

УДК 524.74:520.842

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛАКТИКИ МАРКАРЯН 325

А. Н. Буренков, Е. А. Назаров, Э. У. Хачикян\*

Проведено спектральное изучение 12 HII-областей в клочковатой иррегулярной галактике (CIG) Марк 325. Определено содержание кислорода, азота, серы и неона в HII-областях. Содержание элементов в галактике ( $[O/H]=8.60\pm 0.07$  и  $[N/H]=7.29\pm 0.18$ ) является типичным для CIG (где среднее по трем галактикам Марк 7, Марк 297, Марк 325  $[O/H]=8.58\pm 0.07$  и  $[N/H]=7.21\pm 0.17$ ).

A spectral investigation of 12 HII-regions in the clumpy irregular galaxy (CIG) Mark 325 is carried out. The abundances of oxygen, nitrogen, sulphur and neon in HII-regions are determined. The galaxy element abundances ( $[O/H]=8.60\pm 0.07$  and  $[N/H]=7.29\pm 0.18$ ) are typical for CIG (where mean abundances are  $[O/H]=8.58\pm 0.07$  and  $[N/H]=7.21\pm 0.17$  for three galaxies Mark 7, Mark 297, and Mark 325).

I. ВВЕДЕНИЕ

Марк 325 (NGC 7673 = IVZw 149 = K584a = UGC 12607) — галактика неопределенной структуры по описанию Маркаряна и Липовецкого (1971), вошла в список галактик со сверхассоциациями (Саакян и Хачикян, 1975) и отнесена к типу CIG (Clumpy Irregular Galaxies) (Касини и Айдман, 1976). Она же — "искаженная спираль с составными рукавами" типа Sdm (Хукра, 1977) и "пекулярная галактика, состоящая из нескольких сгущений" (Берген и Каллоглян, 1975). Попытка определить ее морфологический тип по глобальным параметрам (Боттинелли и др., 1975) привела к разбросу от ранних до поздних типов спиралей. Усредненные значения параметров соответствуют типу Sc, с превышением светимости этой галактики над средней светимостью галактик данного типа в 7 раз. Марк 325 и Марк 326 составляют пару галактик — K584 (Караченцев, 1987) и по данным Боттинелли и др. (1975) эта пара, возможно, стабильная. Имеются многочисленные данные по измерению лучевой скорости Марк 325 (Саргент, 1970; Аракелян и др., 1972; Боттинелли и др., 1975; Хукра, 1977 и др.). Значения лучевой скорости ( $V_r$ ) в основном попадают в диапазон  $3400\pm 3460$  км с<sup>-1</sup>, что близко к средней скорости  $3460$  км с<sup>-1</sup>, полученной по всем конденсациям в данной работе. Для определенности мы приняли  $V_r=3409$  км с<sup>-1</sup> (Вокулер и др., 1976) или, после исправления за вращение Галактики,  $V_o=3650$  км с<sup>-1</sup>. Расстояние до Марк 325 в этом случае  $r=48.7$  Мпк ( $H=75$  км с<sup>-1</sup> Мпк<sup>-1</sup>).

\* Бюраканская астрофизическая обсерватория АН АрмССР

Из наблюдений в радиодиапазоне ( $\lambda$  21 см) были получены оценки массы водорода  $M_H = (3.9 - 6.2) \cdot 10^9 M_\odot$ , индикативной массы  $M_i = (88 - 320) \cdot 10^{10} M_\odot$  и отношения  $M_H/M_i = 0.016 - 0.073$  (Боттинелли и др., 1975; Чамаро, 1977; Гордон и др., 1981; Петерсон, 1979; Крамм и Солшитер, 1980).

Спектр излучения галактики в сантиметровом диапазоне указывает на заметный вклад нетеплового излучения на  $\lambda$  1.3 см. Боттинелли и др. (1975) оценили его в 8% на этой волне, пользуясь данными в УФ-диапазоне (Бевенути и др., 1982).

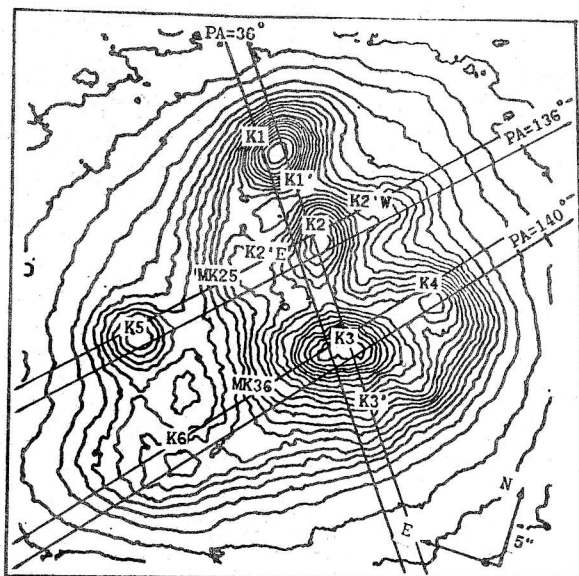
Спектрофотометрическое изучение отдельных конденсаций в Марк 325 проводили несколько авторов (Тамура и Хасегава, 1979; Дюфло-Огард и Аллойн, 1982; Танигучи, 1986).

В данной работе проведено детальное спектрофотометрическое исследование галактики Марк 325.

