	+40 03 11	2943 ± 30	16.11	-16.98	NGC 3665	85.47
	B	SDSS J111026.28+400117.4	11 10 26.3	+40 01 17	±	19.06			
J1113+53	A	UGC 06251	11 13 26.1	+53 35 42	999 ± 5	16.33	-14.42	NGC 3992	2.14
	B	SDSS J111343.60+533848.3	11 13 43.6	+53 38 48	985 ± 5	18.04	-12.68		
J1131-35	A	6dF J1131390-352255	11 31 38.9	-35 22 56	2396 ± 48	16.52	-16.36	NGC 3742	3.50
	B	PGC 649656	11 31 39.6	-35 22 42	±	17.35			
J1134+48	A	SDSS J113342.71+482004.9	11 33 42.7	+48 20 05	3094 ± 20	17.69	-15.53	NGC 3811	5.94
	B	SDSS J113403.75+482834.4	11 34 03.9	+48 28 37	3107 ± 29	18.15	-15.09		
J1141+32	A	KUG 1138+327	11 41 07.4	+32 25 37	1704 ± 70	15.86	-16.08	IC 2957	5.64
	B	MRK 0746	11 41 29.9	+32 20 59	1684 ± 50	15.68	-16.24		
	C	SDSS J114136.70+321651.5	11 41 36.7	+32 16 52	1737 ± 2	17.00	-14.98		
J1146+58	A	SBS 1143+588	11 45 58.7	+58 32 07	1519 ± 37	15.75	-15.89	NGC 4036	2.00
	B	SDSS J114603.39+583621.8	11 46 03.4	+58 36 22	1518 ± 42	17.81	-13.83		
J1150-00	A	UM 456A	11 50 34.0	-00 32 16	1645 ± 16	17.07	-14.81	NGC 4472	10.39
	B	UM 456	11 50 36.2	-00 34 02	1574 ± 5	16.43	-15.35		
J1152-02	A	UM 461	11 51 33.4	-02 22 22	866 ± 9	14.71	-15.74	NGC 4472	6.02
	B	UGC 6850	11 52 37.4	-02 28 10	860 ± 6	14.72	-15.72		
J1154-03	A	SDSS J115348.29-031306.5	11 53 48.3	-03 13 06	1243 ± 12	18.00	-13.25		
	B	CGCG 012-113	11 54 07.6	-03 40 56	1223 ± 27	16.02	-15.20	NGC 4030	2.30
	C	SDSS J115503.67-033012.4	11 55 03.7	-03 30 12	1216 ± 69	18.02	-13.20		
J1157+02	A	SDSS J115725.14+021115.9	11 57 25.1	+02 11 16	839 ± 5	17.95	-12.45	NGC 4472	2.43

Таблица 1. (Продолжение)

