

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 17

НОЯБРЬ, 1981

ВЫПУСК 4

УДК 524.7

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ГАЛАКТИКИ МАРКАРЯН 298=IC 1182-4

Л. П. МЕТИК, И. И. ПРОНИК

Поступила 10 февраля 1981

Принята к печати 13 апреля 1981

Приведены новые данные о структуре центральной области сейфертовской галактики Маркарян 298 = IC 1182-4, основанные на анализе спектров, полученных на 6-м телескопе со спектрографом UAGS (дисперсия ~ 95 А/мм). Газовое образование центральной области галактики Маркарян 298, излучающее в водородных и запрещенных линиях, имеет размер 6.5 кпс, электронную плотность $0.2 \text{ см}^{-3} < n_e < 0.5 \text{ см}^{-3}$ и массу $0.6 \cdot 10^7 < M/M_\odot < 7 \cdot 10^8$. Полученный материал позволяет предположить, что это газовое образование связано с конденсациями голубых звезд и взаимодействует с ядром и восточной вытянутой структурой галактики. Анализ имеющихся данных показал, что ядро галактики Маркарян 298 принадлежит к типу Sy1 и искажено поглощением пыли. Его водородная оболочка непрозрачна в бальмеровских линиях и неоднородна по физическим условиям. В зоне свечения запрещенных линий имеются конденсации газа различных плотностей: $2 \cdot 10^2 \text{ см}^{-3}$, 10^4 см^{-3} , $2 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$.

1. *Введение.* Галактика Маркарян 298 = IC 1182-4 известна как пекулярная система с сейфертовским ядром. По форме она похожа на эллиптическую галактику, у которой с востока имеется вытянутая цепочка компактных деталей, а с запада протяженная S-образная деталь (см. рис. 1). На особенности строения IC 1182-4 впервые указали Амбарцумян и Шахбазян [1]. Затем эту галактику изучали Бербиджи, Хойл [2, 3] и Стоктон [4]. Их исследования показали, что восточная структура — голубые образования, в спектрах которых имеются яркие эмиссионные линии водорода, а также линии 3727 [O II], 4959+5007 [O III]. Поле лучевых скоростей газа в центральной области галактики (ц.о.г.) и в деталях восточ-

ной структуры Бербиджи и Хойл интерпретировали как результат вращения всей системы около малой оси галактики [2].

Как объект Маркаряна IC 1182-4 исследуется с 1969 г. [5]. Спектрально и фотометрически ее наблюдали Хачикян и Видман [6], Аракелян, Дибай, Есипов, Маркарян [7] и многие другие [8—12]. Было определено ее красное смещение $z = 0.034$ (при $H = 75$ км/с на Мпс расстояние до галактики равно 136 Мпс и 1' соответствует 660 пс), характеристики ц. о. г. в системе UBV : $V = 15^m19$, $B - V = +1^m01$, $U - B = -0^m09$, абсолютная звездная величина $M_{pg} = -20^m0$.

Несмотря на многочисленные исследования, природа галактики Маркарян 298 остается неясной. Больше всего разногласий имеется в вопросе о происхождении вытянутой восточной структуры и ядерного источника этой галактики. Восточная цепочка деталей интерпретируется как результат происходящей в настоящее время конденсации вещества в межгалактическом пространстве [2], как система карликовых голубых галактик, выброшенных из ц.о.г. [13], как остаток галактики-спутника, разрушенной в результате гравитационного взаимодействия с главной галактикой [14, 15]. В последнем случае предполагалось, что ядром разрушенной галактики могла быть деталь «с» (см. рис. 1), в спектре которой, согласно наблюдениям Стоктона, нет ни линий излучения, ни линий поглощения [4].

Ядро галактики, согласно исследованию Хачикяна и Видмана, относится к типу Sy 2 [6]. Стоктон считает, что оно представляет собой типичную газовую туманность [4]. В то же время известно [16], что ядра типа Sy 1 и Sy 2 имеют оболочки сложной структуры и их нельзя представлять моделью простой газовой туманности.

Таким образом, и ядро, и окооядерное образование галактики Маркарян 298 представляют интерес для дальнейшего исследования. Для этого мы провели специальные спектральные наблюдения этой галактики на 6-м телескопе. Результаты анализа полученных спектров приведены ниже.

2. Наблюдательный материал получен В. Л. Афанасьевым 12—14.01.77 г. на 6-м телескопе со спектрографом UAGS. Спектры не расширялись и получены при двух взаимно-перпендикулярных положениях щели спектрографа: вдоль вытянутого образования «ас» и перпендикулярно этому направлению — вдоль малой оси галактики (см. рис. 1). Время экспозиций от 7^м до 20^м. Размер изображения звезды во время наблюдений равнялся 1.5, а ширина щели спектрографа — 0.8. Спектральный интервал (3600—5700 Å) перекрывался при двух положениях дифракционной решетки. Средняя дисперсия в этой области спектра ~ 95 Å/мм. Масштаб на негативе 17.5 в/мм.

