

ПОВЕРХНОСТНАЯ ФОТОМЕТРИЯ КАРЛИКОВЫХ
ИРРЕГУЛЯРНЫХ ГАЛАКТИК В РАЗЛИЧНОМ
ОКРУЖЕНИИ

М. Е. ШАРИНА

Поступила 21 сентября 2018

Принята к печати 12 декабря 2018

Представлены результаты поверхностной фотометрии 90 иррегулярных карликовых галактик (dIrrs) в широких окрестностях скопления Девы и 30 изолированных dIrrs. Используются изображения Слоановского обзора неба (SDSS). Получены следующие средние фотометрические характеристики (цвета и центральные поверхностные яркости) для объектов двух выборок: $(V - I_z) = 0.75$ ($\sigma = 0.19$), $(B - V_g) = 0.51$ ($\sigma = 0.13$), $SB_V = 22.16$ ($\sigma = 1.02$) для dIrrs в окрестностях скопления Девы; $(V - I_z) = 0.66$ ($\sigma = 0.43$), $(B - V_g) = 0.57$ ($\sigma = 0.16$), $SB_V = 22.82$ ($\sigma = 0.73$) для изолированных галактик. Средние центральные поверхностные яркости у изолированных галактик выборки значимо ниже, чем у dIrrs в более плотном окружении. Средние цветовые характеристики у dIrrs в разном окружении совпадают с точностью до -0.2 звездой величины.

Ключевые слова: галактики: карликовые - галактики: фотометрические
параметры - галактики

1. *Введение.* Целью этой работы является получение фотометрических и структурных параметров большой выборки иррегулярных карликовых галактик (dIrrs) в разном окружении в пределах примерно 20 Мпк. Под dIrrs в данной статье мы понимаем объекты, не являющиеся лишенными газа эллиптическими, или сфероидальными, с одной стороны, и компактными яркими карликами, полностью охваченными звездообразованием, с другой. Лучевые скорости галактик по отношению к центроиду Местной группы $V_{IG} < 3500$ км/с. Скорости взяты из базы данных HyperLeda¹ [1]. Точные фотометрические расстояния до объектов выборки не известны, за исключением 4-х галактик: UGC7150, VCC530, UGC7784, VCC2037 [2]. Наша выборка dIrrs в окрестностях скопления Девы составлена довольно случайным образом. Она является частью огромного списка таких объектов и включает галактики как в проекции на вириализованную зону скопления и ~ 12 -градусную зону падения на скопление (так называемая "infall" зона), так и более далекие в проекции на небо объекты. Изолированные dIrrs нашей выборки взяты из работы [3]. Это галактики, которые видны на

¹ <http://leda.univ-hyon1.fr/>

ПЗС-снимках SDSS, с лучевыми скоростями $V_{lsr} < 3500$ км/с и относительной разницей в скоростях с ближайшими соседями в проекции на небо > 500 км/с (проекционными расстояниями > 500 кпк). В статье [3] дано определение морфологических типов карликовых галактик, а также перечислены основные работы по обнаружению карликовых галактик низкой поверхностной яркости в Местном объеме. Объекты, фотометрия которых выполнена в нашей работе и названия которых начинаются на КК, КKR, ККН, были впервые обнаружены Караченцевой, Караченцевым и др. [4-6] на картах Паломарского атласа неба. Галактики KDG были открыты Караченцевой [7]. Ниже перечислены другие буквенные аббревиатуры, встречающиеся у объектов нашего исследования и соответствующие литературные ссылки: UGC (Uppsala General Catalogue) [8], PGC (Catalogue of Principal Galaxies, Lyon-Meudon Extragalactic Database) [9,10,1], MGC (Millennium Galaxy Catalogue) [11], VCC (Virgo Cluster Catalogue) [12], VLSB - каталоги галактик низкой поверхностной яркости Шомберта и коллег 1988-1997гг. [13-15], AGC - Arecibo Legacy Fast ALFA Survey [16].

