

УДК 524.6—355:520.84

СПЕКТРАЛЬНОЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ГАЛАКТИК С UV ИЗБЫТКОМ. VI

М. А. КАЗАРЯН, Э. С. КАЗАРЯН

Поступила 6 июня 1984

Принята к печати 11 января 1985

Приводятся результаты спектрального и морфологического исследования галактик № 73, 125 и 229 из списков [1, 2]. Определены массы газовых составляющих этих галактик, приблизительно равные $6.4 \cdot 10^4 M_{\odot}$, $1.4 \cdot 10^5 M_{\odot}$ и $1.5 \cdot 10^5 M_{\odot}$. Установлено, что галактика № 73 является галактикой типа Sy2 и по своим физическим особенностям походит на галактики типа Sy2, Маркарян 744 и 1066. По некоторым физическим особенностям галактика № 125 похожа на галактику № 73, только она по-видимому, находится на более поздней стадии развития, чем галактика № 73.

1. *Введение.* Спектральное и морфологическое исследование проведено относительно многих галактик с UV избытком, взятых из списков [1—5]. Результаты этих исследований показывают, что эти галактики отличаются друг от друга как по физическим особенностям, так и по внешней структуре. Среди них встречаются галактики типа Сейферта [6—8], галактики, в спектрах которых наблюдаются узкие, но сильные эмиссионные линии [9—12], одновременно наблюдаются эмиссионные линии и линии поглощения [11—16], а также только линии поглощения [11]. Имеются еще и такие, у которых в длинноволновой части (около линии H_{α}) линий не наблюдаются [1]. По морфологическим особенностям они охватывают почти все типы, т. е. могут быть звездообразными, компактными, спиральными, эллиптическими, иррегулярными и т. д. [17].

Настоящая работа посвящена спектральному и морфологическому исследованию трех галактик с UV избытком, порядковые номера которых в списках [1, 2] № 73, 125 и 229.

Прямой снимок галактики № 73 = NGC 6217 был получен 11 июня 1978 г. в первичном фокусе 6-м телескопа САО АН СССР (оригинальный масштаб $1 \text{ мм} \approx 8''.7$) в фотографических лучах. При фотографировании была использована пластинка ORWO (ZU-2), экспозиция снимка 10 мин.



Спектральные наблюдения галактик № 73, 125 и 229 были проведены на 6-м телескопе САО АН СССР. В табл. 1 приведены сведения об этих наблюдениях.

Таблица 1

СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

№ галактики	Дата наблюдения	Спектрограф	Светопримная аппаратура	Время накопления (в мин)	Количество спектров	Спектральный диапазон (А)
73	1.VII.1978	СП-160	ЭОП-М9ЦВ	10	1	7170—5750
	"	"	"	10	1	6200—4800
	4.VII.1978	"	"	10	1	5150—3700
	"	"	"	5	1	"
	"	"	"	5	1	7170—5750
	29.X.1981	UAGS	Сканер	6	2	7100—5630
	"	"	"	6	2	5760—4320
	"	"	"	4	2	7100—5630
125	30.X.1981	"	"	10	2	4750—3350
	30.V.1982	"	"	10	4	7100—5630
	"	"	"	10	4	5760—4320
	"	"	"	10	2	5150—3700
229	30.X.1981	"	"	10	2	7100—5630
	"	"	"	10	2	5760—4320
	"	"	"	10	2	5150—3700

Цели спектрографов СП-160 и UAGS, с помощью которых были получены спектры, проходили через яркие центральные части галактик и имели ширины 1."3 и 0."9 соответственно. Дисперсия спектрографов СП-160 и UAGS — 65 и 100 А/мм. При получении спектров галактики № 73 со спектрографом СП-160 была использована пленка Kodak 103a-O.

2. *Морфологическая структура.* Репродукция снимка, полученного на 6-м телескопе для галактики № 73, приведена на рис. 1. На снимке видно, что галактика имеет спиральную структуру с очень ярким звездообразным ядром, диаметр которого 8". От ядра отходят два слабых рукава, к северу и к югу соответственно, которые состоят из сгущений и простираются примерно до одинакового расстояния — 40".

Для морфологического описания остальных двух галактик использованы карты Паломарского атласа. На этих картах галактика № 125 имеет эллиптическую структуру с размерами 30" × 40", а галактика № 229 = MCG2 — 60—3—спиральную структуру с размерами 67" × 107".

