

УДК 524.1—13

## СПЕКТРАЛЬНОЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛАКТИК С UV-ИЗБЫТКОМ. V

М. А. КАЗАРЯН

Поступила 17 марта 1983

Принята к печати 15 октября 1983

Приводятся результаты спектрального и морфологического исследования галактик № 198 и 199 из списка [1]. Определены массы галактики № 199 и ее газовой составляющей, которые равны  $6.4 \cdot 10^8 M_{\odot}$  и  $3.2 \cdot 10^4 M_{\odot}$  соответственно. Установлены зависимости между абсолютными звездными величинами,  $M_{rg}$ , и линейными диаметрами,  $D$ , сверхассоциаций, а также их поверхностными яркостями,  $m_{rg}/\square''$  и  $D$ .

1. *Введение.* Целью настоящей работы является спектральное и морфологическое исследование двух галактик с UV-избытком, составляющих двойную систему, которые в списке [1] имеют порядковые номера № 198 и 199. Первая из них — галактика NGC 6636. Результаты таких же исследований, относящиеся к пятнадцати галактикам из списков [1—3], опубликованы в [4—10].

Прямые снимки галактик № 198 и 199 были получены в первичных фокусах 2.6-м и 6-м телескопов Бюраканской обсерватории и САО АН СССР в августе 1977 г. и в июне 1978 г. Экспозиции обоих снимков 10 мин. Масштабы оригинальных снимков приблизительно равны 20" и 8."6 на 1 мм соответственно.

Спектры этих галактик были получены 1 и 3 июня 1978 г. на 6-м телескопе САО АН СССР со спектрографом СП-160 в сочетании с ЭОП М9ЦВ с дисперсией 65 А/мм. Спектры получены на пленке Кодак 103а-0. Были получены 4 спектрограммы, две из них охватывают область  $\lambda\lambda$  7200—5800 А, одна — 6200—4800 А и одна — 5100—3600 А. При получении каждого из этих спектров щель спектрографа имела ширину около 1."3 и проходила через № 199 и яркую центральную часть № 198. Экспозиции первых двух спектров были 15 и 40 мин, а остальных — 20 и 15 мин соответственно.

2. *Морфологическая структура.* На рис. 1 приведена репродукция снимка, полученного на 6-м телескопе. Из нее видно, что центральная часть

галактики № 198 имеет сложную, неправильную структуру. Эта более яркая часть расщеплена на 4 сгущения, размеры и внешние формы которых разные. Они на рис. 1 обозначены через I, II, III и IV. Сгущение I примерно сферическое с диаметром 2."6, а II, III и IV — иррегулярные, с размерами 3×8", 1.5×6" и 4×8" соответственно.

Поэтому можно констатировать, что хотя общий вид галактики говорит в пользу обозначения ее как SBc, все же она, исходя из строения ее центральной части, может считаться иррегулярной. Ее размеры 15×110".

В [11] отмечается, что галактика № 198 = NGC 6636 имеет морфологический тип SBc и составляет пару с голубой соприкасающейся галактикой № 199. В [12] отмечается, что NGC 6636 составляет плоскую систему и связана с галактикой № 199, которая является галактикой типа N. № 199 находится в северо-восточной части галактики № 198 и связана с ней областями слабой яркости. Расстояния сгущений I, II, III и IV галактики № 198 от № 199 составляют примерно 16", 21", 27" и 29" соответственно. Галактика № 199 на картах Паломарского атласа не отличается от звезды. На снимках, полученных на 2.6-м и 6-м телескопах, она компактная, с диаметром 4."4. Вокруг нее наблюдается слабое и несимметричное гало с размерами 9.5×13".

3. *Описание спектров.* На рис. 2 приведена репродукция спектра, которая охватывает область  $\lambda$  7200—5800 Å. На ней хорошо видны эмиссионные линии обеих галактик, сверху располагается спектр галактики № 199, а снизу — № 198.

