

УДК: 524.45NGC3353:520.843

## СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛАКТИКИ NGC 3353

А. Н. БУРЕНКОВ, Э. Е. ХАЧИКЯН

Поступила 21 марта 1985

Принята к печати 10 декабря 1985

Приведены результаты детального спектрофотометрического исследования NGC 3353, выполненного по наблюдениям на 6-м телескопе САО АН СССР с дисперсией  $\sim 65 \text{ \AA/мм}$ . Исследованы четыре отдельных сгущения, наиболее яркое из которых отождествлено с объектом Марк 35. В спектре Марк 35 видны эмиссионные линии бальмеровской серии от  $H_\alpha$  до  $H_{12}$ ,  $\text{He I } \lambda\lambda 7065, 6678, 5876, 4822, 4472, 3820$ , запрещенные линии  $[\text{O I}] \lambda\lambda 6350, 6364$ ,  $[\text{O II}] \lambda 3727$ ,  $[\text{O III}] \lambda 5007, 4959, 4363$ ,  $[\text{Ne III}] \lambda 3869$ ,  $[\text{N II}] 6584/48$ ,  $[\text{S II}] \lambda 6717/31$ ,  $[\text{S III}] \lambda 6310$ ,  $[\text{Ar III}] \lambda 7136$ . В другом центральном сгущении, в предполагаемом «ядре» галактики, эмиссионные линии слабее, а начиная с линии  $H_\beta$  появляются абсорбционные компоненты, усиливающиеся к более поздним членам серии. Запрещенные линии в «ядре» довольно яркие:  $[\text{Ne III}]$ ,  $[\text{O III}]$ ,  $[\text{O II}]$ ,  $[\text{S II}]$ ,  $[\text{N II}]$ . Вычислены относительные интенсивности и эквивалентные ширины эмиссионных линий, а также химсостав в Марк 35 и в «ядре». Оба сгущения по своим физическим параметрам похожи на сверхассоциации (СА). Делается заключение, что источником возбуждения сгущений в NGC 3353 являются звезды ранних спектральных классов.

NGC 3353, вероятно всего, является гнездом СА.

1. *Введение.* В список нашей программы по изучению сверхассоциаций (в дальнейшей СА) вошел объект Марк 35 (= NGC 3353 = Arp 3 = MCG 9—18—22) из первого списка галактик с УФ-избытком [1]. В описании галактики в [1] указывается, что центральная ее часть состоит из двух сгущений, причем западное сгущение имеет эмиссионные линии водорода,  $N_1$ ,  $N_2$  и  $\lambda 3727$ . Можно предполагать, что именно этому западному сгущению Маркарином и был приписан номер 35 [2]. Несколько раньше, в 1956 г. этот объект был включен Arp 3 в список голубых галактик, где также указывалось на наличие в его спектре указанных выше эмиссионных линий. Щелевые спектры, полученные Дю Пюи [4, 5], позволили ему провести первое спектрофотометрическое изучение Arp 3. Позже спектрофотометрия Марк 35 проводилась Нейгебауэром и др. [6];

и Хантером и др. [7]. Наблюдения в 21 см [7—9] показали наличие в нем большого количества нейтрального водорода, больше 10% от полной массы галактики. Мы предприняли изучение этой СА с целью более детальной спектрофотометрии, используя высокое пространственное разрешение БТА САО АН СССР в сочетании со светосильным спектрографом первичного фокуса телескопа.

2. *Наблюдения и обработка.* Для выявления морфологии 2/3.02.84 г. было получено два прямых снимка NGC 3353 в фотографических лучах в касегреновском фокусе Цейсс-600 САО АН СССР на очувствленной прогревом в водородной атмосфере эмульсии А-500 Н, с экспозициями  $30^m$  и  $10^m$  при изображениях  $2''$ . Оба снимка были просканированы на автоматическом микроденситометре САО. На рис. 1 приведены отпечатки прямых снимков, где а) соответствует  $30^m$  экспозиции, а б) —  $10^m$ .

Изоденсы с тремя градациями для обеих фотографий приведены на том же рисунке. Здесь с) и е) — изоденсы для снимка с экспозицией  $30^m$ , предварительно отфильтрованного с помощью оптимального винеровского фильтра (шаг по плотности  $\Delta D = 0.15$ ) и с помощью фильтра низких частот ( $\Delta D = 0.05$ ) соответственно; d) и f) — изоденсы для снимка с экспозицией  $10^m$ , без предварительной фильтрации ( $\Delta D = 0.2$ ) и с фильтром низких частот ( $\Delta D = 0.05$ ) соответственно. Масштаб на всех снимках один и тот же. Всего было получено 22 спектра галактики на БТА с помощью спектрографа ОП-160 (дисперсия 65 А/мм). Спектрограф использовался с двумя ЭОП: М9-ЦВ [10] и УМК — 91В [11]. Ширина щели всегда была равна 1.3.

Спектры фотографировались на эмульсии Кодак 103а-О при двух позиционных углах (ПУ) щели спектрографа: ПУ 1 =  $121^\circ$  и ПУ 2 =  $219^\circ$ ; во втором случае спектры снимались при двух положениях щели на объекте. Положения щели в этих трех сечениях показаны на рис. 1а; там же отмечены и основные детали, спектры которых видны на наших спектрограммах.

Для исправления за спектральную чувствительность регистрирующего тракта в тех же условиях снимались спектрофотометрические стандарты из списка Стоуна [12, 13]. Спектры обрабатывались на фотометрическом комплексе САО. Данные о спектральных наблюдениях приведены в табл. 1.

