

УДК 524.7—77

ПРИМЕЧАТЕЛЬНАЯ ГАЛАКТИКА МАРКАРЯН 314
С ТРЕМЯ СГУЩЕНИЯМИ

А. Р. ПЕТРОСЯН

Поступила 12 января 1981

Принята к печати 27 мая 1981

На основе прямых снимков, полученных на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории, проведено морфологическое и изоденситометрическое исследование галактики Маркарян 314. Представлены результаты обработки спектров ее центральных сгущений, полученных на 6-м телескопе САО АН СССР. С использованием значения эквивалентных ширины и относительных интенсивностей наблюдаемых линий для $T_e = 10\,000\text{ K}$ вычислены электронная плотность, содержание тяжелых элементов (O, N, Ne, S), массы излучающего газа. Оценено число звезд типа O7 в сгущениях, которые могут обеспечить их свечение в линии H_α . Сделан вывод, что Маркарян 314 по своим характеристикам похожа на иррегулярную галактику. Однако от типичных иррегулярных галактик она отличается наличием в центральной области трех больших комплексов HII областей, которые могут быть приняты за обычные ядра.

1. *Введение и наблюдательный материал.* Маркарян 314 (NGC 7468) довольно яркая ($m_V = 13^m.8$), голубая ($U-B = -0^m.34$) галактика [1, 2]. Исследование ее морфологической структуры показало [3], что центральное тело галактики состоит из трех сгущений. На рис. 1 приведены картины изоденс этой галактики, построенные на основе прямых снимков, полученных на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории в фотографических и U , V лучах. Для построения изоденс галактики ее негативы просканированы на автоматическом микроденситометре САО АН СССР АМД-1. Сглаживание шумов фотоэмульсии производилось путем двухмерной свертки усеченной импульсной характеристики фильтра низкой частоты с матрицей изображения. Изоденсы записаны с тремя градациями плотности. На всех картинах изоденсы построены с шагом плотности 0,10.

Спектры галактики получены на 6-м телескопе САО АН СССР с помощью спектрографа СП-160 и ЭОП М9ЩВ в диапазоне λ 3500—7200 АА, при среднем качестве ($\sim 2''$) изображений (дисперсия 85 А/мм, разрешение 5—6 А). Щель спектрографа при наблюдениях ориентировалась вдоль большой оси галактики. Спектральная чувствительность аппаратуры учитывалась по спектрам стандартной звезды 34 Фейджа [4].

2. Результаты.

а) *Морфология.* На картинах изоденс галактики (рис. 1) хорошо видна ее общая морфологическая структура. Сложная структура ядерной области четко выделяется в V цвете. Северное сгущение «а» наиболее голубое и прослеживается на всех трех картинах. Южное сгущение «с» самое яркое в фотографических лучах, хорошо выделяется в V цвете и не выделяется на общем фоне галактики как отдельное образование в U цвете. Во всех цветах самое слабое центральное сгущение «b», выделяется в V и фотографических лучах и прослеживается в U цвете.

Внешние изоденсы галактики во всех лучах симметричны, с небольшими структурными деталями. Гало галактики довольно протяженное и голубое. В фотографических и U лучах видны исходящие из центральных областей галактики к северу и югу выбросы, из которых южный заканчивается голубым образованием, напоминающим сверхассоциацию.

б) *Спектрофотометрия.* Угловое разрешение для спектров Маркарян 314 порядка $2''$. Но так как сгущения в нем расположены близко друг к другу ($\sim 4''$) и заключены в общую диффузную оболочку, то их спектры на общем фоне непрерывного спектра галактики выделяются не совсем четко. В области H α разделение сгущений в непрерывном спектре мало заметно, но оно усиливается при продвижении в коротковолновую часть. Описание спектра галактики и значения лучевых скоростей отдельных сгущений приведены в [5].

