

СПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛАКТИКИ  
МАРКАРЯН 8

Э. Е. ХАЧИКЯН

Поступила 2 ноября 1972

Приводятся результаты детального спектрального исследования галактики Маркарян 8. Снимки получены на 84" телескопе обсерватории Кит-Пик (США) с помощью спектрографа Линдса с дисперсией около 120 А/мм. Получены семь спектров различных областей галактики параллельным перемещением щели спектрографа по прямому восхождению. Галактика имеет сложную морфологическую и динамическую структуру. Галактика содержит несколько сверхассоциаций, красные смещения которых заметно отличаются друг от друга. Исследовано поле скоростей в галактике, которое оказалось необычным.

Галактика Маркарян 8 (=IC 2184 = MCG 12-7-41 = VII Zw156) содержится в списке галактик с сильным ультрафиолетовым континуумом [1]. Предварительные данные о спектре этой галактики были приведены в [2].

В настоящей работе приводятся результаты детального спектрального исследования этой галактики.

Маркарян 8 отличается очень интересной и сложной морфологической структурой. На оригинальных пластинках 48" телескопа системы Шмидта обсерваторий Хейл (любезно предоставленных автору дирекцией астрономического отдела Калифорнийского технологического института, за что, пользуясь случаем, автор выражает ей глубокую благодарность) в галактике отчетливо наблюдаются пять сгущений. На рис. 1 схематически представлены эти сгущения.

Галактика представляет собой как бы две слившиеся тесно галактики, ветви которых, почти сливаясь одним концом (сгущения III и V), образуют в проекции на плоскость перпендикулярно к лучу зре-

ния острый угол, стороны которого на расстоянии  $10''$  от вершины угла вновь приближаются друг к другу.

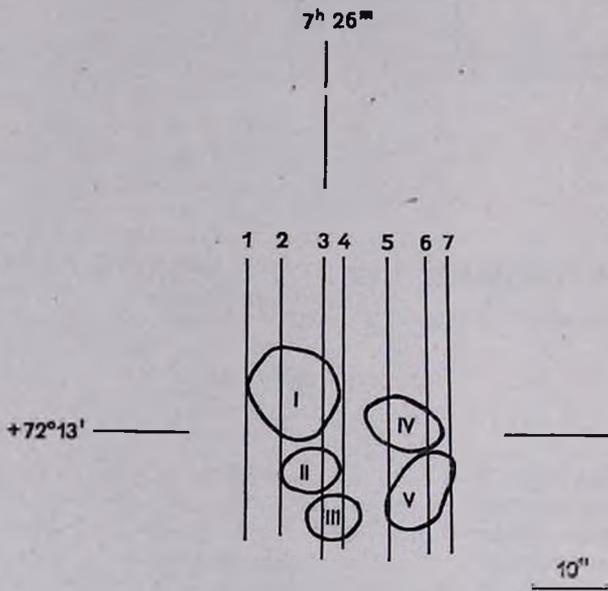


Рис. 1. Схематическая картина Маркаря 8. Сгущения обозначены римскими цифрами. Параллельные линии показывают положение щели спектрографа. Цифры у линий соответствуют номеру снимка.

Восточная ветвь галактики состоит из трех сгущений (I, II, III), расположенных почти точно на одной прямой и имеет длину примерно  $25''$ , с позиционным углом  $20^\circ$ . Все три сгущения имеют почти сферическую форму и соединены между собой яркими диффузными перемычками. Самая яркая часть этой ветви — сгущение I, расположенное в северной части галактики. Сгущения в западной части галактики (IV и V) несколько удлинены, причем южное из них (V) сильнее, чем северное (IV). Сгущение V вытянуто вдоль позиционного угла  $155^\circ$  и имеет длину примерно  $12''$ . Сгущение IV несколько вытянуто по направлению к самому яркому сгущению I, при этом оба эти сгущения соединены диффузной перемычкой. Два сгущения западной ветви образуют фигуру, которая по своему виду напоминает дугу, обращенную своей вогнутой стороной к восточной ветви. Как западная, так и восточная ветви погружены в диффузную оболочку, которая на голубых снимках Паломарского обозрения более яркая, чем на красных.

