

УДК 524.7—82—13

СПЕКТРАЛЬНОЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ГАЛАКТИК С UV-ИЗБЫТКОМ. IV

М. А. КАЗАРЯН, В. С. ТАМАЗЯН

Поступила 8 октября 1981

Принята к печати 18 января 1982

Проведено спектральное и морфологическое исследование галактики № 26 из списка [1]. Галактика имеет спиральную структуру со звездобразным ядром. На одном из рукавов отмечены три сгущения — I, II, III, два из которых, по всей вероятности, являются сверхассоциациями. Для ядра и сгущений приводятся данные UV-фотометрии. Объект III оказался переменным. В спектрах галактики наблюдаются эмиссионные линии [S III]  $\lambda$  6717.31, [N III]  $\lambda$  6548.84, H $\alpha$ , H $\beta$ , H $\gamma$ , H $\delta$ , H $\epsilon$ , [O III]  $\lambda$  5007, 4959, [Ne III]  $\lambda$  3869, [O II]  $\lambda$  3727. Вычислены эквивалентные ширины линий и относительные интенсивности эмиссионных линий. Определены электронная плотность и температура, а также относительное содержание некоторых элементов. Проведено исследование непрерывного спектра. Показано, что UV-избыток наблюдается как у ядра, так и у окружающей его яркой центральной области.

1. *Введение.* Настоящая статья посвящена спектрофотометрическому и морфологическому исследованию галактики, входящей в список [1] под номером 26. Результаты таких же исследований, относящиеся к шести галактикам из списка [1], были опубликованы в [2—4]. Галактика № 26 входит в каталоги [5, 6]. В [5] она имеет номер MCG 6-17-2 и классифицирована как взаимодействующая, а в [6] описывается как двойная галактика с компактными компонентами.

Для галактики № 26 получены 5 спектров, охватывающих область  $\lambda$  3200—7400 Å. Один из них получен на пластинке Кодак 103-а-0 с экспозицией 2 часа в апреле 1978 г. на 2,6-м телескопе Бюраканской обсерватории со спектрографом UAGS, установленным в фокусе Насмита. Дисперсия спектрографа 135 Å/мм. Предварительные данные об исследовании этого спектра были опубликованы в [7]. Остальные четыре спектра были получены на 6-м телескопе САО АН СССР со спектрографом СП-160 в сочетании с ЭОП М9ЦВ с дисперсией 65 Å/мм. Два из них получены в апреле 1979 г. и еще два в марте 1980 г. Экспозиции этих спектров 50, 36, 20 и 20 мин соответственно получены на пленке Kodak

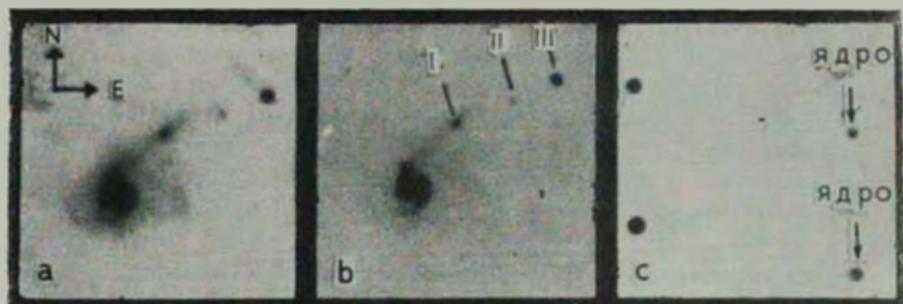


Рис. 1. Снимки галактики № 26 в цвете  $V$  (масштаб  $1 \text{ мм} = 2.''3$ ) а) эксп. 30 мин, б) эксп. 15 мин, в) эксп. 3 и 5 мин.



Рис. 2. Репродукция спектра галактики № 26, полученного на 6-м телескопе САО АИ СССР.

103-а-0. Ширина щели была для UAGS 1."5, а для СП-160 — 1."3. При получении спектров щель проходила через яркую центральную область галактики.