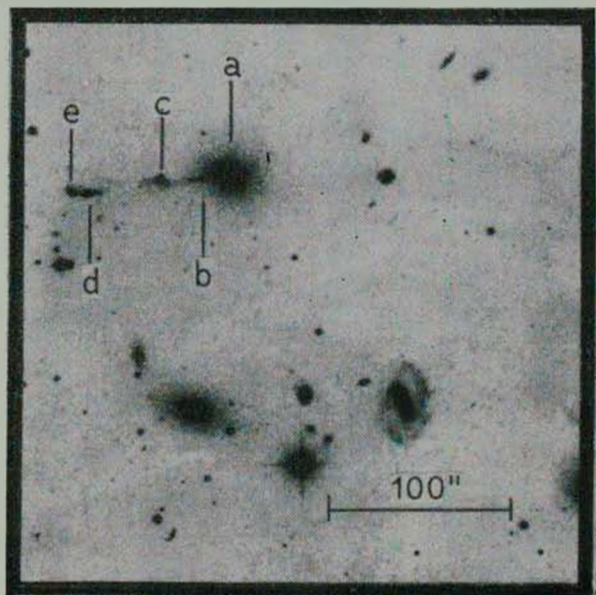


Рис. 1. Фотография галактики Маркарян 298, копия снимка Бааде, полученного на 200'' телескопе [2]. «а», «b», «с», «d», «е» — детали системы, по Стокстону [4]. Север вверху, восток — слева.

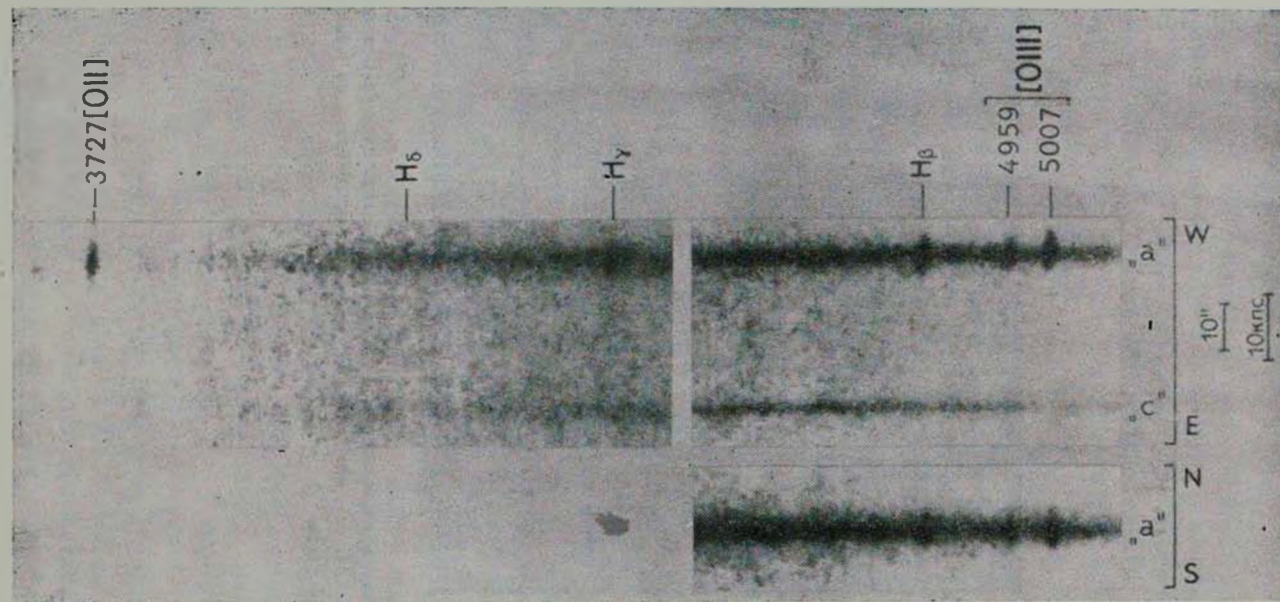


Рис. 2. Фотографии спектров галактики Маркарян 298: сверху — щель спектрографа направлена вдоль большой оси галактики, внизу — вдоль малой оси. Обозначения «а» и «с» соответствуют рис. 1.

Фотографии спектров излучения ядерной области галактики Маркарян 298 и объекта «с» приведены на рис. 2. В спектре ядра галактики видны линии излучения 5007 и 4959 А [O III], H_2 , 3727 [O II], слабые линии H_1 , H_2 и др. Протяженность эмиссии вдоль направления «ас» несомненно превосходит ее протяженность вдоль малой оси галактики. На верхнем спектре (рис. 2) линии заметно наклонены по отношению к направлению дисперсии, на нижнем спектре такого наклона не наблюдается. Степень наклона слабых линий (4959 А и H_1) больше, чем ярких (H_2 , 5007 А и 3727 А). Этот факт свидетельствует о том, что вращение галактики Маркарян 298, открытое Бербиджами, происходит с непостоянной угловой скоростью. Из наших спектров следует, что скорость вращения внутренних областей Маркарян 298 (до расстояний 3" или 2 кпс) больше скорости ее внешних областей. В последних, согласно Бербиджам, на расстоянии 8" или ~ 5 кпс скорость ~ 350 км/с. Из рис. 2 также видно, что в спектре звездообразного объекта «с» нет ни линий излучения, ни линий поглощения.

Полученные спектрограммы измерены на микрофотометре для больших плотностей (с ФЭУ). По регистрограммам спектров мы провели анализ непрерывного и линейчатого спектров ядра и звездообразного объекта «с». Были сделаны также фотометрические разрезы, перпендикулярно дисперсии, для исследования структуры окооядерной области галактики Маркарян 298 в спектральных линиях и непрерывном спектре вдоль струн «ас» и вдоль малой оси галактики.