## 2. НАБЛЮДЕНИЯ И ОБРАБОТКА

Прямой снимок галактики получен Ю.П. Коровяковским и А.Р. Петросяном в июне 1976 г. в первичном фокусе БТА на эмульсии Kodak 103a-0 без фильтра, с экспозицией 4.2 мин и любезно предоставлен нам одним из авторов (П.А.Р.) для использования в данной работе. На рис. 1 представлены изоденсы прямого снимка Марк 325 с шагом 0.1 по плотности, где указаны положение щели спектрографа и изученные детали.

Рис. 1. Изоденсы изображения галактики Маркарян 325. Изолинии нанесены с шагом 0.1 по плотности. Показаны положения щели спектрографа и изученные детали.



Спектры получены в январе 1983 г. на спектрографе первичного фокуса БТА СП-160 с ЭОП УМК-91в на эмульсии Kodak 103a-0 с дисперсией  $65 \text{ \AA}/\text{мм}$ . Размер щели спектрографа  $1.3'' \times 60''$ , что соответствует разрешению  $5 \text{ \AA}$  на спектре. Журнал спектральных наблюдений приведен в табл. 1. Для учета спектральной чувствительности аппаратуры использовалась звезда HZ 15 из списка стандартных

звезд Стоуна (1977). Спектр стандартной звезды фотографировался в центральном положении на щели спектрографа, т.е. кривая реакции получалась только для центрального по высоте участка фотокатода ЭОП. Но по лабораторным измерениям (Брихневич и др., 1984) зонная чувствительность фотокатода на рабочем участке вдоль дисперсии длиной 24 мм меняется в пределах 5 - 8 % от среднего. Поперек дисперсии использовался участок фотокатода высотой 2 - 3 мм, т.е. изменения зонной чувствительности поперек дисперсии должны быть меньше 5 %, что подтверждается хорошим совпадением спектров неба, которые мы записываем по обе стороны от галактики.

Спектры записаны в плотностях на автоматическом микроденситометре САО АН СССР, при этом использовалась высота щели АМД, соответствующая 2" в проекции на небо. Дальнейшая обработка (перевод в интенсивности, вычитание фона неба, проведение континуума, разделение блендированных линий и измерение параметров линий) проводилась с помощью пакета программ, написанных одним из авторов (Б.А.Н.) на специализированном языке СИПРАН (Сомов, 1986). Спектры исследованных деталей в относительных интенсивностях, после вычитания спектра фона неба и исправления за спектральную чувствительность аппаратуры, представлены на рис.2 а-б. На рис.2а приведены спектры в диапазоне длин волн  $\lambda\lambda$  3700 - 5200 Å, а на рис. 2б - в диапазоне  $\lambda\lambda$  5600 - 7100 Å.

Таблица I. Журнал спектральных наблюдений галактики Марк 325

Номер спектра	Дата наблюдений	Аппаратура	Экспозиция (мин)	Изображение (")	Диапазон (нм)	Позиция (град)	Комментарий
377	07.01.1983	СП УМК	10	2-3	580 - 710	140	K4-3-6
378			5		460 - 600	"	"
379			5		370 - 510	"	"
380			15		370 - 510	136	K2-5
381			10		460 - 600	"	"
382			20		580 - 710	"	"
420	08.01.1983	"	10	1.5-2	"	36	K1-2-3
421			5.5		460 - 600	"	"
422			5.5		370 - 510	"	"

Примечание: СП УМК = СП-160 + ЭОП УМК-91в

### 3. ОПИСАНИЕ ИССЛЕДОВАННЫХ КОНДЕНСАЦИЙ

Мы выделили на спектрах 12 деталей, 6 из них относятся к ярким конденсациям, которые хорошо видны на прямом снимке, остальные относятся к внешним частям этих конденсаций или к областям галактики, расположенным между

конденсациями.

Ниже приведено краткое описание исследованных областей галактики. В них даны размер яркой части конденсации, измеренной по изолиниям (Ди) и протяженность вдоль щели спектрографа HII-области, связанной с данной конденсацией, по ярким эмиссионным линиям (Дл) и по континууму (Дк).

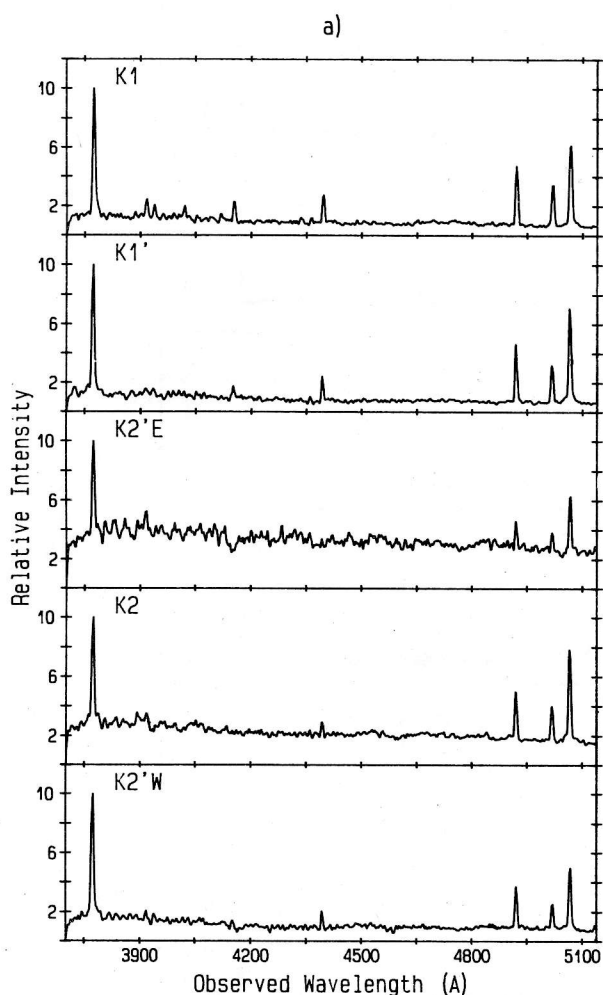


Рис. 2. Спектры деталей галактики Маркарян 325: а) — синяя область спектра; б) — красная область спектра. По оси абсцисс указаны длины волн в Å, по оси ординат — относительные интенсивности.

