

УДК 524.45-355

СПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГОЛУБЫХ КОМПАКТНЫХ
КАРЛИКОВЫХ ГАЛАКТИК В СКОПЛЕНИИ ДЕВЫ

Ю.И. ИЗOTOV, Н.Г.ГУСЕВА

Поступила 11 октября 1988
Принята к печати 23 января 1989

Представлены результаты спектральных наблюдений 28 голубых компактных карликовых галактик (BCDG) и кандидатов в BCDG в области скопления Девы. Из полного числа наблюдавшихся галактик 7 отнесены к BCDG. Получен ионный состав и содержание тяжелых элементов в галактиках с эмиссионными линиями. Показано, что все наблюдавшиеся галактики, принадлежащие скоплению Девы, относятся к одному типу галактик, находящихся на разных стадиях эволюции. Сделан вывод, что процесс звездообразования в них носит вспышечный характер.

1. Введение. Голубые компактные карликовые галактики или BCDG (Blue Compact Dwarf Galaxies) характеризуются активными процессами звездообразования, сравнимыми по темпам со спиральными галактиками. Спектральные наблюдения [1] показывают, что голубые компактные карликовые галактики бедны тяжелыми элементами. Некоторые BCDG, по-видимому, не содержат позднего населения звезд [2,3], что свидетельствует об их эволюционной молодости. Голубые компактные карликовые галактики имеют небольшие массы $M_T \sim 10^8 - 10^9 M_\odot$, со значительной долей (десятки процентов) газовой составляющей. Кроме того, BCDG не имеют сложной структуры, что позволяет использовать достаточно простые модели [4] при исследовании происхождения и химической эволюции этого типа галактик.

В данной работе приведены результаты спектральных наблюдений голубых компактных карликовых галактик в области скопления Девы, которые сравниваются с данными наблюдений тех же объектов в радиодиапазоне [5], а также с результатами расчетов моделей химической эволюции [4].

2. Наблюдения и обработка. В работе [6] приведен список 64 галактик из каталога VCC (Virgo Cluster Catalog), отнесенных к BCDG или к кандидатам в BCDG по морфологическим признакам — компактности и высокой поверхностной яркости. Для наблюдений были отобраны 28 галактик из 64, имеющих видимую величину $\leq 16^m.0$. Наблюдения проведе-

ны авторами совместно с В.А.Липовецким и А.И.Шаповаловой (САО АН СССР) в период с 7 по 9 марта 1988г. на сканере БТА САО АН СССР в спектральном диапазоне $\lambda\lambda$ 360-540 нм с дифракционной решеткой, имеющей дисперсию 10 нм/мм. Спектральное разрешение составляет 0.5нм. Первичная редукция наблюдений проводилась по стандартной методике, разработанной в САО АН СССР.

Таблица 1

СПИСОК НАБЛЮДАВШИХСЯ ГАЛАКТИК

№	VCC	Другие названия	α_{1950}	δ_{1950}	Тип [6]	$B_T[6]$	Принадлежность к скоплению
1	2	3	4	5	6	7	8
1	10	IC 3017	12°06'52"	+13°51'06"	BCD:	14.75	—
2	22		12 07 51	+12 26 54	BCD?	16.0	—
3	24		12 08 03	+12 02 18	BCD	14.95	M
4	102		12 11 35	+13 51 54	BCD or merger	15.04	—
5	144		12 12 44	+06 02 24	BCD	15.31	M
6	148		12 12 54	+15 31 24	BCD or S	15.3	—
7	172		12 13 28	+04 55 42	BCD:	14.5	—
8	202		12 14 03	+07 19 24	BCD?	16.0	—
9	213	IC 2094	12 13 23	+13 54 12	ds?/BCD?	14.44	M
10	281	UGC 7305	12 15 43	+14 01 36	dSO or BCD	15.3	M
11	324	UGC 7354 Mark 49	12 16 37	+04 08 00	BCD	14.78	—
12	340		12 16 49	+06 11 30	BCD or merger	14.43	—
13	380		12 17 20	+08 00 18	BCD	15.2	M
14	459		12 18 40	+17 54 54	BCD	14.95	M
15	468		12 18 46	+04 21 18	BCD?	16.0	—
16	513		12 19 25	+02 37 24	BCD?	15.1	—
17	541		12 19 45	+04 33 48	BCD	16.0	—
18	641		12 20 55	+06 05 36	BCD?	15.08	—
19	741		12 22 08	+04 00 12	BCD?	15.5	—
20	890		12 23 48	+06 56 42	BCD?	16.0	—
21	1174		12 26 46	+10 12 54	BCD?	15.5	—
22	1258		12 27 34	+16 39 06	BCD or merger	15.30	—
23	1262		12 27 39	+03 51 00	BCD?	15.1	—
24	1423		12 29 43	+03 16 30	BCD?	16.0	—
25	1437		12 30 01	+09 26 54	BCD	15.7	M
26	1572		12 32 02	+02 50 42	BCD	16.0	—
27	2033		12 43 33	+08 44 54	BCD	14.65	M
28	2096		12 50 55	+11 59 06	BCD or merger	15.8	—