Основные свойства карликовых галактик разных морфологических типов в пределах 10 Мпк подытожены в статьях [17,18]. Зависят ли фотометрические свойства dIrrs от окружения? На этот вопрос мы попытаемся ответить в данной работе на основе полученных данных для объектов, распределение которых в пространстве выходит за пределы Местного объема.

2. *Фотометрия.* Процесс поверхностной фотометрии был аналогичен таковому в статьях [18,19]. SDSS предоставляет изображения в фильтрах u , g , r , i и z , прошедшие процедуру первичной редукции (вычтен темновой ток и электронный нуль системы, выполнено деление на плоское поле). Мы использовали для фотометрии изображения в фильтрах g , r и i . Для каждого изображения на сайте SDSS даны фотометрические коэффициенты для перевода результатов фотометрии из инструментальной в стандартную систему SDSS. Для выполнения фотометрии использовался пакет программ SURFPHOT. Это часть большого пакета программ по анализу астрономических данных MIDAS (Munich Image Data Analysis System) [20], разрабатываемого в ESO. Маскирование фоновых звезд и галактик было выполнено с помощью программ пакета MIDAS. С помощью программы FIT/BACKGROUND было выполнено выпрямление и вычитание из исходного изображения плоскости фона неба. Процедура поиска центров галактик и моделирование распределения интенсивности по площади объекта было выполнено с помощью процедуры вписывания эллипсов FIT/ELL3. В полученных эллиптических апертурах интегрировался поток и рассчитывались азимутально-усредненные поверхностные яркости. Дополнительно фотометрия была выполнена с помощью программ пакета MIDAS в концентрических кольцах толщиной 1 пиксель с

предварительно определенным при вписывании эллипсов центром. Результаты фотометрии были переведены из фотометрической системы SDSS в стандартную фотометрическую систему Джонсона-Казинса с помощью эмпирических формул из [21].

В процессе фотометрии выяснилось, что большинство исследуемых объектов имеют следующую структуру: доминирующий по интенсивности звездный диск галактики с яркостью, плавно падающей от центра к краю, на который накладываются хаотично разбросанные по телу объекта комплексы звездообразования. В таких случаях дисковая составляющая хорошо описывается последовательностью модельных эллипсов. После вычитания этой модели остаются слабые комплексы звездообразования. Отдельные dIrs имеют чрезвычайно слабый градиент поверхностной яркости. Если такие галактики расположены анфас, или если угол между полярной осью объекта и лучом зрения $incl > 45^\circ$, то кривую роста интенсивности и профили поверхностной яркости для них целесообразно строить с использованием концентрических колец. Такого рода объекты с $incl < 45^\circ$ в данной работе не рассматривались. Для всех dIrs выборки выполнялась фотометрия как в эллиптических, так и в круговых апертурах. Результирующие профили яркости и кривые роста сравнивались. Необходимо отметить, что для всех объектов выборки результирующие фотометрические параметры, определенные с использованием этих двух способов фотометрии, практически совпадают.

На рис.1 иллюстрирован процесс вписывания эллипсов на примере галактики KDG104. На рис.2 показаны результаты фотометрии для этой галактики, переведенные в стандартную фотометрическую систему Джонсона-Казинса: кривые роста в фильтрах B, V, R, I , профили поверхностной яркости в данных фильтрах и зависимости интегральных и дифференциальных цветовых характеристик $B-V, R-I$ от радиусов. Аналогичные рисунки для других