K1 — вторая по яркости конденсация в галактике, несколько вытянутая в ПУ=160°. Она по Купино и др. (1982) состоит из двух конденсаций ( $m_B=17.2$  и  $17.3$ ) с расстоянием между ними в 1.1". На наших спектрах и прямых снимках K1 не разрешается, но заметен наклон спектральных линий, что позволило оценить массу конденсации  $4.2 \cdot 10^8 M_\odot$ , предполагая ее твердотельное вращение. На

спектре она имеет интенсивный, узкий континуум с сильными эмиссионными линиями. Расстояние до нее от самой яркой конденсации КЗ - 12.8", размеры: Ди=4"×6", Дк=3", Дл=4".

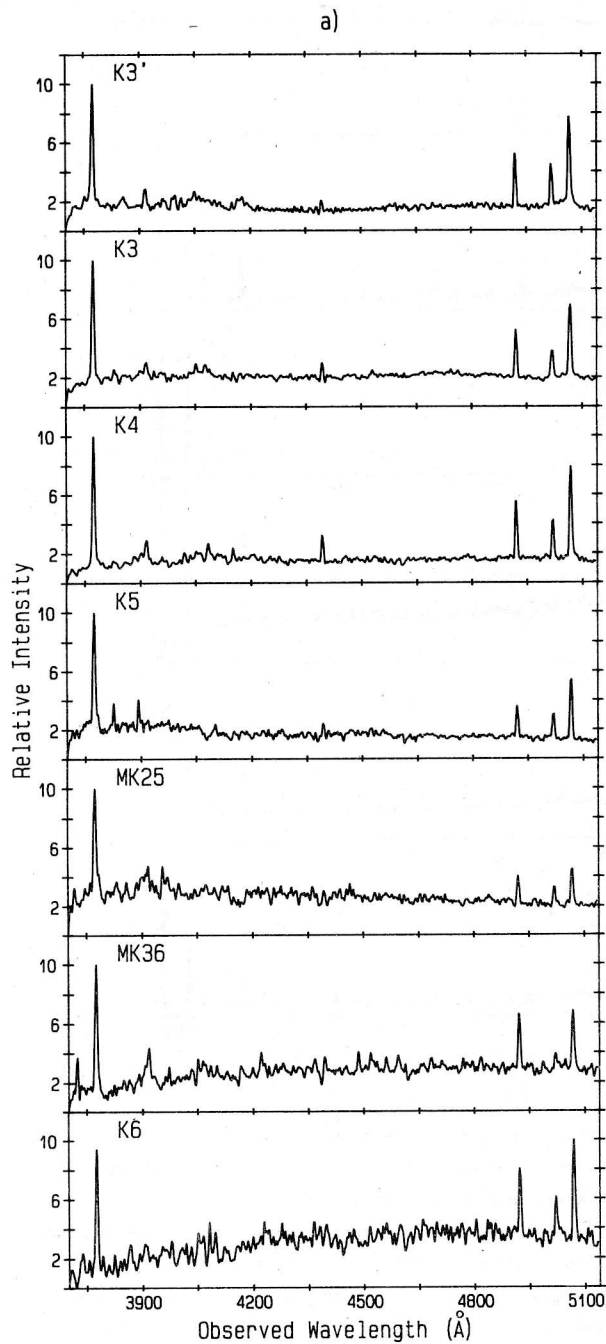


Рис. 2а.

