

УДК: 524.6:520.44

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
СВЕРХАССОЦИИ В ГАЛАКТИКЕ NGC 2820 А

Н. К. АНДРЕАСЯН, Э. Е. ХАЧИКЯН

Поступила 12 июля 1984

Принята к печати 11 января 1985

Приведены результаты спектрального и денситометрического исследования галактики с УФ-избытком NGC 2820 А. На прямых фотографиях в В-цветах она выглядит как иррегулярная галактика с двумя сгустками; проведено детальное спектрофотометрическое исследование более яркого из них, являющегося объектом Марк 108. Физические параметры галактики примерно такие, как в нормальных H II областях; выявлен некоторый дефицит тяжелых элементов в Марк 108 по сравнению с галактическими H II областями.

1. *Введение.* Галактика NGC 2820 А = IC 2458 = V II Zw 276 находится на расстоянии 2.1 от спиральной галактики NGC 2820 и вместе с ней входит в группу галактик Но 124 [1, 2]. Объект Марк 108 является сверхассоциацией в северной части галактики NGC 2820 А, которая в общих чертах походит на иррегулярную галактику [3], хотя во всех посвященных этой галактике работах под объектом Марк 108 подразумевается вся галактика. Хукра классифицировал этот объект как Iггп галактику [4]. Некоторые ее характеристики определены Аллоин и др. [5] по отношениям интенсивностей эмиссионных линий, приведенных в работе [6]. На основании радионаблюдений установлено, что в Марк 108 присутствует значительное количество нейтрального водорода [7, 8]. Излучение этой галактики в радиоконтинууме не отличается от излучения нормальных галактик [7, 9, 10], и Марк 108 находится в одном облаке нейтрального водорода вместе с NGC 2820. Сопоставление  $U$ — $B$  цветов с излучением в радиоконтинууме некоторых галактик Маркаряна, в том числе и Марк 108, показало, что присущее этим объектам соотношение упомянутых параметров можно объяснить вспышкой звездообразования в них [9]. В пользу вспышки звездообразования в Марк 108 свидетельствуют также недавние наблюдения с борта IUE [11].

В настоящей работе выявлены морфологические особенности галактики NGC 2820 А в  $U$ ,  $B$ ,  $V$  цветах и определены физические параметры и

химический состав ионизованного газа в объекте Марк 108 на основании прямых трехцветных наблюдений и детальной спектрофотометрии.

2. *Наблюдения.* Прямые фотографии NGC 2820 A получены 29/30 апреля и 1/2 мая 1979 г. в первичном фокусе 2.6-м телескопа Бюраканской обсерватории в цветовой системе, довольно близкой к международной *UBV* системе [12]. Экспозиции в *U*, *B* и *V* цветах были равны 50, 40 и 45 мин, соответственно. Фотографии просканированы на микроденситометре PDS-1010 A, и с помощью устройства «Штрих-М» построены изоденсы этой галактики. Репродукции картин изоденс приведены на рис. 1, масштаб  $\sim 0.5''/\text{мм}$ .

Восемь сканов спектра Марк 108 получены в первичном фокусе 6-м телескопа САО АН СССР с помощью спектрографа UAGS и 500 канального ТВ сканера со счетом фотонов. Сканы охватывают область спектра 5770—7030 Å и 3700—5100 Å, по четыре скана в каждой области. Время накопления в красной области спектра было равно 17 мин, а в синей области — 11 и 4 мин, эффективное спектральное разрешение примерно 5 Å. Сканы получены 5/6 мая 1981 г., входная апертура во время наблюдений имела размеры  $0.8 \times 5''$  и была направлена на самую яркую часть галактики, которая собственно и является объектом Марк 108. Кривая спектральной чувствительности аппаратуры построена по наблюдениям звезды Korf 27 [13], которая наблюдалась в ту же ночь и примерно на одинаковом с NGC 2820 A зенитном расстоянии.