Согласно Цвикки [3], Маркаря 8 — „голубой послезеруптивный квартет, состоящий из двух перемычкообразных и двух сферических

компактных областей с видимой величиной  $m_{pg} = 13.8$ ". По Б. Е. Маркаряну — это "гнездо голубых объектов [1], а по Б. А. Воронцову-Вельяминову — две слившиеся линзовидные галактики [4].

Спектры исследуемой галактики были получены на 84" телескопе обсерватории Кит-Пик (США) с помощью спектрографа Линдса с дисперсией примерно 120 А/мм. Щель спектрографа, шириной около 2" и длиной примерно 2.5, была направлена вдоль линии Север—Юг. Получены семь спектров различных областей галактики параллельным перемещением щели спектрографа по прямому восхождению каждый раз на разные расстояния, заключенные в интервале 0.5—1.5. Сведения о снимках даны в табл. 1, в первом столбце которой приведены номера негативов, во втором — положение щели спектрографа согласно показанию шкалы прямого восхождения телескопа, в третьем время экспонирования и в последнем — сорт пластины.

Таблица 1

Номер негатива	Положение щели	Время эксп. (мин)	Сорт пластины
550a	$7^h 26^m 03.0$	10	II а-О
" в	02.0	"	"
" с	00.5	"	"
" d	00.0	"	"
" e	25 58.7	"	"
" f	57.5	"	"
" g	56.8	"	"

Все семь спектров получены на одной и той же пластинке, одна за другой, в течение полутора часов в ночь с 5 на 6 декабря 1967 года.

На рис. 2 приведена репродукция всех семи спектров галактики, причем первый спектр снизу соответствует тому положению щели, когда в нее попадал лишь восточный край наиболее яркой детали этого объекта — сгущение I. Затем щель перемещалась в сторону уменьшения прямого восхождения. На первых трех спектрах (на рис. 2 — три нижних) на уровне спектра сравнения одновременно получен также спектр звезды (примерно 15.8 величины), расположенной почти точно к северу от сгущения I на расстоянии примерно 5" от нее.

К сожалению, крупномасштабной фотографии этой галактики не имеется, А. Т. Каллоглян [5] получил снимки галактики на 2-х метровом универсальном телескопе Таутенбургской обсерватории

(ГДР) в его шмидтовском фокусе с масштабом 51'3 в одном миллиметре.

Как видно из рис. 2, на всех снимках, кроме первого, видны два спектра, которые отчетливо разделяются и принадлежат, естественно, разным областям галактики. В дальнейшем верхний из спектров (расположенный севернее) будем называть спектром „а“, а нижний (южный) — спектром „в“.

Благодаря тому обстоятельству, что спектр вышеупомянутой звезды получен одновременно с первыми тремя спектрами самой галактики, удалось определить какой из спектров принадлежит какому сгущению. Расстояния между спектром звезды и спектрами „а“ и „в“ для всех положений щели были измерены на микрофотометре ИЗА-2. Результаты этих измерений помещены в табл. 2, где в первом

Таблица 2

РАССТОЯНИЕ СПЕКТРОВ СГУЩЕНИЙ МАРКАРЯН 8 ОТ СПЕКТРА ЗВЕЗДЫ ПО СКЛОНЕНИЮ (В СЕК. ДУГИ)

№ снимка	Расстояние спектра звезды		$\Delta l$	Примечания
	от спектра „а“	от спектра „в“		
1		95"		спектр I
2	94	103.5	9.5	спектры I и II
3	95	110.2 эмисс.	15.2	„ I и III
		107.2 непр.	12.2	„ I и диффузной области между II и III
4	95.2	110	14.8	спектры I и III
5	99	110	11	„ IV и V
6	99.7	110.5	10.8	„ IV и V
7	99	110	11	„ IV и V

столбце помещен номер снимка (считая снизу на рис. 2), во втором и третьем — расстояния от спектра звезды до спектров „а“ и „в“ в угловых секундах, в четвертом — относительное расстояние в секундах дуги между спектрами „а“ и „в“ по склонению и в последнем столбце, в примечаниях, указано, каким сгущениям принадлежат данные спектры. Средние расстояния же по склонению между сгущениями, измеренные по негативам галактики в лучах U и R, полученных А. Т. Каллогляном и любезно предоставленных автору, составляют: между сгущениями I и II — 9", II и III — 6", IV и V — 10", I и IV — 4". Расстояние между вышеупомянутой звездой и сгущением I, как уже отмечалось, составляет примерно 95".