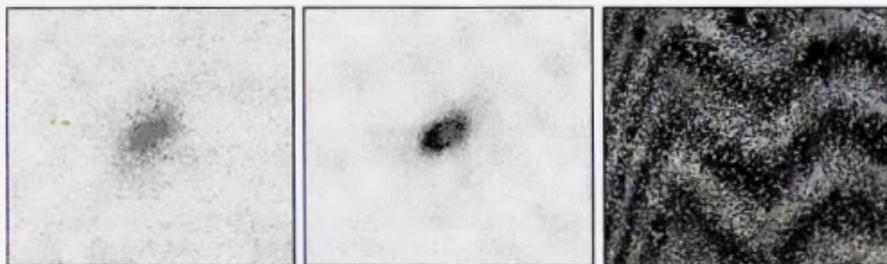


Рис.1. Иллюстрация процесса вписывания эллипсов в SDSS снимок галактики KDG104 (фильтр g) (слева направо): (1) оригинальный кадр, очищенный от фоновых объектов, с вычтенным фоном неба; (2) модель; (3) объект минус модель. Размер кадра: $2' \times 2'$.

галактик выборки приведены на ftp-сайте САО РАН (<ftp://ftp.sao.ru/pub/smc/dIrg120/>). На этом ftp-сайте даются таблицы с профилями поверхностной

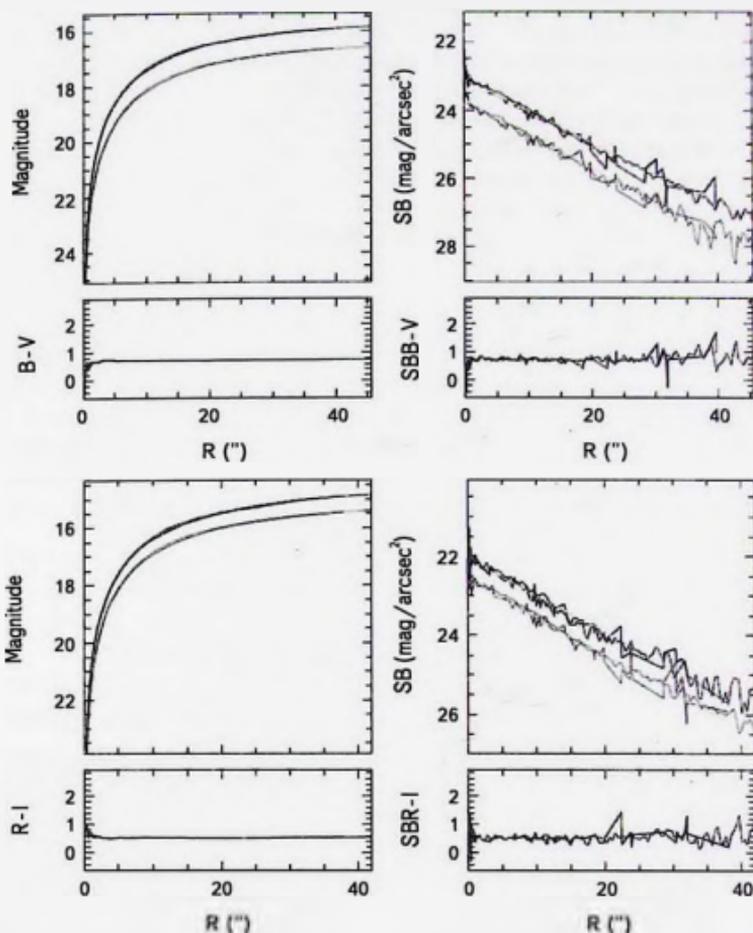


Рис.2. Результаты поверхностной фотометрии галактики KDG104, не исправленные за поглощение света в Галактике, в фильтрах B и V (сверху) и R и I (снизу). Кривые роста и соответствующие зависимости цветов $B-V$ и $R-I$ от радиуса (левые панели каждого из рисунков); профили поверхностной яркости в тех же фильтрах и соответствующие зависимости цветов от радиуса (правые панели). Тонкими линиями показана фотометрия в круговых апертурах, толстыми линиями - в эллиптических модельных апертурах. Прямые линии показывают аппроксимацию профилей поверхностной яркости экспоненциальной функцией.