В табл. 1 приведены эквивалентные ширины линий, измеренные по спектрограммам, и исправленные за покраснение (для «а» и «с» сгущений) согласно [6] значения относительных интенсивностей эмиссионных линий. Следует отметить, что местоположение эмиссионных линий отдельных сгущений в спектре галактики (в направлении, перпендикулярном дисперсии) определено по непрерывным спектрам последних. Так что ошибки при определении эквивалентных ширин и относительных интенсивностей могут превышать 20—25%. Неуверенные значения эквивалентных ширин и относительных интенсивностей в табл. 1 отмечены двоеточием.

По отношению интенсивностей эмиссионных линий [S II] λ 6717/31, принимая при этом для электронной температуры значение $T_e = 10\,000$ К, для всех сгущений оценены значения электронной плотности по [7], которые оказались равными:

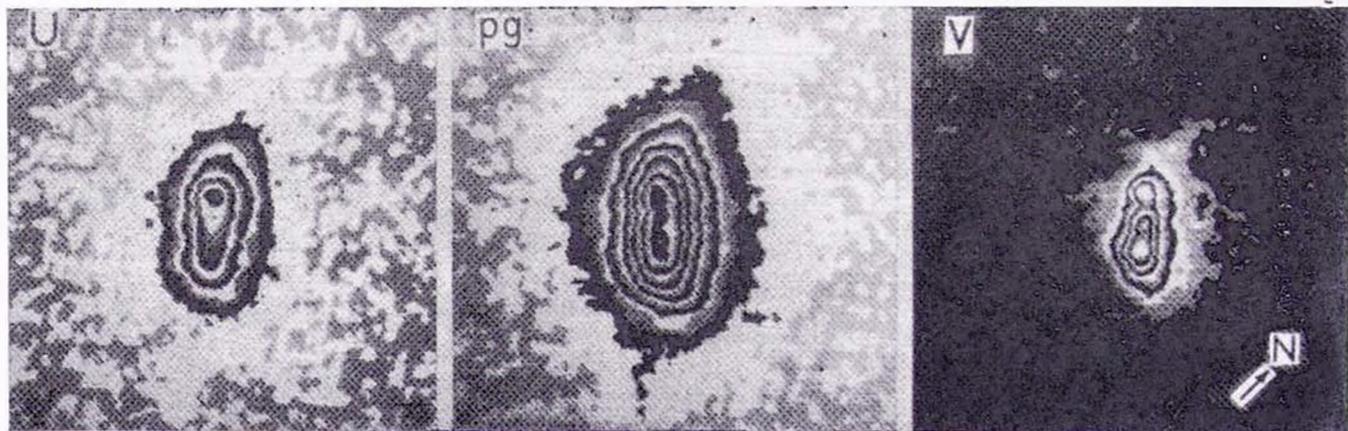


Рис. 1. Картины изоденс Маркарян 314 в фотографических и U , V цветах. Масштаб: $1 \text{ мм} \sim 1''$.

К ст. Л. В. Петросяна.

$$n_e^a \sim 2.2 \cdot 10^2 \text{ см}^{-3}; \quad n_e^b \sim 3.8 \cdot 10^2 \text{ см}^{-3}; \quad n_e^c \sim 1.6 \cdot 10^2 \text{ см}^{-3}.$$

Зная n_e , T_e и относительные интенсивности эмиссионных линий и принимая, что в сгущениях T_e не меняется, можно произвести расчет содержания тяжелых элементов по методике, описанной в [8, 9].