а) *Отождествление деталей в спектре с прямым снимком галактики.* С этой целью, кроме наших прямых снимков (рис. 1), использованы также фотографии галактики в лучах Н<sub>α</sub> и b (в системе Стремгрена), опубликованных Хантером в [14]. На наших спектрах отчетливо выделяются спектры четырех деталей: западная конденсация в центральной части галактики (СА) и восточная, которую мы условно назвали «ядром» (в даль-

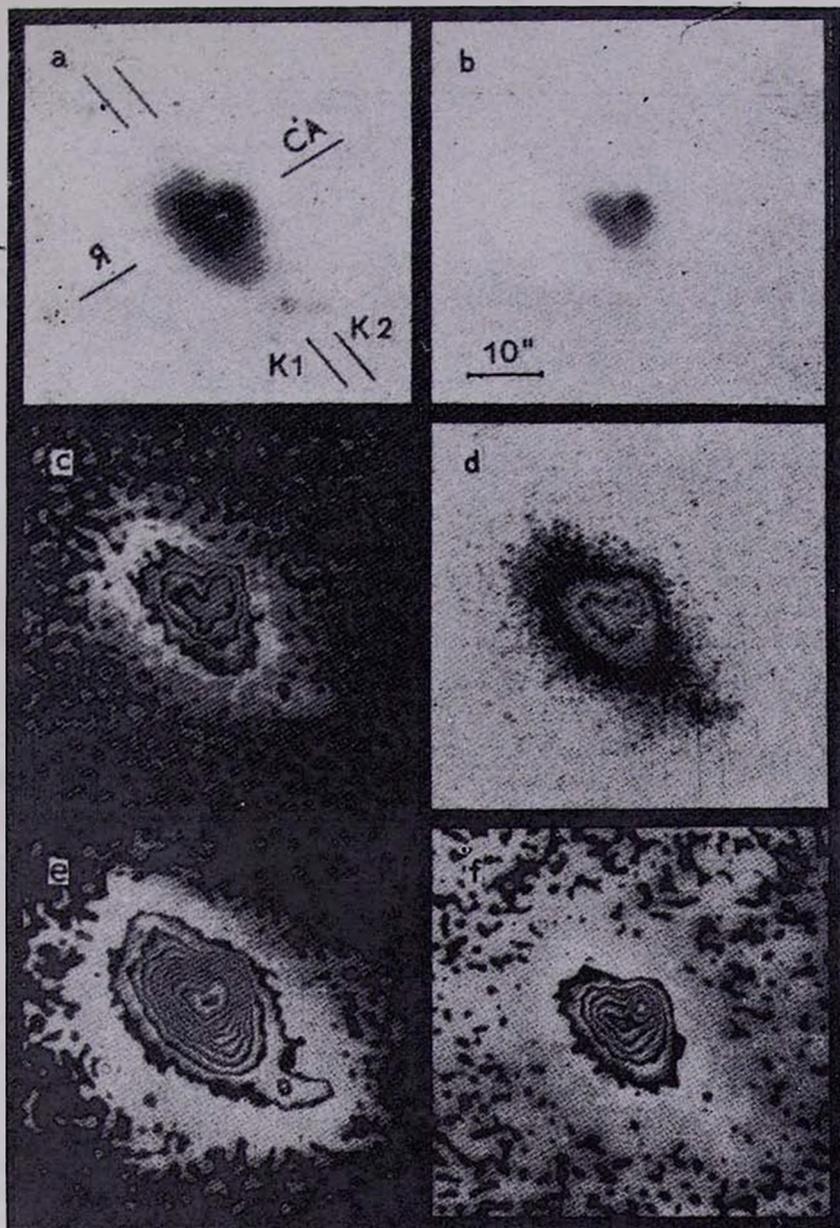


Рис. 1. *a* и *b* — прямые снимки NGC 3353, полученные в кассегреновском фокусе телескопа Цейсс-600 САО АН СССР, с экспозициями 30 мин и 60 мин соответственно, с и *e* изоденсы для снимка с экспозицией 30 мин, отфильтрованного с помощью оптимального винеровского фильтра и фильтра низких частот, соответственно, *d* и *f* — изоденсы для снимка с экспозицией 10 мин без предварительной фильтрации и с фильтром низких частот, соответственно.