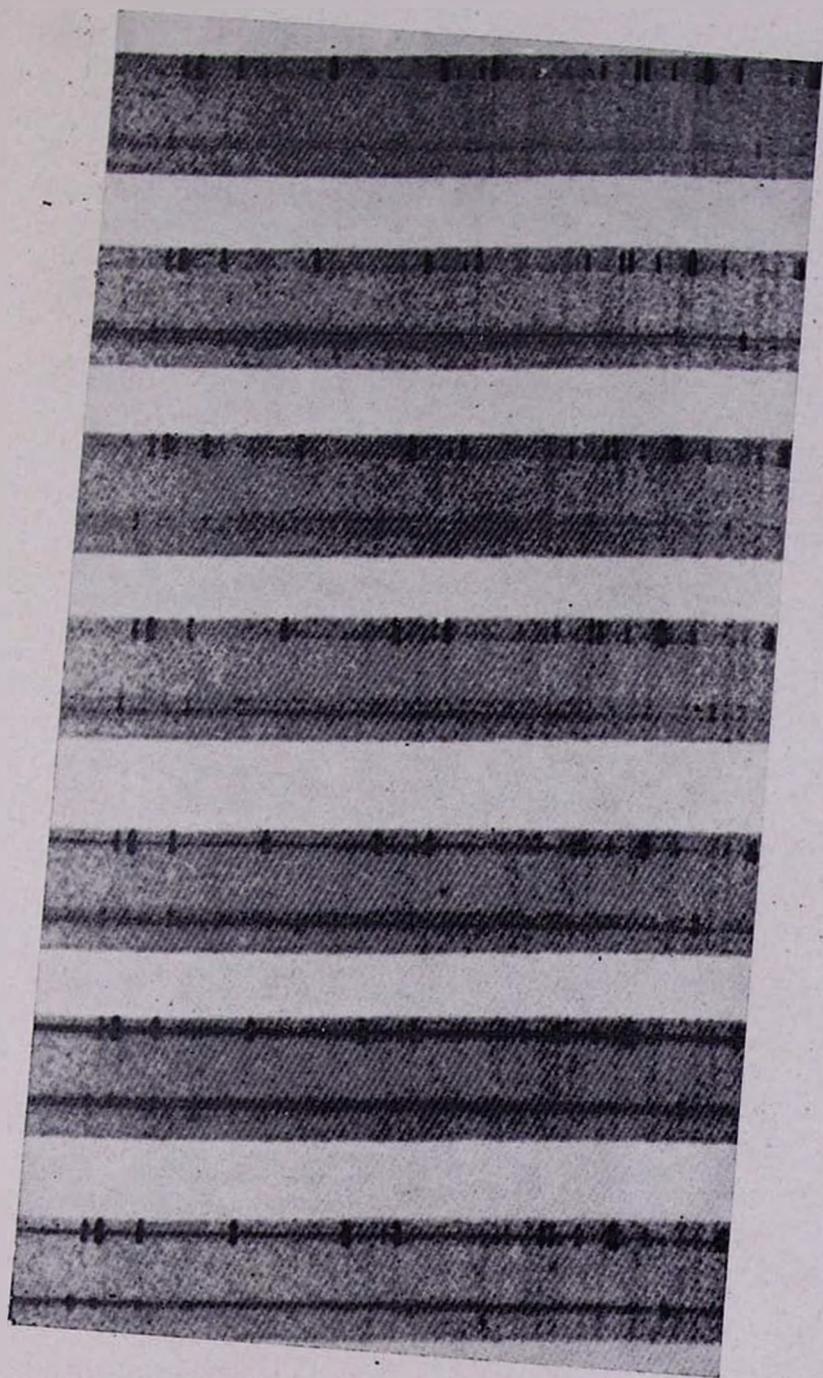


Рис. 2.

