

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 15

МАЙ, 1979

ВЫПУСК 2

УДК 523.855

СПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛАКТИК С UV-ИЗЫТКОМ С ДВОЙНЫМИ И КРАТНЫМИ ЯДРАМИ. I

А. Р. ПЕТРОСЯН, К. А. СААКЯН, Э. Е. ХАЧИКЯН

Поступила 22 января 1979

Приведены результаты спектрального исследования двенадцати галактик с ультрафиолетовым избытком с двойными и кратными ядрами.

Спектры получены на 6-м телескопе САО АН СССР на спектрографе СП-160 с ЭОП, с дисперсией 85 и 280 А/мм. Измерены лучевые скорости компонент ядер. Дано описание спектров всех компонент. В основном спектры похожи друг на друга, за исключением одного случая — галактики Маркарян 121, у которой один из компонентов — «b» не имеет эмиссионных линий, в то время как второй компонент богат ими. Сходство спектров компонент указывает на то, что они имеют общее происхождение и, возможно, одинаковый возраст.

Морфологический обзор галактик с UV-избытком из первых восьми списков Маркаряна, выполненный на 6-м телескопе САО АН СССР, 2,6-м и 0,5-м телескопах Бюраканской обсерватории, привел к обнаружению значительного числа галактик с двойными и кратными ядрами [1].

В [1] было показано, что существует тесная положительная корреляция линейного расстояния между компонентами с а) абсолютной величиной компонент ядер, б) появлением новых морфологических деталей (спиральные рукава, филаменты и т. д.).

Эти факты дали основание предположить, что компоненты ядер образуются из одного тела и затем расходятся друг от друга.

Для окончательного решения этого важного вопроса большое значение приобретают детальные спектральные исследования галактик с двойными и кратными ядрами. С этой целью нами начаты спектральные наблюдения таких галактик. Первые наблюдения выполнены на 6-м телескопе САО АН СССР на спектрографе СП-160, работающем в сочетании с ЭОП марки М9ЦВ, с дисперсией 85 и 280 А/мм.

В настоящей статье приводятся результаты предварительного спектрального исследования двенадцати галактик с двойными и кратными ядрами. Спектр одной из них — галактики Маркарян 306 был получен ранее одним из авторов (Э. Е. Х.) в касегреновском фокусе 2.7-м телескопа Мак-Дональдской обсерватории (США) с помощью прибора UVITS с дисперсией ~ 220 А/мм.

Ниже приводится описание и сравнение спектров компонентов ядер галактик. Морфологические особенности галактик и некоторые физические параметры компонентов приведены в [1].

Маркарян 111 (VII Zw 280, VV 106, K 203a, Арп 300) — В спектре компонента «а» ядра наблюдаются эмиссионные линии [S II] λ 6717/31, [N II] λ 6584, H_{α} , N_1 и N_2 , H_{β} , [O II] λ 3727. Интенсивность линии H_{β} ($I_{H_{\beta}}$) меньше, чем интенсивность линии [O III] λ 5007 (I_{N_1}), а интенсивность линии H_{α} ($I_{H_{\alpha}}$) больше, чем интенсивность линии [N II] λ 6584 ($I_{[N II]}$). В спектре компонента «б» наблюдаются эмиссионные линии [N II] λ 6584, H_{α} , N_1 и N_2 , H_{β} , [O II] λ 3727, а также слабый дублет [S II] λ 6717/31. В спектре $I_{H_{\alpha}} > I_{[N II]}$ и $I_{N_1} > I_{N_2}$. Во всем спектральном диапазоне (от 3650 до 7200 А) непрерывный спектр компонента «а» сильнее, чем компонента «б» и распространяется дальше как в коротковолновую, так и длинноволновую стороны.