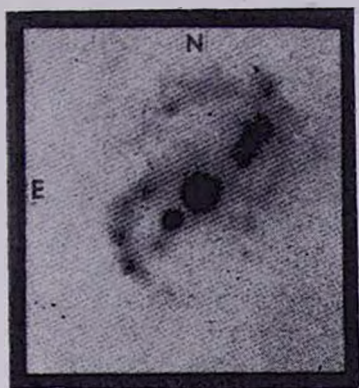


Рис. 1. Репродукция фотографии галактики № 73 (масштаб 1 мм $\approx$ 2").

К ст. М. А. Казаряна, Э. С. Казарян

3. Описание спектров.

Галактика № 73. Ее спектры принадлежат ядру. В них наблюдаются эмиссионные линии [S II] $\lambda\lambda$ 6731, 6717, [N II] $\lambda\lambda$ 6584, 6548, H α , [O I] $\lambda\lambda$ 6364, 6300, [O III] $\lambda\lambda$ 5007, 4959 и [O II] λ 3727. Наблюдаются также линии поглощения Na I λ 5893, Ca II $\lambda\lambda$ 3968, 3934, H γ , H δ и H ϵ . Линии H β , H γ и H δ наблюдаются как в эмиссии, так и в поглощении, причем компонент поглощения для каждой линии шире, чем эмиссионный компонент. Последний прямо выходит из центра линии поглощения. Линия H α не имеет компонента поглощения, так как эмиссионный компонент очень сильный и заполняет всю линию. Красное смещение галактики № 73 $z = 0.0045 \pm 0.0001$, а $M_{pg} = -17^m5$.

На рис. 2 приведены спектры галактик № 73, 125 и 229. Каждый из них построен при помощи скана объекта с вычетом фона неба. Эти спектры охватывают область $\lambda\lambda$ 6900—6270 Å. На них отмечены эмиссионные линии спектров галактик [S II] $\lambda\lambda$ 6731, 6717, [N II] $\lambda\lambda$ 6584, 6548 и H α . Так как сканы спектров получены в шкалах интенсивностей в произвольных единицах, то на вертикальной оси этих рисунков приведены интенсивности (I_λ) в произвольных единицах.

Галактика № 125. В спектре наблюдаются эмиссионные линии [S II] $\lambda\lambda$ 6731, 6717, [N II] $\lambda\lambda$ 6584, 6548, H α , [O II] λ 3727, линий [O III] $\lambda\lambda$ 5007 и 4959 очень слабые и едва заметны. Линии H β и H γ наблюдаются как в эмиссии, так и в поглощении и по своей структуре похожи на таковые тех же линий в спектре галактики № 73. В спектре галактики № 125 наблюдаются также линии поглощения Na I λ 5893, H β , H γ , Ca II $\lambda\lambda$ 3968 и 3934. Рядом с эмиссионной линией [N II] λ 6548, с ее коротковолновой стороны, почти с такой же интенсивностью наблюдается эмиссионная линия, которая по длине волны, $\lambda_0 = 6527$ Å, совпадает с линией [N II] λ 6527. Однако эта линия по интенсивности должна быть очень слабой, поэтому она остается неотожествленной. Она отмечена на рис. 2 стрелкой.

Красное смещение галактики № 125 $z = 0.0043 \pm 0.0001$, а абсолютная величина $M_{pg} = -18^m0$.

Галактика № 229. В спектре наблюдаются эмиссионные линии [S II] $\lambda\lambda$ 6731, 6717, [N II] $\lambda\lambda$ 6584, 6548, H α , [O III] $\lambda\lambda$ 5007, 4959, H β . Спектр коротковолновой части очень слабый, поэтому на нем едва заметны эмиссионные линии H γ и [O II] λ 3727. В отличие от предыдущих галактик в спектре № 229 линии поглощения не обнаружены.

Красное смещение галактики № 229, $z = 0.0215 \pm 0.0001$, а абсолютная величина $M_{pg} = -21.2^a$.

4. Эквивалентные ширины и относительные интенсивности линий. Электронная концентрация и масса газовой составляющей галактик.