Рассмотрение рис. 1 и 2 и табл. 2 приводит к следующим выводам:

1. Спектр сгущения I получен на первых четырех снимках, причем на снимках 2, 3 и 4 — это спектр „а“. На четвертом снимке эмиссионные линии выглядят не как точки, как на первых трех снимках, а имеют диффузный вид и вытянуты вдоль направления Север—Юг настолько, что линии  $N_1$ ,  $N_2$  и  $\lambda$  3727 сливаются с точечными изображениями тех же линий спектра „в“. Это указывает на то, что на четвертом снимке спектр „а“ соответствует спектру диффузной массы, заключенной между сгущениями I и III, ибо спектр „в“ на этом снимке является спектром сгущения III (см. ниже).

2. На снимках 5, 6 и 7 получен спектр сгущения IV (спектр „а“), т. к. его расстояние от спектра звезды составляет  $99''$  и соответствует расстоянию от звезды до сгущения IV, и спектр сгущения V (спектр „в“), расстояние которого от звезды составляет  $109-110''$ , что соответствует расстоянию между спектром звезды и спектром „в“ на этих снимках.

3. Идентичные измерения показывают, что спектры „в“ на снимках 2 и 4 принадлежат, соответственно, сгущениям II и III.

4. На снимке 3 в спектре „в“ эмиссионные линии находятся вне сильного непрерывного спектра, южнее от него. Эмиссионные линии принадлежат сгущению III. Что же касается компоненты с непрерывным спектром, то она принадлежит диффузной области, расположенной между сгущениями II и III на расстоянии примерно  $2''$  к югу от сгущения II. Следует отметить, что слабые, но отчетливо выделяющиеся эмиссионные линии  $N_1$ ,  $N_2$  и  $N_3$  сгущения II также видны на этом снимке. Они расположены несколько выше непрерывного спектра между спектрами сгущений I и III.

5. Все спектры сгущений Маркарян 8 содержат одни и те же эмиссионные линии водорода, запрещенные линии [O II], [O III] и [Ne III]:  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$ ,  $N_7$  и  $N_8$ ,  $\lambda$  3869,  $\lambda$  3968 и  $\lambda$  3727.

Весьма интересную картину показывают красные смещения этих сгущений. Более тонкие измерения показывают, что наблюдается различие, хотя и небольшое, в величинах красных смещений сгущений. С помощью всех наблюдаемых эмиссионных линий измерены средние значения красных смещений на всех семи снимках. Затем для каждого из шести снимков (кроме первого) определена разность красных смещений в спектрах „а“ и „в“. Результаты измерений этих разностей приведены в табл. 3, в которой в первом столбце даны номера снимков, во втором — среднее значение красного смещения ( $\bar{z}$ ) и в последнем — разность красных смещений между спектрами „а“ и „в“ для одного и того же снимка. Как видно из этой таблицы, значения  $z$  в

спектрах „а“ и „в“ для одного и того же снимка заметно отличаются друг от друга. При этом выявляется следующая интересная особенность: на снимках 2 и 3 величина  $\bar{z}$  в спектрах „в“ в среднем больше,

Таблица 3

Номер спектра	$\bar{z}$	$\Delta v$ (км/сек)
1	0.0104	—
2 <sub>а</sub>	.0104	— 90
2 <sub>в</sub>	.0107	— 90
3 <sub>а</sub>	.0107	— 60
3 <sub>в</sub>	.0109	— 60
4 <sub>а</sub>	.0110	0
4 <sub>в</sub>	.0110	0
5 <sub>а</sub>	.0112	+ 90
5 <sub>в</sub>	.0109	+ 90
6 <sub>а</sub>	.0110	+ 90
6 <sub>в</sub>	.0107	+ 90
7 <sub>а</sub>	.0112	+120
7 <sub>в</sub>	.0108	+120

чем в спектрах „а“, а после 4-го снимка наблюдается обратная картина. Для наглядности на рис. 3 в виде графика приведены данные

