

УДК: 524.45М111—355:520.84

СПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛАКТИКИ
МАРКАРЯН 111

А. Н. БУРЕНКОВ, А. Р. ПЕТРОСЯН, К. А. СААКЯН, Э. Е. ХАЧИКЯН

Поступила 20 марта 1984

Принята к печати 2 августа 1984

На основе спектров, полученных в первичном фокусе 6-м телескопа САО АН СССР, проведено спектроскопическое и спектрофотометрическое исследование галактики Маркарян 111. Показано, что южное сгущение, наблюдаемое в галактике, по всей вероятности, является спутником, расположенным перед Маркарян 111. По относительным интенсивностям наблюдаемых эмиссионных линий оценены значения T_e и n_e , а также содержание некоторых элементов (He, O, N, S) в ядре, в конденсации, расположенной в спиральном рукаве Маркарян 111, и также для ее спутника. Показано, что источниками ионизации газа в этих объектах являются молодые звезды спектральных типов O9—B0. Делается вывод, что исследованные объекты являются молодыми образованиями.

1. *Введение.* Во втором списке галактик с ультрафиолетовым (УФ) избытком Маркарян 111 (МКГ 12-9-49, U 5028) описана как объект со сложной структурой, в котором наблюдаются несколько сгущений [1]. По крупномасштабным снимкам, полученным на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории, галактика классифицирована как объект с двойным ядром [2].

По Караченцеву [3] Маркарян 111 составляет изолированную пару с галактикой U 5029 (ИПГ 203), хотя к этой системе относят и пару компактных красноватых галактик, находящихся в 1.2 угл. мин южнее Маркарян 111 [4, 5]. Система описана как VII Zw 280 в [6] и Арп 300 в [7].

О Маркарян 111 опубликовано несколько работ. Изоденситометрическое исследование галактики (вместе с ее соседями) проведено в работе [8]. Результаты электрофотометрических U , B , V наблюдений приведены в [9, 10]. Красное смещение определено в работах [11, 12].

В настоящей работе приводятся результаты исследования поля скоростей в галактике и результаты детальной спектрофотометрии трех образований в ней.

2. *Наблюдательный материал и его обработка.* Спектры Маркарян 111 получены 3/4.03.1982 г. в первичном фокусе 6-м телескопа САО АН

СССР со спектрографом СП160 и двухкамерным ЭОП УМК91В при изображениях $2'' \div 3''$. В табл. 1 приведены данные о спектральных наблюдениях.

Таблица 1

ДАННЫЕ О СПЕКТРАЛЬНЫХ
НАБЛЮДЕНИЯХ

№ спектра	Экспозиция (мин)	Спектральный диапазон
БТА 217	10	3600—5100
218	5	3600—5100
219	10	4600—6100
220	5	4600—6100
221	10	5700—7200
222	5	5700—7200

Спектры получены с дисперсией ~ 65 А/мм (разрешение ~ 6 А). Масштаб перпендикулярно дисперсии $\sim 17''/\text{мм}$. При наблюдениях щель спектрографа была установлена в направлении север—юг и проходила через оба центральных сгущения и конденсацию в спиральной рукаве галактики (см. рис. 1). Звездами сравнения служили 34 Фейджа и BD + 33°2642 [13].

С целью построения поля скоростей вдоль указанного направления на «Аскорекорде» САО АН СССР были измерены спектры этой галактики. Для учета ошибок, вводимых спектрографом и ЭОП в структуру линий, измерены линии ночного неба [O I] $\lambda 6364$ А вдоль всей высоты щели. Это дало возможность внести с достаточной точностью поправку за кривизну изображения щели при определении лучевых скоростей различных областей галактики. При обработке была использована программа, алгоритм которой описан в [14].

Для спектрофотометрического исследования регистрация спектров производилась на микрофотометре ИФО-451 и PDS-1010 Бюраканской обсерватории. Изоденситометрическая картина построена на основе прямого снимка Маркарян 111, полученного 17/18 декабря 1976 г. в первичном фокусе 2.6-м телескопа Бюраканской обсерватории в фотографических лучах с экспозицией 20 мин. Сканирование снимка произведено на микрофотометре АМД-1 САО АН СССР с диафрагмой 10×10 мкм, с шагом 10 мкм. Обработка изображения с использованием фильтра низких частот и восстанавливающего винеровского фильтра была произведена на ЭВМ ЕС-1035 САО АН СССР. В первом случае изоденсы построены с шагом плотности 0.09, во втором случае — с 0.20. В обоих случаях изоденсы записаны тремя градациями плотности (черная, серая, белая). Полу-

ченные картины изоденс галактики вместе с отпечатком прямого изображения Маркарян 111 воспроизведены на рис. 1. На рис. 1 северное, южное сгущения и конденсация в спиральном рукаве обозначены соответственно буквами а, в и с.