3. Окооядерное образование галактики Маркарян 298. Как видно из рис. 2, протяженность эмиссионной зоны вдоль большой оси составляет 10" или 6.5 кпс, а вдоль малой — 9" или 6.0 кпс. Это образование по своим размерам составляет примерно треть звездного эллипсоида, который виден на рис. 1 и размер которого равен ~ 30 " или 20 кпс. Мы исследовали структуру окооядерного газового образования в направлениях обеих осей галактики. На рис. 3 представлены относительные интенсивности эмиссионных линий в фотометрических разрезах, сделанных перпендикулярно дисперсии, по спектрам, полученным с позиционным углом щели спектрографа, ориентированным вдоль большой и малой осей галактики. Относительная интенсивность газовых образований I_g в этих разрезах получена как разность интенсивностей в спектральной линии и соседнем участке непрерывного спектра. Из рис. 3 видно, что яркость газа показывает структурные неоднородности.

Из фотометрического разреза вдоль большой оси (рис. 3, левый) видно, что области усиленной яркости газа по положению близки к конденсациям голубых звезд, которые были выявлены нами по данным многоцветной фотометрии [14] (положение их отмечено тонкими вертикальными столбиками на рис. 3). Из рис. 3 (левого) видно, что газозвездные груп-

пировки подходят к ядру галактики Маркарян 298 до расстояний 800 и 1500 пс.

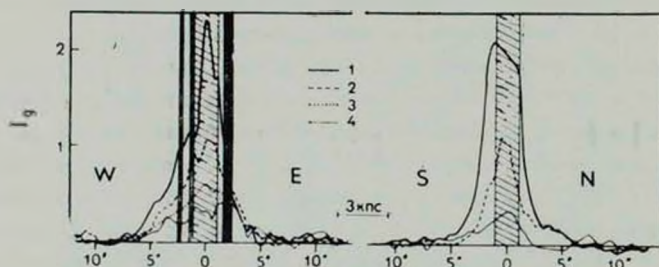


Рис. 3. Фотометрические разрезы вдоль большой (слева) и малой (справа) осей галактики в четырех спектральных линиях. Штрихованной широкой полосой указано положение центральной области галактики, а узкими полосами — положение голубых звездных группировок согласно [14]. 1 — 5007 А. 2 — $H\beta$, 3 — 3727. 4 — $H\gamma$.

Фотометрические разрезы вдоль малой оси галактики показали более однородную структуру газа (рис. 3, правый). Здесь заметна неоднородность только с южной стороны. Это образование реальное, т. к. оно повторяется в двух водородных линиях и в линии 5007 А [O III]. Расположено оно примерно в 1.5 или 1 кпс от ядра галактики. Мы предполагаем, что эта газовая дегаль есть «начало» S-образного выступа, отходящего из юго-запада от ц.о.г. Маркарян 298.

Ц.о.г. Маркарян 298 по форме напоминает эллиптическую галактику. Газовое образование диаметром ~ 6.5 кпс, включающее группировки голубых звезд, не характерно для таких галактик. Данные, полученные нами о структуре газа в ц.о.г. Маркарян 298, позволяют предположить, что газ образовался в результате взаимодействия ядра и двух внешних структур этой галактики. Оценим массу этого газа.

По определению Коски [12] поток в линии $H\beta$ от ц.о.г. размером 2.7×4.0 равен $1.9 \cdot 10^{-14}$ эрг/с. По нашим данным (рис. 3) средняя яркость ц.о.г., размером $10''$ составляет примерно треть средней яркости ц.о.г., имеющей размер 2.7×4.0 . Принимая во внимание это обстоятельство, мы нашли поток в линии $H\beta$ от ц.о.г. размером $10''$. Он равен $6.4 \cdot 10^{-4}$ эрг/с см^2 . Мы предполагаем, что наблюдаемое газовое образование в ц.о.г. Маркарян 298 состоит из диффузных туманностей, подобных туманностям нашей Галактики. В таких туманностях водород возбуждается горячими звездами, непрозрачен в лаймановских и прозрачен в балмеровских линиях, имеет электронную температуру $T_e \sim 10\,000$ К. Тогда по потоку в линии $H\beta$ и формуле (4.15) из [17], (стр. 66) можно определить меру эмиссии светящегося газа в ц.о.г. Маркарян 298: $ME = 280 \text{ пс см}^{-6} = n_e R \text{ пс см}^{-6}$. Здесь n_e — электронная плотность, R —

размер светящегося газа. Зная R , можно оценить n_e и массу M этого газа. Если предположить равномерное распределение газа, то размер светящегося образования равен 6.5 кпс. Тогда получим нижний предел электронной плотности $n_e = 0.2 \text{ см}^{-3}$ и верхний предел массы светящегося газа $M = 7 \times 10^8 M_\odot$. Чтобы определить точные значения n_e и M , необходимо знать фактор скважности светящегося газа. По нашим данным мы можем оценить только верхний предел скважности. Так, из рис. 3 следует, что размер эффективно светящегося газа не может быть меньше 1 кпс. Если принять толщину газа на луче зрения равную 1 кпс, то верхний предел плотности и нижний предел массы этого газа будут равны $n_e = 0.5 \text{ см}^{-3}$ и $M = 0.6 \times 10^7 M_\odot$. Сравним теперь массу газа в ц. о. г. Маркарян 298 с массой ее ядра.