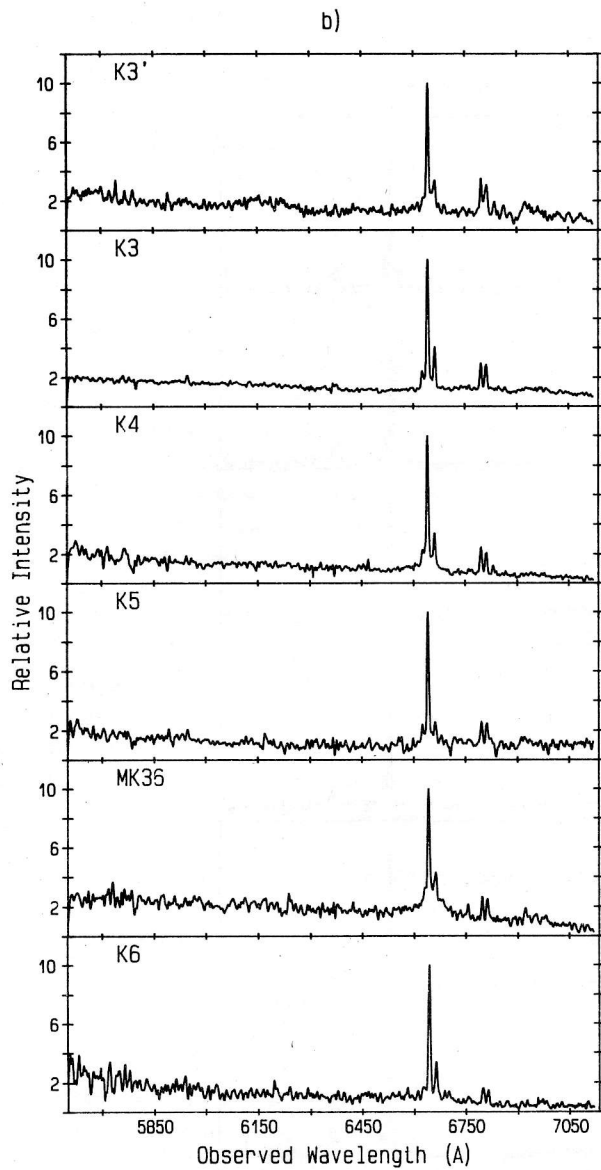


Рис. 2b.

K1' - спектральновыделенная деталь является внешней юго-западной частью конденсации K1, где континуум от K1 уже сильно ослабел, а линии остались достаточно сильными. Расстояние от K1 - 2", разность скоростей K1 и K1' (см. табл. 2) демонстрирует общее вращение HII-области, связанной с K1.

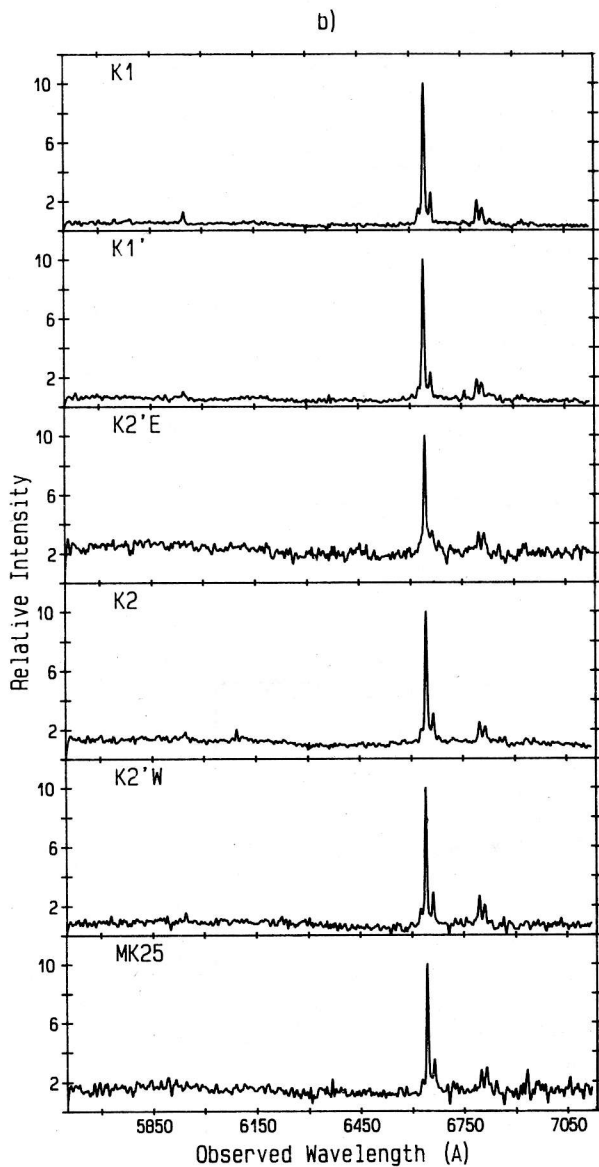


Рис. 2b.

K2 — центральная конденсация в галактике, вытянутая почти точно по линии север-юг. Имеет сильный и узкий континуум, несколько уступающий K1, и яркий линейчатый спектр. Расстояние ее от K3 — 6.9", размеры: Ди=4"×5", Дк=2.5", Дл=2.5"×5" (последнее для ПУ=36° и 136°). На прямом снимке K2 связана с K1 дугообразной приливной структурой, имеющей продолжение за K2 в северо-западном направлении в виде короткого прямолинейного хвоста. Две области этой

структуры, прилегающие к К2 с разных сторон, мы выделили на спектрах ( $ПУ=136^\circ$ ) как К2'Е и К2'W.

К2'W — часть этой структуры, расположенная западнее К2, имеет наиболее слабый континуум из этих трех деталей и сильные эмиссионные линии. Расстояние ее от К2 — 5.5", размеры: Ди=5.5"×4", Дл=4"+6".

К2'Е — расположена восточнее К2, ее континуум несколько уступает К2 и линии заметно слабее. Расстояние от К2 — 4.6", размеры: Ди=3"×4.5", Дк=4", Дл=4".

К3 — самая большая и яркая конденсация в галактике, вытянута по  $ПУ=107^\circ$ . По Купино и др. (1982) она так же как К1 и К2, имеет сложную структуру — около 5 конденсаций (размерами 1.2"+1.4", т.е. около 300 пк,  $n_v=16.9+17.5$ ). На наших спектрах К3 не разрешается и имеет сильный, довольно узкий континуум и сильные линии. Размеры: Ди=5"×8.5", Дк=3"×4", Дл=4"×8" ( $ПУ=36^\circ$  и  $140^\circ$ ). В  $ПУ=36^\circ$  эмиссионные линии имеют длинные хвосты, направленные к внешней части галактики, и если их учесть, то Дл достигает величины 10".