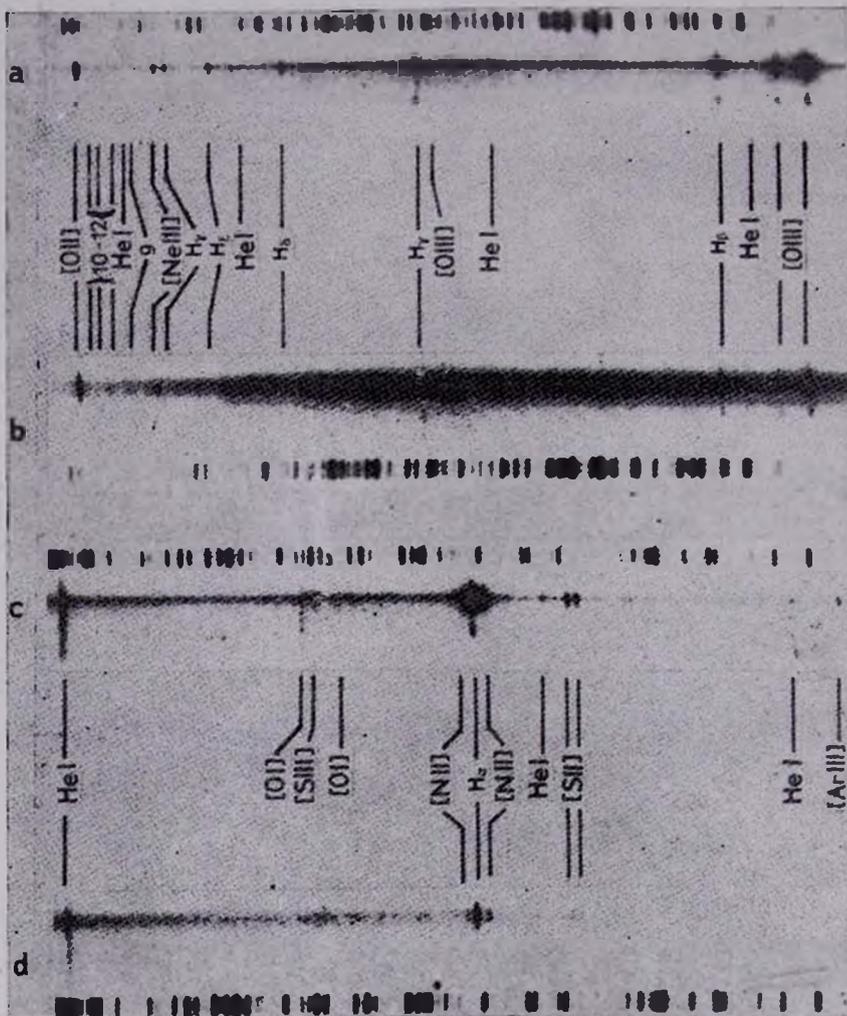


Рис. 2. Фотографии спектров СА (а и с) и Я (b и d) в синей и красной областях.

К ст. А. Н. Буренкова, Э. Е. Хачикяна

нейшем «Я»), две слабые конденсации, расположенные юго-западнее центральной части, которые обозначены как K1 и K2 (рис. 1а). На 30<sup>m</sup> экспозиции (а) и «Я», и СА выглядят как два слившихся эллипсоидальных тела, и даже с повышением пространственного разрешения с помощью винеровского фильтра, на изоденсированном изображении галактики они не

Таблица 1

## ДАННЫЕ О НАБЛЮДАТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛЕ NGC 3353

№	Дата	ПУ и сечение	ЭОП	Экспозиция (мин)	Изображение (с. дуги)	Спектральная область (А)
47	17.18.12.79	121° СА-ядро	М9 шв	30	2	4900÷6300
48	"	"	"	"	3—4	5900÷7000
53	18.19.12.79	"	"	"	1	3700÷5150
56	24/25.02.80	"	"	"	1—1.5	5700÷6900
57	"	"	"	"	"	4550÷6000
297	5/ 6.03.82	"	УМК91в	6.5	1	5800÷7170
298	"	"	"	3	"	"
299	"	"	"	1.5	"	"
300	"	"	"	3	"	4600÷6000
301	"	"	"	1	"	"
302	"	"	"	3	"	3700÷5100
303	"	"	"	1	"	"
405а	7/ 8.01.83	219° СА-K2	"	4	1.5÷2	5700÷7170
б	"	"	"	2	"	"
в	"	"	"	1	"	"
406	"	219° Ядро-K1	"	2	"	"
407	"	"	"	2.5	"	4500÷6000
408а	"	219° СА-K2	"	2	"	"
б	"	"	"	1	"	"
409а	"	"	"	2	"	3600÷5100
б	"	"	"	1	"	"
410	"	219° Ядро-K1	"	4	"	"

разделяются. На 10<sup>m</sup> экспозиции если ядро сохраняет свою эллипсоидальную форму, то СА выглядит как яркая звездообразная конденсация (СА\*), погруженная в более слабую оболочку и сдвинутая к ее северному краю относительно центра оболочки. На спектрах с ПУ2 (сечение СА—K2) яркая часть эмиссионных линий, принадлежащих СА, больше продлена в южном направлении относительно сильного резко очерченного непрерывного спектра СА\*, и только линии He I и слабые линии водорода H9—H11 располагаются симметрично относительно непрерывного спектра

СА\*. Но необходимо заметить, что во всех линиях СА видно уярчение, в точности совпадающее по положению с СА\*. Здесь сразу же напрашивается вывод, что основная масса молодых звезд, возбуждающих гигантскую Н II область, сконцентрирована в очень малом объеме, т. е. в СА\*. Непрерывный спектр вне СА\* резко падает до уровня непрерывного спектра слабой подложки, которая по размерам поперек щели близка к размерам всей СА. Эмиссионные линии «Я» и его непрерывный спектр находятся в хорошем согласии: яркая часть континуума совпадает с яркой частью эмиссионных линий. Этот яркий непрерывный спектр «Я» наложен на протяженный, но тоже довольно четко ограниченный, хотя и более слабый непрерывный спектр подложки (при этом яркая часть несколько смещена относительно последнего к северу). Эмиссионные линии также заметно слабее на подложке, а  $H_7 - H_8$  за пределами яркой части непрерывного спектра «Я» совсем не видны в эмиссии. В эмиссионных линиях «Я» имеется небольшое уярчение (обозначено «Ял\*»), смещенное к северному краю яркой части непрерывного спектра, а в непрерывном спектре такого уярчения не заметно. На снимке Хантера в «b» фильтре изображение галактики во всех деталях совпадает с нашим ( $30''$ ), в «H $\alpha$ » же размеры СА почти удваиваются, а «Я» уменьшается почти в три раза, эта часть ядра, по-видимому, и соответствует уярчению в линиях ядра — Ял\*. На спектрограммах с ПУ2 видны спектры конденсаций К1 и К2.