яркости во всех фильтрах для каждого исследуемого объекта.

Необходимо упомянуть об ошибках поверхностной фотометрии. Случайные ошибки определяются отклонением от среднего значения отсчетов интенсивности в апертуре по отношению к соответствующей величине для окружающего объект фона неба. Стандартное отклонение для поверхностной яркости μ в фотонах равно $\sqrt{g \cdot I + r^2}$, где I - полный поток от объекта и фона на этой площади в ADU (analogue-to-digital units), g - коэффициент усиления ПЗС (gain) в электронах на 1 ADU, r - шум считывания в электронах. Размах колебаний поверхностной яркости относительно общей зависимости μ от R (радиус галактики) (рис.2, правые панели) соответствует по величине случайным ошибкам фотометрии на данном расстоянии от центра галактики. Точность задания общего уровня фона неба вокруг галактики также определяется случайными колебаниями интенсивности фона в исследуемой области после маскирования фоновых объектов. Систематические ошибки фотометрии включают точности нуль-пунктов перевода из инструментальной в стандартную систему и внутреннее неучтенное поглощение в исследуемых галактиках. Суммарные (случайные + систематические) ошибки интегральных звездных величин зависят от яркости исследуемого объекта и в среднем составляют для объектов выборки 0.2-0.3 зв.вел. Ошибки измерения поверхностной яркости даются для каждой галактики и для каждой точки профиля поверхностной яркости (таблицы на ftp-сайте).

3. *Результаты.* В табл.1 и 2 (полные таблицы выложены на сайте САО РАН²) приведены результаты поверхностной фотометрии в фильтрах B , V , R , I стандартной широкополосной фотометрической системы Джонсона-Казинса и модельные параметры профилей поверхностной яркости галактик, полученные с помощью экспоненциальной функции [22]: $\mu(r) = \mu_0 + 1.086(r/h)$, где μ_0 - центральная поверхностная яркость и h - экспоненциальная масштабная длина. Колонки табл.1 и 2 содержат следующие данные: (1) - название галактики; (2) прямое восхождение (формат: hh mm ss) и склонение (формат: °, ' ") на эпоху J2000.0; (3) Галактическое поглощение в фильтре V (в зв.вел.) (1 строка), отношение длин малой и большой осей галактики (2 строка), скорость по отношению к центроиду Местной группы (в км/с) (3 строка); (4) интегральные звездные величины B , V , R , I (в зв.вел.); (5) интегральные цвета $(B - V)_0$, $(R - I)_0$ (в зв.вел.), исправленные за галактическое поглощение; (6) наблюдаемые центральные поверхностные яркости (в зв.вел./кв.с); (7) интегральные звездные величины, соответствующие уровню поверхностной яркости азимутально-усредненного профиля 25 зв.вел./кв.с; (8) средние

² [ftp://ftp.sao.ru/pub/sme/dIrrs120/Table1+2.pdf](http://ftp.sao.ru/pub/sme/dIrrs120/Table1+2.pdf).