К3' — выделена спектрально, относится к самым внешним частям К3, или, скорее всего, к внешней части галактики. Континуум слабый, плавно переходящий в фон неба, линейчатый спектр сильный, обрывается довольно резко. Расстояние ее от К3 — 4", Дл=6".

С К3 связаны 2 дугообразные структуры, в которых расположены несколько ярких деталей:

К4 — конденсация, находящаяся в западной дуге, имеет умеренный, узкий континуум и яркий линейчатый спектр, не уступающий К3. Расстояние от К3 — 7.5", размеры: Ди=2", Дк=2"+3", Дл=4"+5".

К5 — яркая крупная конденсация, расположена на конце восточной дуги, имеет умеренный континуум и яркий линейчатый спектр. Расстояние от К2 — 13", размеры: Ди=4", Дк=3", Дл=6".

МК25 — область галактики между К5 и К2'Е, имеет слабый континуум и яркий линейчатый спектр. Расстояние от К2 — 8.3".

К6 — слабая конденсация, вытянута в  $ПУ=115^\circ$ , расположена в восточной дуге. Имеет слабый континуум и яркий линейчатый спектр. Расстояние от К3 — 14", размеры: Ди=3"×4", Дк=7", Дл=8"+10".

МК36 — область галактики между К3 и К6, имеет слабый континуум и яркий линейчатый спектр. Расстояние от К3 — 8".

В спектрах почти всех конденсаций в водородных линиях (кроме  $H_\alpha$  и иногда  $H_\beta$ ) видна широкая абсорбционная подложка.

#### 4. РЕЗУЛЬТАТЫ СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ

Наблюденные относительные интенсивности эмиссионных линий для каждой конденсации приведены в табл. 2. Для случаев, когда имелось несколько измерений относительной интенсивности данной линии по разным спектрам, в табл. 2 приведена также и ошибка ее измерения. В некоторых случаях отношение интенсивностей линий [OIII] отличается от значения 2.9 (в конденсациях К1, К3 и К3' это в основном связано с небольшой передержкой в яркой линии  $\lambda 5007$ , а в конденсациях К5, МК25, К6 и МК36 — со слабостью линии  $\lambda 4959$  и завышением



ее интенсивности. Из-за трудностей сшивания красной области спектра с синей, для линий с  $\lambda < 5100 \text{ \AA}$  интенсивности даны относительно  $H_\beta$ , а с  $\lambda > 5100 \text{ \AA}$  относительно  $H_\alpha$ . В таблице приведены также эквивалентные ширины эмиссионных линий  $H_\alpha + H_\delta$ , наблюдаемая лучевая скорость конденсации и ошибка ее определения, дисперсия внутренних скоростей в газе ( $\sigma_{\text{вн}}$ ), измеренная на половине интенсивности (FWHI) по сильным линиям после исправления за инструментальный контур.

О трудностях в определении внутреннего покраснения в конденсациях Марк 325 упоминают Дюфло-Огард и Аллойн (1982). Они связаны с наличием достаточно сильных абсорбционных линий водородной серии, о которых мы писали выше. Их влияние мы пытались учесть проведением локального континуума возле эмиссионной линии. К сожалению, из-за отсутствия уверенной связи красной области спектра с синей, мы были вынуждены определять величину покраснения из сравнения отношений интенсивностей эмиссионных линий  $I(H_\gamma)/I(H_\beta)$  и  $I(H_\delta)/I(H_\beta)$  с теоретическими ("случай-B",  $N_e = 100+1000 \text{ см}^{-3}$ ,  $T_e = 10000 \text{ K}$ ) из работы Броклекаста (1971). В наблюдаемых интенсивностях  $H_\gamma$  и  $H_\delta$  влияние наложения абсорбционных линий сильнее выражено, чем в линиях  $H_\alpha$  и  $H_\beta$ , так как они значительно слабее последних. Для нескольких областей в Марк 325

Таблица 2. Относительные интенсивности линий (набл.)

Дл. волны	Ион	K1	K1'	K2	K2'W	K2'E	K3
3727.5	[OII]	236	314	273±38	328	313	224±14
3868.7	[NeIII]	27	10	20±5	12	17:	22±3
4101.7	$H_\delta$	32	24	9±2	22	13:	15±1
4340.5	$H_\gamma$	42	42	30±1	36	28	33±3
4861.3	$H_\beta$	100	100	100	100	100	100
4958.9	[OIII]	73±1	74±6	77±5	54±8	74±4	67±7
5006.8	[OIII]	178±9	217±26	228±20	160±16	226±24	185±17
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
6562.8	$H_\alpha$	100	100	100	100	100	100
6583.6	[NII]	17	16	20±1	21	16	29±3
6717.0	[SII]	16	14	16±1	21	15	16±3
6731.3	[SII]	10	11	12±1	14	14	14±3
$W(H_\alpha)$	эмиссия	204	191	78±3	117	42	72±14
$W(H_\beta)$	"	49±2	42±8	14±2	23±1	4.7	14±2
$W(H_\gamma)$	"	15	13	3.3	7	1.3:	5±1
$W(H_\delta)$	"	12	6	1.0	4	0.5:	1.9
$V_r$ [км/с]		3517	3491	3444	3369	3424	3455
$\sigma V_r$ [км/с]		±40	±34	±20	±7	±18	±27
$\sigma_{\text{вн}}$ (FWHI) [км/с]		104±32	78±2	83±7	66±9	80	82±20