По спектрограммам и по прямым снимкам галактики измерены размеры перечисленных деталей и расстояния между ними, которые приведены в табл. 2. Там же, для сравнения, приведены данные измерений по отпечаткам изображений галактики в «H $\alpha$ » и «b» фильтрах из статьи Хантера. Красное смещение NGC 3353 равно  $z = 0.0034$ .

В основном данные в табл. 2 хорошо согласуются, но в нескольких случаях разница все же большая, что объясняется различием в возможности обнаружения границ слабых деталей на спектрах и на прямых изображениях галактики. Несколько большая величина ошибки измерений размеров конденсаций по линиям связана с естественной разницей размеров областей, излучающих в разных линиях (использовались в основном линии  $H_2 - H_7$ , He I  $\lambda$  5876, линии [O II], [Ne III], [O III], [N II] и [S II]).

б) *Описание спектров.* Для иллюстрации на рис. 2 приведены копии спектров СА и «Я» (ПУ = 219°, спектры 409а, 410, 405а, 406 сверху вниз), полученных в синей — на рисунке а, б и красной области — с, д; а и с относятся к СА, а б, д — к ядру. На рисунке отмечены отождествленные линии. В спектре заметны также линии ночного неба D $_1$  и D $_2$  натрия, наложившиеся на  $\lambda$  5876 He I объекта, линии [O I]  $\lambda\lambda$  6300 и 6364 и другие более слабые в красной области спектра, а также линии ртути  $\lambda$  4358.3 около H $_7$ .

Таблица 2

## РАЗМЕРЫ ДЕТАЛЕЙ И РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ НИМИ В КПК

ПУ	Деталь	Размеры (япк)				Расстояние (япк)				
		Спектр	прямой снимок	„H $\alpha$ “	„b“	деталь	спектр	прямой снимок	„H $\alpha$ “	„b“
120	СА л	0.57 $\pm$ 0.10	—	0.46	—	СА—Я	0.44 $\pm$ 0.04	0.45	0.33	0.42
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	СА н	0.30 $\pm$ 0.05	0.57	—	—	СА—Я	—	0.43	—	—
	—	—	0.32	—	0.22	—	—	—	—	—
	Ял	0.54 $\pm$ 0.12	—	0.28:	—	—	—	—	—	—
219	К2 л	0.47 $\pm$ 0.17	0.52	—	—	САл—К2л	1.83 $\pm$ 0.09	—	1.77	—
	—	—	0.18	0.14	—	—	—	—	—	—
	СА л	1.36 $\pm$ 0.50	—	0.77	—	САН—К2н:	1.91 $\pm$ 0.08	1.87	—	—
	—	—	0.71 $\pm$ 0.22	—	0.66	—	—	—	—	—
	СА н	0.36 $\pm$ 0.06	1.84	—	0.59	СА—К2	—	1.99	—	—
219	К1 л	0.47 $\pm$ 0.10	0.38	—	—	Ял—К1	1.71 $\pm$ 0.10	—	1.81	—
	—	—	0.20	0.15	—	—	—	—	—	—
	Ял	2.49	—	0.66	—	Ян—К1	1.54 $\pm$ 0.12	1.77	—	—
	—	—	—	0.52	—	—	—	—	—	—
	Ян	2.10 $\pm$ 0.16	2.71	—	1.58	К1—К2	—	0.48	0.46	—
	—	—	0.82	—	0.89	—	—	—	—	—
	Ял*	0.45 $\pm$ 0.02	—	0.26	—	—	—	—	—	—

Примечания к таблице. В колонке 1 — указан позиционный угол щели спектрографа (см. рис. 1а); 2 — какая деталь измерялась, л — по эмиссионным линиям в спектре или «H $\alpha$ » изображению [14], н — по непрерывному спектру или по изображениям в «b» [14] и в фотографических лучах; 3 — измерения по спектрам; 4 — по прямым снимкам (30" и 10"); 5, 6 — «H $\alpha$ » и в «b» изображение соответственно; 7 — идентификация деталей, расстояние между которыми приводятся; 8—11 — как в 3—6. Верхняя строчка значений соответствует максимальным видимым размерам, нижняя — размерам яркой части (континуума, линии, прямого изображения при пересечении его под указанным ПУ).

В спектре СА видны эмиссионные линии водорода от  $H_\alpha$  до  $H_{12}$ , He I  $\lambda$  7065, 6678, 5876, 4922, 4472, 3820; запрещенные линии [O I]  $\lambda$  6300, 6364, [O II]  $\lambda$  3727, [O III]  $\lambda\lambda$  5007, 4959, 4363, [Ne III]  $\lambda$  3869, [N II]  $\lambda\lambda$  6584, 6548, [S II]  $\lambda\lambda$  6717, 6731, [S III]  $\lambda$  6310, [Ar III]  $\lambda$  7136.