В спектрах галактики № 198 наблюдаются эмиссионные линии [N II]  $\lambda$  6584/48, H $\alpha$ , [O III]  $\lambda$  5007, 4959 и H $\beta$ . Коротковолновая часть спектра № 198 была недодержана, поэтому на ней линии не видны. Эмиссионные линии H $\alpha$  и [N II]  $\lambda$  6584 по высоте можно разделить на три части, которые отличаются друг от друга по яркости. Самая яркая часть изображает сгущение II, часть умеренной яркости — сгущение IV и самая слабая часть — область, находящуюся между сгущением II и галактикой № 199. Высота линии H $\alpha$  составляет примерно 30".

Красное смещение галактики № 198, определенное нами по вышеотмеченным линиям, равно  $z = 0.0143 \pm 0.0001$ . Абсолютная звездная величина галактики № 198 примерно равна  $M_{pg} \approx -19^m7$ . При ее определении постоянная Хаббла была принята  $H = 75$  км/с Мпс, а интегральная фотографическая величина,  $m_{pg} = 14^m2$ , была взята из каталога Цвикки [11].

В спектрах галактики № 199 наблюдаются эмиссионные линии [S II]  $\lambda$  6731/17, [N II]  $\lambda$  6584/48, H $\alpha$ , [O III]  $\lambda$  5007, 4959, H $\beta$  и [O II]  $\lambda$  3727. Высота линий галактики № 199 больше, чем диаметр ее ксм-

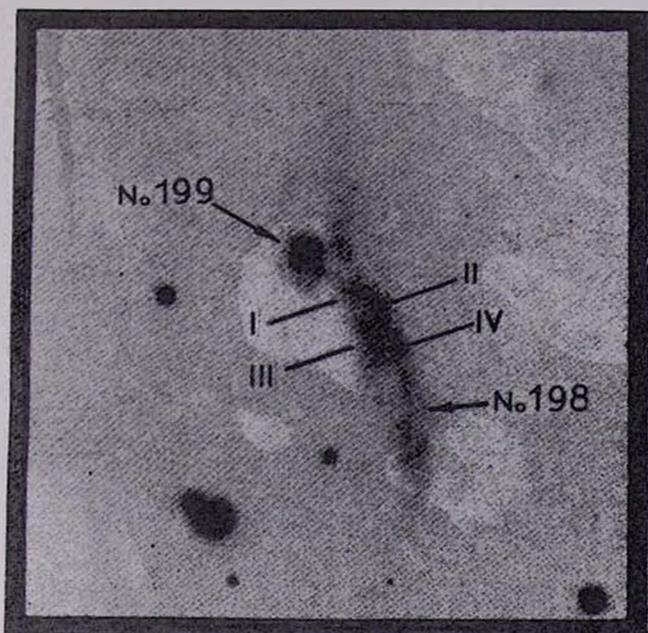


Рис. 1. Репродукция снимка галактик № 198 и 199, полученного на 6-м телескопе  
САО АН СССР, масштаб  $1 \text{ мм} \approx 1.''8$ .

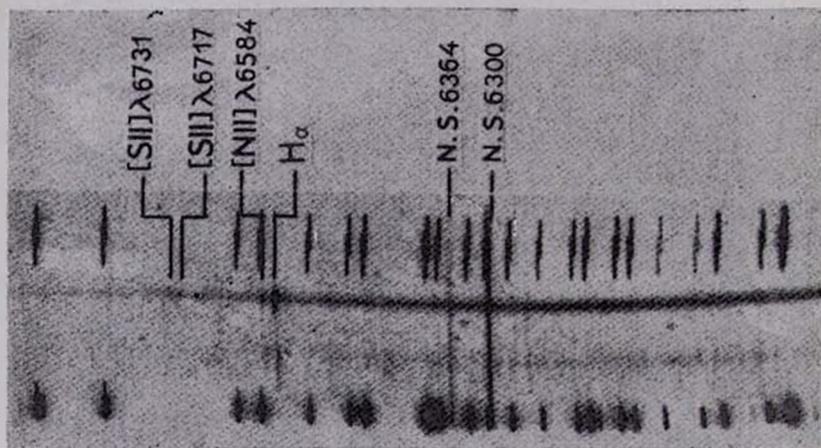


Рис. 2. Репродукция спектров галактик № 198 и 199 (сверху располагается спектр галактики № 199), полученных на 6-м телескопе САО АН СССР.