3. *Результаты.* Как видно из рис. 1, Маркарян 111 выглядит как спиральная галактика. Спиральные рукава исходят из северного продолговатого сгущения («а» ядро галактики по [2]), расположенного в центре симметрии по виду довольно правильных изоденс галактики. Южное сгущение («в» ядро по [2]), расположенное асимметрично по отношению к внешним изоденсам Маркарян 111, компактнее и ярче северного. С этим сгущением какие-либо морфологические детали не связаны. Северный спиральный рукав галактики более развит. В нем наблюдаются два больших комплекса Н II областей, один из которых расположен в непосредственной близости от северного сгущения.

На общем фоне непрерывного спектра Маркарян 111 выделяются спектры северного и южного сгущений, а также спектр конденсации, полученный нами впервые. В спектрах северного сгущения (как это указано и в [15]) наблюдаются эмиссионные линии [S II] $\lambda\lambda$ 6717/31, [N II] $\lambda\lambda$ 6584/48, H_α, [O I] λ 6300, [O III] $\lambda\lambda$ 5007 и 4959, H_β, H_γ, [O II] λ 3727. Виден след эмиссионной линии He I λ 5876, а также малоконтрастные линии ($D_1 + D_2$) Na I в поглощении. В спектре южного сгущения (см. также [15]) отождествлены эмиссионные линии [S II] $\lambda\lambda$ 6717/31, [N II] $\lambda\lambda$ 6584/48, H_α, He I λ 5876, [O III] $\lambda\lambda$ 5007 и 4959, H_β, H_γ, [O II] λ 3727. Эмиссионная линия [O I] λ 6300 очень слабая. Как и в спектре северного сгущения наблюдаются малоконтрастные абсорбционные линии ($D_1 + D_2$) Na I. В спектре конденсации наблюдаются эмиссионные линии [S II] $\lambda\lambda$ 6717/31, [N II] $\lambda\lambda$ 6584/48, H_α, [O I] λ 6300, [O III] $\lambda\lambda$ 5007 и 4959, H_β, H_γ и [O II] λ 3727.

Для получения картины распределения по галактике лучевых скоростей на трех спектрах измерены линии [S II] λ 6717, [N II] λ 6584, H_α, H_β и [O III] λ 5007 вдоль высоты щели. Данные приведены в табл. 2. В первом столбце приведено расстояние от центра южного сгущения Маркарян 111 на север и юг в секундах дуги. В последующих семи столбцах соответственно приведены разницы лучевых скоростей относительно скорости этого сгущения для разных областей галактики. В восьмом столбце даны средние значения для этой разницы со стандартной ошибкой измерения. Для наглядности на рис. 2 приведены кривая распределения лучевых скоростей в галактике и изоденситометрическая картина спектральной области вокруг эмиссионной линии H_α по спектру № 221. На рисунке горизонтальными отрезками указаны стандартные ошибки измерения. Указаны также центры северного и южного сгущений и конденсации.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛУЧЕВЫХ СКОРОСТЕЙ В МАРКАРЯН 111
ОТНОСИТЕЛЬНО ЦЕНТРА ЮЖНОГО СГУЩЕНИЯ