В ядре галактики эмиссионные линии относительно слабы. У водородных линий, уже начиная с  $H_\beta$ , появляется абсорбционный компонент, который постепенно усиливается с переходом к более поздним членам балмеровской серии, а  $H_{11}$  и  $H_{12}$  видны только в поглощении. В спектре «Я» запрещенные линии [Ne III], [O III], N<sub>1</sub> и N<sub>2</sub>, [O II], [S II] и [N II] довольно яркие. Возможно прослеживаются слабые линии [O I] и He I  $\lambda$  5876.

В спектре K1 хорошо видны  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ , N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>,  $\lambda$  3727, а в спектре K2 —  $H_\alpha + H_\beta$ , [N II], [S II], [O III], [O II].

в) *Полуширины линий.* По записям спектров измерены ширины контуров эмиссионных линий на половине их интенсивности. Дисперсию внутренних скоростей мы оценили таким же способом, как и в [4], используя среднюю полуширину «в» эмиссионных линий галактики и линий неба. Дисперсия скоростей в случае гауссовского профиля линий  $\sigma = b/2.36$ , а связь инструментальной, внутренней и наблюдаемой дисперсий скоростей дается:  $\sigma_{\text{набл.}}^2 = \sigma_{\text{ин}}^2 + \sigma_{\text{плот.}}^2$ . Таким образом, мы получили для СА  $\sigma_{\text{ин}} = 160 \pm 30$  км/с, а для ядра  $\sigma_{\text{ин}} = 110 \pm 30$  км/с, что достаточно хорошо согласуется с величиной  $100 \pm 35$  км/с, приведенной в [4]. Скорости внутренних движений как в ядре галактики, так и в СА являются типичными для областей H II, возбуждаемых горячими звездами.

г) *Относительные интенсивности линий.* Спектр мы записывали несколькими параллельным разрезам каждой конденсации, смещая каждый следующий разрез на величину, приблизительно равную 1 угловой секунде. Полученные относительные интенсивности линий усреднялись внутри размеров регистрируемой конденсации. В основном использовались те разрезы, в которых еще заметен непрерывный спектр данной конденсации по сравнению с фоном. По спектрам с ПУ = 219° усреднение проводилось для СА в пределах 600÷700 пк, для ядра — 900 пк, а ПУ = 121° — в обоих случаях в пределах 200 пк, за исключением спектра 53, где усреднение проведено в пределах 500 пк.

В спектре ядра, уже начиная с  $H_\beta$ , эмиссия налагается на линию поглощения, которая несколько смещена относительно эмиссионного компонента в синюю сторону.

Величина смещения, измеренная на записях спектра,  $\Delta v_{\text{вс}} = -200 \pm \pm 60$  км/с, т. е. наше измерение  $\Delta v_{\text{вс}}$  больше чем вдвое отличается от

$\Delta v_{\text{до}} = -500$  км/с Дю Пюи [4], что, по-видимому, объясняется низким пространственным разрешением поперек дисперсии на спектрах Дю Пюи, где СА и «Я» не разделяются, а также наличием градиента скоростей между эмиссионными линиями СА и «Я».

В табл. 3 мы приводим данные по эквивалентным ширинам  $W_{\lambda}$  для линий поглощения в спектре «Я». Колонки 1 и 2 — длина волны и идентификация линии, 3 — усредненная по всем спектрам  $W_{\lambda}$ , 4 — величина ошибки определения  $\sigma_{W_{\lambda}}$ .

Таблица 3  
ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ  
АБСОРБЦИОННЫХ КОМПОНЕНТОВ В „Я“

$\lambda$ (А)	Линия	$W_{\lambda}$ (А)	$\sigma_{W_{\lambda}}$ (А)
1	2	3	4
3750	H <sub>12</sub>	1.56	0.15
3771	H <sub>11</sub>	2.98	0.33
3798	H <sub>10</sub>	5.22	0.61
3835	H <sub>9</sub>	5.06	0.91
3889	H <sub>8</sub>	3.96	1.58
3970	H <sub>7</sub>	5.31	1.30
4102	H <sub>6</sub>	4.32	0.73
4340	H <sub>γ</sub>	3.97	0.75
4861	H <sub>β</sub>	4.55	1.26

В табл. 4 приведены также данные по эмиссионным линиям: В колонке 1 и 2 — лабораторная длина волны и идентификация линии; 3 — значения функции покраснения, проинтерполированные на данную  $\lambda$  в спектре по значениям  $f(\lambda)$  из [15]; 4, 5 — наблюдаемые относительные интенсивности для СА и «Я» соответственно; 6, 7 — наблюдаемые и исправленные за покраснение относительные интенсивности из [6]; 8 и 9 — исправленные за покраснение относительные интенсивности для СА и «Я»; 10 — относительные интенсивности линий из [7], исправленные за покраснение.

Внизу таблицы мы приводим данные по коэффициентам покраснения —  $C$  (H<sub>β</sub>), эквивалентные ширины эмиссионной линии H<sub>β</sub> —  $W$ (H<sub>β</sub>).

Точность определения интенсивностей ярких линий порядка 15—20%, а слабых ( $I_{\lambda} \leq 0.5 I_{H_{\beta}}$ ) — 20 — 30%.

