

# АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

## АСТРОФИЗИКА

ТОМ 10

НОЯБРЬ, 1974

ВЫПУСК 4

### СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ГАЛАКТИК МАРКАРЯНА

И. М. КОПЫЛОВ, В. А. ЛИПОВЕЦКИЙ, В. И. ПРОНИК, К. К. ЧУВАЕВ

Поступила 7 августа 1974

Приводятся результаты спектральных наблюдений галактик Маркаряна V, VI и VII списков. Все спектры получены на телескопе 2.6 м с ЭОП.

У 56 галактик найдены эмиссионные линии. 7 объектов—Маркарян 478, 486, 506, 509, 520, 541 и 590 имеют широкие эмиссионные линии водорода и могут быть отнесены к сейфертовскому типу. Возможно, слабыми сейфертовскими характеристиками обладают также объекты Маркарян 493, 516, 533, 577, 609, 610 и 612.

*Введение.* Осенью 1972 г. в Крымской обсерватории на телескопе 2.6 м, в фокусе Насмита проводились спектральные наблюдения ряда галактик Маркаряна V, VI и VII списков [1]. Использовался дифракционный спектрограф, оснащенный трехкаскадным ЭОП типа УМ 92 с мультищелочным фотокатодом. Спектры регистрировались на фотопленке А-600. В основном применялась дисперсия 360 А/мм. При этом охватывался спектральный диапазон 4500—7000 А. Для ряда объектов были получены спектры в области линий  $H_{\alpha}$  и  $H_{\beta}$  с дисперсией 106 А/мм. Большая часть всех спектрограмм расширена до 0.2—0.4 мм. В зависимости от яркости объекта, дисперсии и величины расширения спектра время экспозиции составляло от 3 до 30 мин. Щель спектрографа шириной 1.5—2" всегда была ориентирована по  $\alpha$ . В качестве спектра сравнения служили линии неона. Все спектры калибровались последующим впечатыванием ступенчатого ослабителя. Спектральное разрешение составляет 20—25 А.

Прозрачность и качество изображения в процессе наблюдений менялись в значительной степени, но, поскольку целью нашей работы было получение предварительных данных, в основном качественного характера, о природе объектов, это не влияло существенно на полу-

ченные результаты. Это же обстоятельство определило выбор достаточно малой дисперсии и большого спектрального диапазона. Всего было получено 103 спектрограммы для 71 галактики. Предварительные результаты о пяти объектах с широкими эмиссионными линиями были опубликованы ранее [2].

*Определение лучевых скоростей.* Спектрограммы измерялись на приборах ИЗА-2 и МИР-12. Обычно среднеквадратичная ошибка наведения на непередержанные линии спектра сравнения составляет 1.5—2 микрона и точность определения положения такой линии 1—1.5 А. Но реальная точность определения лучевой скорости много меньше, и получение максимально точных значений представляет большую трудность. Это вызвано рядом причин, среди которых наибольшую роль играют, во-первых, S-образная дисторсия ЭОП с магнитной фокусировкой, во-вторых, необходимость экстраполяции по дисперсионной кривой.

Первая причина приводит к переменному наклону линий в спектре и нелинейным искажениям дисперсионной кривой. Второй фактор связан с тем, что линии неона, из-за виньентирования камеры спектрографа, спектральной чувствительности фотокатода, концентрации света дифракционной решеткой и других причин, видны только в диапазоне 5400—6500 А. В то же время пригодными для измерений оказываются эмиссионные линии  $H_3$ ,  $N_2$ ,  $N_1$ ,  $H_2$ , лежащие вне указанного диапазона. Игнорирование этих обстоятельств может привести к серьезным погрешностям в определении красных смещений, достигающим до 0.003.

Во всех спектрах измерялись отдельно верхние и нижние линии спектра сравнения для определения поправок за наклон. По линиям ночного неба [O I] 5577 А и 6300 А находились ошибки нуля-пункта. Сама дисперсионная кривая представлялась параболой. Измерениям отдельных линий приписывались веса, учитывающие положение и интенсивность линии. Среднеквадратическая ошибка красного смещения, определенная по 4 линиям, составляет 0.0004—0.0005. С этой точностью и приведены значения красных смещений объектов. Полученные значения исправлены за движение Солнца  $\Delta z = 0.001 \cdot \cos(l - 55^\circ) \cdot \cos b$ .