В табл.1 приведен список наблюдавшихся галактик, где даны номер галактики по каталогу VCC и другим каталогам, экваториальные координаты на эпоху 1950.0, тип галактики, видимая звездная величина и принадлежность к скоплению Девы («M» — член скопления, «—» — предполагаемый член скопления) по данным [6].

3. Лучевые скорости и принадлежность к BCDG. Из 28 наблюдавшихся галактик эмиссионные линии зарегистрированы у 11 галактик. Для них гелиоцентрические скорости V_{\odot} определены по сильным эмиссионным лини-

ям H_{β} , [O III] 495.9нм, [O III] 500.7нм.

В табл. 2 приведены значения V_{\odot} , полученные для всей выборки по данным каталога [6], а также по радионаблюдениям в линии 21 см [5], оптическим наблюдениям [7] и результатам данной работы. Здесь же даны расстояния до галактик d и абсолютные звездные величины M_B . Для галактик с $-700 \text{ км/с} < V_{\odot} < +2700 \text{ км/с}$ принят модуль расстояния скопления Девы по работе [6] $m-M=31.7$ ($d=21.9 \text{ Мпк}$), для остальных галактик расстояние определялось по красному смещению с постоянной Хаббла $H_0=75 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$.

Таблица 2

ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКИЕ СКОРОСТИ ГАЛАКТИК V_{\odot}

VCC	V_{\odot} (км с ⁻¹)				d , (Мпк)	M_B	Принадлежность к BCDG
	[5]	[6]	[7]	Данная работа			
10	1944	1973			21.9	-17.0	-
22		1691			21.9	-15.7	-
24	1281	1289	1116	1288	21.9	-16.8	+
102							-
144	1960	2014		2008	21.9	-16.4	+
148		7934		7818	104.2	-19.8	-
172	2167	2175	2181		21.9	-17.2	-
202			14157		188.8	-20.4	-
213	-169	-154			21.9	-17.3	-
281		203	257		21.9	-16.4	-
324	1582	1524		1423	21.9	-16.9	+
340		1512			21.9	-17.3	-
380		3779			50.4	-18.3	-
459	2107	2108		1390	21.9	-16.8	+
468		1979			21.9	-15.7	-
513		1832			21.9	-16.6	-
541							-
641		906			21.9	-16.6	-
741		1861		2058	21.9	-16.2	+
890							-
1174							-
1258			9332	9362	124.8	-20.2	-
1262		5248		5348	71.3	-19.2	-
1423							-
1437	1576	1160		1203	21.9	-16.0	+
1572		1848			21.9	-15.7	-
2033	1486	1486	1629	1651	21.9	-17.1	+
2096				19567	260.9	-21.3	-

В данной работе приняты дополнительные по отношению к работе [6] критерии принадлежности галактик к BCDG: 1) абсолютная звездная величина $M_B \geq -17^m$; 2) наличие в спектре узких эмиссионных линий. В последней колонке табл. 2 отмечены галактики, отнесенные к BCDG по результатам данной работы.