Группа		Имя галактики	R.A. Dec	V_{LG} ,	m_B ,	M_B ,	MD	II
(1)	(2)	(3)	J2000	km/s	mag	mag	(8)	(9)
			(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	B	SDSS J115735.27+021004.0	11 57 35.3 +02 10 04	796 ± 32	16.48	-13.81		
J1158+31	A	KDG 083	11 56 14.5 +31 18 16	617 ± 5	16.65	-13.06	NGC 4278	2.70
	B	KUG 1157+315	12 00 16.2 +31 13 30	593 ± 28	15.25	-14.36		
J1216+52	A	CGCG 269-049	12 15 46.8 +52 23 17	245 ± 15	15.27	-12.47	NGC 3031	5.51
	B	UGC 07298	12 16 30.1 +52 13 39	254 ± 5	16.64	-11.15		
J1221+38	A	KUG 1218+387	12 20 54.9 +38 25 49	623 ± 46	15.57	-14.16	NGC 4490	1.95
	B	KDG 105	12 21 43.0 +37 59 14	582 ± 5	17.57	-11.98		
J1224+28	A	[KK98] 138	12 21 58.4 +28 14 34	417 ± 8	18.88	-10.00	NGC 4278	2.28
	B	[KK98] 144	12 25 29.1 +28 28 57	453 ± 2	18.18	-10.87		
J1225+61	A	MCG +10-18-044	12 24 53.8 +61 03 49	833 ± 5	15.85	-14.50	NGC 3992	9.87
	B	SBS 1222+614	12 25 05.4 +61 09 11	832 ± 5	14.86	-15.49		
J1226-01	A	UGC 7531	12 26 11.8 -01 18 17	1858 ± 12	15.27	-16.86	NGC 4527	5.13
	B	UM 501	12 26 22.7 -01 15 12	1861 ± 14	16.41	-15.72		
J1228+22	A	UGC 7584	12 28 02.8 +22 35 16	545 ± 4	16.20	-13.25	NGC 4278	3.19
	B	KKH 80	12 28 05.0 +22 17 27	543 ± 5	17.00	-12.44		
	C	NGC 4455	12 28 44.1 +22 49 14	581 ± 5	13.05	-16.55		
J1244+62	A	MCG +11-16-003	12 43 59.9 +62 19 60	2739 ± 77	16.46	-16.48	NGC 4521	7.41
	B	MCG +11-16-005	12 44 12.0 +62 14 51	2750 ± 9	16.10	-16.85		
	C	SDSS J124411.92+621021.5	12 44 12.1 +62 10 19	2681 ± 12	18.00	-14.88		
	D	SDSS J124418.07+621007.7	12 44 18.0 +62 10 07	\pm	18.32			
	E	SDSS J124423.23+620305.5	12 44 23.2 +62 03 06	2660 ± 72	17.86	-15.01		
J1301-01	A	CGCG 1258.5-0142S	13 01 00.7 -01 58 34	1302 ± 5	17.04	-14.31	NGC 4699	3.11
	B	UGC 8127	13 01 03.7 -01 57 12	1297 ± 33	15.67	-15.67		
J1303-17	A	UGCA 319	13 02 14.4 -17 14 15	548 ± 8	15.08	-14.65	NGC 5068	10.32
	B	UGCA 320	13 03 16.7 -17 25 23	546 ± 5	13.40	-16.31		
J1304-02	A	LCRS B130157.2-024313	13 04 31.8 -02 59 17	1148 ± 34	16.27	-14.82	NGC 4699	2.26
	B	HIPASS J1304-02	13 04 46.6 -02 52 16	1122 ± 9	16.81	-14.23		
J1310+34	A	UGC 8246	13 10 04.5 +34 10 51	833 ± 5	14.55	-15.78	NGC 5005	1.38

Таблица 1. (Продолжение)

Группа		Имя галактики	R.A.	Dec	V_{LG} ,	m_B ,	M_B ,	MD	II
(1)	(2)	(3)	J2000		km/s	mag	mag	(8)	(9)
			(4)		(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	B	SDSS J131029.12+341411.5	13 10 29.2	+34 14 13	873 ± 75	18.92	-11.51		
J1315+47	A	DDO 169 NW	13 15 18.4	+47 32 00	328 ± 75			NGC 4736	1.57
	B	UGC 08331	13 15 30.3	+47 29 56	344 ± 6	14.60	-13.82		
J1337+32	A	SDSS J133605.53+320823.2	13 36 05.6	+32 08 21	\pm	17.94		NGC 5353	36.57
	B	UGC 8602	13 36 45.5	+32 05 28	3062 ± 5	17.54	-15.63		
	C	UGC 8605	13 36 54.3	+32 05 44	3035 ± 5	17.57	-15.58		
	D	SDSS J133657.55+320208.4	13 36 57.5	+32 02 08	3106 ± 29	16.90	-16.30		
	E	UGC 8608	13 37 00.9	+31 46 00	3033 ± 3	16.04	-17.13		
	F	SDSS J133704.69+315337.9	13 37 04.7	+31 53 37	\pm	18.23			
J1355+04	A	KKH 86	13 54 33.5	+04 14 35	209 ± 5	16.88	-9.36	LG	9.56
	B	SDSS J135429.53+041237.1	13 54 29.5	+04 12 37	\pm				
J1404+61	A	UGC 08982	14 03 00.0	+61 45 04	1868 ± 31	15.48	-16.62	NGC 5322	1.02
	B	SDSS J140524.63+613401.3	14 05 24.6	+61 34 01	1883 ± 5	16.81	-15.31		
J1423+21	A	SDSS J142332.69+213112.1	14 23 32.8	+21 31 18	\pm	19.86		NGC 4472	50.1
	B	SDSS J142337.04+213128.2	14 23 37.0	+21 31 28	2068 ± 21	19.12	-13.31		
J1428+21	A	UGC 9274	14 28 02.8	+21 18 14	1117 ± 73	14.35	-16.69	NGC 4472	32.34
	B	UGC 9282	14 28 41.6	+21 20 22	1155 ± 5	16.17	-14.96		
J1437+59	A	SDSS J143659.37+590535.1	14 36 59.3	+59 05 36	\pm	18.34		NGC 5777	6.70
	B	SDSS J143703.11+590606.3	14 37 02.0	+59 05 55	2402 ± 10	18.34	-14.28		
J1450+36	A	SDSS J144948.75+362347.3	14 49 48.8	+36 23 47	1979 ± 5	16.96	-15.26	UGC 9519	69.09
	B	SDSS J144951.10+362501.5	14 49 51.1	+36 25 02	1978 ± 32	16.69	-15.53		
J1648+21	A	SDSS J164711.10+210527.0	16 47 11.1	+21 05 27	2727 ± 2 †	16.76	-16.32	NGC 6181	30.25
	B	UGC 10549	16 47 26.5	+21 07 32	2719 ± 9	16.23	-16.87		
	C	SDSS J164802.08+213330.5	16 48 02.1	+21 33 30	2753 ± 12 †	17.48	-15.71		
J1657+38	A	UGC 10625	16 57 23.1	+38 40 19	2252 ± 6	16.88	-15.63	NGC 6339	370.21
	B	SHOC 553	16 57 30.0	+38 41 23	2255 ± 5	16.90	-15.62		
J2227-09	A	6dF J2227305-093959	22 27 30.5	-09 39 59	1866 ± 74	15.64	-16.62	NGC 253	313.57
	B	MCG -02-57-007	22 27 41.5	-09 43 37	1786 ± 43	15.81	-16.35		