Для  $UBV$  фотометрии галактики в период с марта по апрель 1981 г. были получены также прямые снимки в первичном фокусе 2,6-м телескопа Бюраканской обсерватории (оригинальный масштаб 1 мм = 21") в сочетании с фильтрами УФС-1, БС-8 и ЖС-17. Для получения снимков в цветах  $U$  и  $B$  использовались пластинки ORWO ZU-21, а для цвета  $V$  — Kodak 103а-Е. В качестве стандартов снимались звезды скопления NGC 188.

2. *Морфологическая структура.* На рис. 1а, б и в приведены репродукции прямых снимков галактики в цвете  $B$ , которые получены с экспозициями 30, 15, 5 и 3 мин соответственно (последние два снимка получены на одной пластинке). На рис. 1б видно, что галактика имеет спиральную структуру: от центральной яркой области с размерами  $8."6 \times 9."3$  отходят три тонких спиральных рукава. Самый яркий из них направлен на северо-восток и имеет длину  $46"$ . На нем наблюдаются два ярких компактных сгущения, расстояния которых от центральной области составляют примерно  $25"$  и  $44"$ . Диаметры этих сгущений составляют приблизительно  $3."8$  и  $4."3$  соответственно. В направлении этого рукава на расстоянии  $60"$  от центральной области имеется звездообразный голубой объект, диаметр которого около  $4"$ . Вышеуказанные сгущения и звездообразный объект на рис. 1б обозначены римскими цифрами I, II, III.

Из рис. 1а видно, что при больших экспозициях вокруг центральной яркой области появляется гало, на фоне которого уже трудно выделить южный и восточный рукава.

3.  *$UBV$  фотометрия ядра и объектов I, II, III.* Для получения  $UBV$  величин ядра и объектов I, II, III на пластинках, полученных на 2,6-м телескопе, они измерялись как звезды. Связь между использованной нами системой  $u, b, v$  и стандартной  $UBV$  определяется следующими уравнениями:

$$U = u + 0.103(U - B) - 0.0154,$$

$$B = b - 0.041(B - V) + 0.050,$$

$$V = v + 0.135(B - V) - 0.041.$$

Результаты измерений, приведенные в стандартной системе  $UBV$ , даны в табл. 1.

Для ядра и объекта III количество измеренных пластинок в цветах  $U$ ,  $B$  и  $V$  было 1, 4 и 1, а для сгущений I и II — 1, 2 и 1 соответственно. По нашим данным объект III оказался переменным. Значения, приведенные в таблице, соответствуют наблюдениям, сделанным 6 апреля 1981 г. Наблю-

дения, проведенные 10 марта 1981 г., показывали, что объект III в цвете  $B$  был на  $1^m4$  ярче, чем его табличное значение. По всей вероятности, значения  $B-V$  и  $U-B$  объекта III для данной стадии переменности являются реальными, поскольку промежуток времени, в течение которого были сделаны наблюдения, короткий — 30 мин.

Таблица 1  
ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

Объект	$V$	$B-V$	$U-B$
Ядро	$13^m49$	$+0^m54$	$-1^m12$
I	16.82	+0.21	-0.36
II	17.14	+0.16	-0.32
III	16.64	-0.15	-0.24

4. *Описание спектров.* В спектрах галактики № 26 наблюдаются сильные эмиссионные линии [S II]  $\lambda$  6731/17, [N II]  $\lambda$  6584/48, H<sub>γ</sub>, [O III]  $\lambda$  5007, 4959, H<sub>β</sub>, [O II]  $\lambda$  3727. Линии балмеровской серии H<sub>γ</sub>, H<sub>β</sub> и H<sub>α</sub> наблюдаются как в эмиссии, так и в поглощении, а линии H<sub>γ</sub>—H<sub>12</sub> — только в поглощении. На рис. 2 приведена репродукция спектра галактики, полученного на 6-м телескопе и охватывающего спектральный диапазон  $\lambda$  7400—6000 Å. На нем высота эмиссионных линий больше диаметра ядра и окружающей его яркой центральной области. Например, высота линии H<sub>β</sub> приблизительно равна 20", а в линиях [S II] и [N II] она составляет 14" и 17" соответственно. Такая картина наблюдается также и у других эмиссионных линий. Это сравнение говорит о том, что кроме вышеуказанной центральной яркой области эмиссионную природу имеет также окружающая ее область.