Из галактик с эмиссионными линиями объекты VCC148, VCC1258, VCC1262 и VCC2096 имеют высокую светимость $M_B < -17^m$ и не относятся к голубым компактным карликовым галактикам. По лучевым скоростям их нельзя также отнести к членам скопления Девы. Галактика VCC2096 состоит из двух компонентов, имеющих одинаковую скорость по лучу

зрения и, по-видимому, является взаимодействующей галактикой.

По спектральным признакам к голубым компактным галактикам относятся объекты VCC24, 144, 324, 459, 741, 1437 и 2033. Однако в спектре галактики VCC1437 присутствуют сильные линии поглощения бальмеровской серии с эквивалентными ширинами ~ 1 нм, что существенно выше значений ~ 0.2 нм, типичных для областей ионизованного водорода [8]. По-видимому, в VCC 1437 область H II занимает небольшую долю галактики, в которой доминируют звезды спектральных классов B и A.

4. *Химический состав галактик и модели химической эволюции.* Результаты спектральных наблюдений галактик с эмиссионными линиями представлены в табл. 3, где приведены длины волн несмещенных линий, интенсивности эмиссионных линий в единицах интенсивности H_β , исправленные за галактическую экстинкцию, а в случае VCC 144 и VCC 324 — за внегалактическую экстинкцию, определенную из сравнения наблюдаемого и теоретического отношения интенсивностей линий H_γ и H_β . Для теоретических отношений интенсивностей линий H_γ и H_β брались значения, рассчитанные в рамках фотоионизационной модели (случай B в [14]). В 10-ой и 11-ой строчках приведены $EW(H_\beta)$ — эквивалентная ширина линии H_β в нм и $C_e(H_\beta)$ — логарифмическая экстинкция на длине волны H_β . Исправление эмиссионных линий бальмеровской серии за линии поглощения звездной составляющей галактик не производилось, поскольку эквивалентные ширины линий поглощения бальмеровской серии в BCDG существенно меньше эквивалентных ширин эмиссионных линий. Это подтверждается для галактик VCC144 и VCC324, у которых полученный бальмеровский декремент близок к теоретическому. Исключение составляет галактика VCC1437, где неучет линий поглощения приводит к завышению содержания тяжелых элементов. Для других нельзя сделать однозначного вывода о влиянии линий поглощения звезд на интенсивности эмиссионных линий из-за довольно сильной засветки Луной и малых интенсивностей линий H_γ и H_β .

Для определения электронной температуры T_e и концентрации частиц n_e в областях ионизованного водорода чаще всего используются соответственно отношения интенсивностей линий $[OIII] \frac{\lambda 436.3}{\lambda 495.9 + \lambda 500.7}$ и $[SII] \frac{\lambda 671.7}{\lambda 673.2}$. В данной работе спектры галактик получены только в области 350-530 нм. Ни в одной из галактик не зарегистрирована линия $[OIII] \lambda 436.3$. Поэтому при расчете ионного состава тяжелых элементов принято типичное для внегалактических областей ионизованного водорода значение $n_e = 10^2 \text{ см}^{-3}$, а электронная температура определялась по эмпирическому соотношению, полученному в [9].