В процессе работы над составлением списка групп карликовых галактик было обнаружено, что часть красных смещений в SDSS оценена методом кросс-корреляции. При том, 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 †.

J0714+44. Расстояния до галактик этой очень изолированной группы были получены Макаровой и Караченцевым [18] по ярчайшим голубым звездам. В пределах ошибок измерения они находятся на одинаковом удалении, 7.2 Мпк для UGC 3698, 7.9 Мпк для NGC 2337 и 8.6 Мпк для UGC 3817 с типичной ошибкой $\sim(1 \div 1.5)$ Мпк. Это дает еще 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 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 Талли и др. [11]. Все эти галактики имеют высокоточные оценки расстояния по верхушке ветви красных гигантов. Несмотря на небольшую лучевую скорость, они располагаются на расстоянии в 8.05 (UGC 3974) и 8.02 (CGCG 087-033) Мпк. Большая пекулярная скорость ~ -420 км/с связана с “местной аномалией скоростей” [19].

J0911+42 по своей структуре напоминает близкую яркую иррегулярную галактику NGC 4449 с активным звездообразованием, которая поглощает карликовую сфероидальную галактику низкой поверхностной яркости d1228+4358 [20, 21], что рассматривается как пример слияния карликовых галактик [22]. 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 светимости $M_K = -20.4$).

J1110+40B — карликовая галактика низкой поверхностной яркости с неизвестной лучевой скоростью, находится на расстоянии 1'9 (~ 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 ее лучевая скорость существенно больше ($V_{LG} = 3680$ км/с).

J1244+62 представляет из себя цепочку из 5 карликовых галактик, протянувшуюся на 180 кпк. Вероятно, система находится в стадии формирования.

J1310+34 Диск галактики UGC 8246 искривлен, возможно, из-за взаимодействия со вторым компонентом пары.

J1337+32 наиболее населенная группа в нашем списке. Она содержит 6 членов. Одна из галактик, J1337+32 F, была включена в группу по морфологическим признакам. Обзор SDSS дает для этой галактики, SDSS J133704.69+315337.9, скорость $V_h = 41791$ км/с. Однако, качество спектра не позволяет надежно оценить красное смещение. По морфологии этой галактики низкой поверхностной яркости можно заключить, что данная скорость ошибочна.

J1355+04B была обнаружена И. Караченцевым (частное сообщение) на расстоянии 2:2 или 1.6 кпк в проекции от близкой изолированной карликовой галактики KKH 98. J1355+04B на 2–2.5 звездной величины слабее KKH 98, что, в случае если они находятся на одном расстоянии, делает ее сопоставимой по яркости с ультраслабыми карликами нашей Галактики.