Красное смещение галактики, определенное при помощи эмиссионных линий,  $z = 0.0137 \pm 0.0002$ . Абсолютная величина ядра  $M_B = -19^m7$ . При определении абсолютной величины принималось  $H = 75$  км/с Мпс и  $B = 14^m0$ .

5. *Эквивалентные ширины и относительные интенсивности линий.* Для калибровки спектра, полученного на 2.6-м телескопе, были получены отпечатки трубчатого фотометра Бюраканской обсерватории, а спектры на 6-м телескопе прокалиброваны при помощи ступенчатого ослабителя в САО АН СССР. Для стандартизации спектров на обоих телескопах были получены спектры звезды 69H UMa, спектральный тип которой A0 и  $m_V = 5^m4$ . При помощи спектров этой звезды определены коэффициенты спектральных чувствительностей использованных систем.

В табл. 2 приведены эквивалентные ширины линий по наблюдениям на 2,6-м и 6-м телескопах, их средние значения и среднеквадратические ошибки одного измерения. В табл. 3 приведены те же величины для относительных интенсивностей эмиссионных линий. Результаты для линий, полученные на двух телескопах, удовлетворительно согласуются.

Таблица 2

## ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ ЛИНИЙ

Ион	$\lambda$	Эмиссия или абсорбция	$\bar{W}_\lambda$ (Å)			$\bar{W}_\lambda$	$\sigma$
			БТА-79 г.	БТА-80 г.	ЗТА		
[S II]	6731	эмиссия	8.3				
[S II]	6717	"	9.5				
[N II]	6584	"	38.9				
H I	6563	"	70.6				
[N II]	6548	"	11.9				
[O III]	5007	"	6.4	7.0		6.7	
[O III]	4959	"	2.2	2.4		2.3	
H I	4861	"	16.8	15.6	9.8	14.1	3.7
H I	4340	"	4.8	3.9	3.8	4.2	0.6
H I	4340	абсорбция			0.4		
H I	4102	эмиссия	2.2	2.2	1.4	1.9	0.5
H I	4102	абсорбция			0.4		
[S II]	4076	эмиссия	0.7		0.6	0.65	
[S II]	4068	"	1.0		0.9	0.95	
H I	3970	"	0.9		0.6	0.75	
H I	3970	абсорбция			0.3		
H I	3889	"			0.3		
[Ne III]	3869	эмиссия			1.1		
H I	3835	абсорбция			0.2		
H I	3798	"			0.1		
H I	3750	"			0.2		
[O II]	3727	эмиссия		10.1	8.1	9.1	
H I	3734	абсорбция			0.7		

6. Распределение непрерывного спектра, электронная плотность и температура, относительное количество атомов. На рис. 3 приведено распределение интенсивности непрерывного спектра галактики № 26 относительно непрерывного спектра звезды 69H UMa. Кривая построена при помощи спектра, полученного на 2,6-м телескопе, причем спектр охватывает центральную яркую область. При построении кривой длины волны спектра галактики были исправлены за красное смещение. Поправка за экстинкцию

не вводилась, поскольку спектры снимались на примерно равных зенитных расстояниях.

Таблица 3  
ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ЛИНИЙ

Ион	$\lambda_0$	$I_i/I_0$			$\bar{I}_\lambda$	$\sigma$
		БТА-79 г.	БТА-80 г.	ЭТА		
[S II]	6731	0.45				
[S II]	6717	0.61				
[N II]	6584	2.52				
H I	6563	5.28				
[N II]	6548	0.86				
[O III]	5007	0.34	0.44		0.39	
[O III]	4959	0.12	0.17		0.15	
H I	4861	1.00	1.00	1.00		
H I	4340	0.45	0.38	0.35	0.39	0.05
H I	4102	0.14	0.13	0.16	0.11	0.02
[S II]	4076	0.05		0.08	0.07	
[S II]	4068	0.08		0.12	0.10	
H I	3970	0.05		0.07	0.06	
[Ne III]	3869			0.28		
[O II]	3727		1.73	2.56	2.15	