К ст. М. А. Казаряна

пактной части, например, у линии  $H_{\alpha}$  она больше примерно в 2.5 раза. Красное смещение галактики № 199, определенное по этим линиями, на 300 км/с больше такового галактики № 198, т. е.  $z = 0.0153 \pm 0.0001$ . Абсолютная величина  $M_{\text{H}\alpha} \approx -18^{\text{m}}8$ . При ее определении значение величины  $m_{\text{H}\alpha}$  было взято из [1].

4. *Эквивалентные ширины и относительные интенсивности эмиссионных линий.* В табл. 1 приведены эквивалентные ширины и относительные интенсивности эмиссионных линий галактик № 198 и 199. Для определения спектральной чувствительности системы в качестве стандарта была выбрана звезда BD + 28°4211, распределение энергии в спектре которой известно [13].

Таблица 1

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ И ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ  
ИНТЕНСИВНОСТИ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ

Ион	$\lambda_0$	№ 198		№ 199	
		$W_{\lambda}$ (А)	$I_{\lambda}/I_{H_{\beta}}$	$W_{\lambda}$ (А)	$I_{\lambda}/I_{H_{\beta}}$
[S II]	6731			7.5	0.62
[S II]	6717			6.4	0.57
[N II]	6584	13.7	1.3	18.3	3.12
$H_{\alpha}$	6563	24.3	3.45	34.7	5.04
[N II]	6548	5.0	0.5	5.9	1.01
[O III]	5007	11.0	0.91	18.1	2.45
[O III]	4959	3.2	0.29	4.9	0.76
$H_{\beta}$	4861	7.9	1.00	8.1	1.0
[O II]	3727			9.9	2.60

5. *Определение электронной концентрации, масса газовой составляющей и масса галактики № 199.* Электронная концентрация газовой составляющей галактики № 199 определяется при помощи отношения интенсивностей линий [S II]  $\lambda\lambda$  6717 и 6731,  $R = I_{6717}/I_{6731}$ . По данным табл. 1 определяется значение  $R = 0.92$ . Используя теоретическую зависимость между  $R$  и  $n_e$ , которая дана в [14], для  $T_e = 10\ 000$  К была определена электронная концентрация,  $n_e = 1580$  см<sup>-3</sup>. Масса газовой составляющей галактики № 199 равна  $M_{\text{газ.}} = n_e m_H V_{\text{эф}}$ , где эффективный объем газа,  $V_{\text{эф}} = \frac{4\pi r^2 F_{\text{набл.}}(H_{\beta})}{E(H_{13})}$ .  $F_{\text{набл.}}(H_{\beta})$ , определяется по эквивалентной ширине  $H_{\beta}$ , а  $E(H_{\beta})$  — посредством электронной концентрации и температуры (принимается  $T_e = 10\ 000$  К),  $r$  — расстояние галактики. Значения первых двух величин будут  $F_{\text{набл.}}(H_{\beta}) =$

$= 1.53 \cdot 10^{-14}$  эрг/см<sup>2</sup> с,  $E(H\beta) = 3.06 \cdot 10^{-19}$  эрг/см<sup>2</sup> с, а  $V_{\text{eff}} = 2.3 \cdot 10^{28}$  см<sup>3</sup>. Если предполагать, что газовая составляющая в галактике имеет форму шара, то его радиус  $R_{\text{гн}} = 5.7$  пс. Тогда  $\mathfrak{M}_{\text{газ}} = 3.2 \cdot 10^4 \mathfrak{M}_{\odot}$ .