Вириальную массу ядра галактики можно найти по формуле, приведенной в статье Дибая [18]:

$$M/M_\odot = 2.81 \cdot 10^{-13} \bar{v}_r^3 \overline{L(H_\beta)},$$

где $\bar{v}_r$ — средняя скорость газа в км/с в окрестности ядра галактики, а $L(H_\beta)$ — светимость ядра в линии H_β в эрг/с. $\bar{v}_r = 1000 \text{ км/с}$ — оценивается по полуширине на половине максимальной интенсивности широкого компонента профилей водородных линий, а $L(H_\beta) = 1.3 \cdot 10^{41} \text{ эрг/с}$ — по потоку в линии H_β и расстоянию до галактики. «Вириальная» масса ядра галактики Маркарян 298 равна $1.4 \cdot 10^7 M_\odot$. Сравнивая эту величину со значениями верхнего и нижнего пределов массы газа в ц.о.г. Маркарян 298, мы видим, что масса газа больше массы ядра. Этот результат свидетельствует о том, что разреженный газ в ц.о.г. Маркарян 298 не мог образоваться в результате истечения из ядра галактики. Возможно, что в процессе взаимодействия внешних структур галактики с ее ядром газ из внешних частей течет в ц.о.г. Не исключено, что сейфертовское ядро галактики Маркарян 298 «питается» этим газом.

4. Спектр излучения ядра галактики Маркарян 298. На рис. 4 представлены полученные нами регистрограммы спектров излучения ядра Маркарян 298. Видны линии излучения водорода, [O II] и [O III]. Из рисунка следует, что ширина запрещенных линий [O II] и [O III], а также линии H_β на уровне нулевой интенсивности превышает ширину инструментальной линии и составляет $\sim 2000 \text{ км/с}$. Ширина линии H_γ значительно больше, чем линии H_β . Среднее значение ширины линии H_γ на нуле интенсивности, полученное по трем спектрограммам, равно 4000 км/с , а на половине интенсивности — 2000 км/с . Такая ширина линий водорода не характерна для ядер галактик типа Sy 2 [12, 19], к которому по классификации отнесено ядро галактики Маркарян 298.

По регистрограммам спектров ядра Маркарян 298 были определены эквивалентные ширины (W_λ) эмиссионных линий, а затем после учета градиента непрерывного спектра, полученного нами ранее в [14], относительные интенсивности этих линий $I_\lambda/I_{H\beta}$. Результаты определения W_λ и $I_\lambda/I_{H\beta}$, наши и других авторов, приведены в табл. 1. Анализ данных табл. 1 показывает, что эквивалентные ширины линий $H\beta$ и 4959, 5007 Å [O III] 1.09–1970 гг. были примерно в два раза меньше,

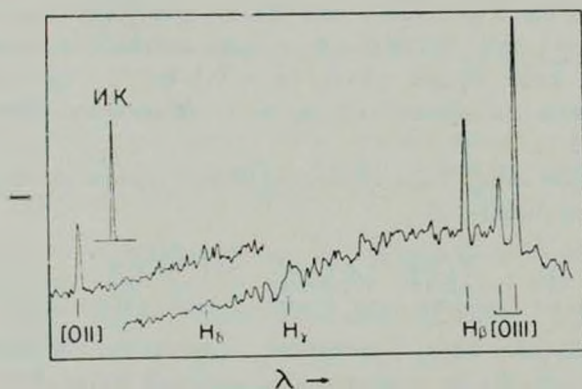


Рис. 4. Регистрограммы спектров ядра галактики Маркарян 298, полученных с целью, ориентированной вдоль большой оси галактики. Слева сверху показан инструментальный контур спектрографа (И.К.).

чем в 1971 и 1977 г.г. Относительные интенсивности дублета 4959 + 5007 Å и линии $H\beta$ за время с февраля 1971 г. по сентябрь 1974 г. — июль 1976 г. изменились почти в два раза. Можно предположить, что в ядре галактики Маркарян 298 непрерывный спектр и относительные интенсивности эмиссионных линий меняются со временем. Из табл. 1 также видно, что $I_{4363}/I_{H\gamma} \sim 0.1$, поэтому линия 4363 Å не может быть причиной большой ширины бленды ($H\gamma + [O III]$).

Относительные интенсивности эмиссионных линий в спектре ядра галактики Маркарян 298 позволяют определить некоторые физические характеристики его газовой оболочки. Рассмотрим зоны свечения водородных и запрещенных линий отдельно. Во втором столбце табл. 2 приведен наблюдаемый бальмеровский декремент спектра ядра галактики Маркарян 298 по данным Коски [12] (седьмой столбец табл. 1) после учета межзвездного поглощения в нашей Галактике, согласно Видману [9]. Этот декремент мы сравнили с теоретическими бальмеровскими декрементами.