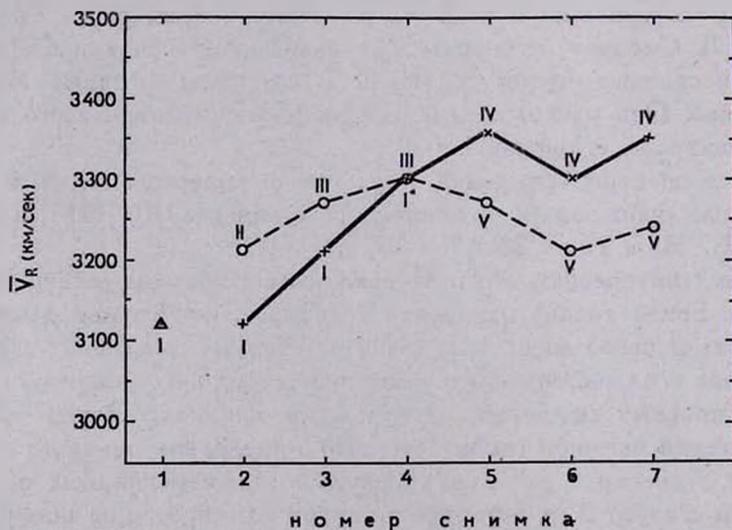


Рис. 3.

табл. 3, где по горизонтальной оси отложены номера снимков, а по вертикальной — значения  $\bar{z}$  в км/сек. Римскими цифрами на этом

рисунке обозначены соответствующие сгущения, по спектрам которых определены значения красных сгущений.

Как видно из этого графика:

а) Значения красных смещений в спектрах „в“ (сгущения II, III и V) мало отличаются друг от друга. Правда, сгущение II имеет несколько меньшее значение  $\bar{z}$ , чем сгущение III.

б) Восточная и западная части сгущения I имеют различные скорости. Хотя эта разница порядка 150 км/сек, она отчетливо наблюдается. Западная часть этого сгущения, обозначенная на рис. 3 символом I\*, имеет примерно такую же скорость, что и сгущения III и V.

в) Наиболее высокую скорость имеет сгущение IV, а наименьшую — восточный край сгущения I, причем разница их скоростей более 200 км/сек. Сгущение I имеет при этом отрицательную относительно группы сгущений II, III и V скорость, а сгущение IV — положительную.

Среднее значение красного смещения Маркаря 8, определенное по всем спектрам, равно  $\bar{z} = 0.0108$ . С учетом поправки на движение Солнца вокруг центра Галактики, равной  $\Delta z = +0.0004$ , окончательно имеем  $\bar{z}_0 = 0.0112 \pm 0.0002$ . Следует отметить, что величина  $z$  систематически уменьшается при переходе от длинноволновой области спектра к коротковолновой для всех спектров без исключения. Наибольшее красное сгущение имеет линия  $N_1$ , наименьшее —  $\lambda 3727$ . Возможно, что это является результатом искажения всей спектральной картины вследствие магнитной фокусировки ЭОП-а („S“ — дисторсия).

*Обсуждение результатов.* Маркаря 8 выделяется среди других исследованных галактик с ультрафиолетовым избытком своими необычными структурными и динамическими особенностями. Она состоит из пяти сгущений, заключенных в диффузную оболочку. Наши спектральные наблюдения подтверждают наличие ультрафиолетового континуума в ней. Как видно из рис. 2, сильный непрерывный спектр сгущений простирается далеко за линию  $\lambda 3727$ . Кроме того, сама линия  $\lambda 3727$  имеет довольно большую интенсивность, превосходящую интенсивность линии  $H\beta$ , а в некоторых случаях и линию  $N_1$ . В табл. 4 и 5 приведены значения относительных интенсивностей и эквивалентных ширины для всех эмиссионных линий.

При определении интенсивностей линий не учтена спектральная чувствительность прибора, которая должна быть меньше на концах спектра в области  $N_1$  и  $\lambda 3727$ . Но так как спектральная чувствительность для всех снимков может считаться одинаковой, относительные интенсивности линий на разных снимках могут быть сравнены друг с другом. Как видно из табл. 4, наблюдается некоторое различие в ин-

тенсивностях линий  $N_1$ ,  $N_2$  и  $H\beta$  между восточной и западной ветвями галактики: в восточной части (сгущения I, II, III) интенсивности линий  $N_1$ ,  $N_2$  больше по сравнению с  $H\beta$  ( $\bar{N}_1 : \bar{N}_2 : H\beta = 2.15 : 1.56 : 1$ ), чем в западной ( $\bar{N}_1 : \bar{N}_2 : H\beta = 1.07 : 0.69 : 1$ ) (сгущения IV и V).