Расстояние от центра южного сгущения (угл. с)	Спектр 220		Спектр 221			Спектр 222		$\Delta v_r \pm \Delta v_r$
	H ₃	[O III] λ 5007	H ₂	[N II] λ 6584	[S II] λ 6717	H ₂	[N II] λ 6584	
север								
20.5			-124			-227		-175
18.9		- 26	-170		-251	-222		-167 $\pm$ 160
17.8		- 28	-169		-248	-208		-163 $\pm$ 96
17.0		- 46	-178		-237	-202	-110	-155 $\pm$ 76
15.9		- 56	-187	-181	-243	-203	-102	-162 $\pm$ 69
14.8	-166	- 38	-132	-167	-204	-170	-	-146 $\pm$ 58
13.7	-161	- 86	-146	-157	-199	-163	-	-152 $\pm$ 37
12.7	-134	- 80	-163	-120	-209	-171	- 91	-138 $\pm$ 46
11.8	-139	-100	-147	-152	-202	-178	- 59	-140 $\pm$ 48
10.5	-142	-125	-154	-187	-200	-213	- 96	-160 $\pm$ 42
9.6	-157	-100	-179	-	-195	-229	-117	-163 $\pm$ 48
8.7	-159	-100	-194	-218	-190	-215	-165	-179 $\pm$ 40
7.5	-162	- 95	-205	-221	-228	-229	-155	-185 $\pm$ 50
6.5	-182	- 84	-206	-224	-218	-234	-179	-190 $\pm$ 51
5.5	-166	- 81	-187	-214	-202	-208	-117	-168 $\pm$ 51
4.4	-200	- 77	-162	-203	-177	-201	-	-170 $\pm$ 48
3.8	-228	- 93	-166	-200	-183	-213	-	-180 $\pm$ 48
2.3	-141	- 50	- 99	- 50	- 64	-110	- 38	- 79 $\pm$ 52
1.5	- 20	+ 40	- 15	- 10	+ 30	+ 37	- 30	+ 3 $\pm$ 30
"	+ 50	+ 10	+ 2	0	+ 19	+ 8	+ 20	+ 16 $\pm$ 15
-0.6	- 30	- 26	- 10	- 13	- 18	- 13	+ 13	- 11 $\pm$ 14
+1.1	- 57	-181	- 43	- 51	- 50	- 74	-129	- 84 $\pm$ 52
2.6	- 73	- 51	-193	- 66	-190	-121	-161	-122 $\pm$ 60
3.6	-140	- 88	-218	-	-	-151	-	-149 $\pm$ 53
4.8	-148	- 94	-264	-	-	-199	-	-176 $\pm$ 73
5.7	-135	-	-232	-	-	-155	-	-172
6.6								
юг								

Средние лучевые скорости центров северного и южного сгущений Маркарян 111, измеренные по отождествленным эмиссионным линиям (всего 18 линий), соответственно оказались равными $v_r = 3802 \pm 58$ км/с и $v_r = 3962 \pm 48$ км/с. Разница лучевых скоростей между ними составляет $\Delta v_r = 160 \pm 75$ км/с. Эти данные в пределах ошибок совпадают с соответствующими данными, приведенными в работе [15].