Эмиссионные линии галактики № 199 наклонены, что является результатом ее вращения. По этому наклону вычислена линейная скорость вращения галактики, которая примерно равна 130 км/с на расстоянии 5."5 или 1640 пс от ее центра. По этому значению скорости вращения можно оценить массу галактики по формуле  $\mathfrak{M} = RV^2/G$ , где  $R$  — линейное расстояние от центра галактики до места определения скорости вращения  $V$ ,  $G$  — гравитационная постоянная. С учетом этих данных получается  $\mathfrak{M} = 6.4 \cdot 10^8 \mathfrak{M}_{\odot}$ .

По значениям  $M_{\text{рл}}$  и  $D$  можно оценить также отношение  $\mathfrak{M}/L$  для галактики № 199, которое оказывается равным  $\mathfrak{M}/L = 3.5 \mathfrak{M}_{\odot}/L_{\odot}$ .

6. Сравнение абсолютных звездных величин и линейных размеров сгущений I—IV галактики № 198 с таковыми величинами сверхассоциаций, наблюдаемых в других галактиках. На основе измерений прямого снимка, полученного на 6-м телескопе, были определены фотографические звездные величины сгущений I—IV. При этом были использованы звездные величины окружающих звезд, определенные на основе их глазомерных оценок на голубой карте Паломарского атласа. Естественно, выведенные таким образом звездные величины сгущений являются грубыми и нуждаются в уточнении.

В табл. 2 приведены значения полученных таким образом фотографических величин для сгущений I—IV галактики № 198, а также для сверхассоциаций, наблюдаемых в галактиках № 26, 212, 346 и 460 с UV-избытком. Номера этих галактик являются их порядковыми номерами, приведенными в списках [1—3, 15]. Фотографические величины этих сверхассоциаций грубые, так как они также определялись нами глазомерно на основе снимков, полученных на 2.6-м (№ 26, 212 и 346) и 6-м (№ 460) телескопах, и голубых карт Паломарского атласа. В табл. 2 приведены также абсолютные фотографические величины, поверхностные яркости, угловые и линейные размеры как для сгущений I—IV, так и для сверхассоциаций. Угловые размеры этих объектов были определены при помощи пластинок, полученных на 2.6-м и 6-м телескопах.

Данные об абсолютных величинах и линейных диаметрах сверхассоциаций и сгущений I—IV были нанесены на рис. 3а, а поверхностных яркостей и линейных диаметров — на рис. 3б. На этих рисунках были нанесены подобные же данные для 25 сверхассоциаций, исследованных Р. К. Шахбазян [16].

Размеры сверхассоциаций, не имеющих круглой формы, в табл. 2 и в [16] задаются двумя величинами. Для каждого из этих объектов вместо

их размеров на рис. 3а и б было нанесено среднее геометрическое из двух размеров.

Таблица 2

ДАННЫЕ О СВЕРХАССОЦИАЦИЯХ, НАБЛЮДАЕМЫХ В ГАЛАКТИКАХ  
С UV-ИЗЫТКОМ

№ галактики	№ сверхассоциаций	$m_{pg}$	$M_{pg}$	Угловые размеры	$m_{pg}/\square''$	Линейные размеры (кпс)
26	I	16 <sup>m</sup> .4	-17 <sup>m</sup> .3	4.8"	20 <sup>m</sup> .2	1.06-2.12
	II	18.2	-15.5	5	21.5	1.33
198	I	19.0	-14.8	2.6	20.7	0.72
	II	17.4	-16.4	3.8	20.6	1.55
	III	18.4	-15.4	1.5-6	20.8	0.94
	IV	17.2	-16.6	4.8	21.0	1.77
212	I	16.2	-14.9	6.7	20.3	0.48-0.56
	II	16.5	-14.6	6	20.1	0.48
	III	17.0	-14.1	3.6-5	20.1	0.29-0.40
346	I	18.3	-15.8	3.7-8	21.7	2.20-0.84
	II	19.1	-15.0	4.3	22.0	1.21
	III	18.7	-15.4	4.2	21.6	1.18
	IV	18.7	-15.4	4	21.4	1.13
	V	19.0	-15.1	3.2	21.3	0.90
	VI	19.4	-14.7	3.1	21.5	0.86
	VII	19.6	-14.5	2.6	21.3	0.73
460	I	17.5	-15.8	5.2	20.8	1.15
	II	17.8	-15.5	4.3	20.7	0.95
	III	18.7	-14.6	3.4	21.1	0.75
	IV	18.2	-15.1	4.3	21.1	0.95
	V	18.0	-15.3	4.3	20.9	0.95
	VI	18.7	-14.6	3.4	21.1	0.75