Таблица 4

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ В  
МАРКАРЯН 8

№	$N_1$	$N_2$	$H\beta$	$H\gamma$	$H\delta$	$H\epsilon$	$H\zeta$	$\lambda 3869$ [Ne III]	$\lambda 3727$ [O II]	$\frac{I_{N_1+N_2}}{I_{H\beta}}$
1	1.82	1.23	1.00	0.56	0.17	0.10	0.06	0.23	1.09	3.05
2а	1.78	1.18	1.00	0.37	0.21	0.12	0.08	0.37	1.33	2.96
2в	2.08	1.00	1.00	0.27				0.62	2.32	3.08
3а	2.21	1.00	1.00	0.43	0.27	0.27		0.39	1.88	3.21
3в	2.62	1.09	1.00	0.46					2.20	3.71
4а	2.12	1.03	1.00	0.33				1.79?	1.97	3.15
4в	2.34	0.97	1.00	0.33					1.20	3.31
5а	1.94	0.78	1.00	0.34	0.17			0.39	1.94	2.72
5в	1.40	0.73	1.00	0.18						2.13
6а	1.36	0.70	1.00	0.25	0.20	0.18			1.59	2.06
6в	2.06	0.95	1.00	0.73	0.25			0.47	2.75	3.01
7а	1.52	0.58	1.00						1.92	2.10
7в	1.13	0.39	1.00	0.49					1.19	1.52

Спектры сгущений в целом напоминают спектры планетарных туманностей, как это наблюдается у многих галактик Маркаряна. По аналогии с планетарными туманностями, спектры сгущений можно классифицировать в зависимости от степени возбуждения. По величине отношения  $I_{N_1+N_2}/I_{H\beta}$  и  $I_{3727}/I_{H\beta}$  (см. табл. 4) обе ветви можно отнести к классу, среднему между 3 и 4 (по десятибалльной системе [6—8]), что указывает на сравнительно низкую степень возбуждения в сгущениях. Но, с другой стороны, в их спектрах отчетливо наблюдается линия дважды ионизованного неона [Ne III]  $\lambda 3869$ , которая в свою очередь указывает на высокую степень возбуждения. Что же касается линий гелия, то они в спектрах сгущений как будто вообще отсутствуют. Сходство сгущений с планетарными туманностями ограничивается наличием лишь ряда эмиссионных линий, типичных для планетарных туманностей. Весьма вероятно, что в сгущениях основную роль играет тот же механизм флуоресценции, что и в планетарных туманностях. Однако сгущения в Маркарян 8 по своим структурным особенностям больше напоминают сверхассоциации, впервые описанные и исследованные В. А. Амбардзумяном и его сотрудниками [9, 10].

Самая яркая из них — сгущение I — по грубым оценкам (по паломарским снимкам) имеет абсолютную фотографическую звездную величину порядка  $-18$  (оценка фотографической величины произведена сотрудницей Бюраканской обсерватории С. Г. Искусдарян). Остальные сгущения значительно слабее, но по яркости значительно превосходят яркость обычных звездных ассоциаций и также являются сверхассоциациями.

Таблица 5

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ  
В МАРКАРЯН 8 (В АНГСТРЕМАХ)

№	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	N <sub>5</sub>	$\lambda$ 3869 [N <sub>0</sub> III]	$\lambda$ 3727 [O II]
1	13	8	6	3	1.2	1.8	8
2a	11	6.4	6.1	2	1		9.7
2в	4.7	2.3	2.1	0.4		1.9	5.6
3a	9.5	4.1	4.1	1.6		2.1	9.2
3в	6.6	3.1	2.4	1.2			6.1
4a	6	2.4	3.2	0.7		3.6?	5
4в	7.7	3.2	3.1	1.1			4.9
5a	4.9	1.7	2.6	0.7		0.9	4.2
5в	2	0.8	2				
6a	7.1	3.6	4.3	1.2	1.1		8.4
6в	5.3	2.8	2.6	1.9	0.5	1.2	7.8
7a	3.8	2.3	1.5				4.9
7в	3.7	1.2	3	1.7		1.2	4.2

Как это уже отмечалось выше, восточная и западная ветви Маркарян 8 несколько отличаются друг от друга как по значению относительных интенсивностей эмиссионных линий, так и по величине красного смещения. Из анализа поля скоростей можно заключить, что одним концом (сгущения I и IV) эти ветви расходятся со скоростью примерно  $150-200$  км/сек. Ясно, что это лишь компонента скорости вдоль луча зрения. Полная же скорость расхождения может быть значительно больше. Эти особенности галактики дают основание для предположения, что Маркарян 8 не является одиночным объектом и состоит из двух галактик (как это предполагалось в [4]). Галактики-компоненты могли возникнуть либо одновременно, либо в результате распада одной первоначальной галактики, вследствие большой активности ядра.