Эквивалентные ширины линий и относительные интенсивности эмиссионных линий галактик № 73, 125 и 229 были определены при помощи

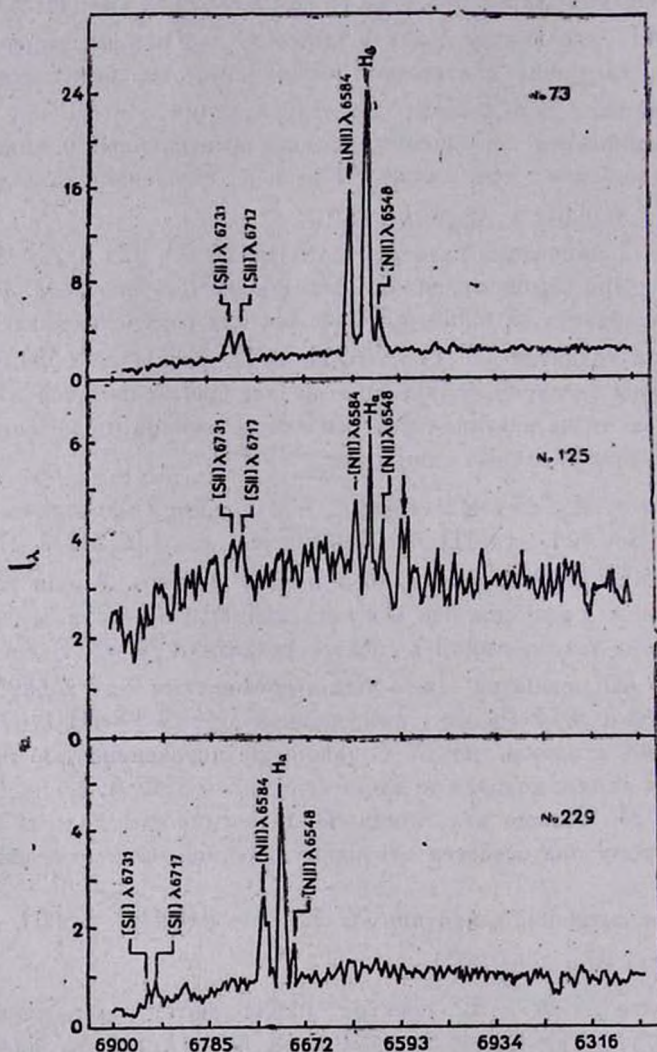


Рис. 2. Спектры галактик № 73, 125 и 229 (в интенсивностях).

сканов их спектров. Эти величины определялись методами, примененными в работе [10]. Значения этих величин приведены в табл. 2.

Как было сказано выше, линия $H\alpha$ в спектрах галактик № 73 и 125 наблюдается как в эмиссии, так и в поглощении, поэтому эмиссионный

компонент этой линии у обеих галактик выявляется неполностью, так как его некоторая часть идет на заполнение компонента поглощения. Это явление не может существенно влиять на величину интенсивности эмиссионного компонента линии H_3 в спектре галактики № 73, так как она намного больше по сравнению с величиной интенсивности компонента поглощения. Поэтому интенсивности эмиссионных линий у галактики № 73 определены относительно линии H_3 , а у галактики № 125 относительно линии H_2 .

Таблица 2

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ ЛИНИЙ И ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ
ИНТЕНСИВНОСТИ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ

Ион	λ_0	Эмиссия или абсорбция	Галактика					
			№ 73		№ 125		№ 229	
			W_λ	$I_\lambda/I_{H\beta}$	W_λ	$I_\lambda/I_{H\beta}$	W_λ	$I_\lambda/I_{H\beta}$
[S II]	6731	эмиссия	9.7	1.00	3.1	0.52	3.8	0.77
[S II]	6717	"	9.3	0.95	3.3	0.55	4.6	0.94
[N II]	6584	"	49.2	5.09	5.3	0.71	17.0	3.25
H_2	6563	"	76.4	7.38	6.9	1.00	32.9	7.38
[N II]	6548	"	17.4	1.71	2.3	0.24	4.2	1.04
	6527	"			2.8	0.23		
[O III]	5007	"	5.6	0.30			9.4	1.05
[O III]	4959	"	1.8	0.10			3.2	0.35
$H\beta$	4861	"	9.0	1.00	3.1	0.12	8.6	1.00
$H\beta$	4861	абсорбция	3.1		1.9			
H_7	4340	эмиссия	2.6	0.35	0.8	0.06		
H_7	4340	абсорбция	2.5		0.7			
Полоса G	4310	"			4.1			
H_3	4102	эмиссия	0.8	0.13				
H_3	4102	абсорбция	2.5		2.3			
H_3	3970	"						
Ca II	3968	"	2.0		5.8			
Ca II	3934	"	2.0		7.4			
[O II]	3727	эмиссия	8.7	0.42	6.2	0.24		

Для определения спектральной чувствительности системы при наблюдениях со сканером в качестве стандартной звезды была выбрана Korfí 27. Распределение в ее спектре известно [19]. Ее сканы тоже получены на 6-м телескопе.