На рис. 3а и б крестики представляют данные Р. К. Шахбазян, кружочки — наши данные для сгущений I—IV галактики № 198, точки — наши данные о сверхассоциациях в других галактиках, треугольник — 30 Doradus.

Из рис. 3а видно, что есть зависимость между  $M_{pg}$  и  $D$ , а из рис. 3б — между  $m_{pg}/\square''$  и  $D$ , хотя разброс точек на них довольно велик. Такой разброс, по всей вероятности, является результатом грубых оценок звездных величин сверхассоциаций, исследованных нами, и размеров сверхассоциаций, изученных Р. К. Шахбазян, так как звездные величины для пер-

вой группы объектов определены глазомерно, а размеры второй группы объектов измерены на пластинках, масштабы которых малы. Предполагая, что зависимости между  $M_{pg}$  и  $D$  и  $m_{pg}/\square''$  и  $D$  имеют линейный характер и применяя способ наименьших квадратов относительно табличных значений  $M_{pg}$ ,  $m_{pg}/\square''$  и  $D$ , были определены коэффициенты уравнений для этих зависимостей. При вычислении коэффициентов использовались данные  $M_{pg}$ ,  $m_{pg}/\square''$  и  $D$  для всех 47 объектов. Уравнения имеют следующий вид:

$$M_{pg} + 1.53 D + 13.87 = 0, \quad (1)$$

$$m_{pg}/\square'' - 0.91 D - 19.90 = 0, \quad (2)$$

где  $D$  выражено в кпс. Очевидно, что уравнение (1) справедливо для значений  $M_{pg}$ , находящихся в интервале от  $-14^m.1$  до  $-17^m.3$ , а (2) — для значений  $m_{pg}/\square''$  в интервале от  $19^m.1$  до  $22^m$ . На рис. 3а и б

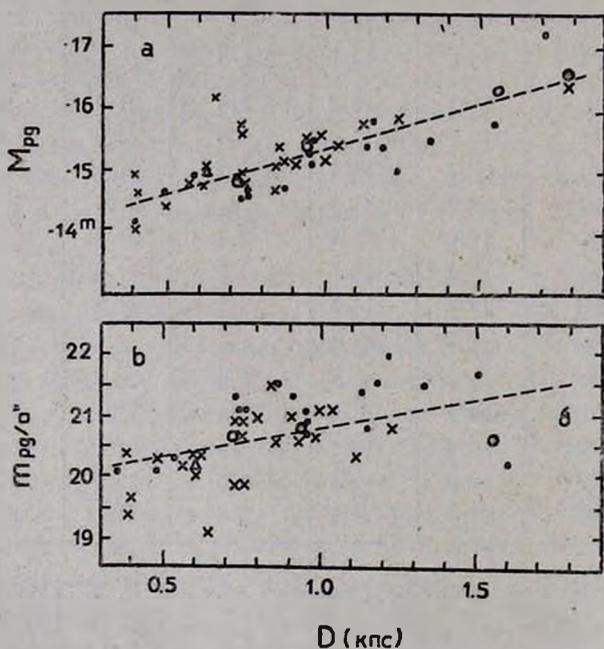


Рис. 3. Зависимости а) абсолютных звездных величин и б) поверхностных яркостей сверхассоциаций от их линейных диаметров.

пунктирной линией представлены графики этих уравнений. Из рис. 3а и б видно, что данные о 30 Doradus, которые не учитывались в вычислениях, очень близки к этим линиям.