Используя распределение, приведенное на рис. 3, можно определить абсолютные спектрофотометрические градиенты ( $\Phi_i$ ) галактики № 26 для интервалов длин волн до бальмеровского скачка  $\lambda\lambda$  4880—3970А и за бальмеровским скачком  $\lambda\lambda$  3670—3260А, так как градиенты звезды срав-

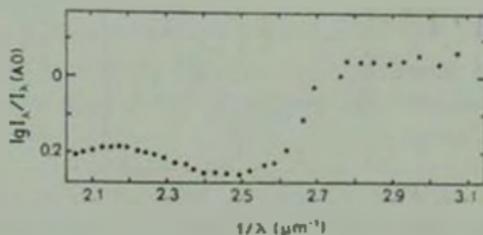


Рис. 3. Распределение интенсивности непрерывного спектра галактики относительно звезды типа А0 (69Н UMa).

нения типа А0 для этих областей приблизительно равны 1.0 и 1.39 соответственно [8]. Абсолютные спектрофотометрические градиенты галактики, определенные таким путем, равны для длинноволновой области 1.43,

а для коротковолновой — 1.13. Этим значениям спектрофотометрических градиентов приблизительно соответствуют спектральные классы A7 и B9. Была определена также величина бальмеровского скачка галактики, которая оказалась равной  $D = 0.12$ . При этом принималось, что тот же скачок у звезды сравнения  $D = 0.47$  [8].

Электронная плотность и электронная температура эмиссионных областей галактики были определены при помощи отношения интенсивностей запрещенных линий [S II]  $I_{(6717)}/I_{(6731)}$  и  $I_{(4068)}/I_{(4131+4132)}$ . Используя эти отношения, можно составить два уравнения, зависящие от  $n_e$  и  $T_e$ , совместное решение которых позволяет однозначно определить  $n_e$  и  $T_e$ . Такие уравнения даны в [9]. В результате по значениям относительных интенсивностей, для галактики № 26 были получены значения  $n_e = 200 \text{ см}^{-3}$  и  $T_e = 12500 \text{ К}$ .

Используя  $n_e$  и  $T_e$ , а также относительные интенсивности запрещенных линий [S II], [N II], [O III] и [O II], можно оценить количества этих ионов относительно водорода. Для этого можно использовать уравнение

$$\frac{I_i}{I_{H\beta}} = \frac{n_{\text{ион}}}{n_{\text{H}}} \theta(n_e, T_e),$$

где  $I_i/I_{H\beta}$  — отношение интенсивностей эмиссионных линий,  $n_{\text{ион}}/n_{\text{H}}$  — относительное количество данного иона, а значения функции  $\theta(n_e, T_e)$  за tabулированы в [10]. Затем, используя уравнения, приведенные в [11], можно определить общее количество атомов данного элемента относительно водорода. Результаты этих вычислений приводятся в табл. 4.

Таблица 4

## ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ КОЛИЧЕСТВА ЭЛЕМЕНТОВ

Ион	$(n_e, T_e)$	$I_{\text{ион}}/I_{H\beta}$	$N_{\text{ион}}/N_{\text{H}}$	Атом	$N_{\text{ат}}/N_{\text{H}}$	$N_{\text{ат}}/N_{\text{H}}$ (H II обл.)	$N_{\text{ат}}/N_{\text{H}}$ (Солнце)
O II	$4 \cdot 10^4$	2.15	$5.4 \cdot 10^{-5}$	O	$6.6 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$5.9 \cdot 10^{-4}$
O III	$4.5 \cdot 10^4$	0.53	$1.2 \cdot 10^{-5}$				
N II	$6 \cdot 10^4$	3.38	$5.6 \cdot 10^{-5}$	N	$6.8 \cdot 10^{-5}$	$3.9 \cdot 10^{-5}$	$8.5 \cdot 10^{-5}$
S II	$2 \cdot 10^4$	1.23	$6.2 \cdot 10^{-5}$	S	$0.7 \cdot 10^{-5}$	$1.8 \cdot 10^{-5}$	$1.6 \cdot 10^{-5}$

