

УДК 524.7—42—13

ФИЗИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВО ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ
ГАЛАКТИКАХ, КОМПОНЕНТАХ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПАР
И ИЗОЛИРОВАННЫХ ГАЛАКТИКАХ

В. А. ДОСТАЛЬ

Поступила 5 мая 1981

Принята к печати 18 марта 1982

По спектрам, снятым на 6-м телескопе САО АН СССР в 1977—79 гг., исследованы галактики в 16-и взаимодействующих системах (VV), в 9-и изолированных парах, а также 11 изолированных галактик (ИГ). Электронная температура газа в VV и ИГ меняется от $\sim 5000^\circ$ до $\sim 7000^\circ$. У большинства VV и 35% ИГ значения электронной плотности равны $n_e \approx 10^2 - 10^3 \text{ см}^{-3}$. У 65% ИГ электронная плотность $n_e \leq 1$. По отношению массы ионизированного водорода к светимости VV и ИГ не отличаются друг от друга. Обнаружена группа взаимодействующих галактик с повышенным по сравнению с ИГ излучением L α -квантов. Это объясняется, вероятно, либо большим процентом горячих звезд во взаимодействующих галактиках, либо аномальной функцией масс горячих звезд (большим процентом массивных среди горячих звезд).

1. *Введение.* В работе определены электронные температуры (T_e), электронные плотности (n_e) газа, масса ионизированного водорода, количество L α -квантов, ионизирующих газ, и соответствующее количество горячих звезд для взаимодействующих галактик [1, 2], изолированных пар галактик [3] и изолированных галактик [4].

Среди взаимодействующих галактик T_e и n_e или масса ионизированного водорода были известны лишь для 2-х взаимодействующих сейфертовского типа и двух обычных взаимодействующих галактик.

Нами исследованы спектры 16 взаимодействующих систем, 9 изолированных пар галактик и 11 изолированных галактик. Спектры этих галактик были отобраны из спектров с эмиссиями ~ 150 взаимодействующих, ~ 300 изолированных пар и ~ 100 изолированных галактик, полученных в течение 1977—79 гг. на 6-м телескопе.

Для обработки выбирались спектры, удовлетворявшие двум условиям: 1) наличие эмиссионных линий, H α , [N II] (6584 и 6548 А) и [S II] (6717 и 6731 А), достаточно четко выделяющихся на фоне непрерывного спек-

тра; 2) плотности как непрерывного спектра, так и эмиссионных линий заключены в пределах линейного участка характеристической кривой. Один из таких спектров приведен на рис. 1 (верхний из двух спектров — восточный компонент взаимодействующей пары VV 102).

2. *Наблюдения и обработка.* Спектры были получены в течение 1977—79 гг. на 6-м телескопе САО АН СССР. Использовался спектрограф UAGS с трехкаскадным ЭСП УМ-92. Дисперсия — около 92 Å/мм, спектральное разрешение порядка 5 Å. Спектры взаимодействующих галактик были отобраны из спектров, полученных по программе исследования взаимодействующих галактик, ведущейся на 6-м телескопе под руководством Б. А. Воронцова-Вельяминова. Спектры изолированных галактик и изолированных пар галактик были получены на 6-м телескопе И. Д. Караченцевым и В. Е. Караченцевой и любезно предоставлены нам для исследования.

Обработка проводилась по методике, описанной в [5]. Такая обработка исправляет линейные и фотометрические искажения, создаваемые ЭОП на спектрограммах. Спектрограммы записывались на автоматическом микрофотометре «Спектр-код» с шагом 0.01 мм и выдачей результатов в почернениях на перфоленту в кодах ЭВМ М-222. Характеристические и дисперсионные кривые строились вручную и вводились в ЭВМ в виде таблиц. Для учета фотометрической ошибки одновременно с записями спектров галактик в машину вводились записанные на «Спектр-коде» спектры стандартных звезд, снятых в одну ночь (или в близкую) со спектрами галактик.

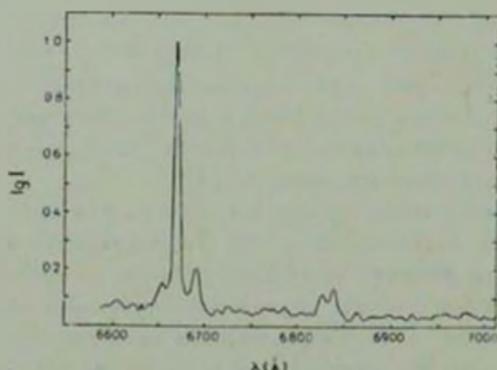


Рис. 2. Зависимость относительной интенсивности от длины волны.