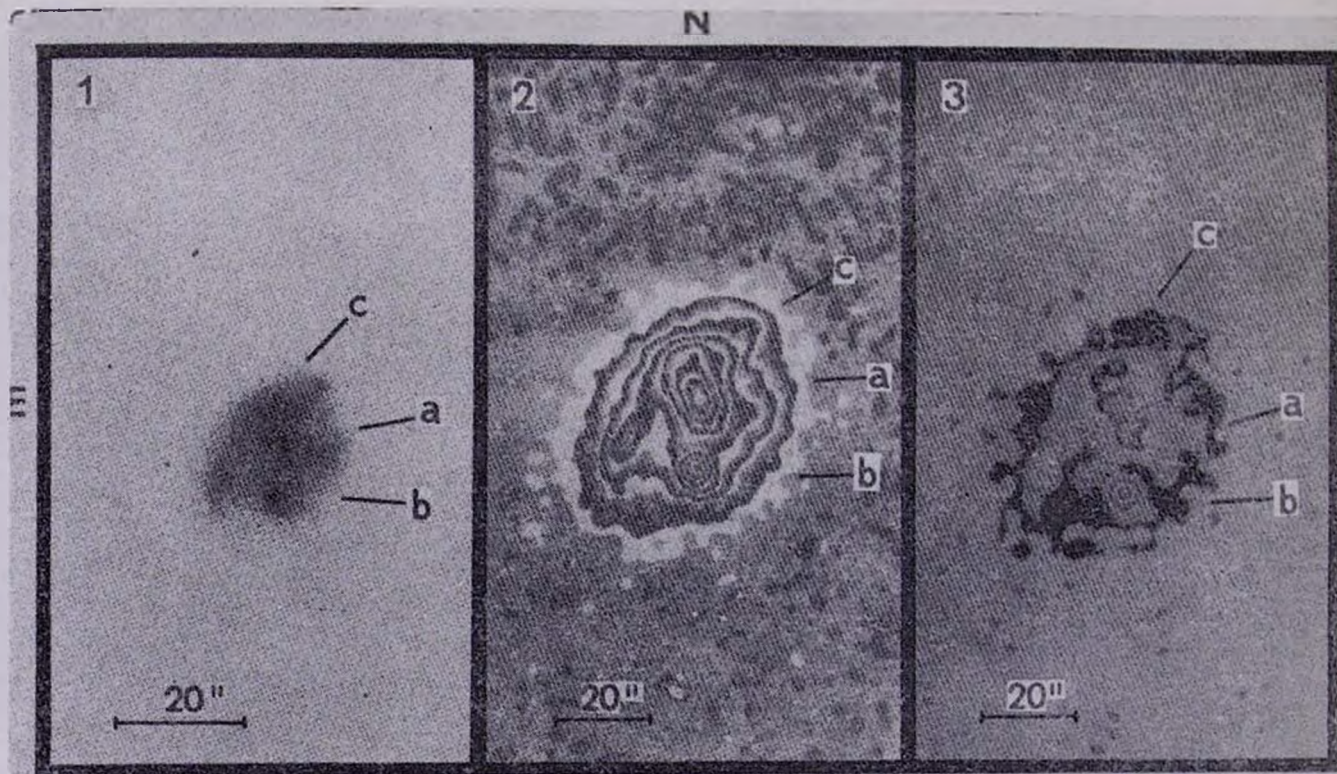


Рис. 1. Маркарян 111, 1. Снимок прямого изображения. 2. Картина изоденс, построенная с использованием фильтра низких частот. 3. Картина изоденс, построенная с использованием восстанавливающего винеровского фильтра. Северное и южное сгущения и конденсация обозначены соответственно а, б, с.

Автономное вращение обоих этих сгущений галактики в пределах ошибок не обнаружено. Если учесть, что галактика видна почти анфас (по [16] угол наклона Маркарян 111 к лучу зрения равен 20°), то отсутствие вращения можно объяснить предположением, что оси вращения сгущений перпендикулярны плоскости галактики.

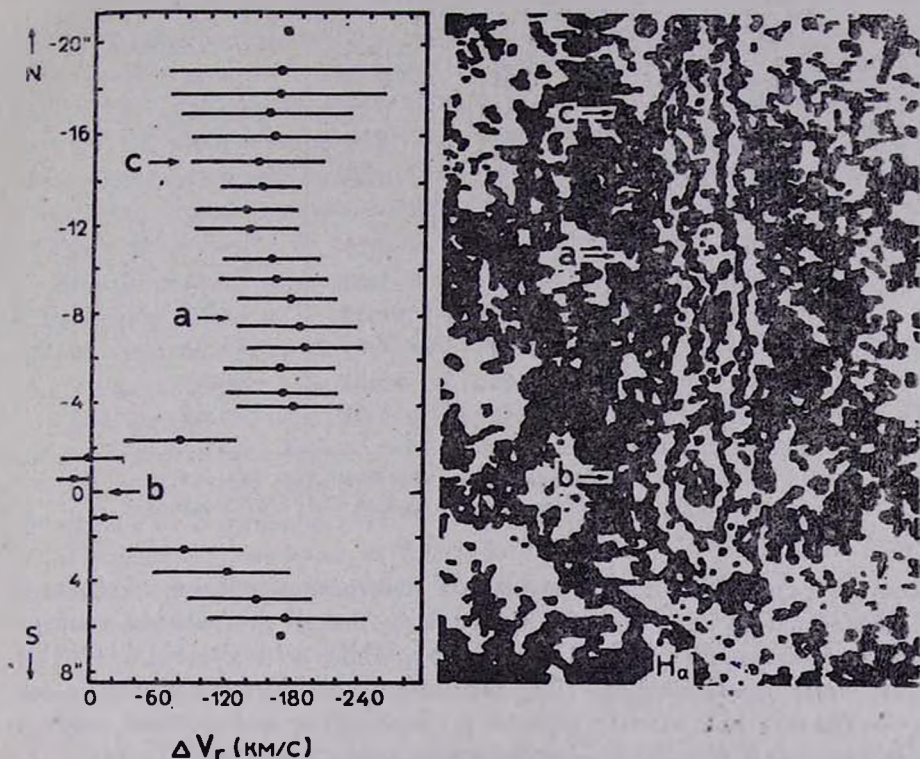


Рис. 2. Поле лучевых скоростей в Маркарян 111 и изоденситометрическая картина спектральной области вокруг эмиссионной линии $H\alpha$. Северное и южное сгущения и конденсация обозначены соответственно a, b, c.