д) Редукция за покраснение и определение физических условий в III областях СА и ядра. Исправление за покраснение проводилось по обычной методике, с использованием соотношения:

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ  
В СПЕКТРЕ NGC 3353

$\lambda$	Ион	$f(\lambda)$	СА	"Я"	7"	7"	СА	"Я"	25"
			$I(\lambda)_{\text{набл.}}$	$I(\lambda)_{\text{набл.}}$	$I(\lambda)_{\text{набл.}}$	$I(\lambda)_{\text{исп.}}$	$I(\lambda)_{\text{исп.}}$	$I(\lambda)_{\text{исп.}}$	$I(\lambda)_{\text{исп.}}$
3727	[O II]	0.294	2.44	3.32	1.72	2.16	3.10	4.48	2.83
3750	H <sub>12</sub>	0.290	0.03	—	—	—	0.04	—	—
3771	H <sub>11</sub>	0.285	0.04	—	—	—	0.05	—	—
3798	H <sub>10</sub>	0.279	0.06	0.06	—	—	0.08	0.08	—
3820	He I	0.270	0.02	—	—	—	0.02	—	—
3835	H <sub>9</sub>	0.266	0.08	0.05	—	—	0.10	0.07	—
3869	[Ne III]	0.260	0.33	0.22	0.12	0.15	0.41	0.29	0.13
3889	H <sub>8</sub>	0.255	0.20	0.13	0.07	0.09	0.25	0.17	—
3970	H <sub>7</sub>	0.230	0.26	0.15	P	—	0.31	0.19	—
4026	He I	0.210	0.04	—	—	—	0.05	—	—
4102	H <sub>5</sub>	0.195	0.34	0.26	0.19	0.22	0.40	0.32	0.09
4340	H <sub>7</sub>	0.132	0.54	0.44	0.30	0.33	0.60	0.50	0.30
4363	[O III]	0.129	0.03	—	0.03	0.03	0.03	—	—
4471	He I	0.100	0.06	—	—	—	0.07	—	—
4861	H $\beta$	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4922	He I	-0.010	0.03	—	—	—	0.03	—	—
4959	[O III]	-0.015	1.26	1.47	{ 5.10	{ 5.01	1.24	1.45	1.17
5007	[O III]	-0.031	—	—	{	}	3.72	4.35	3.62
5876	He I	-0.216	0.24	0.15	0.17	0.14	0.20	0.12:	0.16
6300	[O I]	-0.290	0.08	—	{	}	0.06	—	—
6310	[S II]	-0.293	0.06	—	{ 0.10	{ 0.08	0.05	—	—
6364	[O I]	-0.299	0.04	—	{	}	0.03	—	—
6548	[N II]	-0.328	0.13	0.17	—	—	0.10	0.12	—
6563	H $\alpha$	-0.329	3.71	4.00	3.67	2.84	2.84	2.86	—
6584	[N II]	-0.331	0.32	0.51	0.26	0.20	0.24	0.36	—
6678	He I	-0.347	0.06	—	—	—	0.05	—	—
6717	[S II]	-0.352	0.27	0.42	{ 0.55	{ 0.42	0.20	0.29	—
6731	[S II]	-0.354	0.22	0.30	{	}	0.17	0.21	—
7065	He I	-0.398	0.04	—	—	—	0.03	—	—
7136	[Ar III]	-0.407	0.18	—	—	0.15	0.13	—	—
C(H $\beta$ )						0.338	0.352	0.443	—
W(H $\beta$ )			80 A	15A					
$\sigma$ W(H $\beta$ )			$\pm 14$ A	$\pm 4$ A					

Примечание. Так как N<sub>1</sub> передержана, то принято  $I_{N_1} = 3 I_{N_2}$ ; линия  $\lambda$  5876 сливается частично с линией неба, поэтому значение  $I_{5876}$  неуверенное.

$(I(i)/I(H_3))_{\text{нспр.}} = (I(i)/I(H_3))_{\text{набл.}} + C(H_3) \cdot f(\lambda)$ , где коэффициенты  $C(H_3)$  получены из сравнения наблюдаемого отношения  $I_{H_2}/I_{H_3}$  с теоретическим из [16] для значений  $n_e = 100 \text{ см}^{-3}$ ,  $T_e = 10^4 \text{ К}$  и  $T_e = 1.15 \cdot 10^4 \text{ К}$  в ядре и СА соответственно.

По отношению интенсивностей линий [S II]  $\lambda\lambda$  6717, 6731 подсчитаны электронные плотности  $n_e$  (СА) =  $330 \text{ см}^{-3}$  и  $n_e$  („Я“) =  $60 \text{ см}^{-3}$ , при этом для электронной температуры принято значение  $T_e = 10^4 \text{ К}$  [17]. По отношению же интенсивностей линий  $N_1 + N_2/I_{4303}$  оценена электронная температура СА —  $T_e$  (СА) =  $11\,300 \text{ К}$ , при этом использована формула (2) из работы [18]. В случае „Я“ для определения  $T_e$  использованы эмпирические зависимости отношений  $([O III] + [O II])/H_3$  и  $[O III]/N II$  от электронной температуры из [19, 20]. Среднее из этих оценок дало для „Я“  $T_e = 10^4 \text{ К}$ .

По отношениям  $(N_1 + N_2)/H_3$  и  $[O II]/N_2$  определен класс возбуждения по Аллеру и Лиллеру [21]. Как СА, так и «Я» можно отнести к  $3 \div 4$  классу возбуждения.

На диаграммах Болдуина и др. [22], которые позволяют в какой-то мере судить о механизме возбуждения, обе исследуемые в NGC 3353 конденсации попадают в область, занятую «нормальными» и «изолированными» H II областями. А это указывает на главенствующую роль радиативного возбуждения звездами ранних спектральных классов.