Маркарян 121 (NGC 2957 a, b, МКГ 12-10-1) — В спектре компонента «а» отождествлены эмиссионные линии [N II] λ 6584, H_{α} , H_{β} и слабая линия [O II] λ 3727, в поглощении линии $(D_1 + D_2)$ Na I. $I_{H_{\alpha}} > I_{[N II]}$. У компонента «б» отождествлены лишь линии $(D_1 + D_2)$ Na I в поглощении. Красная часть непрерывного спектра компонента «б» сильнее, чем у компонента «а» и простирается дальше в длинноволновую сторону. Что же касается коротковолновой части непрерывного спектра, то она сильнее у компонента «а» и простирается в коротковолновую сторону до $\sim \lambda$ 3600 А.

Маркарян 266 (NGC 5256 a, b, I Zw 67; МКГ 8-25-31; K 388 a, b) — В спектре компонента «а» наблюдаются эмиссионные линии [S II] λ 6717/31, [N II] λ 6584/48, H_{α} , [O I] λ 6300/64, N_1 и N_2 , H_{β} , H_{γ} , [O II] λ 3727. В поглощении наблюдаются линии $(D_1 + D_2)$ Na I, G-полоса. $I_{H_{\alpha}} > I_{[N II]}$, $I_{N_1} > I_{N_2}$. В спектре компонента «б» наблюдаются эмиссионные линии [S II] λ 6717/31, [N II] 6584/48, H_{α} , [O I] λ 6300/64, N_1 и N_2 , H_{β} , [O III] λ 4363, H_{γ} , [Ne III] λ 3869, [O II] λ 3727. В поглощении наблюдается дублет $(D_1 + D_2)$ Na I. $I_{H_{\alpha}} > I_{[N II]}$, $I_{N_1} > I_{N_2}$. Красная часть непрерывного спектра обоих компонентов ядра распространяется одинаково далеко. Коротковолновая же часть у компонента «б» существен-

на слабее, чем у «а». В целом излучение «а» компонента в непрерывном спектре и в линиях сильнее, чем у «б». Замечательной особенностью этой галактики является вращение компонентов ядер в противоположные стороны, о чем было сделано сообщение в [2, 3].

Результаты подробной спектрофотометрии этой очень интересной галактики будут представлены в отдельной статье.

Маркарян 306 (МКГ 3—57—15) — В спектре компонента «а» видны сильные эмиссионные линии [S II] λ 6717/31, [N II] λ 6584/48, H₁, N₁ и N₂, H₃, H₇, [O II] λ 3727. В поглощении видны линии H и K Ca II. $I_{H\alpha} > I_{[N II]}$, $I_{N_1} < I_{N_2}$. В спектре компонента «б» видны эмиссионные линии [S II] λ 6717/31, [N II] λ 6584/48, H₁, N₁ и N₂, H₃, H₇, [O II] λ 3727. $I_{H\alpha} > I_{[N II]}$, $I_{N_1} > I_{N_2}$. Ширина эмиссионных линий у «а» компонента больше, чем у «б». Непрерывный спектр компонента «а» сильнее и простирается дальше в коротковолновую сторону.

Маркарян 480 (NGC 5860 a, b; I Zw 102; МКГ 7—31—33; K 454 a, b) — В спектре компонента «а» наблюдаются эмиссионные линии [S II] λ 6717/31, [N II] λ 6584/48, H₁, H₃, H₇, [O II] λ 3727. В спектре компонента «б» наблюдаются линии [S II] λ 6717/31, [N II] λ 6584/48, H₁; заметен также след линии H₃ и [O II] λ 3727. В обоих компонентах ядра галактики $I_{H\alpha} > I_{[N II]}$.

Длинноволновая часть непрерывного спектра компонента «а» несколько сильнее, чем у «б», в то время как их коротковолновые области сравнимы по интенсивности.