Таблица 1

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИЗОЛИРОВАННЫХ
dIrrs ВЫБОРКИ

Name	RA(2000) Dec.(2000)	A_p b/a V_{Lo}	B V R I	$(B-V)_c$ $(R-I)_c$	SB_{B_c} SB_{V_c} SB_{R_c} SB_{I_c}	B_{25} V_{25} R_{25} I_{25}	$SB_{B_{25}}$ $SB_{V_{25}}$ $SB_{R_{25}}$ $SB_{I_{25}}$	Re_B Re_V Re_R Re_I	h_B h_V h_R h_I	B_c V_c R_c I_c	SB_{B_c} SB_{V_c} SB_{R_c} SB_{I_c}	$SB_{B_{25}}$ $SB_{V_{25}}$ $SB_{R_{25}}$ $SB_{I_{25}}$	R_{max} R_{min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ККН14	02 45 02.9	0.63	16.31	0.23	24.52	18.18	24.99	26.74	16.06	17.08	25.40	24.30	0.79
	32 09 42.0	0.96	15.89	0.61	24.01	17.00	24.63	24.24	14.96	16.58	24.74	23.66	53.46
		1748	15.58		23.67	16.21	24.22	23.89	15.49	16.14	24.23	23.37	
КК56	06 43 11.6	0.50	17.22	0.50	23.71	18.45	24.29	13.27	8.26	17.89	24.63	23.70	0.40
	36 38 03.0	0.67	16.57	0.43	22.93	17.23	24.00	13.03	7.98	17.29	23.94	23.01	28.12
		2360	16.14		22.44	16.49	23.83	13.05	8.00	16.87	23.51	22.60	
UGC3672	07 06 27.5	0.24	15.53	0.50	21.89	16.48	23.76	23.99	14.90	16.22	24.16	23.31	0.40
	30 19 19.0	0.28	14.96	0.15	21.46	15.51	23.91	25.85	15.94	15.66	23.75	22.88	70.88
		969	14.66		21.22	15.13	23.72	25.79	15.87	15.37	23.45	22.56	
			14.51		21.12	14.87	23.64	25.01	15.65	15.18	23.22	22.36	

Таблица 2

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СКОРОСТИ dIrrs В
ОКРЕСТНОСТИ СКОПЛЕНИЯ ДЕВЫ²

Name	RA(2000) Dec.(2000)	A_p b/a V_{Lo}	B V R I	$(B-V)_c$ $(R-I)_c$	SB_{B_c} SB_{V_c} SB_{R_c} SB_{I_c}	B_{25} V_{25} R_{25} I_{25}	$SB_{B_{25}}$ $SB_{V_{25}}$ $SB_{R_{25}}$ $SB_{I_{25}}$	Re_B Re_V Re_R Re_I	h_B h_V h_R h_I	B_c V_c R_c I_c	SB_{B_c} SB_{V_c} SB_{R_c} SB_{I_c}	$SB_{B_{25}}$ $SB_{V_{25}}$ $SB_{R_{25}}$ $SB_{I_{25}}$	R_{max} R_{min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
UGC05575	10 19 46.9	0.10	16.04	0.65	22.62	16.43	23.74	11.60	6.91	16.91	23.32	22.29	1.16
	22 35 42.0	0.44	15.38	0.47	21.87	15.60	23.38	11.61	6.92	16.23	22.64	21.62	33.66
		1356	14.97		21.37	15.08	23.14	12.14	7.24	15.74	22.21	21.25	
UGC05629	10 24 13.1	0.07	15.42	0.58	23.43	16.02	24.25	23.70	14.12	16.11	24.20	23.09	1.82
	21 02 59.0	0.81	14.84	0.52	22.79	15.18	23.94	22.97	13.69	15.52	23.59	22.47	61.38
		1166	14.47		21.52	14.69	23.49	22.74	13.55	15.12	22.98	22.06	
PGC1701087	10 27 13.5	0.05	16.79	0.27	21.92	16.91	23.39	5.83	3.47	17.58	22.46	21.49	0.51
	24 09 43.0	0.69	16.52	0.34	21.64	16.63	23.18	5.94	3.54	17.25	22.27	21.26	7.13
		1112	16.35		21.08	16.88	22.28	5.93	3.54	17.16	22.03	21.12	
			16.01		20.82	16.65	22.04	6.18	3.68	16.84	21.86	20.93	

поверхностные яркости в пределах уровня поверхностной яркости азимутально-усредненного профиля 25 зв.вел./кв.с; (9) эффективные радиусы (в угл. с), вмещающие половину светимости галактики, измеренные по кривой роста светимости галактики; (10) экспоненциальные масштабные длины (в угл. с); (11) интегральные звездные величины, соответствующие эффективным радиусам в каждом фильтре (зв.вел.); (12) медианные поверхностные яркости в пределах эффективных радиусов (зв.вел./кв.с); (13) модельные центральные поверхностные яркости (зв.вел./кв.с); (14) минимальный (1 строка) и максимальный (2 строка) радиусы ("), в пределах которых азимутально-усредненное распределение поверхностной яркости моделировалось экспоненциальным законом.