7. *Обсуждение результатов.* Галактики № 198 и 199 составляют двойную систему и обе являются активными объектами. Первая из них иррегулярная, а вторая компактная. Спектры галактики № 199 показывают, что эмиссионные линии наблюдаются как в ее компактной части, так и в окружающем ее гало. Причем последняя часть участвует во вращении галактики. Масса газовой составляющей галактики № 199 равна  $3.2 \cdot 10^4 M_{\odot}$ , что составляет  $5 \cdot 10^{-6}$  части ее общей массы. Значение отношения массы к светимости для этой галактики такое, какое встречается у других активных галактик.

В центральной части галактики № 198 наблюдаются сгущения I—IV. Из рис. 3а видно, что они располагаются вдоль линии, определяемой уравнением (1). Это означает, что светимости и линейные размеры этих сгущений имеют значения, соответствующие сверхассоциациям, т. е. они сами являются сверхассоциациями. Как было сказано выше, получены спектры двух из этих сгущений, II и IV. В них наблюдаются эмиссионные линии, которые тоже характерны для сверхассоциаций. С другой стороны, пользуясь критериями, установленными В. А. Амбарцумяном для системы типа трапеции [17], можно сказать, что I—IV тоже составляют такую систему.

Зависимости, наблюдаемые между  $M_{pg}$  и  $D$ , а также между  $m_{pg}/\square''$  и  $D$  для сверхассоциаций, по нашему мнению, имеют важное космогоническое значение и подробнее будут рассмотрены в ближайшее время.

Автор выражает глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну за обсуждение результатов, полученных в настоящей работе.

Ереванский государственный  
университет

## SPECTROPHOTOMETRY AND MORPHOLOGY OF THE GALAXIES WITH UV EXCESS. V

M. A. KAZARIAN

The results of spectrophotometry and morphology of galaxies No. 198 and 199 from list [1] are presented. The mass of galaxy No. 199 and the mass of their gaseous component are obtained, which are  $6.4 \cdot 10^9 M_{\odot}$  and  $3.2 \cdot 10^4 M_{\odot}$  respectively. The dependence has been established between absolute photographic magnitude,  $M_{pg}$ , and the linear diameters,  $D$ , as well as between their surface brightness,  $m_{pg}/\square''$  and  $D$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Казарян, *Астрофизика*, 15, 193, 1979.
2. М. А. Казарян, *Астрофизика*, 15, 5, 1979.
3. М. А. Казарян, Э. С. Казарян, *Астрофизика*, 18, 17, 1980.
4. М. А. Казарян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 13, 415, 1977.
5. А. А. Елизарян, М. А. Казарян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 14, 263, 1978.
6. М. А. Казарян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 17, 661, 1981.
7. М. А. Казарян, В. С. Тамазян, *Письма АЖ*, 7, 276, 1981.
8. М. А. Казарян, Э. Л. Карапетян, В. С. Тамазян, *Астрон. цирк.*, 6 1154, 6, 1981.
9. М. А. Kazarjan, E. Ye. Khachikian, A. A. Eglazarian, *Astrophys. Space Sci.*, 82, 105, 1982.
10. М. А. Казарян, В. С. Тамазян, *Астрофизика*, 18, 192, 1982.
11. F. Zwicky, A. Zwicky, *Catalogue of Selected Compact Galaxies and of Post-eruptive Galaxies*, Zurich, 1971.
12. Б. А. Воронцов-Вельяминов, А. А. Красногорская, *Морфологический каталог галактик*, часть I, Изд. МГУ, 1962.
13. R. P. S. Stone, *Ap. J.*, 218, 767, 1977.
14. D. Pequitgot, S. M. V. Aldrovandi, G. Stasinska, *Astron. Astrophys.*, 58, 411, 1977.
15. М. А. Казарян, Э. С. Казарян, *Астрофизика*, 18, 512, 1982.
16. Р. К. Шахбазян, *Астрофизика*, 6, 367, 1970.
17. В. А. Амбарцумян, *Изв. АН СССР, сер. физическая*, 14, № 1, 15, 1950.