Все отождествленные спектральные линии в спектрах обоих сгущений Маркарян 111 и конденсации фотометрированы. Погрешности в определении интенсивностей линий составляют 13% для $I(\lambda) > I(H\beta)$, 23% для $I(\lambda) \geq 0.5 I(H\beta)$ и 52% для $I(\lambda) < 0.5 I(H\beta)$.

Значения усредненных относительных интенсивностей эмиссионных линий приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, отношения интенсивностей эмиссионных линий $H\alpha$ и $H\beta$ близки к теоретическому [17], поэтому поправки, обусловленные покраснением, в интенсивности линии не введены. Ввиду того, что в спектрах сгущений и конденсации отсутствуют авроральные линии и непосред-

Таблица 3

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭМИССИОННЫХ
ЛИНИЙ В СПЕКТРАХ СЕВЕРНОГО И ЮЖНОГО
СГУЩЕНИЙ И КОНДЕНСАЦИИ

Спектр. линии	Северное сгущение	Южное сгущение	Конденсация
[S II] λ 6731	0.20	0.16	0.21
[S II] λ 6717	0.23	0.22	0.29
[N II] λ 6584	0.51	0.71	0.45
H ₂	2.82	2.75	2.80
[N II] λ 6548	0.16	0.28	0.14
[O I] λ 6300	0.07	—	0.10
H ₂ I λ 5876	—	0.16	—
[O III] λ 5007	2.31	1.33	2.62
[O III] λ 4959	0.67	0.39	0.85
H ₂	1.00	1.00	1.00
H ₇ *	>0.20	>0.24	>0.27
[O II] λ 3727	2.63	1.91	3.61

* Интенсивность линии H₇ занижена, так как она отчасти блендируется с линией поглощения Ti II λ 4395 солнечного спектра.

ственно определить по ним электронные температуры объектов невозможно, использованы эмпирические зависимости между электронной температурой и отношениями $I ([O III] + [O II])/I (H\beta)$ и $I ([O III])/I ([N II])$, приведенные в работах [18—20]. Значения отмеченных отношений, а также полученные для обоих сгущений и конденсации электронные температуры приведены в табл. 4. Там же приведены усредненные значения T_e для этих образований.

Таблица 4

ЗНАЧЕНИЯ T_e , ПОЛУЧЕННЫЕ ПО ЭМПИРИЧЕСКИМ
ЗАВИСИМОСТЯМ [18—20]

	Северное сгущение	Южное сгущение	Конденсация
$I ([O III] + [O II])/I (H\beta)$	5.61	3.63	7.08
T_e по [18]	8000 К	7200 К	8300 К
T_e по [19]	8500 К	7000 К	9300 К
$I ([O III])/I ([N II])$	4.45	1.74	5.88
T_e по [20]	8300 К	7200 К	9100 К
$\bar{T}_e$	8300 К	7100 К	8900 К

Электронная плотность для сгущений и конденсации при принятом значении электронной температуры (см. табл. 4) определены по отношению интенсивностей эмиссионных линий дублета [S II] $\lambda\lambda$ 6717/31 [21]. Получены значения: для северного сгущения $n_e \sim 350 \text{ см}^{-3}$, для южного $n_e \sim 50 \text{ см}^{-3}$, для конденсации $n_e \sim 50 \text{ см}^{-3}$.

Зная электрсиную температуру и электронную плотность, а также относительные интенсивности эмиссионных линий и считая, что в рассмотренных областях флюктуации T_e небольшие, мы оценили содержание ионов гелия, кислорода, азота, серы, а также полное содержание этих элементов. Использованы уравнения, приведенные в работах [22—24]. По нашим спектрам оценить содержание ионов S^{++} довольно трудно, однако из-за того, что эмиссионная линия He I λ 5876 в спектрах северного сгущения и конденсации не заметна, в них, вероятно, сера мало представлена во второй стадии ионизации, так как потенциалы ионизации He^0 и S^+ близки друг к другу. В спектре южного сгущения линия He I λ 5876 довольно интенсивна, следовательно можно подозревать наличие некоторого количества серы в состоянии S^{++} .