Во всех случаях имеется основание предположить, что Маркарян 8 является молодым объектом, поскольку сверхассоциации, определяющие, по-видимому, его морфологическую и динамическую структуру, сами являются молодыми образованиями [9].

По своей морфологической структуре и по необычному полю скоростей Маркарян 8 не является единственной. Галактика Маркарян 7, например, по внешней структуре почти идентична Маркарян 8. К сожалению, детального спектрального исследования этой галактики никем не выполнено. Известная пара галактик NGC 4038—39, подробно исследованная Е. М. и Дж. Р. Бербиджами [11], также имеет необычную морфологическую структуру и необычное поле скоростей, в некоторой степени напоминающие Маркарян 8. Другой галактикой подобного типа, возможно, является NGC 1741, исследованная Ж. де Воккером [12]. Компонента „А“ этой галактики имеет ряд сгущений, образующих острый угол, подобно Маркарян 8. Спектр ее очень похож на спектр Маркарян 8, причем сильный непрерывный спектр у нее также простирается далеко за линию  $\lambda$  3727. Однако поле скоростей этой галактики им не исследовано.

В заключение считаю своим долгом выразить глубокую благодарность дирекции обсерватории Кит-Пик за предоставление возможности наблюдать на 84" телескопе и д-ру Р. Линдсу за большую помощь при наблюдениях на его спектрографе.

Выражаю также глубокую благодарность акад. В. А. Амбарцумяну за дискуссию и ценные замечания, Г. Паносяну за помощь при обработке спектров, С. Г. Искусдарян за оценку фотографической величины сгущения I и А. Т. Каллоглянну за предоставление негатива снимка Маркарян 8.

Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

## THE SPECTRAL INVESTIGATION OF THE GALAXY MARKARIAN 8

Е. У. ХАЧИҚЯН

The results of detailed spectral investigation of the galaxy Markarian 8 are presented. The spectra have been obtained with 84" telescope of Kitt Peak National Observatory (USA) and Lynd's spectrograph (dispersion about 120 Å/mm). By parallel moving of the spectrograph's slit along right ascension seven spectra of the different parts of galaxy have been taken. The galaxy has a complicated morphological and dynamical structure. It contained five Superassociations with different redshifts. The unusual velocity field in the galaxy is discussed.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Б. Е. Маркарян*, *Астрофизика*, 3, 55, 1967.
2. *Д. В. Видман, Э. Е. Хачикян*, *Астрофизика*, 4, 587, 1968.
3. *F. Zwicky*, *Catalogue of Galaxies and Clusters of Galaxies VII*, California Institute of Technology, Pasadena, 1968.
4. *Б. А. Воронцов-Вельяминов и др.* Морфологический каталог галактик, т. I, Изд. МГУ, М., 1962.
5. *А. Т. Каллооян*, *Астрофизика*, 7, 521, 1971.
6. *T. Page*, *Ap. J.*, 96, 78, 1942.
7. *L. H. Aller*, *Gaseous Nebulae*, London, 1956, p. 66.
8. *Г. А. Гурздян*, *Планетарные туманности*, М., 1962.
9. *В. А. Амбарцумян и др.*, *Сообщ. Бюраканской обс.*, 33, 3, 1963.
10. *Р. К. Шахбазян*, *Астрофизика*, 4, 273, 1968.
11. *Е. М. Бэрбидж, Дж. Р. Бэрбидж*, *Нестационарные явления в галактиках*, Симпозиум МАС № 29, Ереван, 1968, стр. 415.
12. *Ж. де Вокулёр*, *Нестационарные явления в галактиках*, Симпозиум МАС № 29, Ереван, 1968, стр. 421.