Электронная концентрация для газовой составляющей этих галактик определена при помощи отношения интенсивностей линий [S II] $\lambda\lambda$ 6717 и 6731 ($R = I_{6717}/I_{6731}$).

По данным, приведенным в табл. 1, определяются значения R для галактик № 73, 125 и 229, которые оказываются равными 0.95, 1.06 и 1.22 соответственно. Используя теоретическую зависимость между R и n_e , данную в [17] для $T_e = 100\,000$ К, мы определили электронные концентрации газовой составляющей этих галактик. Значение n_e для галактики № 73 приблизительно равно 870, а для № 125 и 229—580 и 280 соответственно.

Массы газовой составляющей этих галактик определены обычным методом. Значения масс этих образований, определенные для галактик № 73, 125 и 229 так же, как и в работе [10], приблизительно равны $6.4 \cdot 10^4 M_\odot$, $1.4 \cdot 10^5 M_\odot$ и $1.5 \cdot 10^5 M_\odot$.

5. *Обсуждение результатов.* В [1, 2] для галактик № 73, 125 и 229 приводятся спектрально-морфологические характеристики $s1$, $d2$ и $d2$ соответственно. Это означает, что все галактики в спектрах имеют сильный UV-избыток. Причем у галактики № 73 избыточное излучение в ультрафиолетовой части спектра наблюдается в ярком компактном ядре, угловой диаметр которого составляет $8''$. Такое излучение в галактиках № 125 и 229 наблюдается в более обширных областях, угловые размеры которых согласно [3] должны быть больше $10''$. На рис. 3а и б приведены контуры линий галактик № 73 и 125. Каждый из них был построен при помощи одного спектра.

Контур линии галактики № 73 очень разнообразен. Контур линии [O III] λ 5007 грубо можно разделить на две части — верхнюю узкую и нижнюю широкую. Причем нижняя часть примерно в три раза шире верхней части. Если предполагать, что линии расширяются по эффекту Доплера, то полуширине нижней части линии [O III] λ 5007 на уровне непрерывного спектра будет соответствовать скорость расширения 860 км/с. С другой стороны контур этой линии асимметричен, так как коротковолновая область его нижней части, начиная от максимальной точки линии длиннее, чем длинноволновая.

Другая линия [O III] λ 4959 тоже широкая, ее полуширине, на уровне непрерывного спектра, соответствует скорость расширения 620 км/с. Так как она в три раза слабее линии [O III] λ 5007, то на ее контуре трудно зафиксировать указанные выше структурные особенности, наблюдающиеся в линии [O III] λ 5007.

Из рис. 2 видно, что в спектре галактики № 73 нижние части линий [S II] $\lambda\lambda$ 6731 и 6717, а также [N II] $\lambda\lambda$ 6584, 6548 и H_α сливаются. Такое явление не наблюдается в спектрах галактик № 125 и 229. Там эти линии наблюдаются отдельно (см. рис. 2), так как они уже, чем таковые у галактики № 73. Это говорит о том, что нижние части этих линий в спектре галактики № 73 тоже широкие. В спектрах галактики № 73, полученных на 6-м телескопе со спектрографом СП-160, тоже наблюдаются

нижние широкие части, так как эмиссионные линии $[N II]$ $\lambda\lambda$ 6584, 6548, H_α , $[O III]$ $\lambda\lambda$ 5007 и 4959 широкие. Репродукция одного из этих спектров, которому соответствует длинноволновый диапазон, приведена в работе [21]. На ней видны первые три линии, они также широкие. В этих спектрах вышеотмеченные линии поглощения тоже широкие. На этот факт был обращено внимание впервые в работе [1].