В фокусе Нэсмита 2.6-м телескопа Крымской обсерватории с помощью спектрографа СПЭМ в сочетании с ЭОП типа УМ-92 получена одна спектрограмма NGC 2820 A, которая охватывает область спектра примерно 1000 Å, центрированную на линии  $H_{\alpha}$ . Средняя дисперсия 100 Å/мм, ширина щели во время наблюдений была  $1.8''$ , позиционный угол щели  $75^{\circ}$  (примерно по большой оси галактики), экспозиция 39 мин.

Обработка полученного на 6-м телескопе материала проводилась частично в ВЦ САО АН СССР и частично вручную. При обработке спектрограммы, полученной на 2.6-м телескопе, характеристическая кривая построена в бейкеровских плотностях [14], так как непрерывный спектр по сравнению с линией  $H_{\alpha}$  слишком слаб и диапазон плотностей превышает прямолинейную часть классической характеристической кривой.

Морфологическая структура NGC 2820 A, как видно из рис. 1, почти одинакова во всех трех цветах. В северной части этого объекта наблюдается продолговатое яркое сгущение с большой осью примерно  $10''$  на *U* фотографиях. На расстоянии примерно  $10''$ , что соответствует 1 кпс при  $H = 75 \text{ км/с}$  Мпс, к юго-востоку от центра этого сгущения находится еще одно сгущение, которое в 3 раза меньше по размерам, чем первое и слабее во всех трех цветах. Наблюдения в красном и инфракрасном диапазонах

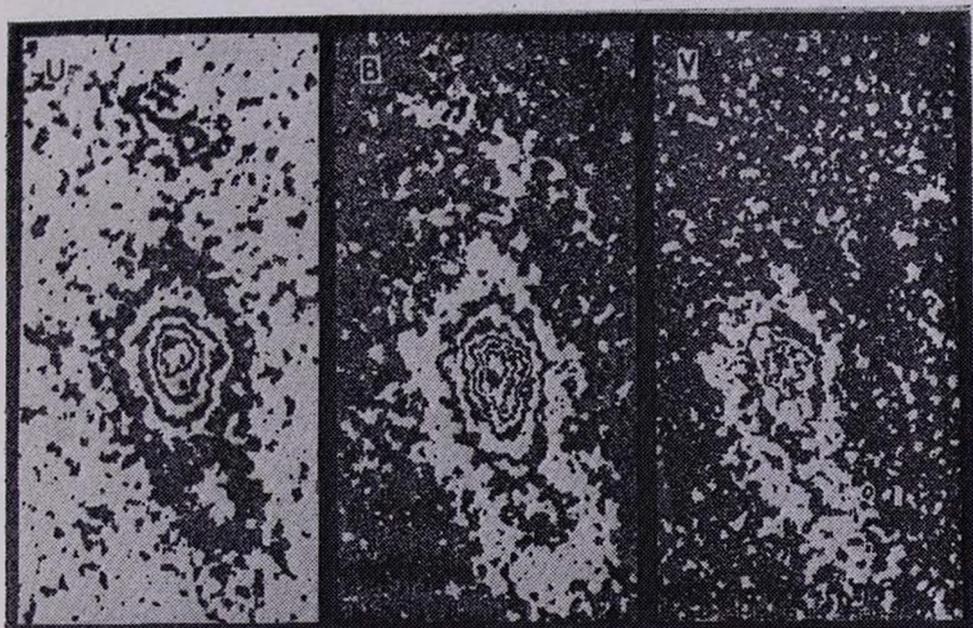


Рис. 1. Изоденсы галактики NGC 2820 А в  $U$ ,  $B$ ,  $V$  цветах (масштаб  $\sim 0.5''/\text{мм}$ ).

К ст. Н. К. Андреасян, Э. Е. Хачикяна

показали, что это сгущение еле заметно в красных и совершенно исчезает в инфракрасных лучах [15]. В северной части NGC 2820 А тянется слабый хвост к NGC 2820.