J1423+21 — пара карликовых галактик на расстоянии 1' или 8 кпк друг от друга. Лучевая скорость $V_h = 2049$ км/с объекта ADBS 142335+2131 была получена в ходе Arecibo Dual-Beam Survey [23] 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.

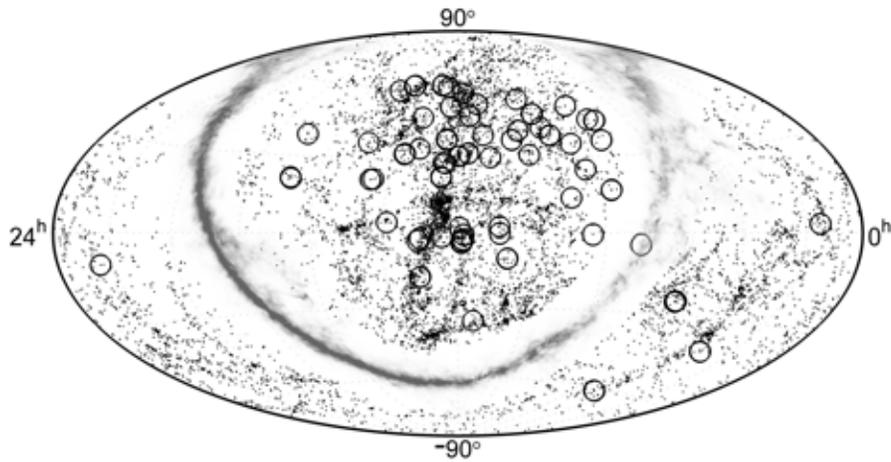


Рис. 2. Распределение групп карликовых галактик на небе. Точки отмечают положение близких ($V_{LG} < 3500$ км/с) галактик. Группы карликов выделены кружками. Млечный Путь показан облаками серого цвета.

4. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ГРУПП КАРЛИКОВЫХ ГАЛАКТИК

Распределение групп карликовых галактик на небе показано на Рис. 2. 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 учету. На полноту наших данных влияют как зоны покрытия современных обзоров 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 $15^h < \alpha < 18^h$. Это особенно заметно при сравнении с аналогичной областью, симметричной относительно плоскости Местного Сверхскопления. Этот факт, по всей видимости, является следствием чрезвычайного дефицита карликовых галактик в Местной Пустоте [24].

Рис. 3 показывает функцию светимости объектов нашей выборки в сравнении с ассоциациями карликовых галактик. Группы карликов (показаны черным цветом) занимают тот же диапазон абсолютных звездных величин, что и ассоциации (показаны светло-серым цветом). Полнота данных Каталога Близлежащих Галактик (A Catalog of Neighboring Galaxies) [25] на шкале до 2 Мпк

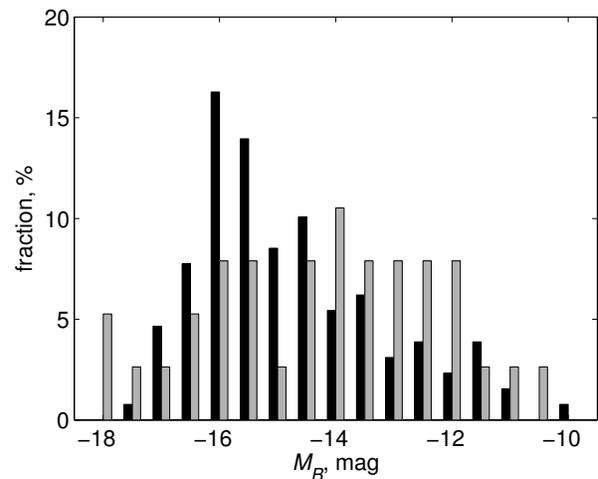


Рис. 3. Функция светимости галактик нашей выборки в сравнении с ассоциациями Талли и др. [11].

близка к 100% вплоть до $M_B = -10$. Очевидно, что резкое уменьшение числа галактик слабее $M_B = -15^m5$ 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.