7. *Обсуждение результатов.* В [1] для галактики № 26 приводится спектрально-морфологическая характеристика S1, которая показывает, что в галактике имеется звездообразный объект, обладающий сильным ультрафиолетовым избытком и высокой поверхностной яркостью по сравнению с таковой окружающих областей. Обе эти характеристики подтверждают-

ся наблюдениями, проведенными на 2,6-м телескопе Бюраканской обсерватории в системе  $UBV$ . Из рис. 1с видно, что при малых экспозициях (3 и 5 мин) в цвете  $B$  получается только ядро галактики, которое не отличается от изображений звезд. Это лучше видно из рис. 4, где приведена связь между разностью диаметров ядра и одной из звезд окружающего фона примерно такой же яркости и временем экспозиций. При экспозициях 3 и 5 мин эта разность незначительна, а при больших — увеличивается. Из табл. 1 видно, что цвет ядра  $U-B = -1^m12$ . Он указывает на сильное ультрафиолетовое излучение ядра. По светимости ядро галактики № 26 можно отнести к числу сверхгигантских галактик, так как  $M_B = -19^m7$ .

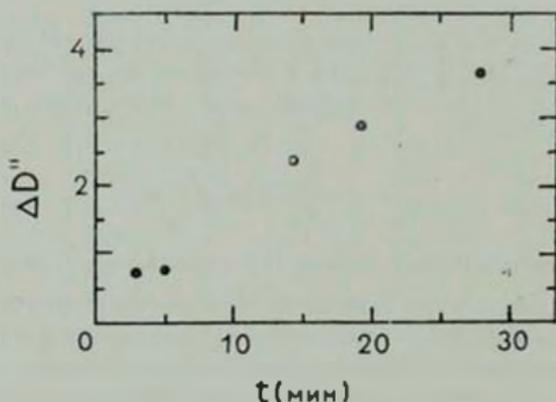


Рис. 4. Связь между разностью диаметров ядра и звезды фона и временем экспозиции.

Центральная яркая область также имеет УФ-избыток, поскольку распределение непрерывного спектра (см. рис. 3) для областей за бальмеровским скачком совпадает с распределением непрерывного спектра звезды типа B9, а до бальмеровского скачка — с A7. В пользу этого говорит также величина бальмеровского скачка  $D = 0.12$ , которой соответствует спектральный класс раннее B2, а также то обстоятельство, что в спектре этой части галактики наблюдаются эмиссионные линии [S II]  $\lambda$  6731/17, [N II]  $\lambda$  6584/48, H<sub>γ</sub>, [O III]  $\lambda$  5007, 4959, H<sub>β</sub> и др. Отметим, что распределение непрерывного спектра галактики № 26 было получено также в [12].

На снимках, полученных с большими экспозициями, морфологическая структура галактики не ясна, и поэтому разные авторы описывали ее по-разному [1, 5, 6]. В действительности, как это видно из рис. 1b, она имеет спиральную структуру. На самом длинном рукаве наблюдаются сгу-

щения I и II, абсолютные величины которых в цвете  $B$  равны  $-16^m7$  и  $-16^m4$  соответственно. Их линейные диаметры 1000 и 1100 пс. Объекты с такими размерами и светимостями можно отнести к числу сверхассоциаций. Физическую природу голубого переменного объекта III и его связь с галактикой № 26 можно будет выяснить лишь после получения его спектра со шелевым спектрографом.

Из табл. 3 видно, что бальмеровский декремент галактики круче, чем при модели «В» газовых туманностей. Одной из причин возникновения такого декремента может являться наличие пыли, поглощение со стороны которой, по всей вероятности, имеет место в галактике.