В табл. 3 для галактик с эмиссионными линиями представлены элект-

Таблица 3

РЕЗУЛЬТАТЫ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГАЛАКТИК С ЭМИССИОННЫМИ ЛИНИЯМИ

	Галактика, VCC								
	24	144	148	324	741	1258	1437	2033	2096S
[OII] 373.7 _{нм}	4.67±0.64	3.42±1.01	2.70±0.36	1.56±0.44	2.10±0.36	2.53±0.47	2.70±0.31	5.60±0.49	1.66±0.29
[NeIII] 386.9		0.36±0.12		0.16±0.05					
[NeIII]+H7 396.8				0.16±0.05					
H _α 410.2		0.27±0.08		0.30±0.05					
H _γ 434.0		0.47±0.09		0.47±0.08					
HeI 447.2				0.06±0.01					
H _β 486.1	1.00±0.16	1.00±0.07	1.00±0.07	1.00±0.07	1.00±0.08	1.00±0.10	1.00±0.06	1.00±0.05	1.00±0.08
[OIII] 495.9	0.85±0.15	1.03±0.08	0.44±0.08	1.05±0.28	1.83±0.28	0.33±0.08	0.75±0.10	0.40±0.05	0.75±0.14
[OIII] 500.7	1.69±0.24	2.87±0.22	0.98±0.14	2.80±0.20	3.90±0.49	0.95±0.19	2.07±0.22	1.56±0.14	2.03±0.28
EW(H _β), нм	0.39	3.69	1.16	17.3	0.64	0.59	0.42	0.90	1.02
C(H _β)		0.43		0.66					
Te, K	10380±885	10440±890	8440±670	9386±775	10650±915	8170±640	9450±780	10680±920	8700±700
n _e , см ⁻³	100	100	100	100	100	100	100	100	100
(O ⁺⁺ /H ⁺) · 10 ⁵	6.10±4.21	17.3±9.10	6.93±4.92	12.5±6.70	12.6±8.20	7.10±5.99	9.19±5.71	4.28±2.49	12.2±8.70
(O ⁺ /H ⁺) · 10 ⁵	15.4±9.30	11.0±8.20	22.5±14.2	7.64±5.73	6.22±3.91	24.8±17.2	13.3±7.80	17.3±9.20	12.0±8.00
(Ne ⁺⁺ /H ⁺) · 10 ⁵		2.97±2.26		1.91±1.44					
12+lg(O/H)	8.33±0.27	8.45±0.27	8.47±0.28	8.30±0.27	8.28±0.28	8.50±0.32	8.35±0.26	8.33±0.24	8.38±0.30
12+lg(Ne/H)		7.75±0.33		7.32±0.33					

ронная температура T_e , ионные концентрации O^{++}/H^+ , O^+/H^+ и Ne^{++}/H^+ , а также содержание кислорода и неона. Полученные обилия кислорода для всех галактик в 2-4 раза меньше солнечного и типичны для BCDG. Среднее значение $12 + \lg \frac{O}{H}$ для наблюдавшихся в данной работе голубых компактных галактик равно 8.34 ± 0.06 . В областях ионизованного водорода, расположенных в галактиках VCC148, VCC1258 и VCC2096S, имеющих большую светимость и не относящихся к BCDG, электронная температура существенно ниже, чем в голубых компактных карликовых галактиках, из-за большего содержания кислорода (среднее значение $12 + \lg \frac{O}{H} = 8.45 \pm 0.06$).

В работе [4] на основе оптических и радиоданных проведено сравнение наблюдаемых характеристик голубых компактных карликовых галактик и гигантских областей ионизованного водорода в неправильных галактиках с характеристиками, полученными из моделей химической эволюции. Рассматривались простые модели химической эволюции галактик с постоянной массой и с неизменяющимся с течением времени темпом звездообразования. Было показано, что для BCDG и неправильных галактик содержание тяжелых элементов увеличивается с ростом полной массы галактики M_T и уменьшается с увеличением отношения массы газа M_g к полной массе M_T . Найдено хорошее согласие между наблюдаемыми характеристиками галактик и модельными расчетами.

Рассмотрим, в какой степени модели химической эволюции, рассчитанные в [4], соответствуют результатам данной работы. В табл.4 приведены интегральные характеристики галактик по оптическим и радиоданным. Здесь $A(0)$ — линейный диаметр галактики, полученный из приведенного в [6] углового диаметра, M_H/M_\odot и M_T/M_\odot — масса водорода и полная масса галактики в массах Солнца, определенные в соответствии с [10].

Результаты наблюдений в линии 21 см атомарного водорода приведены в [5]. L/L_\odot — светимость галактики в светимостях Солнца, Z — содержание тяжелых элементов, определенное по содержанию O.

При расчете Z принято, что кислород по массе составляет 45% от полного содержания тяжелых элементов [4]. Звездочками отмечены галактики, не относящиеся к скоплению Девы. Средние значения величин, приведенные в табл.4, рассчитаны только для галактик из скопления Девы.

Как следует из табл.4, средние интегральные характеристики галактик с эмиссионными линиями и галактик без признаков эмиссии практически не отличаются.