Таблица 2. (продолжение)

Дл. волны	Ион	K3'	K4	K5	МК25	K6	МК36
3727.5	[[O II]]	453	264	556:	260	152	272
3868.7	[[NeIII]]	20:	25:		8:		24:
4101.7	H <sub>δ</sub>	16	26	26:	21	18:	9:
4340.5	H <sub>γ</sub>	36:	42	44:	39	30:	32:
4861.3	H <sub>β</sub>	100	100	100	100	100	100
4958.9	[[OIII]]	113±17	66± 6	80± 5	49±15	63±10	38± 3
5006.8	[[OIII]]	291±29	186±11	202±20	117±30	154±16	127± 3
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
6562.8	H <sub>α</sub>	100	100	100	100	100	100
6583.6	[[NII]]	24	24	15	23	29	26
6717.0	[[SII]]	25	17	17	11	13	15
6731.3	[[SII]]	22	11	15	12	9	14
W(H <sub>α</sub> )	эмиссия	71	107	73	67	79	36
W(H <sub>β</sub> )	"	14± 3	16± 2	12± 1	10± 2	11± 1	10± 1
W(H <sub>γ</sub> )	"	3	8	4.1:	3.4	3.6	3.0
W(H <sub>δ</sub> )	"	1.4	4.2:	2.3:	1.7		0.8
V <sub>r</sub> .....		3600	3404	3447	3416	3462	3498
σ V <sub>r</sub> [км/с]		±72	±21	±38	±13	±24	±58
σ <sub>вн</sub> (FWHI)[км/с]		82±17	73±20	74±18		100± 7	100±22

разброс и сама величина коэффициента покраснения  $S(H_{\beta})$  получились очень большими. Поэтому в этих случаях мы воспользовались наличием данных о покраснении в Марк 325 у Дюфло-Огард и Аллойн (1982) и у Танигучи (1986), где  $S(H_{\beta})$  определялся из отношения интенсивностей  $H_{\alpha}$  и  $H_{\beta}$ . Для конденсаций K2 и K3 мы использовали средние по их данным значения покраснения, для K2'W и K2'E - величину покраснения в K2, для K3' - величину покраснения в K3, а для K6 и МК36 - среднее значение покраснения по галактике. Исправленные за покраснение относительные интенсивности линий приведены в табл. 3, там же указаны используемый коэффициент  $S(H_{\beta})$ , параметр  $R([SII]) = I([SII] \lambda 6717) / I([SII] \lambda 6731)$ , электронные температуры, полученные из эмпирических зависимостей (Аллойн и др., 1979; Пейгел и др., 1979; Шейвер и др., 1983) и среднее из этих определений, электронная плотность  $N_e$ , полученная для данного значения  $R([SII])$  и  $T_e$  (Носов, 1975).

Все исследованные конденсации на классификационных диаграммах (Балдвин и др., 1981) попадают в область III-областей, возбуждаемых излучением звезд ранних спектральных классов. Класс возбуждения по Аллеру и Лиллеру (1968) для всех конденсаций Марк 325 равен приблизительно 3.

**Таблица 3. Относительные интенсивности линий  
(исправленные за покраснение)**

Дл. волны	Ион	K1	K1'	K2	K2'W	K2'E	K3
3727.5	[O II]	266	376	309±43	371	354	341±21
3868.7	[NeIII]	30	12	22± 6	13	19:	32± 4
4101.7	H <sub>δ</sub>	35	27	10± 2	24	14:	20± 2
4340.5	H <sub>γ</sub>	44	46	32± 2	38	30	40± 4
4861.3	H <sub>β</sub>	100	100	100	100	100	100
4958.9	[OIII]	72± 1	73± 6	76± 5	53± 8	73± 4	65± 7
5006.8	[OIII]	176± 9	213±26	225±20	158±16	223±24	177±16
6562.8	H <sub>α</sub>	286	286	286	286	286	286
6583.6	[N II]	48	46	57± 3	60	46	83± 9
6717.0	[S II]	46	40	45± 3	60	43	45± 8
6731.3	[S II]	28	31	34± 3	40	40	39± 8
C(H <sub>β</sub> )		0.17	0.26	0.18	0.18	0.18	0.61
R[SII]		1.64	1.29	1.32	1.50	1.08	1.15
T <sub>e</sub> [K] средняя		8100	8650	8550	8300	8780	8270
N <sub>e</sub> [см <sup>-3</sup> ]		<50	160	120	50	490	350
T <sub>e</sub> a)		8060	8250	8190	7790	8360	7630
T <sub>e</sub> b)		8100	9030	8690	8510	8940	8530
T <sub>e</sub> c)		8207	9080	8800	8640	9030	8650

**Таблица 3. (продолжение)**

Дл. волны	Ион	K3'	K4	K5	МК25	K6	МК36
3727.5	[O II]	689	297	596:	370	196	352
3868.7	[NeIII]	29:	28:		11:		30:
4101.7	H <sub>δ</sub>	21	28	27:	26	21:	11:
4340.5	H <sub>γ</sub>	44:	44	45:	46	34:	36:
4861.3	H <sub>β</sub>	100	100	100	100	100	100
4958.9	[OIII]	109±16	65± 6	80± 5	48±14	62±10	37± 3
5006.8	[OIII]	279±28	184±11	201±20	113±29	150±16	124± 3
6562.8	H <sub>α</sub>	286	286	286	286	286	286
6583.6	[N II]	68	69	43	66	83	74
6717.0	[S II]	70	48	48	31	37	42
6731.3	[S II]	61	31	43	34	25	39
C(H <sub>β</sub> )		0.61	0.17	0.10	0.51	0.37	0.37