Все спектры, полученные для галактики № 26, являются спектрами ее центральной части, диаметр которой приблизительно равен  $20'$  или 5300 пс. В нее входит как ядро, так и центральная яркая область, размеры которой примерно равны  $8.''6 \times 9.''3$  или  $2280 \times 2470$  пс.

Для этих областей получены электронная температура и электронная плотность, которые оказались равными 12500 К и  $200 \text{ см}^{-3}$  соответственно. Эффективный объем газовой составляющей, определяемый равенством  $V_{\text{эфф}} = 4\pi r^2 F_{(H\alpha)} / E_{(H\alpha)}$  приблизительно равен  $3.5 \cdot 10^{21} \text{ см}^3$  или  $R_{\text{эфф}} = 65.9$  пс.  $F_{\text{эфф}}$  было определено при помощи эквивалентной ширины линии  $H\beta$ , а  $E_{(H\alpha)}$  — электронной концентрации и температуры. Они приблизительно равны  $F_{\text{эфф}} = 2.6 \cdot 10^{-13} \text{ эрг/см}^2$  и  $E(H\beta) = 0.277 \cdot 10^{-20} \text{ эрг/с}$ . Масса газовой составляющей  $M = V_{\text{эфф}} \cdot n_e \cdot m_H = 5.8 \cdot 10^6 M_{\odot}$ .

Из табл. 4 видно, что количество атомов O почти на порядок меньше, чем в H II областях или на Солнце, а количества N и S примерно такие же, как в упомянутых объектах.

Авторы выражают благодарность А. Буренкову за помощь при наблюдениях на 6-м телескопе.

Бюряванская астрофизическая  
обсерватория  
Ереванский государственный  
университет

## SPECTROPHOTOMETRY AND MORPHOLOGY OF THE GALAXIES WITH UV-EXCESS. IV

M. A. KAZARIAN, V. S. TAMAZIAN

The results of spectrophotometry and morphology of galaxy No. 26 from list [1] are presented. The galaxy shows spiral structure with

starlike nucleus. In one of the arms three condensations are marked (I, II, III). Two condensations are probably superassociations. The object III is variable. The data *UBV* photometry of nucleus and condensations are given. The spectra of the galaxy shows emission lines [S II]  $\lambda$  6731/17, [N II]  $\lambda$  6584/48, H $\alpha$ , H $\beta$ , H $\gamma$ , [Ne III]  $\lambda$  3869, [O II]  $\lambda$  3727. The equivalent widths and relative intensities of emission lines are obtained. The relative abundance of some elements, electron density and temperature are calculated. Investigation of continuum spectrum is carried out. It is shown that UV-excess is observed in the nucleus as well as in the surrounding bright central region of the galaxy.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Казарян, *Астрофизика*, 15, 5, 1979.
2. М. А. Казарян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 13, 415, 1977.
3. А. А. Елизаварян, М. А. Казарян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 14, 263, 1978.
4. М. А. Kazartan, E. Ye. Khachikyan, A. A. Eglazartan, *Astrophys. Space Sci.*, 82, 105, 1982.
5. Б. А. Воронцов-Вельяминов, А. А. Красногорская, *Морфологический каталог галактик*, т. 1, М., 1958.
6. F. Zwicky, E. Herzog, P. Wild, *Catalogue of Galaxies and Clusters of Galaxies*, Spiech Zuerich, Switzerland, 1971.
7. М. А. Казарян, В. С. Тамазян, Тезисы докладов на всесоюзной конференции молодых астрономов, посвященной 70-летию В. А. Амбарцумяна, Ереван, 1978, стр. 4.
8. Л. Х. Аллер, *Астрофизика*, т. 1, М., 1957.
9. Т. К. Kruger, L. H. Aller, S. J. Szusak, *Ap. J.*, 160, 921, 1970.
10. А. А. Боярчук, Р. Е. Гершберг, В. Н. Проник, *Изв. КРАО*, 29, 291, 1963.
11. M. Palmieri, R. Costero, *Bol. Obs Tonantzintla*, 5, 3, 1969.
12. J. M. Shuder, *Ap. J.*, 244, 12, 1981.