Таблица 1

	„а“ сгущение			„b“ сгущение		„с“ сгущение		
	$W_\lambda(A)$	$\frac{I_\lambda}{I_{H\beta}}$	$\left(\frac{I_\lambda}{I_{H\beta}}\right)_{\text{испр.}}$	$W_\lambda(A)$	$\frac{I_\lambda}{I_{H\beta}}$	$W_\lambda(A)$	$\frac{I_\lambda}{I_{H\beta}}$	$\left(\frac{I_\lambda}{I_{H\beta}}\right)_{\text{испр.}}$
[S II] λ 6731	14	0.5	0.4	15	0.7	4.9	1.41	0.51
[S II] λ 6717	17	0.6	0.5	16	0.8	6.5	1.86	0.67
[N II] λ 6583	18	0.6	0.5	11	0.6	7.6	2.12	0.81
H_α	91	3.5	2.8	79	2.6	26	7.3	2.8
[N II] λ 6548	5.6	0.13	0.11	3.6	0.20	2.5:	0.71:	0.27:
H_e I λ 5876	3.9	0.18	0.16	4.4	0.42	—	—	—
[O III] λ 5007	24	2.6	2.6	40	2.4	15	2.9	2.6
[O II] λ 4959	10	1.1	1.1	17	1.0	5.1	1.15	1.06
H_β	9	1.0	1.0	17	1.0	4.0	1.0	1.0
H_γ	3.0	0.50	0.60	3.1:	0.43:	—	—	—
H_δ	1.5	0.35	0.41	1.4	0.22	—	—	—
H_e	0.8	0.21	0.25	—	—	—	—	—
[Ne III] λ 3869	1.5:	0.30:	0.36:	—	—	—	—	—
[O II] λ 3727	27	6.5	8.3	45	6.2	36:	6.8:	20.8:

Полученные значения логарифмов полного содержания тяжелых элементов для сгущений Маркарян 314 приведены в табл. 2. Причем принято, что количество атомов водорода в них равно 10^{12} . Там же для сравнения приведены значения содержания тяжелых элементов для классических H II областей [10].

Таблица 2

	O	N	Ne	S
„а“ сгущение	8.58	6.99	8.24:	>6.69
„b“ „	8.49	7.11	—	>6.50
„с“ „	8.93:	7.18	—	>6.78
HII области	8.60	7.59	8.10	>7.26

Согласно [3] сгущения в Маркарян 314 имеют видимые фотографические звездные величины: $m_a = 17^m.8$, $m_b = 18^m.1$ и $m_c = 17^m.5$. По

Коду [11] поток в линии H_3 от звезды нулевой величины класса G4 составляет $3 \cdot 10^{-9}$ эрг/см²с А. Тогда при значениях эквивалентных ширин линии H_3 , приведенных в табл. 1, для сгущений получим следующие наблюдаемые потоки в линии H_3 :

$$F_{H_3}^a \sim 2.0 \cdot 10^{-15} \text{ эрг/см}^2\text{с}; \quad F_{H_3}^b \sim 2.9 \cdot 10^{-15} \text{ эрг/см}^2\text{с};$$

$$F_{H_3}^c \sim 1.2 \cdot 10^{-15} \text{ эрг/см}^2\text{с}.$$

С учетом расстояния до Маркарян 314 (31.3 Мпс при $H=75$ км/с Мпс) для полного излучения в линии H_3 получим значения:

$$L_{H_3}^a = 2.2 \cdot 10^{38} \text{ эрг/с}; \quad L_{H_3}^b = 3.2 \cdot 10^{36} \text{ эрг/с}; \quad L_{H_3}^c = 1.3 \cdot 10^{38} \text{ эрг/с}.$$

Если, основываясь на наблюдаемом значении декремента в «а» и «с» сгущениях галактики, внести поправки за поглощение [6], то реальная светимость в линии H_3 для них должна быть больше, достигая $4.4 \cdot 10^{38}$ эрг/с и $3.0 \cdot 10^{39}$ эрг/с соответственно.

Определяя излучение от единичного объема водорода в линии H с помощью формулы, приведенной в работе [12] для $T_e = 10\,000$ К и электронных плотностей, приведенных выше, получим

$$I_{H_3}^a = 5.7 \cdot 10^{-21} \text{ эрг/см}^3\text{с}, \quad I_{H_3}^b = 1.3 \cdot 10^{-29} \text{ эрг/см}^3\text{с},$$

$$I_{H_3}^c = 3.0 \cdot 10^{-21} \text{ эрг/см}^3\text{с}.$$

для «а», «b» и «с» сгущений соответственно.