На пластинке, полученной на 2.6-м телескопе Крымской обсерватории, наблюдаются спектры обоих сгущений, причем в спектре слабого сгущения при данной экспозиции хорошо наблюдается фактически только линия  $H_\alpha$ . Сканы же, полученные на 6-м телескопе, относятся только к Марк 108, и, таким образом, количественные расчеты можно делать только для этого объекта. На рис. 2 приведены два скана спектра Марк 108 — синяя и красная области.

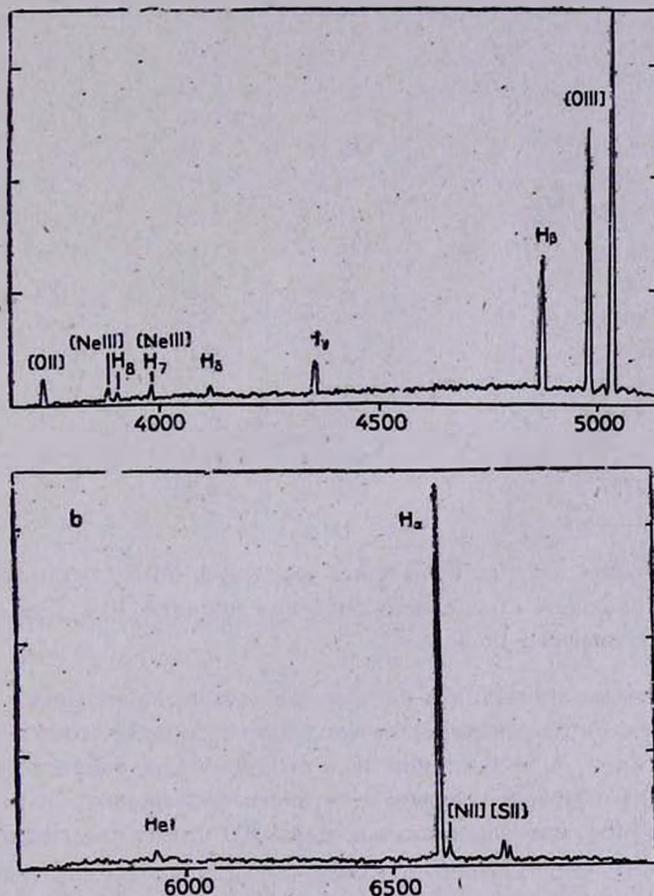


Рис. 2. Сканы спектра Марк 108: а) синяя область; б) красная область.

Эквивалентные ширины и исправленные за межзвездное покраснение относительные интенсивности эмиссионных линий в спектре Марк 108 приведены в табл. 1. Результаты для красной области спектра по наблю-

дениям на 6-м и 2.6-м телескопах в пределах фотометрических ошибок совпадают друг с другом. Поправки за покраснение вычислены по Бальмеровскому декременту, теоретическое значение которого приведено в работе [16] (случай В,  $T_e = 10^4$  К,  $N_e = 10^2$  см<sup>-3</sup>). Логарифмический коэффициент покраснения в линии H<sub>3</sub> оказался равным 0.90. Коэффициенты экстинкции для нормального закона поглощения взяты из работы [17].

Таблица 1

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ И ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ  
ИНТЕНСИВНОСТИ

$\lambda_0$	ион	$W$	$(I/I_{H_3})_{\text{вбл.}}$	$(I/I_{H_3})_{\text{нспр.}}$
6717	[S II]	20.45	0.16	0.03
6731	[S II]	25.39	0.21	0.10
6584	[N II]	25.56	0.23	0.12
6563	H <sub>α</sub>	663.15	5.69	2.87
5876	H <sub>β</sub> 1	15.46	0.17	0.11
5007	[O III]	457.43	6.23	5.89
4959	[O III]	148.05	1.94	1.86
4851	H <sub>3</sub>	71.83	1.00	1.00
4340	H <sub>γ</sub>	25.07	0.36	0.46
4102	H <sub>δ</sub>	8.07	0.12	0.18
3970	H <sub>ε</sub> + [Ne III]	6.37	0.08	0.13
3889	H <sub>8</sub>	9.25	0.06	0.10
3870	[Ne III]	20.93	0.16	0.29
3727	[O II]	109.76	0.40	0.76

Приведенные в табл. 1 значения усреднены по всему имеющемуся материалу. Отклонение от среднего значения порядка 10%, для слабых линий оно не превышает 15%.

