

УДК: 524.45 Марк 277

МАРКАРЯН 277—ИРРЕГУЛЯРНАЯ ГАЛАКТИКА СО СГУСТКАМИ

Н. К. АНДРЕАСЯН, А. Н. БУРЕНКОВ, Э. Е. ХАЧИКЯН

Поступила 21 августа 1986

Принята к печати 20 апреля 1987

Приведены результаты денситометрического и детального спектрофотометрического изучения галактики Марк 277. Наблюдательный материал получен на телескопах «Цейсс-600» и БТА-6м САО АН СССР. В Марк 277 обнаружены четыре сгущения со спектрами, характерными для сверхассоциаций (СА). Физические условия в них соответствуют таковым в нормальных СА, а в химическом составе наблюдается дефицит тяжелых элементов. Делается заключение о том, что Марк 277 состоит из четырех сгустков, которые представляют собой H II-комплексы с дефицитом тяжелых элементов.

1. *Введение.* Галактику Марк 277 Вокулер [1] списал как тесную систему связанных компактных компонентов. Некоторые спектральные и фотометрические данные этой галактики приведены в работах [2—4]. В работе [4] отмечено также наличие двух конденсаций в ней.

Марк 277 имеет сравнительно невысокую светимость ($M_V = -17.4$) и ее можно рассматривать как огромный комплекс сверхассоциаций (СА) или гигантских H II-областей. В линии нейтрального водорода она оказалась радиоспокойной [5].

Детальное спектрофотометрическое и денситометрическое исследование Марк 277 выполнено нами впервые. В настоящей статье изложены результаты этого исследования.

2. *Наблюдения и результаты.* Прямой снимок галактики Марк 277 получен на телескопе «Цейсс-600» 25/26.05.1980 г., на эмульсии А 500 Н⁺, очувствленной в Н₂, с экспозицией 1 час. По этой фотографии построена изоденситометрическая картина галактики с помощью системы АМД в ВЦ САО АН СССР. На рис. 1 показана картина изоденсов Марк 277, которая, как видно из этого рисунка, состоит из четырех довольно отчетливо разделенных друг от друга конденсаций, обозначенных на рисунке римскими цифрами.

Размеры конденсаций Марк 277 порядка 1 кпк, а расстояния их от самой яркой соответственно равны 1.4; 1.3; 3.3 кпк, наименьшее расстояние между центрами сгущений составляет 850 пк. Все расчеты мы произвели, приняв расстояние до галактики $r = 27$ Мпк ($V_r = 2000$ км/с и $H = 75$ км/с Мпк).

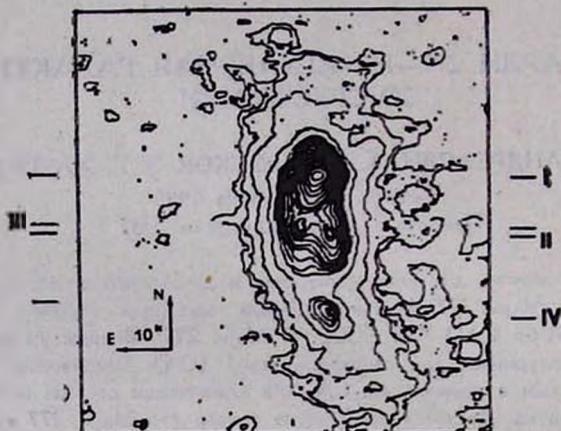


Рис. 1. Изоденсы галактики Марк 277

Спектральные наблюдения проводились с двумя разными положениями щели спектрографа, показанными на рис. 2. Получены спектры всех четырех сгущений галактики Марк 277. Наблюдения выполнены на 6-м телескопе с помощью спектрографов СП-160 и UAGS в сочетании с ЭОП типа УМК-91в. Данные о наблюдениях приведены в табл. 1. Масштаб на спектрограммах поперек дисперсии равен примерно $17''/\text{мм}$, спектральное разрешение около 4 Å. Все спектрограммы получены без расширения.

Для калибровки спектральной чувствительности аппаратуры и учета атмосферной экстинкции на одинаковых с галактикой зенитных расстояниях наблюдались стандартные звезды Feige 92 и BD + 25°3941, спектрофотометрические данные которых приведены в работе [6].

Репродукции спектрограмм Марк 277, полученных при двух положениях дифракционной решетки и охватывающих две области спектра, показаны на рис. 3. Все спектры, как видно из этого рисунка, напоминают спектры СА с довольно сильными и узкими эмиссионными линиями. Полуширины эмиссионных линий порядка инструментальных. Существенной разницы между красными смещениями отдельных сгущений и наклона эмиссионных линий не обнаруживается, т. е. нет явных свидетельств об относительном движении сгущений или их вращении.