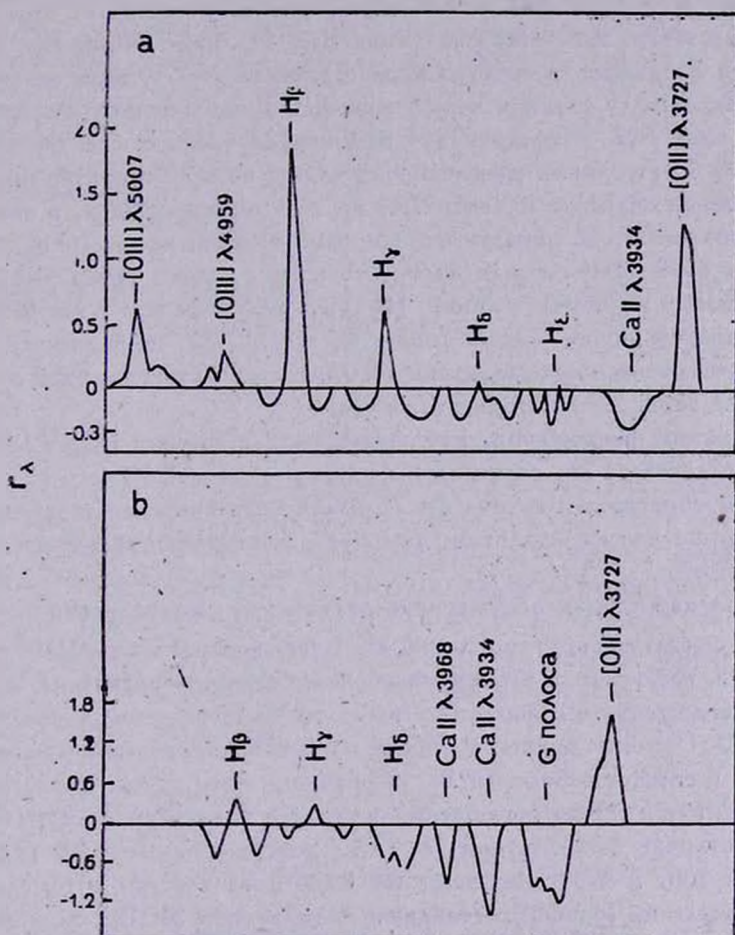


Рис. 3. Профили линий а) галактики № 73, б) галактики № 125.

Широкие нижние части невозможно обнаружить у линий H_β , H_γ и H_α , так как они наблюдаются как в эмиссии, так и в поглощении. Причем, как было отмечено выше, компонент поглощения каждой линии шире, чем эмиссионный компонент. Последний прямо выходит из центральной части линии поглощения.

Если предполагать, что компоненты поглощения линий H_3 , H_7 и H_8 также расширялись по закону Доплера, то их полуширинам на уровне непрерывного спектра будут соответствовать скорости расширения, равные примерно 730, 710 и 540 км/с соответственно. Их среднее значение, 660 км/с, приблизительно такое же, как у линии $[O III] \lambda 4959$. Другие линии поглощения, кроме линий $Na I \lambda 5893$ и $Ca II \lambda 3934$, тоже широкие.

Исходя из вышеприведенных результатов можно заключить, что контуры линий $[O III] \lambda \lambda 5007$ и 4959 и скорости их расширения ядра галактики № 73 такие, как у галактик типа $Sy2$. Наличие линий поглощения, которые наблюдаются в спектре ядра галактики № 73, тоже не противоречит этому выводу, так как линии поглощения наблюдаются также у двух галактик типа $Sy2$, Маркарян 744 и 1066 [22—24]. В спектре ядра галактики № 73 эти линии очень широкие. Они, по всей вероятности, имеют звездное происхождение и возникают во всех областях ядра, в том числе и в тех областях, где образуются широкие нижние части линий $[O III] \lambda \lambda 5007$ и 4959 . Электронная плотность в этих частях столь высока, что в них не может возникнуть линия $[O II] \lambda 3727$, так как у нее не наблюдается широкой нижней части. Линия $[O II] \lambda 3727$, по-видимому, возникает в тех областях ядра галактики № 73, где образуются линии поглощения $Na I \lambda \lambda 5890, 5896$, которые тоже узки.

По линиям поглощения, наблюдавшимся в спектре ядра галактики № 73, определяется его спектральный класс — типа А.

Таким образом, галактика № 73 имеет особенности галактик типа $Sy2$, но по физическим условиям она более походит на галактики Маркарян 744 и 1066.

Теперь перейдем к обсуждению результатов исследования галактики № 125. В ее спектре контуры линий H_3 и H_7 похожи на таковые у галактики № 73, только доля эмиссионного компонента по сравнению с компонентами поглощения в каждой из этих линий намного меньше, чем у галактики № 73. Поэтому коротковолновые линии бальмеровской серии, начиная с H_3 , в спектре галактики № 125 наблюдаются только в поглощении. Эти линии, как и линии поглощения в спектре галактики № 73, тоже широкие. В отличие от галактики № 73 в спектре галактики № 125 линии $[O III] \lambda \lambda 5007$ и 4959 едва заметны. Этот факт говорит о том, что степень возбуждения газовой составляющей галактики № 125 ниже, чем таковая у галактики № 73.