На рис.3 измеренные нами полные диаметры dLITS выборки (изолированные+Virgo) сравниваются с диаметрами для этих объектов на уровне поверхностной яркости в фильтре 25 зв.вел./кв.с, взятыми из HyperLeda. Видно, что наши диаметры в среднем в 2 раза больше таковых из HyperLeda на уровне изофот 25 зв.вел./кв.с. Этот результат вполне ожидаем, принимая во внимание глубину нашей поверхностной фотометрии.

В статье [23] сравнивались усредненные фотометрические характеристики, исправленные за Галактическую экстинкцию, для карликовых галактик разных морфологических типов в Местной группе (Dist < 1 Мпк) и Местном объеме Dist < 10 Мпк за пределами Местной группы: абсолютные величины, цвета и средние центральные поверхностные яркости в фильтре V, исправленные за

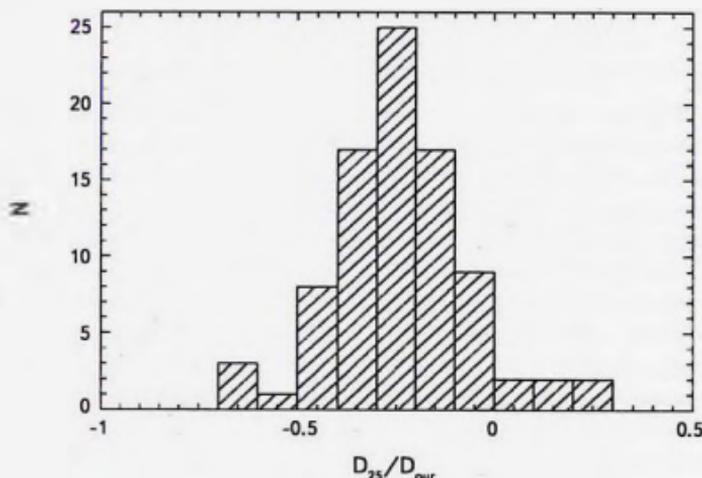


Рис.3. Распределение отношения диаметров из HyperLeda на уровне $SB = 25$ зв.вел./кв.с для dLITS к измеренным нами полным диаметрам данных галактик.

поглощение света в Галактике (SB_v). Оказалось, что средние фотометрические свойства dIgs в разных уголках Местной Вселенной очень похожи: $M_v = -12.93$ ($\sigma = 0.2$), $(V - I)_0 = 0.73$ ($\sigma = 0.2$), $(B - V)_0 = 0.47$ ($\sigma = 0.2$), $SB_v = 22.4$ ($\sigma = 0.7$). Это означает, что средние размеры, массы, плотности звезд и звездобразующих комплексов, уровни звездообразования в галактиках этого морфологического типа примерно одинаковы как в Местной группе, так и в Местном объеме, содержащем группы галактик и пустоты с единичными объектами в них.