Таблица 3. (продолжение)

Дл. волны	Ион	K3'	K4	K5	MK25	K6	MK36
R[SII]		1.15	1.55	1.12	0.91	1.48	1.08
$T_e$ [K] средняя		9520	8080	9320	7860	7450	7900
$N_e$ [см <sup>-3</sup> ]		375	<50	430	900	<50	470
$T_e$ а)		8280	7800	8100	7500	7520	7410
$T_e$ б)			8300	11100	8160	7410	8090
$T_e$ с)		10770	8450	10030	8290	7420	8210

Примечание:  $T_e$  определена из эмпирической зависимости: а) - Аллойн и др. (1979); б) - Пейгел и др. (1979); с) - Шейвер и др. (1983).

## 5. ОБИЛИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

Оценки обилия ионов  $O^+/H^+$ ,  $O^{++}/H^+$ ,  $N^+/H^+$ ,  $Ne^+/H^+$  сделаны в предположении нулевых температурных флуктуаций в HII-области по схеме из работы Пеймберта и Костеро (1969),  $N^+/S^+$  по Бенвенути и др. (1973). Коррекция за ненаблюдаемые стадии ионизации сделана по (Пеймберт и Костеро, 1969). В табл. 4 приведены обилия кислорода, азота, серы и неона в виде  $[X/H]=12+\lg(X/H)$ . Ошибки определения обилий, оцененные из ошибок в  $I(\lambda)$  и  $T_e$ , в большинстве случаев оказались порядка  $0.2+0.3$  dex.

Для сравнения в табл. 4 приведены обилия для конденсаций в Марк 325, определенные по той же методике по литературным данным (Танигучи, 1986; Дюфло-Огард и Аллойн, 1982), где  $T_e$  и  $N_e$  определялись для каждого случая, независимо от наличия их определения по нашим данным.

Там же приведены усредненные по всей галактике обилия для двух других SIG - Марк 7 (Буренков и Хачикян, 1990) и Марк 297 (Буренков, 1988), для ММО и БМО (Талент, 1982), для туманности в Орионе при нулевых температурных флуктуациях (Пеймберт и Торрес-Пеймберт, 1977) и для Солнца (Аллер и Кэизак, 1983).

Сравнение содержаний элементов в трех клочковатых иррегулярных галактиках Марк 325, Марк 7 и Марк 297 указывает на их общие по химическому составу свойства:

- они близки к наиболее богатым по содержанию кислорода иррегулярным галактикам (например, к БМО) и к Галактическим HII-областям (например, к туманности в Орионе), где  $[O/H]_{Ori}=8.52$ ,  $[O/H]_{SIG}=8.58\pm 0.07$  (среднее по 3 галактикам) и  $[O/H]_{BMO}=8.49$ .

- но SIG, в среднем, более богаты азотом, чем БМО, и беднее туманности Ori  $[N/H]_{Ori}=7.57$ ,  $[N/H]_{BMO}=6.95$  и  $[N/H]_{SIG}=7.21\pm 0.17$ .

## 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе приведены результаты спектрофотометрического исследования 12 HII-областей в галактике Марк 325.

Во всех изученных HII-областях Марк 325 доминирует фотоионизационный механизм возбуждения излучением звезд ранних спектральных классов.

Сделаны оценки обилия кислорода, азота, серы и неона в HII-областях. HII-области в Марк 325 так же, как и в двух других клочковатых иррегулярных галактиках Марк 7 и Марк 297, по содержанию кислорода близки к богатым кислородом иррегулярным галактикам и к туманности в Орионе, но богаче первых и беднее последней по содержанию азота.

Таблица 4. Обилия элементов  $[X/H]=12+\lg(X/H)$

Объект	[O/H]	[N/H]	[S/H]	[Ne/H]	Ссылки
Марк 325 K1	8.57	7.32	6.94	8.40	
Марк 325 K1'	8.58	7.20	6.83	7.90	
Марк 325 K2	8.55	7.34	6.92	8.11	
Марк 325 K2*W	8.62	7.33	6.99	8.12	
Марк 325 K2*E	8.56	7.20	6.89	8.05	
Марк 325 K3	8.63	7.50	6.94	8.46	
Марк 325 K3'	8.64	7.23	6.95	8.17	
Марк 325 K4	8.61	7.47	6.96	8.39	
Марк 325 K5	8.60	7.03	6.80		
Марк 325 MK25	8.76	7.41	6.83	8.35	
Марк 325 K6	8.64	7.68	6.99		
Марк 325 MK36	8.71	7.46	6.94	8.70	
Марк 325 K1	8.49	6.94			a)
Марк 325 K2	8.54	7.21			a)
Марк 325 K3	8.62	7.41			a)
Марк 325 K1	8.48	7.17	6.80		b)
Марк 325 K1+K2	8.52	7.11	6.78		b)
Марк 325 K3	8.58	7.26	6.82		b)
Марк 325 K3+K4	8.61	7.23		8.11	b)
<Марк 7>	8.50	7.02	6.86	8.24	c)
<Марк 297>	8.63	7.33	7.13	8.15	d)
<MMO>	8.02	6.48	6.40	7.29	e)
<EMO>	8.49	6.95	7.20	7.80	e)
<Ori>	8.52	7.57	7.19	7.66	f)
Солнце	8.87	7.96	7.23	8.05	g)