*Полученные результаты.* Ниже приводится сводная таблица данных для всех объектов, имеющих эмиссионные линии. Значения  $m_{rg}$  взяты из [3], в круглых скобках — из [1]. Отметим, что последние, как правило, больше, чем  $m_{rg}$  в системе [3], так как там оценивается видимая яркость центральной части галактики, ответственной за избыточное ультрафиолетовое излучение. При вычислении абсолютных

величин  $M_{pg}$  принималось значение  $H = 75 \text{ км/сек Мпс}$  и учитывалось поглощение света в Галактике  $\Delta m = 0^m 24 \cdot \text{cosec } |b|$ . Угловые размеры взяты из [1].

В табл. 1 представлены: 1 — номер объекта [1]; 2 — спектральный тип [1]; 3 — видимая фотографическая величина; 4 — абсолютная фотографическая величина; 5 — красное смещение, двоеточием отмечены неуверенные значения, круглые скобки означают неуверенное отождествление; 6 — размеры объекта в  $\text{кпс}$ ; 7—11 — глазомерные оценки интенсивностей эмиссионных линий в пятибалльной шкале, баллы 1—5 обозначают очень слабую, слабую, среднюю, сильную и очень сильную линию, соответственно (баллы интенсивностей от 1 до 5 примерно соответствуют значениям эквивалентных ширин от 15—25 до 200—400 Å); 12 — порядковый номер примечания.

*Заключение.* Итак, среди изучавшейся 71 галактики 56 имеют эмиссионные линии, что составляет около 80%. Можно думать, что действительное число таких объектов должно быть несколько больше, примерно 90%, так как не все спектрограммы были получены в благоприятных условиях.

7 объектов — Маркарян 478, 486, 506, 509, 530, 541, 590 имеют широкие эмиссионные линии водорода ( $> 2000 \text{ км/сек}$ ) и могут быть уверенно отнесены к сейфертовскому типу. В основном это сфероидальные конденсированные галактики с хорошо выделяющимися ядрами. Маркарян 478 и 509 являются объектами крайне высокой светимости и компактны, возможно являются близкими QSO либо объектами промежуточного типа.

У 7 галактик — Маркарян 493, 516, 533, 577, 609, 610 и 612 можно подозревать наличие широких эмиссионных линий, хотя в среднем и с меньшей шириной, чем у вышеуказанных. Для них необходимы наблюдения с более высоким спектральным разрешением. За исключением Маркарян 516 и 610 это — s-объекты, как правило, высокой светимости, что делает их принадлежность к сейфертовским галактикам вероятной.

В заключение авторы выражают благодарность Б. Е. Маркаряню за предоставленную возможность проводить наблюдения галактик VI и VII списков до публикации. Двое авторов (И. М. К. и В. А. Л.) благодарят дирекцию КрАО за любезное предоставление наблюдательного времени на ЗТШ.

Объект	Спектр. тип	$m_{pg}$	$M_{pg}$	$z$
1	2	3	4	5
478	s1e	(15) <sup>m</sup>	(-22. <sup>m</sup> 7)	0.0785
486	s1e	15.2	-21.1	.0395
489	d2+d2e	14.2	-21.6	.034
490	d1e	15.0	-18.2	.0095
493	sd1e:	14.9	-21.0	.033
506	s1e	15.5	-21.1	.0435
509	s1e	(13)	(-23.2)	.0355
512	d2e:	(15)	(-21.2)	.035
516	d3e	15.4	-20.4	.0305
518	sd2e	14.3	-21.7	.0325
520	sd2e	14.7	-21.0	.028
522	ds3e:	(17)	(-19.1)	.033:
523	ds3e:	15.2	-20.2	.0265:
524	sd3e:	14.6	-19.8	.0155
526	ds2e	15.4	-19.8	.023:
527	sd3e	14.5	-19.1	(.0115)
529	d3e:	(14)	-19.8	.0125
530	sd2e	14.4	-21.2	.0295
531	sd2e:	13.5	-20.5	.0135:
532	ds2e	15.6	-19.8	.026:
533	sd3e	13.6	-22.1	.0295
535	d2e:	(17)	(-18.4)	.0245:

Таблица 1

Размер	Интенсивн. линии					Примечания
	H $\beta$	N $_2$	N $_1$	H $\alpha$ + [NII]	[SII]	
6	7	8	9	10	11	12
15×12	5		3	5		1
6.0	4	1	3	5		2
7.8			2	4	2	3
2.1×1.7		3	4	4		
6.4	2			4		4
20×15	3	2	4	5		5
6.9	5	3	4	5		6
7.9×6.6				4	2	
11×9	2		1	3		7
13×11				4	2	8
8.2	3	3	4	5	2	9
5.6				2		10
10				1		11
7.3×4.6			3	4		
11×5.4				1		12
2.6				1		13
3.9	2	2	3	4	2	
5.6	3	1	2	5		14
7.9×5.8				4		15
5.1			2	3		16
5.7		3	4	3		17
5.7×4.3				3		18

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
541	s2e	15 <sup>m</sup> .5	-20 <sup>m</sup> .8	0.040 :	7.8				3		19
542	d2e	15.4	-19.8	.025	5.3	1		2	3		
547	ds3	14.5	[-20.0]	[.0175]	{6.7×4.7}				[3	] 1]	20
548	d2e	15.7	-20.7	.041 :	14				2		21
552	d2e	15.0	-18.7	.014	5.4×3.3	2		3	5	3	
555	sd3e:	12.9	-21.2	.0145	2.8				3	1	
558	ds3	14.3	-19.9	.0135	2.7				3	2	
562	ds3e	14.2	-18.8	(.0085)	3.4			3			22
565	ds3	13.8	-21.2	.0215 :	12×9				2		23
557	ds3	14.9	-21.0	.0335	8.4				4		
569	d3	14.9	-21.0	.0335	9.0×7.1			1	3		
571	ds3e:	14.1	-20.5	.018	4.5				3		
572	sd3e:	15.0	-19.5	.0175	15×6.8				4	1	
573	sd2e	14.0	-20.4	.017	8.1×7.2	2	4	5	5	3	24
575	sd3e	14.0	-20.9	.0205 :	6.4				2	1	25
576	sd2e	15.2	-19.3	.018	5.5			1	3	1	
577	s2e:	14.2	-22.1	(.0395 :)	6.9				2		26
579	sd2e:	(16.5)	(-20.9)	.0655	11	3		3	4	1	27
582	d3e	14.0	-20.8	.020	5.4×3.8				2		
587	d3e	14.5	-19.8	.0155	6.1×4.3	2		3	4	2	
588	d3e	14.7	-18.9	.0115	5.0×3.6	3		2	5	2	
590	sd2e	14.0	-21.5	.0275 :	9.5				4		28
591	d3e	15.?	-21.2	.0415 :	9.7				2		

1	2	3	4	5	6	7
592	ds3e :	14. <sup>m</sup> 6	-20. <sup>m</sup> 7	0.025	4.8	3
597	d3+d3	14.8	-20.6	.0255	4.4×4.4	
601	ds3e	(15)	(-20.2)	.0235	5.1×3.2	
602	sd2e	13.8	-19.3	.009	2.1	
603	s2e	(14.5)	(-18.6)	.009	1.4	3
605	ds1	(16.5)	(-19.1)	.028	5.5×4.4	
607	ds3e	(14)	(-19.3)	.010	8.6×3.5	
609	s2e	(14.5)	(-21.2)	.030	7.5	
610	d3e	(16.5)	(-19.4)	.0335	7.9	
611	s2	(16.5)	(-19.2)	.0295	3.4	2
612	sd2e	(16.5)	(-19.5)	.021	4.1	

Таблица 1 (продолжение)

8	9	10	11	12
		4		
		3		
		2—3		
		4		
3	4	5	2	29
		2—3		30
2	3	4	2	31
		3		32
1	3	4		33
1	4	4	1	
2	4	5	3	34