Спектральные линии «а» компонента ядра этой галактики наклонены. Если это интерпретировать как эффект вращения, то его скорость на расстоянии $r = 4.7$ от центра, что соответствует в линейных единицах $r = 1.7$ кпс (при $H = 75$ км/с · Мпс), получается равной 21 км/с ($\pm \sigma_r = 31$ км/с). Тогда, применяя без поправки за наклон оси вращения и направления обычно формулу, для массы «а» компонента ядра галактики получаем значение $M_a = 2 \cdot 10^8 M_{\odot}$. По нашим оценкам [1] фотографическая звездная величина «а» компонента равна 15^m, так что $M_{pa} = -19^m$. Отсюда находим, что $M_a/L_a > 0.03 M_{\odot}/L_{\odot}$.

Маркарян 496 (NGC 6090 a, b; I Zw 135; МКГ 9—26—64; K 486 a, b; Turner 135 a, b) — В спектре компонента «а» наблюдаются эмиссионные линии [S II] λ 6717/31, [N II] λ 6584/48, H₁, N₁ и N₂, H₃, H₇ и [O II] λ 3727, а в «б» — [N II] λ 6584/48, H₁, N₁ и N₂, H₃, [O II] λ 3727. В спектрах обоих компонентов видны слабые следы линии He I λ 5876 Å. В обоих компонентах $I_{H\alpha} > I_{[N II]}$, $I_{N_1} > I_{N_2}$.

В красной части непрерывный спектр компонента «а» сильнее, чем в «в» и постепенно с продвижением к коротковолновой части спектра эта разница сводится на нет.

На рис. 1, где приведена репродукция спектра галактики у H_{α} , видно, что спектральные линии обоих компонентов ядра наклонены в одну и ту же сторону и указывают на их вращение. Ниже приводятся значения скорости вращения, ошибки одного измерения, значения линейного радиуса, соответствующие данной скорости вращения и нижнего предела массы «а» и «в» компонентов.

$$v_a^* = 44 \text{ км/с}, \quad \sigma_{v_a}^* = 36 \text{ км/с}, \quad r^a = 3.3 \text{ кпс}, \quad M_a > 8 \cdot 10^8 M_{\odot}.$$

$$v_b^* = 77 \text{ км/с}, \quad \sigma_{v_b}^* = 72 \text{ км/с}, \quad r^b = 1.2 \text{ кпс}, \quad M_b > 2 \cdot 10^9 M_{\odot}.$$

Используя фотографические звездные величины, приведенные в [1], для нижнего предела отношения массы к светимости для «а» и «в» компонентов получены следующие значения: $M_a/L_a > 0.1 M_{\odot}/L_{\odot}$, $M_b/L_b > 0.6 M_{\odot}/L_{\odot}$.

Маркарян 930 — Это новый объект с двойным ядром из [4], не включенный ранее в [1]. На рис. 2 приведен снимок этой галактики, полученный на 2.6-м телескопе БАО.

Южный «а» компонент ядра по виду не отличается от звезды. Северный «в» компонент более диффузный и вытянут в направлении запад—восток. Оба компонента находятся в общей плотной диффузной оболочке. Расстояние между центрами компонент около $5''$. При $v_R = 5570$ км/с (см. табл. 1) и при $H = 75$ км/с·Мпс это соответствует 1.8 кпс. По прямому снимку, полученному на 2.6-м телескопе БАО, оценены звездные величины компонентон: $m_a = 17^m$ ($M_a = -17^m4$) и $m_b = 17^m5$ ($M_b = -16^m9$) соответственно.

В спектре Маркарян 930 компоненты ядра, ввиду их близости, как отдельные образования четко не выделяются. Видно только слабое увеличение плотности непрерывного спектра в сторону компонента «в». Спектры компонентон напоминают спектр высоковозбужденной H II области. В нем видны эмиссионные линии [S II] λ 6717/31, [N II] λ 6584/48, H_{α} , He I λ 5876, N_1 и N_2 , H_{β} , H_{γ} , H_{δ} , H_{ϵ} , [Ne III] λ 3869 и [O III] λ 3727. В спектре компонента «в» линии бальмеровской серии H_{α} , H_{β} , H_{γ} как будто имеют абсорбционный компонент. По всей галактике $I_{H_{\alpha}} > I_{[N II]}$ и $I_{H_{\beta}} > I_{H_{\gamma}}$.