В этом случае, используя методику, приведенную в [25], можно оценить нижний предел содержания серы в южном сгущении*.

Отметим также, что содержание азота в исследуемых объектах определяется с 25% ошибкой [27].

Полученные значения логарифмов содержания указанных элементов для исследуемых образований в Маркарян 111 приведены в табл. 5, при значении $\lg H = 12$. В табл. 5 для сравнения приведено содержание тех же элементов для ядер спиральных галактик по работе [20], для галактических H II областей по [28] и для Солнца по [29—31].

Таблица 5

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СЕВЕРНОМ И ЮЖНОМ СГУЩЕНИЯХ И КОНДЕНСАЦИИ

	He	O	N	S	N/O	S/O
Северное сгущение	—	8.58	7.35	7.32	0.059	0.055
Южное сгущение	>11.03	8.73	7.66	>7.37	0.085	>0.044
Конденсация	—	8.56	7.23	7.29	0.047	0.054
Ядра спир. галактик	—	9.03	8.16	—	0.135	—
H II-области	11.07	8.60	7.59	>7.26	0.098	>0.046
Солнце	10.93	8.92	7.99	7.23	0.117	0.020

* Действительные значения содержания серы не должны сильно отличаться от этого нижнего предела, так как по [26] $I([\text{S II}]) = I([\text{S III}])^3$ и вклад S^{++} в общее содержание серы должен быть небольшим.

В табл. 5 приведены также значения отношений содержания азота и серы к кислороду в рассмотренных объектах.

4. *Обсуждение.* При рассмотрении морфологической структуры Маркарян 111 особенно важно выявить местонахождение южного сгущения по отношению к диску галактики. По нашим данным существуют некоторые факты, указывающие, по-видимому, на то, что южное сгущение находится вне диска галактики Маркарян 111 и просто проектируется на нее. В пользу этого говорят следующие факты:

— На изоденситометрической картине Маркарян 111 (рис. 1) видно, что южное сгущение не вносит искажения в эту картину.

— Несмотря на то, что Маркарян 111 видна почти анфас, наблюдается разница между лучевыми скоростями южного и северного (ядра Маркарян 111, см. ниже) сгущений, что не должно быть, если южное сгущение находится в диске галактики и участвует в его вращении.

— Из структуры эмиссионных линий галактики (см. изоденситометрическую картину спиральной области вокруг H_2 на рис. 2) видно, что излучение диска с соответствующей лучевой скоростью не заполняет область соответствующего южного сгущения. Южное сгущение как будто экранирует излучение соответственной области Маркарян 111.

— Отношение $I(H_2)/I(H_3)$ близко теоретическому, это значит, что излучение южного сгущения не подвержено поглощению в диске галактики.

— Из рис. 2 видно, что существуют мостики, соединяющие южное сгущение с галактикой.

Таким образом, из вышеприведенного можно заключить, что, по всей вероятности, южное сгущение является карликовым, динамически связанным с Маркарян 111 объектом, имеющим спектр СА и не может рассматриваться, по-видимому, в качестве второго ядра Маркарян 111 [2].

Принимая разницу лучевых скоростей между Маркарян 111 и ее соседом равной 160 км/с, а расстояние между ними порядка $8''$ или 2 кпс ($H = 75$ км/с Мпс), для несмещенной оценки массы системы получим значение $3.4 \cdot 10^{10} M_\odot$. При интегральной светимости системы, равной 20^{m_1} , для отношения массы к светимости получаем значение $M/L \sim 3.8 M_\odot/L_\odot$. Это значение того же порядка, что и у одиночных спиральных галактик.

Используя отношения интенсивностей эмиссионных линий, можно рассмотреть вопрос и о механизме ионизации и возбуждения в этих объектах (коротковолновое тепловое излучение О—В звезд; нетепловое континуальное излучение; нагрев с помощью ударных волн).

В работах [32, 33] построены двумерные классификационные схемы, которые с большой вероятностью правильно разделяют объекты с эмис-

сионными спектрами по механизму ионизации и возбуждения этих линий. На рис. 3 воспроизведены диаграммы, построенные с помощью отношений $I([\text{O III}] \lambda 5007)/I(\text{H}_\beta)$, $I([\text{N II}] \lambda 6584)/I(\text{H}_\alpha)$ [32] и $I(\text{H}_\alpha)/I([\text{N II}] \lambda 6584 + 48)$, $I(\text{H}_\alpha)/I([\text{S II}] \lambda 6717 + 31)$ [33]. На диаграммах рис. 3 указано расположение ядра и конденсации Маркарян 111, а также ее соседа.