Примечание: а и б) - обилия определены по относительным интенсивностям эмиссионных линий, приведенным Танигучи (1986), Дюфло-Огард и Аллойн (1982),

соответственно. Приведены данные из работ: с) Буренков и Хачикян (1990); d) Буренков (1988); e) Талент (1982); f) Пеймберт и Торрес-Пеймберт (1977); g) Аллер и Кзызак (1983).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Аллер, Кзызак (Aller L. H., Czyzak S.): 1983, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 51, 211-248.
- Аллер, Лиллер (Aller L. H., Liller W.): 1968, *Planetary nebulae, Nebulae and interstellar matter*, Chicago, p. 483-574.
- Аллоин и др. (Alloin D., Collin-Souffrin S., Joly M., Vigroux L.): 1979, *Astron. and Astrophys.*, 78, 200-216.
- Аракелян М.А., Дибай Э.А., Есипов В.Ф.: 1972, *Астрофизика*, 8, вып.2, 177-186.
- Балдвин и др. (Baldwin J. A., Phillips M. M., Terlevich R.): 1981, *Publ. Astron. Soc. Pasif.*, 93, 5-19.
- Бенвенути и др. (Benvenuti P., Casini C., Heidmann J.): 1982, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 198, 825-831.
- Бенвенути и др. (Benvenuti P., D'Odoriko S., Peimbert M.): 1973, *Astron. and Astrophys.*, 28, 447-455.
- Берген Ф., Каллоглян А.Т.: 1975, *Астрофизика*, 11, вып.3, 369-375.
- Боттинелли и др. (Bottinelli L., Duflot R., Gouguenheim L., Heidmann J.): 1975, *Astron. and Astrophys.*, 41, 61-69.
- Броклекхаст (Brocklehurst M.): 1971, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 153, 471-490.
- Брюхневич Г. И., Гявгянен Л. В., Зак И., Липатов С. В., Меламид А. Е., Миллер В.Х., Рылов В.С., Степанов Б.М.: 1984, *Астрофизика*, 21, 379-386.
- Буренков А.Н.: 1988, *Астрофизика*, 28, 47-58.
- Буренков А.Н., Хачикян Э.Е.: 1990, *Астрофизика* (в печати).
- Вокулер и др. (de Vaucouleur G., de Vaucouleur A., Corwin H.G.): 1976, *Second reference catalogue of bright galaxies.*, The University of Texas Monographs in Astronomy, №2, 1-396.
- Гордон, Готтесман (Gordon D., Gottesman S.T.): 1981, *Astron. J.*, 86, 161-177.
- Дюфло-Огард, Аллоин (Duflot-Augarde R., Alloin D.): 1982, *Astron. and Astrophys.*, 112, 257-267.
- Караченцев И.Д.: 1987, *Двойные галактики*, М.: Наука, 248 с.
- Касини, Айдманн (Casini C., Heidmann J.): 1976, *Astron. and Astrophys.*, 47, 371-373.
- Крамм, Солпитер (Krumm N., Salpeter E.E.): 1980, *Astron. J.*, 85, 1312-1324.
- Купино и др. (Coupinot G., Hecquet J., Heidmann J.): 1982, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 199, 451-455.
- Маркарян Б.Е., Липовецкий В.А.: 1971, *Астрофизика*, 7, 511-519.
- Носов И.В.: 1979, *Астрон. циркуляр*, №1050, 1-2.
- Пейгел и др. (Pagel B.E.J., Edmunds M.G., Blackwell D.E., Chun M.S., Smith G.): 1979, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 189, 95-113.
- Пеймберт, Костеро (Peimbert M., Costero R.): 1969, *Bol. Inst. Tonantzintla*, 5, №31, 3-22.
- Пеймберт, Торрес-Пеймберт (Peimbert M., Torres-Peimbert S.): 1977, *Mon. Not.*

- R. Astron. Soc., 179, 217-234.
- Петерсон (Peterson S.D.): 1979, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 40, 527-575.
- Саакян К.А., Хачикян Э.Е.: 1975, *Астрофизика*, 11, 207-220.
- Саргент (Sargent W.L.W.): 1970, *Astrophys. J.*, 159, 765-772.
- Сомов Н.Н.: 1986, *Астрофиз. исслед. (Изв. САО)*, 22, 73-76.
- Стоун (Stoun R.P.S.): 1977, *Astrophys. J.*, 218, 767-769.
- Талент (Talent D.L.): 1982, *Astrophys. J.*, 252, 594-600.
- Тamura, Хасегава (Tamura S., Hasegawa M.): 1979, *Publ. Astron. Soc. Jap.*, 31, 329-338.
- Танигучи (Taniguchi Y.): 1986, *Publ. Astron. Soc. Jap.*, 38, 571-602.
- Хукра (Huchra J.P.): 1977, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 35, 171-195.
- Чамаро (Chamaraux P.): 1977, *Astron. and Astrophys.*, 60, 67-78.
- Шейвер и др. (Shaver P.A., McGee R.X., Newton L.M., Danks A.C., Pottash S.R.): 1983, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 204, 53-112.

Поступила в редакцию  
26 января 1990 г.