В третьем столбце табл. 2 приведен рекомбинационный бальмеровский декремент модели газовой туманности, имеющей электронную температуру $T_e \sim 10\,000\text{K}$, прозрачной в бальмеровских и непрозрачной в лайманов-

Таблица 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ НАИБОЛЕЕ ЯРКИХ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ В СПЕКТРЕ ЯДРА ГАЛАКТИКИ МАРКАРЯН 298 ПО ОПРЕДЕЛЕНИЯМ РАЗНЫХ АВТОРОВ

Линия λ , Å	Элемент	Эквивалентные ширины и относительные интенсивности линий в спектре ядра галактики Маркарян 298							
		Осень 1969—весна 1970 [7]		24 февраля 1971 [8]		Сентябрь 1974—июль 1976 [12]	12—14 января 1977 [настоящая работа]		
		W_λ	$W_\lambda/W_{H\beta}$	W_λ	$W_\lambda/W_{H\beta}$	$I_\lambda/I_{H\beta}$	W_λ	$W_\lambda/W_{H\beta}$	$I_\lambda/I_{H\beta}$
3727	[O II]					3.10			
3869	[Ne III]					0.18			
4069+76	[S II]					0.13			
4102	H δ					0.14:	3.8	$0.12 \pm 6\%$	0.10
4340	H γ					0.35	10.3	$0.32 \pm 16\%$	0.28
4363	[O III]					0.039:			
4861	H β	15	1.0	38	1.0	1.00	32	1.0	1.0
4959	[O III]	10	0.67	57	1.5	0.66	14	$0.45 \pm 3\%$	0.46
5007	[O III]	25	1.67			2.03	40		
5876	He I					0.14		$1.25 \pm 2\%$	1.30
6300	[O I]					0.58			
6364	[O I]					0.19			
6548	[N II]					0.34			
6563	H α	65	4.33			4.12			
6583	[N II]					1.08			
6716	[S II]					1.02			
6731	[S II]					0.82			

ских линиях ([17], стр. 68). Сопоставление данных столбцов 3 и 4 показывает, что условия свечения водорода в оболочке ядра Маркарян 298 не похожи на условия газовых туманностей спиральных ветвей галактик. В четвертом столбце табл. 2 приведен теоретический рекомбинационный бальмеровский декремент, вычисленный Боярчуком [20] по теории Соболева [21] для движущегося водородного слоя. Из всех моделей, рассмотренных в [20], отличающихся температурами возбуждающих источников T_* , электронными температурами T_e и непрозрачностью в линии $L_\alpha - \beta_{12}$, мы не смогли выбрать ни одной, которая имела бы бальмеровский декремент, близкий к наблюдаемому для ядра галактики Маркарян 298. Таким образом, условия свечения водородной оболочки ядра Маркарян 298 не похожи на условия свечения однородного водородного слоя, светящегося под влиянием ультрафиолетового излучения центрального источника. В столб-

БАЛЬМЕРОВСКИЙ ДЕКРЕМЕНТ В СПЕКТРЕ ЯДРА ГАЛАКТИКИ
МАРКАРЯН 298

Линия	Бальмеровский декремент				
	Наблюдения $A_{\nu(\text{гал})} = 0^m$ [12]	Теория		Наблюдения $A_{\nu(\text{гал.})} = 2^m$ [12]	Теория, движущ. оболочка** [20]
		случай В Ситона [17]	движущ. оболочка* [20]		
H ₂	3.84	2.69	2.20	1.84	2.69
H ₃	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
H ₇	0.36	0.50	0.38	0.51	0.48
H ₈	0.15:	0.30	0.21	0.25	0.26

Примечания. Параметры модели оболочки согласно [20]: *— $T_e = 10\,000\text{ К}$, $T_* = 20\,000\text{ К}$, $\omega = 10^{-1}$, $\zeta_{12} = 10^{-2}$; **— $T_e = 20\,000\text{ К}$, $T_* = 20\,000\text{ К}$, $\omega = 10^{-2}$, $\zeta_{12} = 2.5 \cdot 10^{-3}$.

це 4 табл. 2 приведен бальмеровский декремент из [20] такой, который наилучшим образом совпал с наблюдаемым бальмеровским декрементом для линий H₃, H₇ и H₈ (столбец 2 табл. 2). Сопоставление данных столбцов 2 и 4 этой таблицы показывает, что относительные интенсивности линий H₂ и H₃ сильно различаются.

Коски [12], располагая большим спектральным материалом для ядер галактик типа Sy 2 (полученным с высокой точностью), пришел к выводу, что бальмеровский декремент этих ядер похож на бальмеровский декремент диффузных туманностей, искаженный влиянием межзвездного поглощения. В столбце 5 мы привели наблюдаемый бальмеровский декремент галактики Маркарян 298 после учета межзвездного поглощения. Величина поглощения подобрана таким образом, чтобы наблюдаемые относительные интенсивности линий H₃, H₇ и H₈ совпали с теоретическими для газовых туманностей (столбец 3 табл. 2). Видно, что учет возможного поглощения в ядре галактики не приводит наблюдаемый бальмеровский декремент ядра галактики Маркарян 298 в соответствие с теоретическим бальмеровским декрементом газовых туманностей для линий от H₂ до H₈. Относительные интенсивности линий H₂ и H₃ в наблюдаемом и теоретическом бальмеровском декременте сильно различаются.

В последнем столбце табл. 2 мы привели теоретический бальмеровский декремент из [20], наиболее близкий наблюдаемому бальмеровскому декременту ядра галактики Маркарян 298, исправленному за возможное межзвездное поглощение. Сопоставление данных двух последних столбцов табл. 2 показывает, что относительные интенсивности линий H₂ и H₃ в них сильно расходятся. Аналогичные результаты получаются при сравнении исправленного и неисправленного за межзвездное поглощение наблюдаемо-

го бальмеровского декремента ядра галактики Маркарян 298 с теоретическим ударным бальмеровским декрементом [22].