Значения M_H/L и M_T/L близки к величинам, характерным для галактик со вспышками звездообразования и спиральных галактик поздних

типов [11]. Отсутствие различий между интегральными характеристиками галактик с эмиссионными линиями и без них свидетельствует о том, что это один класс объектов, находящихся на разных этапах эволюции. Процесс

Таблица 4

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЛАКТИК

VCC	A(O), ипк	M_H/M_\odot	M_T/M_\odot	M_H/M_T	L/L_\odot	$\lg \frac{M_H}{L}$	$\lg \frac{M_T}{L}$	$Z \cdot 10^3$
-----	--------------	---------------	---------------	-----------	-------------	---------------------	---------------------	----------------

а) Галактики с эмиссионными линиями

24	4.94	$4.0 \cdot 10^7$	$6.74 \cdot 10^7$	0.059	$8.17 \cdot 10^7$	-0.31	0.92	(6.08 ± 3.79)
144	2.86	$2.6 \cdot 10^7$	$1.77 \cdot 10^7$	0.147	$5.65 \cdot 10^7$	-0.33	0.50	(8.00 ± 4.88)
148*	11.0	$3.1 \cdot 10^7$	$6.81 \cdot 10^7$	0.451	$1.29 \cdot 10^8$	-0.62	-0.28	(8.40 ± 5.46)
324	7.48	$2.57 \cdot 10^7$	$9.50 \cdot 10^7$	0.271	$8.95 \cdot 10^7$	-0.54	0.03	(5.67 ± 3.49)
459	4.02	$2.79 \cdot 10^7$	$2.22 \cdot 10^7$	0.126	$8.17 \cdot 10^7$	-0.47	0.43	
741	4.02	$1.83 \cdot 10^7$	$2.07 \cdot 10^7$	0.088	$4.70 \cdot 10^7$	-0.41	0.64	(5.42 ± 3.47)
1258*	13.2	$2.18 \cdot 10^7$			$1.87 \cdot 10^8$	< -0.93		(8.96 ± 6.50)
1262*	11.1	$1.92 \cdot 10^7$	$9.65 \cdot 10^7$	0.199	$7.45 \cdot 10^7$	-0.59	0.11	
1437	2.66	$1.50 \cdot 10^7$	$5.67 \cdot 10^7$	0.260	$3.91 \cdot 10^7$	-0.42	0.17	(6.37 ± 3.84)
2033	3.42	$4.63 \cdot 10^7$	$2.09 \cdot 10^7$	0.222	$1.08 \cdot 10^8$	-1.37	-0.71	(6.08 ± 3.29)
2096	30.2	$3.53 \cdot 10^7$			$5.15 \cdot 10^8$	< -1.16		(6.82 ± 4.71)
среднее		$2.25 \cdot 10^7$	$2.08 \cdot 10^7$	0.168	$7.19 \cdot 10^7$	-0.57	0.29	6.27

б) Галактики без эмиссионных линий

10	5.18	$2.74 \cdot 10^8$	$5.54 \cdot 10^8$	0.050	$9.38 \cdot 10^8$	-0.53	0.77	
22	1.16	$5.22 \cdot 10^7$	$2.10 \cdot 10^8$	0.249	$2.97 \cdot 10^8$	-0.76	-0.15	
172	6.83	$5.41 \cdot 10^8$	$4.50 \cdot 10^8$	0.120	$1.18 \cdot 10^9$	-0.34	0.58	
202*	13.8	$3.78 \cdot 10^8$			$2.21 \cdot 10^{10}$	< -0.77		
213	4.61	$1.37 \cdot 10^8$	$2.21 \cdot 10^8$	0.062	$1.25 \cdot 10^9$	-0.96	0.25	
281	0.057	$6.28 \cdot 10^7$	$1.42 \cdot 10^7$		$5.66 \cdot 10^8$	-0.95		
340	5.68	$3.09 \cdot 10^8$	$1.48 \cdot 10^8$	0.209	$1.26 \cdot 10^9$	-0.61	0.070	
380*	13.1	$1.03 \cdot 10^9$	$6.47 \cdot 10^8$	0.159	$3.29 \cdot 10^9$	-0.50	0.29	
468	2.54	$1.46 \cdot 10^8$	$2.63 \cdot 10^8$	0.555	$2.97 \cdot 10^8$	-0.31	-0.053	
513	3.42	$3.05 \cdot 10^7$	$1.42 \cdot 10^8$	0.022	$6.81 \cdot 10^8$	-1.35	0.32	
641	3.42	$1.28 \cdot 10^8$	$1.37 \cdot 10^8$	0.093	$6.93 \cdot 10^8$	-0.73	0.30	
1572	4.61	$1.87 \cdot 10^8$	$3.17 \cdot 10^8$	0.590	$2.97 \cdot 10^8$	-0.20	0.028	
среднее		$1.87 \cdot 10^8$	$1.92 \cdot 10^8$	0.145	$7.46 \cdot 10^8$	-0.67	0.24	