Сравним фотометрические свойства двух наших выборок галактик со свойствами галактик Местного объема. Средние цвета и центральные поверхностные яркости галактик в окрестности скопления Девы: $(V - I)_0 = 0.75$ ($\sigma = 0.19$), $(B - V)_0 = 0.51$ ($\sigma = 0.13$), $SB_v = 22.16$ ($\sigma = 1.02$). Изолированные dIgs выборки имеют следующие средние характеристики: $(V - I)_0 = 0.66$ ($\sigma = 0.43$), $(B - V)_0 = 0.57$ ($\sigma = 0.16$), $SB_v = 22.82$ ($\sigma = 0.73$). Как видно, средние цвета, исправленные за поглощение, для dIgs в Местной Вселенной и ее окрестностях практически одинаковы. То есть, средняя интенсивность звездообразования у dIgs в разном окружении примерно одинакова. Средние центральные поверхностные яркости у изолированных объектов выборки значительно ниже (примерно в 2 раза), чем у dIgs Местной группы, Местного объема за пределами Местной группы и у dIgs нашей выборки в окрестности скопления Девы. Это означает, что изолированные dIgs выборки имеют более низкий, в среднем, градиент яркости от центра к краю. Если средние массы dIgs в разном окружении примерно одинаковы, то полученные нами более низкие яркости галактик в центре могут означать, что размеры изолированных dIgs выборки в среднем в 2 раза больше, чем у объектов этого морфологического типа в более плотном окружении.

4. Заключение. Представлены результаты поверхностной фотометрии и измерения структурных параметров для 30 изолированных dIgs из [3] и 90 dIgs в окрестности скопления Девы. Профили поверхностной яркости галактик аппроксимированы экспоненциальным законом.

Мы получили, что средние показатели цвета для изолированных объектов выборки и галактик в окрестностях скопления Девы хорошо согласуются с таковыми для dIgs Местной группы и Местного объема. Центральные поверхностные яркости изолированных галактик значительно ниже, чем у dIgs в более плотном окружении.

Как упоминалось во *Введении*, точные фотометрические расстояния до большинства галактик выборки не известны. Мы обнаружили, что размеры изолированных dIgs нашей выборки в среднем больше, чем у объектов этого морфологического типа в более плотном окружении. Измерение расстояний до объектов выборки поможет обнаружить новые представители семейства

так называемых ультра-диффузных галактик [24], характеризующихся эффективными радиусами $R_{\text{eff}} = 1.5 - 4.6$ кпк, абсолютными звездными величинами, типичными для карликовых галактик, и центральными поверхностными яркостями в видимом диапазоне слабее 24 зв. вел./кв.с.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект №14-12-00965). Автор благодарит Д.И.Макарова и И.Д.Карачевца за предоставление списка галактик в окрестности скопления Девы. В работе использованы данные Слоановского цифрового обзора неба (SDSS). SDSS - это объединенный проект университета Чикаго, Fermilab, Института Перспективных Исследований, японской участвующей группы, университета Джона Хопкинса, института астрономии Макса Планка (MPIA), института астрофизики Макса Планка (MPA), государственного института Нью Мехико, университета Принстона, Морской обсерватории США и университета Вашингтона. Обсерватория Алаче Пойнт, где расположены телескопы SDSS, управляется Астрофизическим Исследовательским Консорциумом (ARC). [The Sloan Digital Sky Survey (SDSS) is a joint project of the University of Chicago, Fermilab, the Institute for Advanced Study, the Japan Participation Group, the Johns Hopkins University, the Max-Planck-Institute for Astronomy (MPIA), the Max-Planck-Institute for Astrophysics (MPA), New Mexico State University, Princeton University, the United States Naval Observatory and the University of Washington. Apache Point Observatory, site of the SDSS telescopes, is operated by the Astrophysical Research Consortium (ARC).] Работа выполнена с использованием базы данных HyperLeda (<http://leda.univ-lyon1.fr>).

Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук,
e-mail: sme@sao.ru

SURFACE PHOTOMETRY OF DWARF IRREGULAR GALAXIES IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

M.E.SHARINA

We present the results of surface photometry of 90 dwarf irregular galaxies (dIRTS) in the wide vicinity of the Virgo cluster and of 30 isolated dIRTS. We use images of the Sloan Digital Sky Survey (SDSS). We obtained the following mean colours and central surface brightnesses for the galaxies in the two samples: $(V - I_0) = 0.75$ ($\sigma = 0.19$), $(B - I_0) = 0.51$ ($\sigma = 0.13$), $SB_V = 22.16$ ($\sigma = 1.02$) for dIRTS in the surroundings of the Virgo cluster; $(V - I_0) = 0.66$ ($\sigma = 0.43$), $(B - I_0)$

$= 0.57$ ($\sigma = 0.16$), $SB_V = 22.82$ ($\sigma = 0.73$) for isolated objects of our sample. The mean central surface brightnesses for the isolated galaxies of our sample is significantly lower than for dIrrs in denser environments. Average wide-band colors of dIrrs in various environments agree with the accuracy of ~ 0.2 mag.

Keywords: *galaxies: dwarf - galaxies: photometric parameters - galaxies*

ЛИТЕРАТУРА

1. *D.I.Makarov, P.Prugniel, N.Terekhova et al.*, *Astron. Astrophys.*, **570**, 13, 2014.
2. *I.D.Karachentsev, R.B.Tully, P.-F.Wu et al.*, *Astrophys. J.*, **782**, 4, 2014.
3. *V.E.Karachentseva, I.D.Karachentsev, M.E.Sharina*, *Astrophysics*, **53**, 462, 2010.
4. *V.E.Karachentseva, I.D.Karachentsev*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **127**, 409, 1998.
5. *V.E.Karachentseva, I.D.Karachentsev, G.M.Richter*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **135**, 221, 1999.
6. *I.D.Karachentsev, V.E.Karachentseva, W.K.Huchtmeier*, *Astron. Astrophys.*, **366**, 428, 2001.
7. *V.E.Karachentseva*, *Soobshch. Byurakan Obs.*, **39**, 6, 1968.
8. *P.Nilson*, *Acta Univ. Uppsala, Ser. V*, **1**, 1973.
9. *G.Paturel, P.Fouque, L.Bottinelli et al.*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **80**, 299, 1989.
10. *G.Paturel, C.Petit, P.Prugniel et al.*, *Astron. Astrophys.*, **412**, 45, 2003.
11. *J.Liske, D.J.Lemon, S.P.Driver et al.*, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **344**, 307, 2003.
12. *B.Bingelli, A.Sandage, G.A.Tammann*, *Astron. J.*, **90**, 1681, 1985.
13. *J.M.Schombert, G.D.Bothun*, *Astron. J.*, **95**, 1389, 1988.
14. *J.M.Schombert, G.D.Bothun, S.E.Schneider et al.*, *Astron. J.*, **103**, 1107, 1992.
15. *J.M.Schombert, R.A.Pildis, J.A.Eder*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **111**, 233, 1997.
16. *M.P.Haynes, R.Giovanelli, A.M.Martin et al.*, *Astron. J.*, **142**, 170, 2011.
17. *I.D.Karachentsev, D.I.Makarov, E.I.Kaisina*, *Astron. J.*, **145**, 101, 2013.
18. *M.E.Sharina et al.*, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **384**, 1544, 2008.
19. *M.E.Sharina, E.A.P'ina*, *Astron. Nachr.*, **334**, 773, 2013.
20. *K.Banse, P.Crane, P.Grosbol et al.*, *The Messenger*, **31**, 26, 1983.
21. *K.Jordi, E.K.Grebel, K.Annon*, *Astron. Astrophys.*, **460**, 339, 2006.
22. *G. de Vaucouleurs*, in *Flugge S., ed., Handbuch der Physik 53*. Springer-Verlag, Berlin, p.275, 1959.
23. *M.E.Sharina, V.E.Karachentseva, D.I.Makarov*, in *de Grijs, R. ed. IAU Symposium 289, Advancing the Physics of Cosmic Distances*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, p.236, 2013.
24. *P.G. van Dokkum, R.Abraham, A.Merriit et al.*, *Astrophys. J. Lett.*, **798**, L45, 2015.