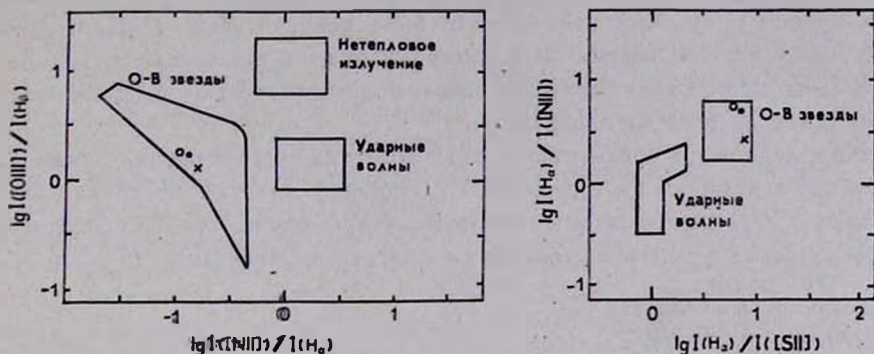


Рис. 3. Положение северного (•) и южного (x) сгущений и конденсации (0) в двухмерных классификационных схемах по [32, 33]. Контуры показывают границы изменения отношений $[\text{O III}]/\text{H}_\beta$, $[\text{N II}]/\text{H}_\alpha$, $[\text{S II}]/\text{H}_\alpha$ при разных механизмах ионизации.

Как видно из рис. 3, все три объекта обладают эмиссионным спектром, характерным для H II областей, излучение в линиях которых обусловлено фотоионизацией коротковолновым излучением горячих О—В звезд. Можно оценить спектральные классы объектов, которые могут обеспечить их эмиссионный спектр. В работе [26] приведена зависимость между отношениями $I([\text{S II}])/I([\text{O II}])$ для туманностей и T_* — температурой ионизирующих их звезд. Для всех трех исследуемых объектов по величинам указанного отношения (см. табл. 3) T_* получается выше $2.7 \cdot 10^4 \text{ K}$ [26]. Это означает, что ионизация обусловлена излучением звезд более ранних типов, чем В2 [34]. На основе же данных работы [35], где приведена зависимость между отношением O^{++}/O^+ в туманностях и T_* — температурой ионизирующих их звезд, T_* для всех трех объектов должно быть в пределах $3.2 \cdot 10^4 \div 3.7 \cdot 10^4 \text{ K}$ [35], или ионизация газа обусловлена преимущественно звездами спектральных типов О9—В0 [34]. Сильные континуальные спектры ядра Маркарян 111 и ее компонента, распространяющиеся с большой интенсивностью до длинноволнового предела наших спектров ($\sim 7200 \text{ \AA}$), присутствие линии $(D_1 + D_2) \text{ NaI}$ в поглощении указывают на то, что в них, наряду с молодыми горячими звездами, представлены также звезды других спектральных типов. Эти звезды и составляют основное население исследуемых образований [36].

По содержанию тяжелых элементов ядро Маркарян 111, ее компонент и конденсация в спиральном рукаве мало отличаются друг от друга. У них содержание тяжелых элементов такое же, как и обычных Н II-областей.

Таким образом, из вышеприведенных данных можно сделать следующие выводы:

Ионизация газа в рассмотренных областях обусловлена, по-видимому, в основном УФ-излучением молодых звезд. Вклад источников нетеплового излучения и ударных волн должен быть незначительным, на что указывает и отсутствие заметного радионизлучения от галактики [37].

УФ избыток, наблюдаемый в непрерывном спектре, по всей вероятности, обусловлен теми же звездами.

Нормальное по сравнению с Н II областями содержание тяжелых элементов и дефицит их содержания (особенно азота), по сравнению с Солнцем и ядрами нормальных галактик, указывает на то, что исследованные образования, вероятно, являются молодыми объектами.