3. *Физические условия и химический состав.* Ионизация газа в Марк 108, судя по всему, происходит по тому же механизму, что и в нормальных H II областях, т. е. в основном под влиянием излучения горячих звезд. На это непосредственно указывают и классификационные параметры Болдуина и др. [18], которые в случае Марк 108 имеют следующие значения:  $\langle E \rangle = -0.14$ ;  $(3727/5007) = 0.89$ . Эффективную температуру ионизирующих газ звезд можно оценить по эквивалентной ширине линии H<sub>3</sub> [19]. В случае Марк 108 получается  $T_{\text{эфф}} \approx 3.5 \cdot 10^4$  К.

Электронную температуру ионизованного газа Марк 108 удобнее всего определить по методу Пейгела и др. [20], так как обнаружить авро-

ральные линии в спектре этого объекта не удалось. Электронная плотность определена по отношению интенсивностей линий [S II]  $\lambda$  6717 и 6731. Для упомянутых параметров получены следующие значения:  $T_e = 1 \cdot 10^4$  К и  $N_e = 3.50 \cdot 10^2$  см<sup>-3</sup>.

В спектре Марк 108 наблюдаются линии ионов кислорода, азота, неона, серы и гелия. Относительные интенсивности наблюдаемых линий предоставляют возможность определить содержание этих элементов в излучающем газе относительно водорода. Относительное содержание ионов  $S^+$ ,  $N^+$ ,  $O^+$ ,  $O^{++}$  и  $Ne^{++}$  определены по формулам, приведенным в работе [21], причем для серы использованы новые атомные данные [22]. Содержание  $He^+$  определено по интенсивности линии He I 5876 по формуле, приведенной в работе [23]. Полное же содержание элементов O, N и Ne в данном случае можно определить следуя работе [21]. Проблемы, связанные с определением полного содержания серы в H II областях высокого возбуждения, когда наблюдениям доступны только линии  $S^+$ , обсуждены в работе [24]. По результатам этой работы определение содержания серы в подобном случае недостоверно. Полное содержание гелия определяется формулой

$$\frac{N(He)}{N(H)} = \frac{N(He^0) + N(He^+) + N(He^{++})}{N(H^+)}$$

В спектре Марк 108 линии  $He^{++}$  не наблюдаются и содержание гелия можно было бы определить по следующему соотношению, установленному Паймбертом и Костеро эмпирическим путем [23]:

$$\frac{N(He)}{N(H)} = \frac{N(He^+)}{N(H^+)} \left[ 0.87 \frac{N(S)}{N(S) - N(S^+)} + 0.13 \frac{N(O)}{N(O^{++})} \right]$$

В данном случае содержание серы определено неуверенно и  $N(He)/N(H)$  удобнее определить по формуле Лекё и др. [25], которая справедлива для областей с низким значением  $N(O^+)/N(O)$ . Относительное содержание наблюдающихся в Марк 108 ионов и логарифмические значения полного содержания элементов при  $\lg(H) = 12$  приведены в табл. 2. В той же таблице приведено содержание гелия (Y) и тяжелых элементов по массе. С целью сравнения в табл. 2 приведены также соответствующие значения для галактических H II областей [26].

В Марк 108 по сравнению с галактическими H II областями наблюдается дефицит тяжелых элементов. Следует отметить также, что отношения  $N(O)/N(H)$  и  $N(N)/N(O)$  меньше приведенных в [27] нормальных значений соответственно в 2.5 и 2 раза.