Маркарян 314 (NGC 7468) — Так как компоненты ядра этой галактики расположены очень близко друг к другу ($\sim 3''$) и заключены в общую

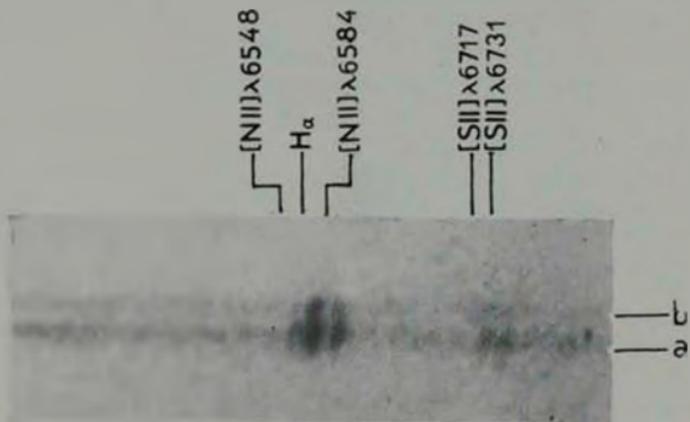


Рис. 1. Репродукция спектра компонентов ядра Маркарян 496. Область H α .



Рис. 2. Репродукция снимка Маркарян 930 (2,6-м телескоп БАО, эмульсия ORWO Zi 2, экспозиция 10 мин).

К ст. А. Петросяна и др.

диффузную оболочку, то их спектры на фоне непрерывного спектра галактики выделяются не совсем ясно. У H_{α} различие между компонентами в непрерывном спектре еле заметно, причем оно усиливается при продвижении в коротковолновую часть. У «а» компонента красная часть непрерывного спектра более сильная, чем у «b» и «с». Коротковолновая же часть непрерывного спектра компонента «с» намного сильнее, чем компонентов «а» и «b» и простирается до $\lambda \sim 3500 \text{ \AA}$.

Во всех трех компонентах видны эмиссионные линии [S II] λ 6717/31, [N II] λ 6584/48, H_{α} , N_1 и N_2 , H_{β} , [O II] λ 3727. В компонентах «b» и «с» видны также эмиссионные линии He I λ 5876, H_{γ} и H_{δ} , и только в компоненте «с» видны линии [Ne III] λ 3869 и H_{ϵ} . Ширина эмиссионных линий в спектре компонента «b» больше, чем в «а» и «с». Во всех трех компонентах $I_{H_{\alpha}} > I_{[N II]}$ и $I_{N_1} > I_{H_{\beta}}$.

Для галактик, описания спектров которых даны выше, измерены лучевые скорости компонентов ядер. Полученные данные помещены в табл. 1, где для сравнения приведены также данные других авторов с соответствующими ссылками. В таблице σ_{V_R} — ошибка одного измерения лучевой скорости, а $\sigma_{\Delta V_R}$ определяется как $\sigma_{\Delta V_R} = \sqrt{\sigma_{V_1}^2 + \sigma_{V_2}^2}$. Все лучевые скорости исправлены за вращение Солнца вокруг центра Галактики.

Сравнение показывает, что измеренные нами лучевые скорости находятся в хорошем соответствии с данными других авторов.

Из табл. 1 видно, что разница лучевых скоростей компонентов исследованных галактик мала по сравнению с пекулярными скоростями галактик. Следует особо отметить, что спектры компонентов ядер отдельных галактик очень похожи друг на друга. Исключение составляет галактика Маркарян 121, у которой один из компонентов «b» не имеет эмиссионных линий, в то время как второй компонент богат эмиссионными линиями.