## Примечания к таблице 1

1. Очень компактный и конденсированный объект. На щели спектрографа имеет практически звездный вид. В спектре наблюдаются широкие линии водорода,  $N_1$  слегка уширена. Кроме указанных линий видны слабая  $H_7$  и, возможно, [OI] 6300 А.
2. На щели спектрографа виден почти как звезда. Наличие широких водородных линий ранее было отмечено в [4].
3. В [1] указано, что галактика двойная. На щели спектрографа выглядит одиночной в туманной оболочке, второй компонент — довольно диффузный и слабый объект либо выброс. Линия  $H_2$  излучается протяженной областью значительных размеров. Значение  $z$  на 0.003 больше, чем в [5].
4. Хорошо заметно ядро. Возможно, линия  $H_2$  уширена.
5. Довольно компактная галактика с ярким звездообразным ядром. Водородные линии широкие. Линии  $N_1$  и  $N_2$  несколько шире инструментального контура. Значение  $z$  на 0.002 больше, чем в [5].
6. Очень компактная и конденсированная галактика, на щели спектрографа не отличается от звезды. Широкие водородные линии,  $N_1$  и  $N_2$  узкие, но шире инструментального контура. Кроме указанных линий наблюдается слабая  $H_7$ .
7. Возможно, линия  $H_2$  у этой галактики уширена.
8. Возможно, присутствует слабая линия [OI] 6300 А. Красное смещение измерено по линиям  $H_2$  и [NII] 6584 А, которая довольно интенсивна.
9. Кроме указанных линий наблюдается слабая [OI] 6300 А.
10. Объект находится на расстоянии 5' к западу от галактики Маркарян 312, которая, согласно [6], является двойной с  $z = 0.033$ . Поскольку Маркарян 522 и 312 имеют практически одинаковое красное смещение, мы их считаем одной физической системой со взаимным расстоянием 190 клс. Значение  $z$  для Маркарян 522 не совсем уверенное.
11. отождествление линий не совсем уверенное.
12. Эмиссионная линия  $H_2$  уширена либо бледнируется [NII] 6584 — 48.
13. Из-за неудовлетворительного качества спектрограммы отождествление  $H_2$  неуверенное.
14. Конденсированная галактика с хорошо заметным звездообразным ядром и слабым спутником, связанным с галактикой мостиком или струей. Водородные линии очень широкие и имеют сложную структуру.  $N_1$  и  $N_2$  относительно слабы, но заметно шире инструментального контура. В недодержанном спектре спутника заметных эмиссионных линий не найдено. Спектр этой галактики ранее изучался Арпом [7]. Наблюдаемое им значение  $z = 0.0298$  в пределах точности совпадает с нашим. Объект, по-видимому, обладает спектральной переменностью, так как относительные интенсивности линий  $N_1$  и  $N_2$ , а также ширина линии  $H_2$  по нашим наблюдениям заметно отличаются от данных, приведенных в [7]. Спектр спутника показывает только абсорбционные линии H и K с резко отличающимся значением красного смещения  $z = 0.0569$ .
15. Значение  $z$  измерено по отношению к линиям ночного неба и менее уверенно.
16. Как и в случае Маркарян 531 красное смещение измерено по отношению к линиям неба.
17. Наблюдаемые эмиссионные линии заметно шире инструментального контура, в спектре должна быть довольно сильная [NII] 6584 А.
18. Значение  $z$  измерено по отношению к линиям ночного неба.

19. Весьма компактный объект — на щели спектрографа видно хорошо выраженное ядро. На двух спектрограммах уверенно наблюдается только весьма широкая линия  $H_{\alpha}$ , по которой и измерено красное смещение. На месте  $H_{\beta}$ ,  $N_1$  и  $N_2$  наблюдается очень широкая эмиссионная деталь малого контраста. На одном из спектров можно заподозрить довольно слабую  $N_1$ . В синей части есть слабая эмиссия у 4526 Å которая может быть  $H_{\gamma} + [OIII] 4363 \text{ \AA}$  и слабая неотожествленная линия у 4659 Å.

20. Восточный компонент двойной системы NGC 78a, б. Линии в спектре Маркарри 547 отсутствуют. У западного компонента наблюдается  $H_{\alpha}$  и слабая [SII] 6716—30 Å с красным смещением  $z = 0.0175$ . Данные для Маркарри 547, приведенные в таблице, вычислены в предположении, что это физически связанная система.