звездообразования в этих галактиках носит вспышечный характер. Галактики с эмиссионными линиями наблюдаются в период вспышки звездообразования, тогда как галактики без признаков эмиссий находятся в спокойном состоянии в период между вспышками. Интегральные характеристики галактик $M_H/M_\odot, M_T/M_\odot, L/L_\odot$, по-видимому, не связаны с текущей скоростью звездообразования.

В работе [4] показано, что для голубых компактных карликовых

галактик и гигантских областей ионизованного водорода в неправильных галактиках существует тесная корреляционная связь между содержанием тяжелых элементов Z и полной массой галактики M_T . Такая же зависи-

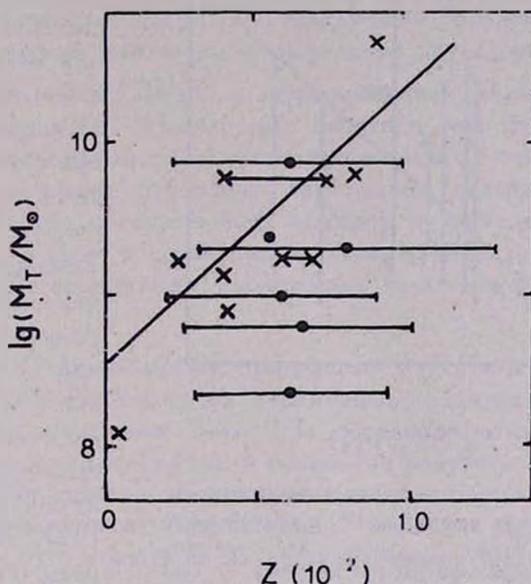


Рис.1. Зависимость полной массы галактики M_T/M_\odot от содержания тяжелых элементов Z . Точками нанесены галактики, наблюдавшиеся в данной работе, крестиками - данные работы [4]. Прямая линия — зависимость $\lg(M_T/M_\odot) - Z$, полученная в [4].

мость существует для эллиптических галактик и галактик Местной группы; обилие тяжелых элементов увеличивается с ростом массы галактики, что указывает на более эффективный процесс звездообразования в массивных системах. На рис.1 представлена зависимость $\lg \frac{M_T}{M_\odot}$ от Z для голубых компактных карликовых галактик из скопления Девы. Здесь же для сравнения приведены данные из работы [4]. Как видно из рис.1, галактики из скопления Девы не укладываются на зависимость $\lg M_T/M_\odot - Z$, а лежат систематически ниже кривой, полученной в [4]. Возможными причинами расхождения результатов данной работы с [4] могут быть следующие: 1) неопределенность в расстояниях до галактик, а следовательно, в массах галактик; 2) неопределенности в химическом составе; 3) влияние скопления галактик на эволюцию BCDG.

Рассмотрим подробнее возможные источники неопределенностей.

1) Как уже отмечалось выше, при определении расстояния до голу-

бых компактных галактик в Деве был принят модуль расстояния $m-M=31.7$. Для того, чтобы галактики в Деве хорошо укладывались на зависимость, полученную в [4], необходимо увеличить расстояние до них