Значения относительных интенсивностей спектральных линий всех четырех сгущений Марк 277 приведены в табл. 2. В ней каждому из сгуще-

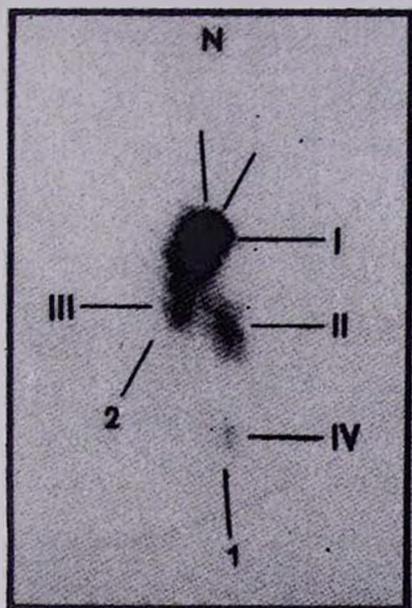


Рис. 2. Положение щели спектрографа при спектральных наблюдениях.

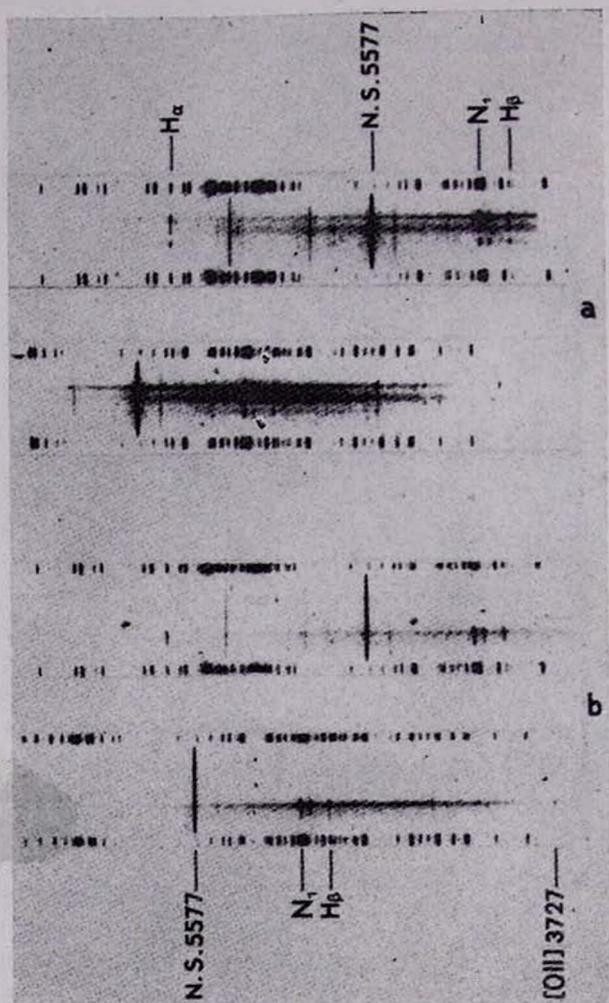


Рис. 3. Спектрограммы Марк 277, полученные: а) при положении щели спектрографа 1; б) при положении щели 2.

К ст. Н. К. Андреасян и др.

ний, I, II, III, IV, соответствуют два столбца, в первом из которых приведены наблюдаемые, а во втором исправленные за покраснение значения относительных интенсивностей.

Таблица 1

Дата	Спектр. область (Å)	D (Å/мм)	Экспоз. (мин)	Положение щели
10/11.01.1983	3700—5050	65	25	1
24/25.06.1984	4500—7000	100	10	2
"	3600—6100	100	13	2
25/26.06.1984	"	100	25	1
"	4500—7000	100	25	1

Поправки за покраснение вычислены по бальмеровскому декременту, теоретическое значение которого (случай B, $T_e = 10\,000$ K) взято из работы Броклехуста [7]. В последней строке табл. 2 приведены значения логарифмического коэффициента покраснения.