е) *Определение химсостава. Гелий.* В спектре Марк 35 выявлено много линий He I (в «Я» — только 5876), в то время как линии He II не наблюдаются. Относительное содержание  $\frac{He^+}{H^+}$  определилось из соотношения

$$\frac{He^+}{H^+} = \frac{I(He I)}{I(H_3)} \times \frac{\alpha_{H_3}(n_e, T_e)}{\alpha_{He I}(n_e, T_e)} \times \frac{\lambda(He I)}{4861}$$

где  $\alpha$  — эффективные рекомбинационные коэффициенты для  $H_3$  и He I ( $n_e = 10^2$ ,  $T_e = 1.13 \cdot 10^4$ , случай В для СА, и  $n_e = 10^2$ ,  $T_e = 10^4$ , случай В для ядра), заимствованные из [16] и [24, 25], соответственно.

Относительные содержания  $\frac{He^+}{H^+}$  для СА и ядра, вычисленные для каждой линии в отдельности, приведены в табл. 5.

Таблица 5  
ОТНОСИТЕЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ  $He^+/H^+$

	$\lambda$ (А)						Среднее
	5876	4472	4026	3820	6678	4922	
СА	0.147	0.113	0.156	0.112	0.123	0.169	0.137±0.24
Ядро	0.087	—	—	—	—	—	0.087

Таблица 6.  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМСОСТАВА КОНДЕНСАЦИЙ

Параметр	СА	„Я“	7°	25°
	1	2	3	4
$n_e \text{ см}^{-3}$	330	60	330 $1 \div 3 \cdot 10^3$ (а)	100
$T_e \text{ К}$	11300	10000	10480 10500 (а)	9600 (б)
He/H	$0.137 \pm 0.024$	0.087	0.103	0.118 0.115 (б)
$10^4 \text{O}^+/\text{H}^+$	0.72	1.62	0.67	1.23 1.40 (б)
$10^4 \text{O}^{++}/\text{H}^+$	0.83	1.42	1.05	1.35 1.31 (б)
$10^4 \text{O}/\text{H}$	1.55	3.04	1.72 2.00 (а)	2.58 2.71 (б)
$10^5 \text{N}^+/\text{H}^+$	0.29	0.59	0.22	
$t_{ef}$	2.16	1.88	2.57	
$10^5 \text{N}/\text{H}$	0.63	1.11	0.57	
$10^5 \text{N}_e^{++}/\text{H}^+$	2.70	3.05	1.30	1.63 1.46 (б)
$t_{cf}$	1.87	2.14	1.64	1.91 2.1 (б)
$10^5 \text{N}_e/\text{H}$	5.05	6.53	2.13	3.11 3.0 (б)
$\text{N}^+/\text{S}^+ = \text{N}/\text{S}$	2.34	2.60	1.29	
$10^5 \text{S}/\text{H}$	0.27	0.43	0.44	
$\text{N}^+/\text{O}^+$	0.04	0.04	0.03 0.03 (а)	
$\text{N}_e^{++}/\text{O}^{++}$	0.32	0.21	0.12 0.11 (а)	0.12 0.11 (а)

(а) — данные Элойна и др. [28].

(б) — данные Хангера и др. [7].

Полное содержание He оценено в приближении  $\frac{\text{He}}{\text{H}} = \frac{\text{He}^+}{\text{H}^+}$ .

*Тяжелые элементы.* Для определения содержания ионов тяжелее He:  $\text{O}^+/\text{H}^+$ ,  $\text{O}^{++}/\text{H}^+$ ,  $\text{N}^+/\text{H}^+$ ,  $\text{Ne}^{++}/\text{H}^+$  использованы соотношения из [26], при этом температурные флуктуации полагались нулевыми. Относительное содержание  $\text{N}^+/\text{S}^+$  получено из соотношения:

$$\frac{\text{N}^+}{\text{S}^+} = 3.43 f(x, T_e) (I + 0.14x) \exp(5 \cdot 10^2/T_e) \frac{I(6584)}{I(6717) + I(6731)}, \text{ из [27]}$$

где  $f(x, T_e)$  при низких плотностях  $\approx 1$ ,  $X = 10^{-2} X (T_e)^{-1/2}$ . Учитывая низкие плотности в конденсациях, можем положить  $\frac{\text{N}}{\text{S}} \approx \frac{\text{N}^+}{\text{S}^+}$

[27]. Полные содержания  $\frac{\text{O}}{\text{H}}$ ,  $\frac{\text{N}}{\text{H}}$ ,  $\frac{\text{N}_e}{\text{H}}$  определены согласно предложенной в [26] схеме коррекции за ненаблюдаемые стадии ионизации:

$$\frac{\text{O}}{\text{H}} \approx \frac{\text{O}^+ + \text{O}^{++}}{\text{H}^+},$$

$$\frac{\text{N}}{\text{H}} \approx \frac{\text{O}}{\text{O}^+} \times \frac{\text{N}^+}{\text{H}^+},$$

$$\frac{\text{N}_e}{\text{H}} \approx \frac{\text{O}}{\text{O}^{++}} \times \frac{\text{N}_e^{++}}{\text{H}^+}.$$

В табл. 6 для СА и «Я» приведены значения электронных плотностей и температур ( $n_e$ ,  $T_e$ ), содержание ионов, значения ионизационных коррекционных множителей ( $i_{cf}$ ), отличных от 1.0, полные содержания элементов по нашим определениям (колонки 1 и 2 соответственно) и по определению Хантера и др. [7], и по Элойну и др. [28] (колонки 3 и 4).