Как видно из Рис. 4, группы карликовых галактик представлены в широком диапазоне значений индекса изолированности (II). Этот индекс показывает, во сколько раз нужно увеличить массы

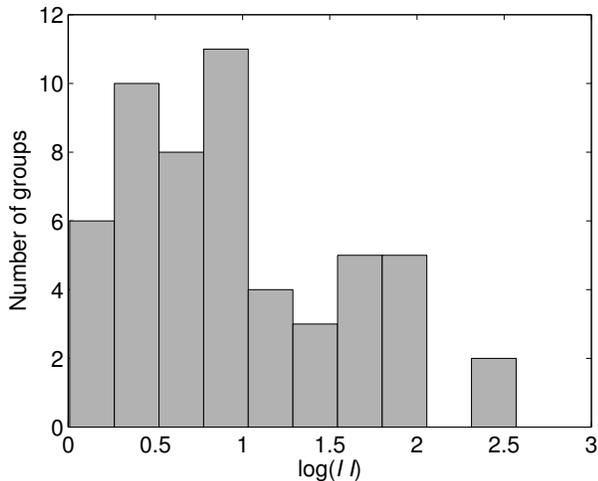


Рис. 4. Распределение групп карликовых галактик по индексу изолированности.

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. 5 показано распределение групп по размерам и внутренним движениям в системе. Черными символами отмечены группы карликов различной численности: точки соответствуют парам, треугольниками изображены триплеты, а звездами — группы большей населенности. Дисперсия лучевых скоростей в группах карликов (σ_V) доходит до 60 км/с с медианным значением 11 км/с, а проекционный размер групп не превышает 200 кпк, с медианным значением 30 кпк.

Основные параметры групп галактик в Местном Сверхскоплении, ассоциаций и групп карликовых галактик собраны в сводной Таблице 2. В ней приведены медианные значения дисперсии скоростей σ_V , гармонического радиуса систем R_h , проекционной массы M_p , светимости L и отношения “масса-светимость” 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. Протяженность групп из нашей выборки примерно на порядок меньше нормальных групп или ассоциаций. Дисперсии скоростей отличаются не столь

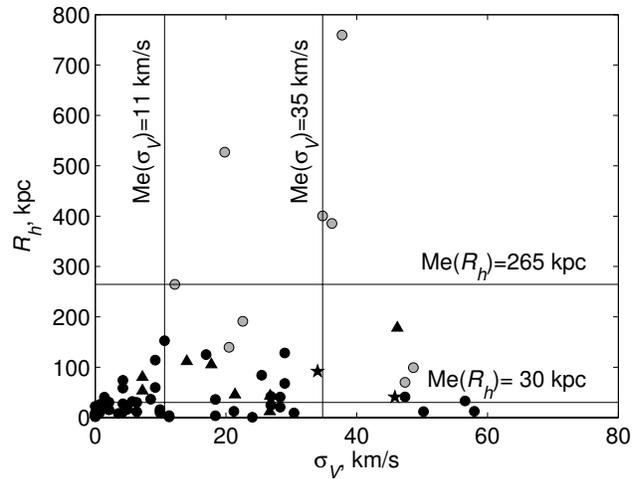


Рис. 5. Зависимость размера групп от внутренней дисперсии скоростей. Черными символами отмечены группы из нашей выборки (кружки — пары, треугольники — триплеты, звезды — более населенные системы). Серые кружки — ассоциации Талли и др. [11].

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 массы к светимости между типичными группами галактик и ассоциациями. Список карликовых групп составляют 47 пар, 8 триплетов и только 2 группы большей населенности. Это слишком мало для исследования ста-

Таблица 2. Сравнение основных параметров для обычных групп Местного Сверхскопления (ГМСС), групп карликовых галактик (ГК) и ассоциаций карликовых галактик (АК)

	n	σ_V , km/s	R_h , кпк	M_p , $10^{10} M_\odot$	L , $10^9 L_\odot$	M/L , 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