21. Объект довольно слабый и диффузный.

22. Ввиду отсутствия других эмиссионных линий отождествление единственной линии с  $N_1$  не совсем уверенное.

23. Возможно  $H_{\alpha}$  блендируется линиями [NII] 6548—84 Å.

24. Очень сильные эмиссионные линии. Отношение интенсивностей  $N_1 : H_{\alpha}$  велико, можно думать, что [NII] 6584:  $H_{\alpha}$  порядка единицы, так как  $H_{\alpha}$  выглядит уширенной, но несколько необычно. Объекты такого типа часто являются сейфертовскими галактиками с умеренными характеристиками типа Маркарри 78 или 198.

25. Галактика имеет довольно яркое звездообразное ядро.

26. В спектре наблюдается единственная слабая эмиссионная деталь, попадающая в область сильной полосы OH 6835—64 Å. Возможно, это широкая  $H_{\alpha}$ . Значение красного смещения, измеренное по ней, неуверенное.

27. На щели спектрографа наблюдается протяженный объект со звездообразным ядром, нужно полагать, что это не QSO [1], а компактная галактика.

28. У галактики есть заметное ядро. На спектрограмме не очень хорошего качества видна только широкая  $H_{\alpha}$ . Значение красного смещения, измеренного по ней, не совсем уверенное.

29. Имеет хорошо выраженное ядро, эмиссионные линии излучаются протяженной областью. Отношения интенсивностей эмиссионных линий аналогичны Маркарри 573.

30. Отождествление линии  $H_{\alpha}$  не совсем уверенное.

31. Красное смещение измерено по отношению к линиям ночного неба [OI] 5577 и 6300 Å, точность измерения невысока.

32. Компактный объект. Наблюдается только одна линия  $H_{\alpha}$ , которая шире инструментального контура.

33. Довольно диффузный объект.  $H_{\alpha}$  уширена либо блендируется с [NII] 6548—84 Å, что более вероятно, так как заметная  $H_{\beta}$  отсутствует.

34. Галактика с заметным ядром. Эмиссионная линия  $H_{\alpha}$  широкая, но имеет необычный вид, скорее это бленда с довольно яркими линиями [NII] 6548—84 Å,  $H_{\beta}$  практически отсутствуют.

Специальная астрофизическая  
 обсерватория АН СССР  
 Крымская астрофизическая  
 обсерватория АН СССР

## SPECTRAL OBSERVATIONS OF MARKARIAN GALAXIES

I. M. KOPILOV, V. A. LIPOVETSKY, V. I. PRONIK, K. K. CHUVAEV

Spectroscopic observations of Markarian galaxies from lists V, VI, VII are presented. All spectra have been obtained with 2.6-meter telescope with an image-tube. The spectra of 56 galaxies show emission lines. We have found that the objects Markarian 478, 486, 506, 509, 530, 541 and 590 show properties of Seyfert galaxies. The objects Markarian 493, 516, 533, 577, 609, 610 and 612 probably possess weak characteristics of Seyfert galaxies.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Б. Е. Маркарян, В. А. Липовецкий, *Астрофизика*, 8, 155, 1972; 9, 487, 1973; 10, 1974 (в печати).
2. И. М. Копылов, В. А. Липовецкий, В. И. Проник, К. К. Чуваев, *Астрон. циркул.*, № 755, 1973.
3. F. Zwicky *et al.*, *Catalogue of Galaxies and Clusters of Galaxies*, v. I—VI, Pasadena, California Institute of Technology, 1961—1968.
4. F. Zwicky, *Catalogue of Selected Compact Galaxies and of Past-Eruptive Galaxies*, Speich Zuerich, Zwitterland, 1971.
5. М. А. Аракелян, Э. А. Дибай, В. Ф. Есипов, *Астрофизика*, 9, 319, 1973.
6. М. А. Аракелян, Э. А. Дибай, В. Ф. Есипов, *Астрофизика*, 8, 177, 1972.
7. Н. Агр, *Ap. Lett.*, 7, 225, 1971.