В результате проведенного анализа наблюдаемого бальмеровского декремента ядра галактики Маркарян 298 мы пришли к выводу, что в газовой оболочке ядра этой галактики не осуществляются условия ни обычных газовых туманностей, ни однородного непрозрачного движущегося слоя. Есть основания предполагать, что водородная оболочка ядра галактики Маркарян 298 неоднородна по физическим условиям и непрозрачна в линиях бальмеровской серии.

Из примечаний к табл. 2 следует, что средняя электронная температура водородной оболочки ядра галактики Маркарян 298 порядка $(10-20) \cdot 10^3$ K, температура возбуждающего источника 20 000 K, размер водородной оболочки всего в несколько раз превосходит размер возбуждающего источника.

Электронные плотности n_e и электронные температуры T_e в зоне свечения запрещенных линий ядра галактики Маркарян 298 мы определили по относительным интенсивностям запрещенных линий (седьмой столбец табл. 2) методом пересеченных кривых Ситона. Распространенность химических элементов была принята по Аллеру [23]. Значения n_e и T_e для зоны свечений линий 4363 [O III], 3869 [Ne III] и 4959+5007 [O III] получены в предположении, что $N_{OIII}/N_O = 2 N_{NeIII}/N_{Ne}$, а для зоны свечения линий 3727 [O II], 4069+76 [S II] и 6549+83 [N II]—в предположении, что $N_{OII}/N_O = N_{SII}/N_S = N_{NII}/N_N$. Значения n_e и T_e , полученные в результате сравнения наблюдаемых относительных интенсивностей запрещенных линий и теоретических для рассчитанных моделей газа разных температур и плотностей [24, 25], приведены в табл. 3. Из таблицы следует,

Таблица 3

ФИЗИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В ЗОНАХ СВЕЧЕНИЯ ЗАПРЕЩЕННЫХ ЛИНИЙ
ЯДРА ГАЛАКТИКИ МАРКАРЯН 298

Зона свечения линий	4363 [OIII] 4959—5007 [OIII] 3869 [NeIII]	3727 [OII] 4069+76 [SII] 6549+83 [NII]	6716+31 [SII]
T_e град K	14 000	14 000	
n_e см ⁻³	$2.01 \cdot 10^3$	10^4	$2 \cdot 10^2$

что в зоне свечения запрещенных линий газовой оболочки ядра галактики Маркарян 298 существует стратификация физических условий, характерная для ядер классических галактик Сейферта [16]. Линии ионов разных степеней ионизации и возбуждения светятся в областях с разными электронными плотностями: $2 \cdot 10^2$ см⁻³, 10^4 см⁻³, $2 \cdot 10^5$ см⁻³.

5. *Классификация ядра галактики Маркарян 298.* Хачикян и Видман классифицировали ядро галактики Маркарян 298 как тип Sy 2 [6]. Они исходили из того, что ширина линии $H\beta$ на половине интенсивности равна 350 км/с. В дальнейшем эта классификация ни у кого из наблюдателей не вызвала сомнения. Коски [12] исследовал спектр ядра Маркарян 298 среди других ядер типа Sy 2 и не заметил, что это ядро является особенным. Выше приведены аргументы в пользу того, что это ядро может быть классифицировано как Sy 1. Поэтому мы считаем, что имеет смысл пересмотреть ранее принятую классификацию этого ядра. В табл. 4 приведены спектральные и фотометрические характеристики ядер галактик, типичных Sy 1 и Sy 2 по данным [12, 19, 26, 27], и Маркарян 298. В последнем

Таблица 4

КЛАССИФИКАЦИЯ ЯДРА ГАЛАКТИКИ МАРКАРЯН 298

Критерии классификации, ссылка	Sy 1	Sy 2	Маркарян 298	Тип ядра Маркарян 298
1. $(B-V)$ [27]	$+0^m46$	$+0^m83$	$+1^m01$	Sy2
2. $(U-B)$ [27]	-0^m66	-0^m03	-0^m09	Sy2
3. Шерина водородных линий на половине максимальной интенсивности [12, 19]	>800 км/с	<1500 км/с	2000 км/с	Sy1
4. $\lg I_{5007}/I_{H\beta}$ [26]	от -0.6 до 0.4	$0.6-1.3$	0.30	Sy1
5. $\lg I_{H\alpha+[NII]}/I_{H\beta}$ [26]	от 0.5 до 0.9	$0.9-2.3$	0.74	Sy2
6. $\bar{L}(H\beta)$ [27]	$8.4 \cdot 10^{41}$ эрг/с	$6.2 \cdot 10^{40}$ эрг/с	$4 \cdot 10^{40}$ эрг/с	Sy2
7. $\bar{L}(5007)$ [27]	$5.4 \cdot 10^{41}$ эрг/с	$8.7 \cdot 10^{41}$ эрг/с	$8 \cdot 10^{40}$ эрг/с	Sy2