Тот факт, что спектры компонентов ядер галактик в целом похожи друг на друга, по-видимому, указывает на то, что они имеют общее происхождение и, возможно, одинаковый возраст.

Обращает на себя внимание еще тот факт, что у всех галактик, во всех компонентах интенсивности линии H_{α} больше, чем интенсивность линии [N II], а линии N_1 больше, чем у H_{β} (за исключением «а» компонента ядра Маркарян 306, у которой H_{β} ярче, чем N_1).

Как указывают наблюдательные данные, полученные впервые Аллером [22] и подтвержденные последующими работами [23—25], в галактиках существует градиент отношения интенсивностей линии H_{α} к [N II] λ 6584 \AA и [O III] λ 5007 \AA к H_{β} . Показано, что отношения $I_{H_{\alpha}}/I_{[N II]}$, $I_{N_1}/I_{H_{\beta}}$ меньше или равны единице в ядерных или околоядерных H II областях галактик и больше единицы в периферийных областях. Исходя из этого, можно сделать вывод, что компоненты исследованных в настоящей

Номер по Маркьяну	Дисперсия (А/мм)	Компоненты	V_R (км/с)	$^2 V_R$ (км/с)	ΔV_R (км/с)	$^3 \Delta V_R$ (км/с)
111	85	a	3751	48	- 97	87
		b	3848	72		
121	280,85	a	7051	98	+ 194	177
		b	6857	147		
266	85	a	8551	49	- 127	84
		b	8424			
306	220	a	5857	81	+ 54	115
		b	5903	81		
480	85	a	5565	71	+ 49	107
		b	5516	80		
496	280,85	a	8054	34	- 151	65
		b	8903	55		
930	85	a	5570	124		
		b	2319	131		
314	85	a	2366	115		
		b	2365	129		
		c				

* По наблюдениям на 21 см.

работе ядер галактик с двойными и кратными ядрами вероятнее всего представляют собой большие комплексы молодых звезд, т. е. сверхассоциации, близкие по своим спектральным особенностям периферийным H II областям.

Кроме восьми вышеописанных объектов, двухядерная и многоядерная структура которых реальна, получены спектры еще четырех объектов, вошедших в список галактик с двойными и кратными ядрами [1], относительно которых имелось подозрение о звездном характере одного из компонентов. В табл. 2 приведены данные о галактиках, двухядерная структура которых действительно обусловлена проекцией звезды на галактику.

Таблица 2

Объект	Дисперсия	V_R (км/с)	$^2 V_R$ (км/с)	Описание спектра компонента-звезд
Маркьян 130*	280	450	-	H и K CaII и G-полоса в поглощении
Маркьян 374**	85	44	146	H и K CaII и G-полоса в поглощении
Маркьян 385	85	-70	62	H и K CaII в поглощении

*) В [26] компонент-звезда классифицирована как звезда спектрального класса K0.

**) В работе [27] для компонента-звезды Маркьян 374 приводится значение $V_R = 240$ км/с и спектральный класс F-G.

Таблица 1

Определения других авторов

4059 [5]	3796 [7]		3520 [9]		3777 [16]		
	6717 [7]			6880 [14]	6636 [16]		
	8371 [7]	3154 [8] 8244	3510 [10]				
	5889 [7]		5950 [11]		5861 [17]		5930 [21]
5608 [6] 5678	5513 [7]		5550 [12]				
4735 [6] 9091	8962 [7]		8910 [13]	9010 [15]	8941 [18]	8898 [19] 8820	
	2322 [7]				2263 [17]		2441 [20] 2326*

Был получен также спектр звездообразного компонента ядра Маркаряи 110 с дисперсией 85 А/мм, в котором линии не обнаружены. По [28] для этого объекта приводится значение $V_R \leq 300$ км/с.

Авторы выражают благодарность дирекции САО АН СССР за внимание и А. Буренкову за большую помощь при получении спектров галактик.