Тогда реальные эффективные объемы излучающего газа в сгущениях галактики будут равны:

$$V_{\text{эфф}}^a = 2.9 \cdot 10^{59} \text{ см}^3; \quad V_{\text{эфф}}^b = 2.5 \cdot 10^{58} \text{ см}^3; \quad V_{\text{эфф}}^c = 1.0 \cdot 10^{60} \text{ см}^3.$$

Соответственно для масс излучающего газа в них получим значения:

$$\mathfrak{M}_a = V_{\text{эфф}}^a n_e n_H = 7.6 \cdot 10^4 \mathfrak{M}_{\odot}; \quad \mathfrak{M}_b = V_{\text{эфф}}^b n_e n_H = 1.4 \cdot 10^4 \mathfrak{M}_{\odot};$$

$$\mathfrak{M}_c = V_{\text{эфф}}^c n_e n_H = 1.3 \cdot 10^5 \mathfrak{M}_{\odot}.$$

Используя значения диаметров сгущений Маркарян 314 [3], можно оценить также нижнюю границу значения фактора скважности в них:

$$\alpha^a = 5.3 \cdot 10^{-5}; \quad \alpha^b = 1.3 \cdot 10^{-5}; \quad \alpha^c = 1.0 \cdot 10^{-3}.$$

Используя исправленные за поглощение значения светимостей сгущений в линии H_3 , вычислим количество лаймановских квантов, излучаемых ими [13].

$$N_{L_c}^a = 8.8 \cdot 10^{50} \text{ квант/с}, \quad N_{L_c}^b = 6.4 \cdot 10^{50} \text{ квант/с}, \quad N_{L_c}^c = 6.0 \cdot 10^{51} \text{ квант/с}.$$

Такое количество L_c квантов в сгущениях галактики могут обеспечить, например, около 90 звезд спектрального класса O7 для сгущения «а», около 70 звезд для сгущения «b» и около 620 — для сгущения «с» [14].

3. *Обсуждение.* Маркарян 314 была включена в список [3], так как предполагалось, что все три центральных сгущения в ней имеют ядерную природу.

Попытаемся выяснить природу центральных сгущений Маркарян 314, опираясь на результаты их спектрофотометрии, а также на морфологию галактики.

Оптическое и 21-см исследования галактики, выполненные Ботинелли и др. [15], показали, что ее, по-видимому, можно считать иррегулярной, с большим содержанием нейтрального водорода, светимость которой превосходит среднее значение светимости для классических иррегулярных галактик в 9 раз. Авторы указывали и на высокую степень возбуждения атомов в галактике, что подтверждается и нашими наблюдениями (по критерию Сирла [16] мера возбуждения в галактике в среднем равна + 0.4).

Результаты спектрофотометрии сгущений скорее всего указывают на то, что Маркарян 314 является иррегулярной галактикой, а ее сгущения — гигантскими комплексами H II, так как:

а) Среднее содержание тяжелых элементов в них, и особенно значения отношения N/O (в среднем 0.03), характерно для иррегулярных галактик [17, 18].

б) Количество молодых звезд, оцененных для сгущений, на 2—3 порядка ниже, чем имеем в случае ядер галактик Серсика—Пасторизы [6] и ядер галактики Маркарян 266 [19], и одного порядка с изолированными H II областями [20].

в) Сгущения содержат большое количество ионизованного водорода, распределение которого в них сильно неоднородно. Отметим также, что абсолютная светимость сгущений [3] того же порядка, что и у обычных сверхассоциаций — гигантских комплексов H II [21].

С другой стороны, если подойти к морфологической структуре галактики с точки зрения работы [22], то можно заключить, что, по всей вероятности, сгущения в ней, являясь сверхассоциациями (т. е. имея в своем составе большое количество O—В звезд), в то же время имеют ядерную природу, так как:

а) Они симметрично расположены относительно центра внешних изоденс галактики.

б) Из центральных областей галактики выходят выбросы.

в) Расстояние между сгущениями довольно маленькое.

В пользу ядерной природы сгущений говорит и то, что Маркарян 314 является заметным источником нетеплового радиоизлучения [23—27].

Говоря о ядерной природе сгущений, мы подразумеваем не только их своеобразное расположение и возможную динамическую роль, но и ядерную активность этих образований. Нельзя исключить также, что сгущения обладают этими «ядерными свойствами» в различной степени.

В литературе уже неоднократно упоминалась возможность совмещения свойств H II области со свойствами ядра галактики [28, 29]. Возможно, что здесь мы имеем дело именно с таким явлением.