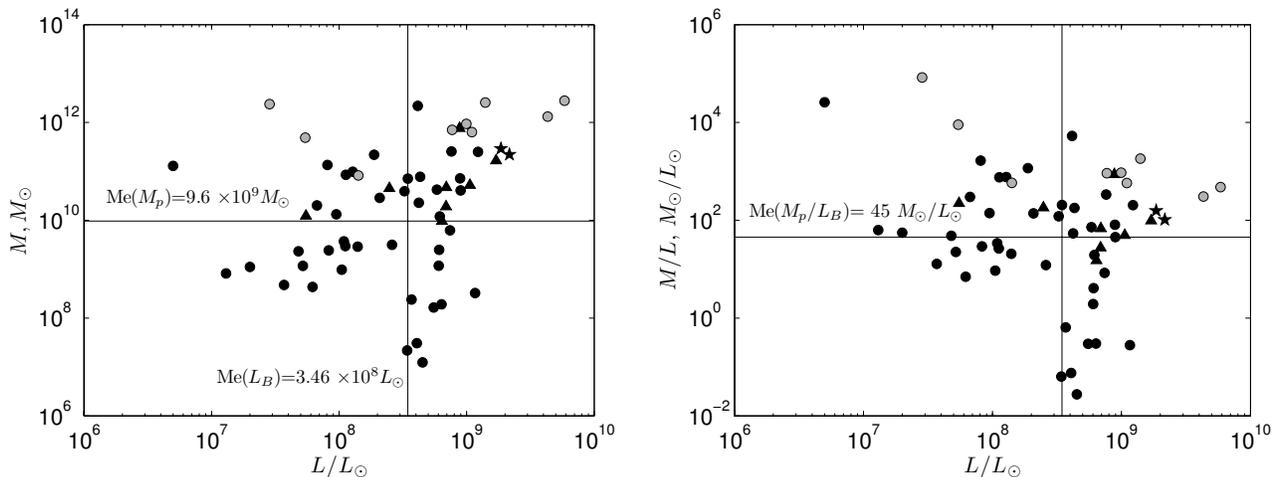


Рис. 6. Слева показана зависимость “масса–светимость” для групп и ассоциаций карликовых галактик; справа — зависимость “отношение ‘масса–светимость’–светимость”. Черными символами показаны группы из нашей выборки (пары — точки, триплеты — треугольники, группы с населенностью $n \geq 4$ — звезды). Серыми кружками отмечены ассоциации карликовых галактик.

тистических различий между системами различной населенности. 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 населенности групп.

На Рис. 5 также серыми кружками показано распределение ассоциаций карликовых галактик [11]. Ассоциации были обнаружены в Местном объеме исключительно из анализа распределения галактик в пространстве, основанном на измерении высокоточных расстояний. Как было отмечено в работе [11], практически все карликовые галактики, кроме ККР 25, в объеме 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 све-

тимости, 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 $45 M_\odot/L_\odot$. Отметим, что индивидуальная оценка массы группы карликовых галактик является крайне неопределенной из-за малой кратности систем (в своем большинстве это двойные галактики). Поэтому мы можем говорить только о средних величинах по ансамблю. На Рис. 6 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 ассоциации карликовых галактик формируют непрерывную последовательность на диаграммах “масса–светимость”. Этот факт отражает генетическое родство этих систем.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За последнее десятилетие современные массовые обзоры значительно увеличили число галактик с известными скоростями в Местном Сверхскоплении. На основе каталога групп в Местном Сверхскоплении [8] был составлен список систем, состоящих исключительно из карликовых галактик. В него вошли группы, в которых ярчайшая галактика слабее $M_K = -19$ в K -фильтре. Такие системы

составляют примерно 5% всех групп в Местном Сверхскоплении. Однако, с учетом селекционных эффектов общее число кратных карликовых систем должно быть как минимум в 5–6 раз больше. Группы карликовых галактик 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 светимостям и массам с ассоциациями, найденными Талли и др. [11] по анализу трехмерного 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 $45 M_{\odot}/L_{\odot}$, что указывает на большее, чем в обычных группах, количество темной материи.

В системах карликовых галактик может содержаться существенное количество темной материи. Такие “темные” агрегаты могут быть очень многочисленны. Из-за сложности обнаружения и исследования они могут “скрывать” значительную долю темного вещества при исследовании групп галактик. Это может отчасти объяснить проблему “потерянной” массы — расхождения оценок средней плотности Вселенной, полученной по исследованию реликтового излучения и по изучению групп галактик в Местном Сверхскоплении [8].