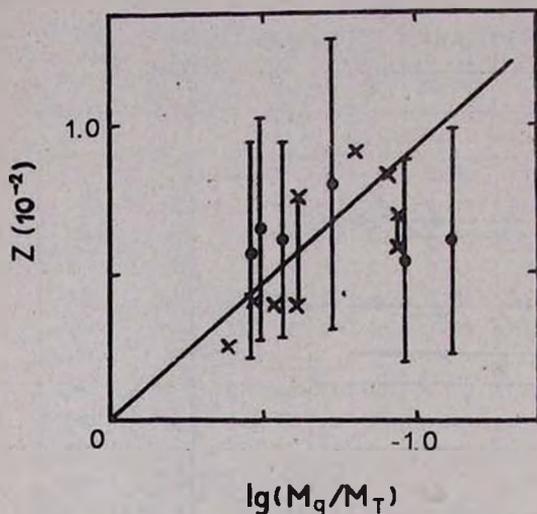


Рис.2. Зависимость содержания тяжелых элементов Z от отношения массы газа M_g к полной массе галактики M_T . Точки — данные для галактик, наблюдавшихся в данной работе, крестики — данные [4]. Прямой нанесена зависимость, полученная в [4].

для окончательного решения этого вопроса необходимо получение спектрограмм с лучшим отношением сигнал/шум для слабых линий. 3) Возможной причиной различий BCDG в скоплении и вне его может быть воздействие скопления на эволюцию голубых компактных галактик, связанное, во-первых, с потерей массы галактикой при ее движении в скоплении, и, во-вторых, с наличием триггерных механизмов в скоплении, приводящих к инициации процессов звездообразования. Такими механизмами могут быть повышенное внешнее газовое давление в скоплении или приливные возмущения со стороны других галактик.

Наконец, в [4] было отмечено, что в относительно непроэволюционировавших системах, таких как BCDG, должна существовать монотонная зависимость между содержанием первичных продуктов нуклеосинтеза, таких, как кислород, и отношением массы газа M_g к полной массе галактики M_T . На рис.2 представлена зависимость между Z и $\lg M_g/M_T$ для голубых компактных карликовых галактик в Деве. Для сравнения приведены данные из работы [4]. Отметим, что при определении массы газа M_g

в ~ 4 раза, что не подтверждается наблюдениями. 2) Возможно существуют систематические расхождения между данной работой и [4] в определении химического состава Z , связанные с отличающимися методами в определении электронной температуры T_e . Температура T_e , определяемая в данной работе по суммарной интенсивности линий OII и OIII для галактик с малым Z , оказывается ниже, чем температура, полученная по отношению интенсивностей линий OIII [12]. А это, в свою очередь, приводит к увеличению содержания кислорода в первом случае. Однако

учтена масса гелия так, что $M_g = 1.25M_H$. Из рис.2 видно, что результаты данной работы удовлетворительно согласуются с полученными в [4] (точки лежат в пределах разброса данных из работы [4]). Это позволяет оценить выход тяжелых элементов, определяемый отношением количества тяжелых элементов, синтезируемых и выброшенных в межзвездную среду одним поколением звезд, к массе этих звезд и их остатков. Эта величина получена в [4] и равна $P = 0.004 \pm 0.001$. Наилучшим образом ей соответствует модель химической эволюции с начальной функцией масс звезд $\Psi(M) = 0.56M^{-2}$ (для $M \geq 1.8M_\odot$), с использованием моделей эволюции звезд с потерей массы [4]. Необходимо отметить, что на рис.2 точкам больше соответствует прямая параллельная оси абсцисс, что может свидетельствовать о постоянстве химсостава при разных содержаниях газа в галактиках. Однако для окончательных выводов нужны дополнительные наблюдения BCDG в Деве и сравнение их характеристик с результатами наблюдений голубых компактных карликовых галактик, расположенных вне скопления.

5. Заключение. В данной работе приведены результаты спектральных наблюдений 28 голубых компактных карликовых галактик и кандидатов в BCDG в области скопления Девы. На основании этих наблюдений, анализа интегральных характеристик и сравнения результатов с моделями химической эволюции сделаны следующие выводы:

1. Из 28 наблюдавшихся галактик лишь 11 галактик имеют в спектрах эмиссионные линии, что указывает на недостаточность выделения BCDG только по морфологическим признакам, проведенного в [6]. Из общего числа галактик с эмиссионными линиями 7 отнесены к голубым компактным карликовым галактикам в скоплении Девы.