Автор выражает глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну за ценные замечания, Э. Е. Хачикяну за дискуссию, А. Буренкову за помощь при наблюдениях, а также сотрудникам ВЦ САО АН СССР за помощь в получении изоденситометрических картин галактики.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

THE REMARKABLE GALAXY MARKARIAN 314 WITH THREE CONDENSATIONS

A. R. PETROSSIAN

On the basis of direct photographs, obtained on 2.6 m telescope of the Byurakan Observatory a morphological and isodensitometrical investigation of the galaxy Markarian 314 has been carried out. The results of processing of the spectra of the central condensations of galaxy obtained with the 6 m telescope of the SAO are presented. Using the values of equivalent widths and relative intensities of the observed lines for $T_e = 10\,000$ K, electron density, abundances of the heavy elements (O, N, Ne, S), mass of the emitting gas are calculated. The number of O7 type stars in condensations which can provide their luminosity in H₃ is evaluated. It has been concluded that Markarian 314 resembles in characteristics an irregular galaxy. But it differs from typical irregular galaxy with three large H II regions in the central part of the galaxy which can be considered as usual nuclei.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. P. Huchra, The Nature of Markarian Galaxies, Thesis of Diss., 1977.
2. D. W. Weedman, Ap. J., 183, 29, 1973.
3. А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 14, 69, 1978.
4. R. P. S. Stone, Ap. J., 218, 767, 1977.
5. А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 15, 209, 1979.

6. P. S. Osmer, M. G. Smith, D. W. Weedman, *Ap. J.*, 192, 279, 1974.
7. И. В. Носов, *Астрон. цирку.*, № 1050, 1, 1979.
8. M. Peimbert, S. Torres-Peimbert, *Ap. J.*, 163, 413, 1971.
9. P. Benvenuti, S. D'Odorico, M. Peimbert, *Astron. Astrophys.*, 28, 447, 1973.
10. S. A. Hawley, *Ap. J.*, 224, 417, 1978.
11. А. Д. Код, *Звездные атмосферы*, ИЛ, М., 67, 1963.
12. D. Menzel, *Ap. J.*, 85, 330, 1937.
13. S. R. Pottasch, *Vistas in Astronomy*, 6, 149, 1965.
14. P. G. Mezger, L. F. Smith, E. Churchwell, *Astron. Astrophys.*, 32, 269, 1974.
15. L. Bottinelli, R. Duflot, L. Gouguenheim, J. Heidmann, *Astron. Astrophys.*, 41, 61, 1975.
16. L. Searle, *Ap. J.*, 168, 327, 1971.
17. D. Alloin, S. Collin-Souffrin, M. Joly, L. Vigroux, *Astron. Astrophys.*, 78, 200, 1979.
18. J. Lequeux, M. Peimbert, J. F. Rayo, A. Serrano, S. Torres-Peimbert, *Astron. Astrophys.*, 80, 155, 1979.
19. А. Р. Петросян, *Астрофизика*, 16, 631, 1980.
20. J. Bergeron, *Ap. J.*, 211, 62, 1977.
21. Р. К. Шахбазян, *Астрофизика*, 4, 273, 1968.
22. Ю. П. Коровяковский, А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 17, 231, 1981.
23. H. M. Toumassian, Y. Terzian, *P. A. S. P.*, 86, 649, 1974.
24. R. A. Sramek, H. M. Toumassian, *Ap. J.*, 196, 339, 1975.
25. J. W. Sulentic, *A. J.*, 81, 582, 1976.
26. J. H. Bieging, P. Biermann, K. Fricke, I. I. K. Pauliny-Toth, A. Witzel, *Astron. Astrophys.*, 60, 353, 1977.
27. L. L. Dressel, J. J. Condon, *Ap. J.*, Suppl. ser., 36, 53, 1978.
28. V. A. Ambartsumian, *IAU—URSI Symp. No. 20, Canberra*, 1964, p. 122.
29. Th. Schmidt-Kaler, J. V. Fettzinger, *Astrophys. Space Sci.*, 41, 357, 1976.