Специальная астрофизическая
обсерватория АН СССР

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

Ереванский государственный
университет

A SPECTRAL INVESTIGATION OF GALAXY MARKARIAN 111

A. N. BURENKOV, A. R. PETROSSIAN, K. A. SAHAKIAN. E. Ye. KHACHIKIAN

On the basis of spectra obtained in primary focus of 6 m telescope of SAO a spectrometric and spectrophotometric investigation of galaxy Markarian 111 is carried out. It is shown that the southern condensation observed in the galaxy in all probability is a companion, situated before the Markarian 111. By means of relative intensities of observed emission lines are estimated: values of T_e and n_e , content of some elements (He, O, N, S) in nucleus, in condensation situated in spiral arm of Markarian 111 and in its companion. It is shown that ionization sources of the gas in these objects are young stars of spectral types O9—B0. It has been concluded that the investigated objects are young formations.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Е. Маркарян, *Астрофизика*, 5, 443, 1969.
2. А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 14, 69, 1978.
3. И. Д. Караченцев, *Сообщ. САО АН СССР*, 7, 3, 1972.
4. J. Heidmann, A. T. Kalloghlian, *Astrophysics*, 11, 229, 1975.
5. C. Casini, J. Heidmann, *Astron. Astrophys.*, 47, 371, 1976.
6. F. Zwicky, *Catalogue of Selected Compact Galaxies and Post-eruptive Galaxies. Switzerland*, 1971.;
7. H. Arp, *Atlas of Peculiar Galaxies*, Pasadena, California, 1966.
8. C. Casini, J. Heidmann, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.*, 24, 473, 1976.
9. Э. А. Дибай, *Астрофизика*, 6, 350, 1970.
10. D. W. Weedman, *Ap. J.*, 183, 29, 1973.
11. М. А. Аракелян, Э. А. Дибай, В. Ф. Есипов, *Астрофизика*, 6, 39, 1970.
12. W. L. W. Sargent, *Ap. J.*, 173, 7, 1972.
13. R. P. S. Stone, *Ap. J.*, 218, 767, 1977.
14. В. А. Афанасьев, *Изв. САО АН СССР*, 11, 51, 1979.
15. А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 15, 209, 1979.
16. G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, M. G. Corvin, *Second Reference Catalogue of Bright Galaxies*, Austin, 1976.
17. M. Brocklehurst, *M. N. RAS*, 153, 471, 1971.
18. B. E. J. Pagel, M. G. Edmunds, D. E. Blackwell, M. S. Chun, G. Smith, *M. N. RAS*, 189, 95, 1979.
19. P. A. Shaver, R. X. McGee, L. M. Newton, A. C. Danks, S. R. Pottasch, *M. N. RAS*, 204, 53, 1983.
20. D. Alloin, S. Collin-Souffrin, M. Joly, L. Vigroux, *Astron. Astrophys.*, 78, 200, 1979.
21. И. В. Носов, *Астрон. циркул.* № 1050, 1979.
22. M. Peimbert, S. Torres-Peimbert, *Ap. J.*, 168, 413, 1971.
23. P. Beuvenuti, S. D'Odorico, M. Peimbert, *Astron. Astrophys.*, 28, 447, 1973.
24. M. Peimbert, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, 13, 113, 1975.
25. G. Stasinska, *Astron. Astrophys.*, 66, 257, 1978.
26. J. B. Kaler, *Ap. J.*, 244, 54, 1981.
27. A. Natta, S. R. Pottasch, A. Preite-Martinez, *Astron. Astrophys.*, 84, 284, 1980.
28. S. A. Hawley, *Ap. J.*, 224, 417, 1978.
29. I. J. Danziger, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, 8, 161, 1970.
30. D. L. Lambert, *M. N. RAS*, 182, 249, 1978.
31. D. L. Lambert, *M. N. RAS*, 183, 79, 1978.
32. J. A. Baldwin, M. M. Phillips, R. Terlevich, *P. A. S. P.*, 93, 5, 1981.
33. F. Sabbadin, S. Minello, A. Blanchini, *Astron. Astrophys.*, 60, 147, 1977.
34. P. G. Mezger, I. F. Smith, E. Charchwell, *Astron. Astrophys.*, 32, 269, 1974.
35. J. B. Kaler, *Ap. J.*, 210, 843, 1976.
36. V. A. Balzano, *Ap. J.*, 268, 602, 1983.
37. J. H. Bieging, P. B. Biermann, K. Fricke, I. I. K. Pauling-Toth, A. Witzel, *Astron. Astrophys.*, 60, 353, 1977.