2. Сравнение интегральных характеристик — светимости L , массы водорода M_H , полной массы M_T , а также M_H/M_T , M_H/L , M_T/L показывает, что голубые компактные карликовые галактики и галактики без признаков эмиссии в скоплении Девы не различаются по своим характеристикам. Следовательно, все наблюдавшиеся галактики в скоплении Девы относятся к одному типу объектов, находящихся на разных стадиях эволюции.

Процесс звездообразования в этих системах носит вспышечный характер. Галактики с эмиссионными линиями, отнесенные к голубым компактным карликовым галактикам, наблюдаются на стадии активного звездообразования, тогда как галактики без признаков эмиссий находятся на стадии между вспышками звездообразования. Интегральные характеристики галактик — светимость в оптическом диапазоне L , масса газа M_H , полная масса галактики M_T и их отношения не являются характеристиками темпов звездообразования.

3. В отличие от результатов работы [4] для голубых компактных

карликовых галактик в скоплении Девы не обнаружена зависимость между полной массой галактики M_T и содержанием тяжелых элементов Z . Приводятся возможные причины различий результатов данной работы и [4].

Авторы благодарны В.А.Липовецкому за ряд полезных замечаний.

Главная астрономическая
обсерватория АН УССР

SPECTROPHOTOMETRICAL STUDY OF THE BLUE COMPACT DWARF GALAXIES IN THE VIRGO CLUSTER

YU. I. IZOTOV, N. G. GUSEVA

The spectrophotometrical study of 28 blue compact dwarf galaxies (BCDGs) and candidates to BCDGs in the region of Virgo cluster are presented. Seven of the full galaxy number are attributed to BCDGs. The ionic chemical abundances and heavy element content in the emission line galaxies are derived. All observed galaxies which belong to Virgo cluster are of the same type of galaxies on different stages of evolution. The star formation in observed galaxies are shown to be in bursts.

ЛИТЕРАТУРА

1. *D.Kunth*, Sci. Rep. Tohoku Univ., Eight ser., 7, 353, 1987.
2. *D.Kunth, J.M.Martin, S.Maurogordato, L.Vigroux*, STAR-forming Dwarf Galaxies and Related Objects: Proc. Workshop, Paris, 89, 1986.
3. *H.H.Loose, T.X.T.Thuan*, Star-forming Dwarf Galaxies and Related Objects: Proc. Workshop, Paris, 73, 1986.
4. *J.Lequeux, M.Peimbert, J.F.Rayo, A.Serrano, S.Torres-Peimbert*, Astron. and Astrophys., 80, 155, 1979.
5. *G.L.Hoffman, G.Helow, E.E.Salpeter, J.Glosson, A.Sandage*, Astrophys. J. Suppl. Ser., 63, 247, 1987.
6. *B.Bingelli, A.Sandage, G.A.Tammann*, Astron. J., 90, 1681, 1985.
7. *R.E.Schulte-Ladbeck*, Mitt. Astron. Ges., N67, 385, 1986.
8. *M.L.McCall, P.M.Rybski, G.A.Shields*, Astrophys. J. Suppl. Ser., 57, 1, 1985.
9. *B.E.J.Pagel, M.G.Edmunds, D.E.Blackwell, M.S.Chun, G.Smith*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 189, 95, 1979.
10. *L.E.Davis, E.R.Seaquist*, Astrophys. J. Suppl. Ser., 53, 269, 1983.
11. *J.M.Jackson, A.H.Barrett, J.T.Armstrong, P.T.P.Ho*, Astron. J., 93, 531, 1987.
12. *G.Stasinska, G.Comte, L.Vigroux*, Astron. and Astrophys., 154, 352, 1986.
13. *D.K.Milne, L.H.Aller*, Astron. J., 85, 17, 1980.
14. *L.H.Aller*, Physics of Thermal Gaseous Nebulae, D.Reidel, 1984.
15. *J.Zamorano, M.Rego*, Astron. and Astrophys., 170, 31, 1986.
16. *J.Zamorano, M.Rego*, Astron. and Astrophys. Suppl. Ser., 62, 173, 1985.
17. *J.Audouze, J.Lequeux, M.Levy, A.Vidal-Madjar*, Diffuse Matter in Galaxies, Cargese, France, 1982.