Один из авторов (Э. Е. Х.) выражает благодарность директору Мак-Дональдской обсерватории (США) профессору Х. Смигу за предоставленную возможность наблюдать на 2.7-м телескопе.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

SPECTROSCOPIC INVESTIGATION OF UV GALAXIES WITH DOUBLE AND MULTIPLE NUCLEI. I

A. R. PETROSSIAN, K. A. SAHAKIAN, E. Y. KHACHIKIAN

The results of spectroscopic investigation of 12 galaxies with UV excess having double and multiple nuclei are presented. The spectra have been observed with SP-160 spectrograph and Image Tube in prime focus of 6 m telescope of the Special Astrophysical Observatory of the

Academy of Sciences of the USSR, with dispersion 85 and 280 Å/mm. The radial velocities of components have been measured. The description of spectra are also presented. On the whole the spectra of components are similar with the exception of Markarian 121 in which one of the components has not any emission lines while the other one is very rich in emission lines. The resemblance of the spectra of components speaks in favour of the common origin and probably of being the same age.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 14, 69, 1978.
2. Э. Е. Хачикян, *Вопросы физики и эволюции космоса*, Ереван, 1978, стр. 423.
3. Э. Е. Хачикян, IV Европейская конференция астрономов, Упсала, 1978.
4. Б. Е. Маркарян, В. А. Диповский, Дж. А. Степанян, *Астрофизика*, 13, 225, 1977.
5. I. D. Karachentsov, V. I. Pronik, K. K. Chuvpov, *Astron. Astrophys.*, 41, 375, 1975.
6. I. D. Karachentsov, V. I. Pronik, K. K. Chuvpov, *Astron. Astrophys.*, 51, 185, 1976.
7. G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, H. G. Corwin, Jr., *Second Reference Catalogue of bright Galaxies*, Austin, 1976.
8. R. Barbon, *Kitt Peak National Obs. Contr. No.*, 510, 1969.
9. М. А. Аракелян, Э. А. Дибай, В. Ф. Есипов, *Астрофизика*, 6, 39, 1970.
10. М. А. Аракелян, Э. А. Дибай, В. Ф. Есипов, Б. Е. Маркарян, *Астрофизика*, 7, 177, 1971.
11. М. А. Аракелян, Э. А. Дибай, В. Ф. Есипов, *Астрофизика*, 8, 177, 1972.
12. М. А. Аракелян, Э. А. Дибай, В. Ф. Есипов, *Астрофизика*, 9, 319, 1973.
13. М. А. Аракелян, Э. А. Дибай, В. Ф. Есипов, *Астрофизика*, 9, 325, 1973.
14. Э. К. Денисюк, *Астрон. цирк.*, № 615, 5, 1971.
15. Э. К. Денисюк, *Астрон. цирк.*, № 809, 1, 1974.
16. W. L. W. Sargent, *Ap. J.*, 173, 7, 1972.
17. G. Huchra, W. L. W. Sargent, *Ap. J.*, 186, 433, 1973.
18. W. L. W. Sargent, *Ap. J.*, 160, 405, 1970.
19. E. L. Turner, *Ap. J.*, 208, 20, 1976.
20. L. Bottinelli, R. Duflot, L. Gouguenheim, J. Heidman, *Astron. Astrophys.*, 41, 61, 1975.
21. E. Ye. Khachikyan, *Astron. Nachr.*, 297, 287, 1976.
22. I. Aller, *Ap. J.*, 95, 52, 1942.
23. E. M. Burbidge, G. R. Burbidge, *Ap. J.*, 125, 694, 1962.
24. L. Searle, *Ap. J.*, 168, 327, 1971.
25. H. E. Smith, *Ap. J.*, 193, 591, 1975.
26. M. H. Ulrich, *Ap. J.*, 222, L3, 1978.
27. R. G. Terlevich, *Observatory*, 98, 63, 1978.
28. P. A. Wehinger, S. Wyckoff, *M. N.*, 181, 211, 1977.