Существует связь между общей массой и  $Z$  и отношением массы газа к общей массе и  $Z$ . Пользуясь соотношениями, установленными эмпирическим путем Лекё и др. [25], можно оценить  $M_{\text{общ}}$  и  $M_{\text{газ}}/M_{\text{общ}}$  для Марк 108. Получены следующие значения:  $M_{\text{общ}} = 3.1 \cdot 10^9 M_{\odot}$  и  $M_{\text{газ}}/M_{\text{общ}} = 0.2$ . На основании наблюдений радиоковтинуума Марк 108 Босма и др. определили, что масса ионизованного газа этой галактики в  $30''$  дуги равна примерно  $0.9 \cdot 10^9 M_{\odot}$  [9], т. е. в данном случае практически нет расхождения между двумя оценками массы ионизованного газа, полученными разными методами.

Таблица 2  
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ  
ИОНИЗОВАННОГО ГАЗА

	Марк 108	Н II области
$\frac{N(\text{He}^+)}{N(\text{H}^+)} \times 10^2$	8.17	
$\frac{N(\text{O}^+)}{N(\text{H}^+)} \times 10^5$	2.87	
$\frac{N(\text{O}^{++})}{N(\text{H}^+)} \times 10^4$	1.95	
$\frac{N(\text{N}^+)}{N(\text{H}^+)} \times 10^6$	2.03	
$\frac{N(\text{Ne}^+)}{N(\text{H}^+)} \times 10^5$	3.11	
$\frac{N(\text{S}^+)}{N(\text{H}^+)} \times 10^7$	4.01	
He	10.92	11.07
O	8.35	8.60
N	7.19	7.59
Ne	7.55	8.10
S	7.78:	7.26
Y	0.25	
Z	0.0059	

4. *Обсуждение результатов.* Приведенная на рис. 1 картина изоденс показывает, что NGC 2820 А является иррегулярной галактикой, морфологически примерно одинаковой в  $UBV$  цветах. Она имеет небольшие размеры и сравнительно низкую светимость ( $M_{\text{рл}} = -17^m.4$  [2]). Судя по спектру, полученному на 2.6-м телескопе КрАО, эмиссионные линии наблюдаются почти по всей длине галактики вдоль большой оси. Спектр

Марк 108 типичен для H II областей. Наблюдается некоторый дефицит тяжелых элементов в химическом составе ионизованного газа в Марк 108 по сравнению с галактическими H II областями, а механизм ионизации такой, как в нормальных H II областях.

Объекты с перечисленными выше характеристиками составляют довольно многочисленную группу голубых карликовых галактик, спектрально идентичных с H II областями [28—30]. Сирл и Сарджент [31] предполагают, что либо эти галактики еще очень молодые, либо в них образуются в основном массивные звезды. В случае объекта Марк 108 (как и во всех подобных случаях) второе предположение можно сразу исключить, так как в нем наблюдается дефицит тяжелых элементов. Было предложено также другое объяснение природы галактик со спектрами H II областей — в этих галактиках происходят кратковременные, периодические вспышки звездообразования [31].

Характеристики Марк 108, полученные в настоящей работе путем спектрофотометрии, подтверждают сделанное ранее на основании радио и УФ-наблюдения предположение о происходящей в этой галактике вспышке звездообразования, хотя не исключается возможность и того, что это молодая галактика с все еще продолжающимся процессом звездообразования.

Авторы выражают глубокую благодарность К. К. Чуваеву, А. С. Амирханяну, В. Б. Небелицкому, Т. Сомовой, О. Спиридоновой за помощь при наблюдениях.