Спектральный класс галактики № 125 более поздний, чем галактики № 73, так как в спектре первой из них наблюдается полоса поглощения G, которая является признаком спектральных классов F и G. К этим результатам добавим еще то, что линейные размеры областей, излучающих ультрафиолетовый избыток, у галактики № 73 примерно в 4—5 раз меньше, чем у галактики № 125.

Исходя из вышеприведенных результатов можно заключить, что по некоторым особенностям галактика № 125 похожа на галактику № 73, только она, по-видимому, находится на более поздней стадии развития, чем галактика № 73.

Из табл. 2 видно, что значение отношения $I_{H\alpha}/I_{H\beta}$ у галактик № 73 и 229 намного больше значения, полученного для газовых туманностей для модели «В». Поэтому можно считать, что одной из причин такого значения $I_{H\alpha}/I_{H\beta}$ является наличие пыли, поглощение со стороны которой, по всей вероятности, имеет место в галактиках № 73 и 229.

Ереванский государственный
университет
Бюраканская астрофизическая
обсерватория

SPECTROPHOTOMETRY AND MORPHOLOGY OF THE GALAXIES WITH UV EXCESS. VI

M. A. KAZARIAN, E. S. KAZARIAN

The results of spectrophotometry and morphology of galaxies No, 73, 125 and 229 from lists [1, 2] are presented. The masses of the gaseous component of these galaxies are obtained, which are $6.4 \cdot 10^4 M_{\odot}$, $1.5 \cdot 10^5 M_{\odot}$ and $1.5 \cdot 10^6 M_{\odot}$ respectively. It has been established that galaxy No. 73 is of Sy 2 type and by its physical properties is similar to the Sy 2 type galaxies Mark 744 and 1066. Though the galaxy No. 125 by its several properties is similar to No. 73, however it is evidently, in a later stage of evolution than galaxy No. 73.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Казарян, *Астрофизика*, 15, 5, 1979.
2. М. А. Казарян, *Астрофизика*, 15, 193, 1979.
3. М. А. Казарян, Э. С. Казарян, *Астрофизика*, 16, 17, 1980.
4. М. А. Казарян, Э. С. Казарян, *Астрофизика*, 18, 512, 1982.
5. М. А. Казарян, Э. С. Казарян, *Астрофизика*, 19, 213, 1983.
6. М. А. Казарян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 17, 661, 1981.
7. М. А. Казарян, Э. Л. Карапетян, В. С. Тамазян, *Астрон. циркул.*, № 1154, 6, 1981.
8. М. А. Казарян, *Астрофизика*, 19, 411, 1983.
9. М. А. Казарян, *Астрофизика*, 20, 35, 1984.
10. М. А. Казарян, Э. С. Казарян, *Письма АЖ*, 9, 648, 1983.
11. М. А. Казарян, В. С. Тамазян, *Письма АЖ*, 7, 276, 1981.
12. М. А. Kazarian, E. Ye. Khachikian, A. A. Yeghazarian, *Astrophys., Space Sci.*, 82, 105, 1982.
13. М. А. Казарян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 13, 415, 1977.

14. А. А. Егиазарян, М. А. Казарян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 14, 263, 1978.
15. М. А. Казарян, В. С. Тамазян, *Письма АЖ*, 8, 454, 1982.
16. М. А. Казарян, В. С. Тамазян, *Астрофизика*, 18, 192, 1982.
17. М. А. Казарян, А. Р. Петросян, В. С. Тамазян, *Письма АЖ*, 7, 648, 1981.
18. И. Н. Балеза, Р. Г. Верещагина, С. В. Маркелов, В. Б. Небелицкий и др., *Астрофизические исследования (Изв. САО)*, 11, 248, 1979.
19. R. P. S. Stone, *Ap. J.*, 218, 767, 1977.
20. И. В. Носов, *Астрон. цирку.*, № 1050, 1979.
21. E. Ye. Khachikian, *Stars and Star Systems*, Copyright 1979 by D. Reidel Publishing Company, ed. B. E. Westerlund.
22. В. А. Афанасьев, В. А. Липовецкий, А. И. Шаповалова, *Астрофизика*, 15, 557, 1979.
23. В. А. Афанасьев, В. А. Липовецкий, А. И. Шаповалова, *Астрофизика*, 17, 643, 1981.
24. R. W. Goodrich, D. E. Osterbrock, *Ap. J.*, 269, 416, 1983.