Таблица 2

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕНСИВНОСТИ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ
ЧЕТЫРЕХ ОБЛАСТЕЙ ГАЛАКТИКИ МАРКАРЯН 277

λ_0	Ион	I		II		III		IV	
		1	2	1	2	1	2	1	2
6731	[S II]	0.94	0.87	—	—	—	—	1.45	1.13
6717	[S II]	1.26	1.17	—	—	—	—	1.85	1.44
6563	H α	3.07	2.86	3.41	2.86	3.41	2.86	3.63	2.86
5876	He I	0.12	0.14	—	—	—	—	—	—
5907	[O III]	5.28	5.21	4.22	4.09	4.74	4.60	4.68	4.49
4959	[O III]	1.78	1.76	1.30	1.28	1.34	1.32	1.54	1.51
4861	H β	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4471	He I	0.024:	0.025:	—	—	—	—	—	—
4340	H γ	0.44	0.45	0.44	0.47	—	—	0.42	0.46
4102	H δ	0.17:	0.18	—	—	—	—	—	—
3970	H γ + [Ne III]	0.28	—	—	—	—	—	—	—
3869	[Ne III]	0.46	0.48	—	—	—	—	—	—
3727	[O II]	2.24	2.38	1.75	2.02	0.51	0.59	0.58	0.71
C (H β)			0.10		0.22		0.22		0.30

Заслуживает внимания тот факт, что в спектрах всех четырех сгущений не обнаруживаются линии [N II] λ 6584 и 6548, которые обычно наблюдаются в спектрах сверхассоциаций.

Относительные интенсивности определены с точностью до 15%, в случаях же слабых линий ошибка может дойти до 20—30%. Двоеточием обозначены значения, для которых ошибка порядка или больше 30%.

3. *Физические условия и химический состав.* Исходя из приведенных в табл. 2 спектрофотометрических данных, можно составить представление о физических условиях в соответствующих областях, т. е. механизме ионизации и возбуждения излучающего газа, об электронной плотности и электронной температуре. В табл. 3 приведены классификационные параметры по Болдуину и др. [8], значения электронной температуры, электронной плотности, значения внутреннего поглощения, вычисленного по логарифмическому коэффициенту покраснения, и степень возбуждения для всех четырех сгущений. Влияние галактического поглощения учтено по приведенным во втором пересмотренном каталоге ярких галактик значениям A_V [1].

Значения электронной температуры определены по эмпирическому методу Пейгеля и др. [9], в котором используется связь между отношением интенсивностей линий [O III] λ 5007+4959/H β и электронной температурой. Электронная же плотность оценена по отношению интенсивностей линий [S II] λ 6717 и 6731, с использованием результатов работы Носова [10].

Таблица 3

Параметр	Области			
	I	II	III	IV
$\langle E \rangle$	-0.02	0.02	-0.04	-0.04
(3727/5007)	-0.84	-0.34	-0.93	-0.88
Электронная температура $T_e \cdot 10^{-4}$ К	0.95	0.88	0.85	0.79
Электронная плотность $N_e \cdot 10^{-2}$ см $^{-3}$	1.20	—	—	1.90
Внутреннее поглощение A^0 (зв. вел.)	0.005	0.16	0.16	0.33
Степень возбуждения $I[\text{O III}]/I[\text{O II}]$	2.19	2.02	7.79	6.32

На классификационной диаграмме Болдуина и др. [8] точки, соответствующие четырем сгущениям галактики Марк 277, располагаются в области нормальных H II-областей. По-видимому, в этих сгущениях, как и в нормальных H II-областях, действует фотоионизационный механизм излучения. Судя по тому, что степень возбуждения газа во всех четырех сгущениях невысокая, и в их спектрах не наблюдаются линии с высоким по-

тенциалом ионизации, такие, как [O III] λ 4363 или He II λ 4686, можно сказать, что эффективная температура ионизирующих звезд не превышает таковую звезд ранних спектральных классов главной последовательности.

Физические условия во всех четырех сгущениях Марк 277 примерно такие, как в нормальных H II-областях, и в таком случае можно определить химический состав этих областей, пользуясь методами, разработанными для определения химического состава H II-областей (см., например, [11]). Для первого и четвертого сгущений получена оценка электронной плотности и можно определить содержание ионов, линии которых наблюдаются в спектрах этих сгущений. Значения относительного содержания ионов приведены в табл. 4. Относительное содержание элементов, когда известно содержание ионов, можно определить по ионизационно-коррекционному методу. В тех же случаях, когда невозможно определить относительное содержание ионов, можно оценить относительное количество кислорода, пользуясь эмпирическим соотношением интенсивностей [O III] + + [O II] / H β и отношением O/H [9, 12]. В табл. 4 приведены также значения относительного содержания кислорода, нормированные к количеству водорода при H = 12. С целью сравнения в той же таблице приведены соответствующие значения для галактических H II-областей [13] и Солнца [14].