3. *Заключение.* Приведенные в настоящей статье данные спектrophотометрии галактики NGC 3353 свидетельствуют о том, что она состоит из ряда голубых сгущений (одна из них Марк 35), которые по своим физическим и химическим параметрам близки к СА.

Таким образом, NGC 3353 является гнездом СА, т. е. в ней происходит крупномасштабное и весьма активное звездообразование. Этими характеристиками она напоминает УФ-галактики с рядом сгущений в их центральных областях, таких, как Марк 7, 8, 325 [29, 30].

Специальная астрофизическая  
обсерватория АН СССР

Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

## СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ NGC 3353

A. N. BURENKOV, E. Ye. KHACHIKIAN

Results of detailed spectrophotometrical investigations of NGC 3353, carried out with 6 m telescope of SAO Academy of Sciences of the USSR are presented (dispersion  $\sim 65$  Å/mm). Four separate condensations, the brightest of which is Mark 35, are studied. In the spectrum of Mark 35 the emission lines from  $H_2$  to  $H_{12}$ , He I  $\lambda$  7065, 6678, 5876, 4922, 4472, 3820 and forbidden lines [O I]  $\lambda$  6300/64, [O II]  $\lambda$  3727, [O III]  $\lambda$  5007, 4959, 4363, [Ne III]  $\lambda$  3869, [N II]  $\lambda$  6584/48, [S II]  $\lambda$  6717/31, [S III]  $\lambda$  6310, [Ar III]  $\lambda$  7136 are detected. In the second central condensation, called "nucleus", emission lines are weaker and beginning with  $H_2$  the absorption components appear which become stronger in the late members of Balmer lines. The forbidden lines in the nucleus are strong: [Ne III], [O III], [O II], [S II], [N II]. The relative intensities and equivalent widths of emission lines as well as the chemical composition of Mark 35 and "nucleus" are estimated. Both condensations according to their physical properties look like superassociations. It has been concluded that the source of excitation are young stars. NGC 3353 is probably the net of superassociations.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Е. Маркарян, *Астрофизика*, 3, 55, 1967.
2. К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 11, 207, 1975.
3. H. Haro, *Bull. Observ. Tonantzintla Tacubaya*, 14, 8, 1956.
4. D. L. Du Pay, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, 80, 29, 1968.
5. D. L. Du Pay, *Astron. J.*, 73, 882, 1968.
6. G. Neugebauer, E. Becklin, J. Oke, L. Searle, *Astrophys. J.*, 205, 29, 1976.
7. D. Hunter, J. Gallagher, D. Rautenkranz, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 49, 53, 1982.
8. D. Gordon, S. T. Gottesman, *Astron. J.*, 86, 161, 1981.
9. T. X. Thuan, G. E. Martin, *Astrophys. J.*, 247, 823, 1981.
10. М. М. Бутслов, А. Н. Буренков, Л. В. Гавянен, В. Г. Дебур, П. А. Зныкин, А. Ф. Клепов, Л. И. Кондрашова, В. С. Рылов, Б. М. Степанов, Т. И. Ушакова, Т. М. Федоровская, *Астрофизика*, 16, 179, 1980.
11. Г. И. Брюхевич, Л. В. Гавянен, Э. И. Зак, С. В. Липатов, А. Е. Меламид, В. А. Миллер, В. С. Рылов, Б. М. Степанов, Т. А. Скосырская, Е. И. Титков, *Астрофизика*, 21, 379, 1984.
12. R. P. S. Stone, *Astrophys. J.*, 193, 135, 1974.
13. R. P. S. Stone, *Astrophys. J.*, 218, 767, 1977.
14. D. A. Hunter, *Astrophys. J.*, 260, 81, 1982.
15. J. B. Kaler, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 31, 517, 1976.
16. M. Brocklehurst, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 153, 471, 1971.
17. И. В. Носов, *Астрон. циркуляр*, № 1050, 1975.
18. D. L. Talent, *Astrophys. J.*, 252, 594, 1982.

19. *B. E. J. Pagel, M. G. Edmunds, D. E. Blackwell, M. S. Chun, G. Smith*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 189, 95, 1979.
20. *D. Alloin, S. Collin-Souffrin, M. Joly, L. Vigroux*, Astron. and Astrophys., 78, 200, 1979.
21. *L. H. Aller, W. Liller*, Nebulae and Interstellar Matter, Chicago, 1968, p. 483.
22. *J. A. Baldwin, M. M. Phillips, R. Terlevitch*, Publ. Astron. Soc. Pacif., 93, 5, 1981.
23. *D. L. Talent, R. J. Dufor*, Astrophys. J., 233, 888, 1979.
24. *R. R. Robins*, Astrophys. J., 151, 497, 1968.
25. *R. R. Robins*, Astrophys. J., 167, 249, 1971.
26. *M. Reimbert, R. Costero*, Bull. Observ. Tonantzintla Tacubaya, 5, 3, 1969.
27. *P. Benvenuti, S. D'Odorico, M. Peimbert*, Astron. and Astrophys., 28, 447, 1973.
28. *D. Alloin, J. Bergeron, D. Pelat*, Astron. and Astrophys., 70, 141, 1978.
29. *Э. Е. Хачикян*, Астрофизика, 8, 529, 1972.
30. *А. Н. Буренков, Э. Е. Хачикян*, Астрофизика, 19, 826, 1983.