столбце этой таблицы отражены результаты классификации ядра галактики Маркарян 298 по разным критериям. По показателям цвета и светимости в линиях $H\beta$ и 5007 [O III] это ядро относится к типу Sy 2, а по ширине линии $H\gamma$ и относительным интенсивностям линий $I_{5007}/I_{H\beta}$ и $I_{H\alpha+[NII]}/I_{H\beta}$ — к типу Sy1. Таким образом, ядро относится к типу Sy1 по спектральным характеристикам и к типу Sy 2 — по фотометрическим, которые могут быть искажены влиянием межзвездного поглощения внутри галактики Маркарян 298. Анализируя результаты классификации, мы пришли к предположению, что ядро галактики Маркарян 298 принадлежит типу Sy 1, но мы наблюдаем его сквозь пылевые облака, расположенные в ц. о. г. Это предположение не лишено основания, поскольку ц. о. г. Маркарян 298 содержит группировки голубых звезд и диффузные туманности, составляющие образование размером ~ 6.5 кпс. В таком образовании должны быть и пылевые об-

лака. Мы подсчитали, что показатели цвета и величины потоков в линиях H_β и 5007 [OIII], наблюдаемые для ядра галактики Маркарян 298, можно приблизить к значениям, характерным для ядер типа Sy1, если предположить, что в ц.о.г. величина межзвездного поглощения $A_V = 2^m7$. Тогда освобожденные от влияния межзвездного поглощения $L(H_\beta) = 4.6 \cdot 10^{41}$ эрг/с, $(B-V)_0 = 0^m11$ и $(U-B)_0 = -0^m73$ находятся в полном соответствии с характерными значениями таких величин для ядер типа Sy1.

Деталь «с». Природа детали «с» остается неясной. Согласно наблюдениям Стоктона [4], спектре этого объекта нет ни линий излучения, ни линий поглощения. По нашей оценке [14] абсолютная звездная величина этого объекта равна -16^m9 , что характерно для сверхассоциаций или карликовых галактик. Наш материал не позволил уточнить спектральные характеристики детали «с», так как и на наших спектрах также нет ни линий излучения, ни линий поглощения. Но можно сказать, что в области спектра 4000—5000 Å деталь «с» примерно на 0^m4 голубее ц.о.г. Маркарян 298.

На основании полученных результатов, мы выдвинули гипотезу, что звездообразный объект «с» мог быть ядром разрушенного спутника галактики Маркарян 298. Часть вещества этого спутника могла быть поглощена главной галактикой, другая его часть наблюдается как вытянутая восточная структура.

6. *Заключение.* На основании анализа спектрального материала, полученного на 6-м телескопе со спектрографом UAGS, с дисперсией 95 Å/мм (и масштабом на негативе $17''.5$ в 1 мм), а также принимая во внимание результаты исследования ядра галактики Маркарян 298 другими авторами, мы пришли к следующим выводам:

1. В центральной области галактики имеется газовое образование размером 6.5 кпс, со средней электронной плотностью $(0.2-0.5) \text{ см}^{-3}$ и массой светящегося газа $0.6 \cdot 10^7 \leq M/M_\odot \leq 7 \cdot 10^8$. Внутри этого образования имеются конденсации газа, по положению совпадающие с группировками голубых звезд, обнаруженными по наблюдениям в фиолетовой области непрерывного спектра ц.о.г. Сделано предположение, что газово-звездные образования в ц.о.г. Маркарян 298 взаимодействуют с ядром, восточной вытянутой структурой и западной S-образной деталью. При этом взаимодействии приток газа из ядра в ц.о.г. должен быть меньше притока газа из внешних структур.

2. Ядро галактики Маркарян 298 пекулярное. В его спектре ширина линии H_β на нуле интенсивности равна 2000 км/с, а линии H_γ — 4000 км/с.

Спектральные и фотометрические характеристики ядра галактики Маркарян 298 соответствуют характеристикам ядер типа Sy 1, если предположить, что оно наблюдается сквозь пылевое облако, поглощающее свет в видимой области спектра ($A_V = 2^m 7$).

Водородная оболочка ядра непрозрачна в балмеровских линиях и неоднородна по физическим условиям. Электронная температура оболочки $(10-20) \times 10^3$ К, температура возбуждающего источника 20 000 К. Размер оболочки в несколько раз меньше размера возбуждающего источника. В зонах свечения запрещенных линий наблюдаются области газа с плотностями 200 см^{-3} , 10^4 см^{-3} , $2 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$. Имеющиеся данные позволяют предполагать, что газовая оболочка ядра галактики Маркарян 298 переменна в непрерывном спектре и в спектральных линиях. Для подтверждения этого предположения нужны систематические спектральные и фотометрические наблюдения.

3. Ранее [28—33] методом многоцветной фотометрии мы исследовали структуру десяти галактик с сейфертовскими ядрами и обнаружили, что галактики Маркарян 290, 298, NGC 1275 и, согласно Стокстону и др. [34], Маркарян 205 содержат звездообразные объекты, которые связаны с морфологическими особенностями галактик. Околядерные области галактик Маркарян 290, Маркарян 298 и NGC 1275 мы изучили по спектрам, полученным на 6-м телескопе по специальной программе [35—37]. Спектры звездообразных объектов галактик Маркаряна 290 и 298 не имеют ни линий излучения, ни линий поглощения. В спектре звездообразного объекта галактики NGC 1275 наблюдаются линии поглощения, свидетельствующие о наличии в нем звезд ранних спектральных классов. Результаты наших исследований позволяют предположить, что звездообразные объекты в системах перечисленных выше галактик находятся во взаимодействии с сейфертовскими ядрами и связаны с ними эволюционно.