Бюраканская астрофизическая  
обсерватория  
Ереванский государственный  
университет

## A SPECTROPHOTOMETRIC INVESTIGATION OF A SUPERASSOCIATION IN THE GALAXY NGC 2820 A

N. K. ANDREASSIAN, E. YE. KHACHIKIAN

The results of spectral and densitometric investigations of the galaxy NGC 2820 A with UV excess are presented. On *U*, *B*, *V* photos it appears to be an irregular galaxy with two condensations. The spectrophotometric investigation of the brightest one—the object Mark 108—has been carried out. The physical parameters in it are nearly the same as in the normal H II regions and there is some underabundance of heavy elements in Mark 108 compared with them.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *E. Holmberg*, Lund. Medd., II, No. 136, 1958.
2. *G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs*, Reference Catalogue of Bright Galaxies, University of Texas Press, Austin, 1964.
3. Э. Е. Хачикян, Докторская диссертация, Бюракан, 1975.
4. *J. P. Hucker*, Ap. J., Suppl. ser., 35, 171, 1977.
5. *D. Alloin, J. Bergeron, D. Pelat*, Astron. Astrophys., 70, 141, 1978.
6. *M. N. Ulrich*, Ap. J., 163, 441, 1971.
7. *N. Reaks*, M. N. RAS, 187, 525, 1979.
8. *T. X. Thuan, G. E. Martin*, Ap. J., 247, 823, 1981.
9. *P. Biermann, J. N. Clarke, K. J. Fricke, J. J. K. Pauliny-Toth, J. Schmidt, A. Wetzel*, Astron. Astrophys., 81, 235, 1980.
10. *A. Bosma, C. Casini, J. Heidmann, J. M. Van der Hulst, H. Van Woerden*, Astron. Astrophys., 89, 345, 1980.]
11. *P. Benvenuti, C. Casini, J. Heidmann*, in "Proc. 3-rd Inst. Ultrav. Explor. Cong. Madrid, 10-13 May, 1982", Paris, 1982, p. 565.
12. Н. К. Андреасян, Астрофизика, 19, 45, 1983.
13. *R. P. Stone*, Ap. J., 218, 767, 1977.
14. *G. de Vaucouleurs*, Appl. Optics, 7, 1513, 1968.
15. *C. Barbieri, C. Bonoli, P. Reffanelli*, Astron. Astrophys., Suppl. ser., 37, 541, 1979.
16. *M. Brocklehurst*, M. N. RAS, 153, 471, 1971.
17. *I. B. Kaler*, Ap. J., Suppl. ser., 31, 517, 1976.
18. *J. A. Baldwin, M. M. Phillips, R. Terlevich*, P. A. S. P., 93, 5, 1981.
19. *G. A. Shields, B. M. Tinsley*, Ap. J., 203, 66, 1976.
20. *B. E. Pagle, M. D. Edmunds, D. E. Blackwell, M. S. Chun, G. Smith*, M. N. RAS, 189, 95, 1979.
21. *M. Peimbert, R. Costero*, Bol. Obs. Tonantzintla, 5, 3, 1969.
22. *A. K. Pradhan*, M. N. RAS, 184, 89, 1978.
23. *M. Peimbert, H. Spinrad*, Ap. J., 159, 809, 1970.
24. *M. Dennefeld, G. Stastinska*, Inst. d'Astrophys. de Paris, Preprint No. 12, 1982.
25. *I. Lequeux, M. Peimbert, R. F. Rayo, A. Serrano, S. Torres-Peimbert*, Astron. Astrophys., 80, 155, 1979.
25. *S. A. Hawley*, Ap. J., 224, 417, 1978.
27. *M. Peimbert, S. Torres-Peimbert*, M. N. RAS, 179, 217, 1977.
28. *W. L. W. Sargent, L. Searl*, Ap. J., 162, 455, 1970.
29. *H. B. French*, Ap. J., 240, 41, 1980.
30. *I. Audouze, M. Dennefeld, D. Kunth*, Messenger, No. 22, 1980.
31. *L. L. Searl, W. L. W. Sargent*, Ap. J., 173, 25, 1972.
32. *L. Searl, W. L. W. Sargent, W. G. Bagnuolo*, Ap. J., 179, 427, 1973.