Отметим, что вопросы формирования и эволюции систем карликовых галактик остаются крайне малоизученными. Это вызвано сложностями как 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 жесткие ограничения при космологических расчетах. Список групп карликовых галактик, составленный нами, был положен в основу спектроскопического обзора, ведущегося на 6-м телескопе САО РАН с 2008 года. Основной задачей обзора является исследование химического состава карликовых галактик в группах и выяснение эволюционного статуса таких систем.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа была поддержана грантами РФФИ 11–02–00639, 11–02–90449 и Министерством образования и науки Российской Федерации (госконтракты 14.740.11.0901, 16.552.11.7028, 16.518.11.7073). В работе использовалась база данных HyperLEDA (<http://leda.univ-lyon1.fr>).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. M. Colless, G. Dalton, S. Maddox, et al., *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **328**, 1039 (2001).
2. M. A. Zwaan, L. Staveley-Smith, B. S. Koribalski, et al., *Astronom. J.* **125**, 2842 (2003).
3. D. H. Jones, W. Saunders, M. Colless, et al., *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **355**, 747 (2004).
4. R. Giovanelli, M. P. Haynes, B. R. Kent, et al., *Astronom. J.* **130**, 2598 (2005).
5. K. N. Abazajian, J. K. Adelman-McCarthy, M. A. Agüeros, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **182**, 543 (2009).
6. I. D. Karachentsev and D. I. Makarov, *Astrophysical Bulletin* **63**, 299 (2008).
7. D. I. Makarov and I. D. Karachentsev, *Astrophysical Bulletin* **64**, 24 (2009).
8. D. Makarov and I. Karachentsev, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **412**, 2498 (2011).
9. J. N. Chengalur, S. A. Pustilnik, J.-M. Martin, et al., *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **371**, 1849 (2006).
10. Ekta, J. N. Chengalur, and S. A. Pustilnik, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **372**, 853 (2006).
11. R. B. Tully, L. Rizzi, A. E. Dolphin, et al., *Astronom. J.* **132**, 729 (2006).
12. T. H. Jarrett, T. Chester, R. Cutri, et al., *Astronom. J.* **119**, 2498 (2000).
13. T. H. Jarrett, T. Chester, R. Cutri, et al., *Astronom. J.* **125**, 525 (2003).
14. K. Davidson, T. D. Kinman, and S. D. Friedman, *Astronom. J.* **97**, 1591 (1989).
15. I. D. Karachentsev and D. A. Makarov, *Astronom. J.* **111**, 794 (1996).
16. S. Jester, D. P. Schneider, G. T. Richards, et al., *Astronom. J.* **130**, 873 (2005).
17. G. Paturel, C. Petit, P. Prugniel, et al., *Astronom. and Astrophys.* **412**, 45 (2003).
18. L. N. Makarova and I. D. Karachentsev, *Astronom. and Astrophys. Suppl. Ser.* **133**, 181 (1998).
19. R. B. Tully, E. J. Shaya, and M. J. Pierce, *Astrophys. J. Suppl.* **80**, 479 (1992).
20. I. D. Karachentsev, V. E. Karachentseva, and W. K. Huchtmeier, *Astron. Lett.* **33**, 512 (2007).
21. W. K. Huchtmeier, I. D. Karachentsev, and V. E. Karachentseva, *Astronom. and Astrophys.* **506**, 677 (2009).
22. D. Martinez-Delgado, A. J. Romanowsky, R. J. GaBany, et al., *ArXiv:1112.2154* (2011).
23. J. L. Rosenberg and S. E. Schneider, *Astrophys. J. Suppl.* **130**, 177 (2000).
24. W. K. Huchtmeier, I. D. Karachentsev, and V. E. Karachentseva, *Astronom. and Astrophys. Suppl. Ser.* **147**, 187 (2000).
25. I. D. Karachentsev, V. E. Karachentseva, W. K. Huchtmeier, et al., *Astronom. J.* **127**, 2031 (2004).

A LIST OF GROUPS OF DWARF GALAXIES IN THE LOCAL SUPERCLUSTER**D. I. Makarov, R. I. Uklein**

We report a list of groups consisting of dwarf galaxies only. The sample contains 126 objects, mainly combined in pairs. The most populated group contains six dwarf galaxies. The majority of systems considered reside in the low-density regions and evolve unaffected by massive galaxies. The characteristic sizes and velocity dispersions of groups are 30 kpc and 11 km/s, respectively. They resemble the associations of dwarf galaxies, but are more compact. On the whole, groups and associations form a continuous sequence. Alike the associations, our groups possess high mass-to-luminosity ratios, what is indicative of a large amount of dark matter present in these systems.

Keywords: *astronomical databases: catalogs—galaxies: groups*