Мы выражаем искреннюю благодарность В. Л. Афанасьеву за получение спектров ядра галактики Маркарян 298, В. А. Липовецкому и А. И. Шаповаловой за помощь в наблюдениях; В. И. Пронику за полезные замечания; В. Т. Жоголевой и Л. И. Филатовой за изготовление рисунков.

Крымская астрофизическая
обсерватория

SPECTROPHOTOMETRY OF THE CENTRAL REGION OF GALAXY MARKARIAN 298=IC 1182—4

L. P. METIK, I. I. PRONIK

New data on structure of the central region of Seyfert galaxy Markarian 298=IC 1182—4 are presented on the basis of analysis of

spectra obtained with the UAGS spectrograph on the 6-in telescope (dispersion $\sim 95 \text{ \AA/mm}$). A gaseous formation in the central region of Markarian 298 emitting in the hydrogen and forbidden lines has dimension of 6.5 kpc, electron density of $0.2 \text{ cm}^{-3} \leq n_e \leq 0.5 \text{ cm}^{-3}$ and mass $0.6 \cdot 10^7 \leq M/M_\odot \leq 7 \cdot 10^8$. Obtained material permits to suppose that this gaseous formation is associated with condensations of blue stars and interacts both with the nucleus of the galaxy and its east stretched structure. The analysis of the available data shows that the nucleus of the galaxy Markarian 298 is Sy1-type distorted by dust absorption. Its hydrogen envelope is opaque in Balmer lines and is heterogeneous by physical conditions. The condensations of gas of different densities ($2 \cdot 10^2 \text{ cm}^{-3}$, 10^4 cm^{-3} and $2 \cdot 10^5 \text{ cm}^{-3}$) exist in the zone emitting forbidden lines.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Амбарцумян, Р. К. Шахбазян, ДАН Арм. ССР, 25, 185, 1957.
2. M. Burbidge, G. Burbidge, F. Hoyle, Ap. J., 138, 873, 1963.
3. G. Burbidge, M. Burbidge, Ap. J., 130, 629, 1959.
4. A. Stockton, Ap. J., 173, 247, 1972.
5. Б. Е. Маркарян, Астрофизика, 5, 581, 1969.
6. Э. Е. Хачикян, Д. В. Видман, Астрофизика, 7, 389, 1971.
7. М. А. Аракелян, Э. А. Дибай, В. Ф. Есипов, Б. Е. Маркарян, Астрофизика, 7, 177, 1971.
8. D. Weedman, Ap. J., 171, 5, 1972.
9. D. Weedman, Ap. J., 183, 29, 1973.
10. W. Sargent, Ap. J., 173, 7, 1972.
11. Б. Е. Маркарян, Астрофизика, 9, 5, 1973.
12. A. Koski, Ap. J., 223, 56, 1978.
13. Б. А. Воронцов-Вельяминов, Внегалактическая астрономия, Наука, М., 1972, стр. 439.
14. Л. П. Метик, И. И. Проник, Изв. Крымской обс., 56, 52, 1977.
15. Л. П. Метик, И. И. Проник, Бюлл. Абастуманской обс., 52, 59, 1980.
16. Э. А. Дибай, В. И. Проник, Астрон. ж., 44, 952, 1967.
17. С. А. Каплан, С. Б. Пикельнер, Физика межзвездной среды, Наука, М., 1979.
18. Э. А. Дибай, Астрон. ж., 57, 677, 1980.
19. D. Osterbrock, Ap. J., 215, 733, 1977.
20. А. А. Боярчук, Изв. Крымской обс., 35, 45, 1966.
21. В. В. Соболев, Движущиеся оболочки звезд, Изд-во ЛГУ, 1947.
22. Р. Е. Гершберг, Э. Э. Шноль, Изв. Крымской обс., 50, 122, 1974.
23. Л. Аллер, Распространенность химических элементов, ИЛ, М., 1963, стр. 256.
24. А. А. Боярчук, Р. Е. Гершберг, Н. В. Годовников, В. И. Проник, Изв. Крымской обс., 39, 147, 1969.
25. И. В. Носов, Астрон. цирку., 1050, 1, 1979.
26. Th. Adams, D. Weedman, Ap. J., 199, 19, 1975.
27. Э. А. Дибай, Э. И. Цветанов, Астрон. цирку., 1102, 1, 1980.
28. Л. П. Метик, И. И. Проник, Изв. Крымской обс., 52, 65, 1974.
29. Л. П. Метик, И. И. Проник, Изв. Крымской обс., 55, 188, 1976.

30. Л. П. Метик, И. И. Проник, Изв. Крымской обс., 56, 52, 1977.
31. Л. П. Метик, И. И. Проник, Изв. Крымской обс., 59, 182, 1979.
32. Л. П. Метик, Изв. Крымской обс., 61, 145, 1980.
33. Л. П. Метик, Изв. Крымской обс., (в печати).
34. A. Stockton, S. Wyckoff, P. Wehinger, Ap. J., 231, 673, 1979.
35. Л. П. Метик, И. И. Проник, Астрофизика, 15, 37, 1979.
36. В. Л. Афанасьев, И. И. Проник, Астрофизика, 16, 405, 1980.
37. Л. П. Метик, И. И. Проник, Астрофизика, 17, 19, 1981.