Таблица 4

**ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ В СГУЩЕНИЯХ ГАЛАКТИКИ
МАРК 277**

	Области					
	I	II	III	IV	H II	Солнце
O ⁺	7.82	7.0	—	4.70		
O ⁺⁺	14.5	—	—	24.59		
Ne ⁺	4.18	—	—	—		
S ⁺	1.01	—	—	—		
He ⁺	0.065	—	—	—		
O	8.35	8.47	8.49	8.47	8.60	8.84

4. *Обсуждение результатов.* Галактика Марк 277 имеет неправильную форму и состоит из четырех сгущений, погруженных в общую оболочку и показывающих спектры, характерные для H II-областей. Размеры этих сгущений значительно превосходят среднее значение размеров H II-областей в иррегулярных галактиках — размеры сгущений в Марк 277 доходят до 1 кпк, а средний диаметр H II-областей в иррегулярных галактиках, согласно Хантер [15], составляет 180 пк. Расстояния между сгущениями также больше, чем средние расстояния между H II-областями в галактиках, составляющие примерно 300 пк [16], в то время как расстояния между сгу-

щениями Марк 277 порядка 1 кпк. По размерам, расстояниям и спектрам сгущения в Марк 277 напоминают сгущения в отмеченных Айдманом [17] галактиках со сгустками, также неправильных по морфологии.

Во всех сгущениях Марк 277 физические условия такие, как в нормальных H II-областях. В них наблюдается также характерный для областей звездообразования дефицит тяжелых элементов. В пользу этого можно рассматривать не только приведенные в табл. 4 значения относительного содержания кислорода, но и отсутствие запрещенных линий ионизованного азота. Судя по всему, здесь мы скорее имеем дело с обычными H II-областями, чем с разницей условий ионизации и возбуждения. Все вышесказанное свидетельствует о том, что объект Марк 277 представляет собой комплекс сверхассоциаций, т. е. очагов звездообразования.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

Специальная астрофизическая
обсерватория АН СССР

MARK 277 — CLUMPY IRREGULAR GALAXY

N. K. ANDREASIAN, A. N. BURENKOV, E. YE. KHACHIKIAN

The results of densitometry and detailed spectrophotometric investigation of the galaxy Mark 277 are given. Observational material was obtained on 6 m and "Zeiss-600" telescopes of the Special Astrophysical Observatory. Four condensations with spectrae of HII regions are discovered in Mark 277. Their physical properties are nearly the same as in normal HII regions, while they are metal deficit compared with HII regions. So, Mark 277 consists of four clumps which are metal deficit complexes of HII regions.

ЛИТЕРАТУРА

1. *G. de Vaucouleurs*, Revised Catalogue of Bright Galaxies, Texas Univ. Press, Austin, 1976.
2. *J. P. Huchra, W. L. W. Sargent*, *Astrophys. J.*, 186, 433, 1973.
3. *М. А. Аракелян, Э. А. Дубай, В. Ф. Есипов*, *Астрофизика*, 8, 329, 1972.
4. *J. P. Huchra*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 35, 171, 1977.
5. *T. X. Thuan, G. E. Martin*, *Astrophys. J.*, 247, 823, 1981.
6. *R. P. S. Stone*, *Astrophys. J.*, 219, 767, 1977.
7. *M. Brocklehurst*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 153, 471, 1971.
8. *J. A. Baldwin, M. M. Phillips, R. Terlevich*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, 93, 5, 1981.

9. *B. E. J. Pagel, M. G. Edmunds, D. E. Blackwell, M. S. Chun, G. Smith*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 189, 95, 1979.
10. *И. В. Носов*, Астрон. циркуляр, № 1050. 1, 1979.
11. *M. Peimbert, R. Costero*, Bol. Observ. Tonantzintla y Tacubaya, 5, 3, 1969.
12. *R. A. Shaver, R. X. McGee, L. M. Newton, A. C. Danks*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 204, 53, 1983.
13. *S. A. Hawley*, Astrophys J., 224, 417, 1978.
14. *A. G. W. Cameron*, Essay in Nuclear Astrophysics, eds. C. A. Barnes, D. D. Clayton, D. N. Schramm, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1982, p. 23.
15. *D. A. Hunter*, Astrophys. J., 260, 81, 1982.
16. *E. Braunsfurth, J. V. Feitzinger*, Astron. and Astrophys., 144, 215, 1985.
17. *J. Heldmann*, Proc. of IAU Symp. N 115, Star Forming Regions, Tokyo, 1985.