Каждый обработанный спектр, представлявший собой зависимость относительной интенсивности от длины волны, выводился на ЭВМ одновременно в виде графика и таблицы на АЦПУ. На рис. 2 для иллюстрации приведен график VV 257. По оси ординат отложен логарифм относи-



Рис. 1. Спектр взаимодействующей пары VV 102.

К ст. В. А. Досталя

тельной интенсивности, по оси абсцисс — длины волн в Å. По полученным графикам измерялись эквивалентные ширины эмиссионных линий в галактиках.

3. *Определение электронной температуры (T_e) и электронной плотности (n_e).* Электронную температуру можно определить по отношению интенсивностей линий азота ($[N II] \lambda 6584 + 48$) и H. (работы [6-9]) Эти работы отличаются друг от друга, в основном, предположениями о содержании азота и температуре ионизирующих звезд. Мы определяли температуру в исследованных нами галактиках по графику, приведенному в работе [9].

Для определения n_e использовалось отношение линий серы $[S II] \lambda_{6717, 31} / \lambda_{6731}$. Значения n_e вычислены нами по данным [12] и [13].

4. *Определение массы ионизированного газа.* Масса газа равна

$$M_{HII} = M_{пр} \cdot n_e \cdot V_{эф},$$

где $M_{пр}$ — масса протона, n_e — электронная плотность, а $V_{эф}$ — эффективный объем, определяемый из очевидного соотношения:

$$F(H_i) = \epsilon(H_i) V_{эф} / 4\pi R^2,$$

где $F(H_i)$ — наблюдаемый поток в линии H_i , исправленный за атмосферное и межзвездное поглощение, R — расстояние до галактики, $\epsilon(H_i)$ — коэффициент излучения 1 см^3 газа в линии H_i . Значения коэффициента излучения 1 см^3 газа в линии H_i были взяты из [14], а значения бальмеровского декремента из [15]. Согласно работе [16], если отношение интенсивностей линий азота ($6584 + 48 \text{ Å}$) к интенсивности H, меньше 0,6, а отношение интенсивности линий серы ($6717 + 31 \text{ Å}$) к интенсивности H, меньше 0,3 ($I_{6584+48}/I_H < 0,6$ и $I_{6717+31}/I_H < 0,3$), то газ в галактике ионизируется горячими звездами. Для всех галактик, исследованных в данной работе, это условие выполняется, а значит механизм возбуждения свечения газа во всех исследованных галактиках один и тот же: фотоионизация. Отметим, что еще в работе [17] ее авторы считали, что когда $I_{6584}/I_H < 0,3$, то газ, по-видимому, ионизирован горячими звездами, а при $I_{6584}/I_H > 1$, вероятно, действует другой механизм ионизации. Расстояния до галактик вычислялись со значением постоянной Хаббла $H = 75 \text{ км/с Мпс}$. Величина потока излучения в линии H, вычислялась в соответствии с [18]:

$$F(H_i) = 1,76 \cdot 10^{-16} W(H_i) \cdot 10^{-m_R/2,5},$$

где $1,76 \cdot 10^{-16} \text{ эрг/с см}^2 \text{ Å}$ — поток излучения от объекта нулевой звездной величины в системе R по данным Джонсона [18], $W(H_i)$ — эк-

вивалентная ширина линии H_α , m_R — звездная величина той области галактики, где видны на спектре эмиссионные линии. Значения m_R были взяты из работ [19] и [20]. В тех случаях, когда эквивалентные ширины линии H_α превышали 100 Å, значения m_R , подставлявшиеся в формулу, увеличивались соответствующим образом, чтобы скомпенсировать завышение потока излучения от 1 Å непрерывного спектра в красной области, возникающее за счет большого вклада свечения газа в линии H_α в общее излучение галактики в красной области спектра.

5. *Определение количества L_c -квантов и звезд, ионизирующих газ^{*}.* Количество звезд спектрального класса O5, ионизирующих газ, равно:

$$N_* = L(L_c)_{\text{г}} / L(L_c)_*,$$

где $L(L_c)_{\text{г}}$ — число L_c -квантов, ионизирующих всю изучаемую область галактики, $L(L_c)_*$ — число L_c -квантов, испускаемых за 1 секунду звездой класса O5. Численное значение $L(L_c)_*$ взято из [21], так как там оно вычислено в отличие от других работ (например, [22]) с учетом отклонений от локального термодинамического равновесия (ЛТР) и отклонений от сферичности атмосферы. Общее количество L_c -квантов вычислялось по очевидной формуле:

$$L(L_c) = F(H_\alpha) 4\pi R^2 N / h\nu_{H_\alpha},$$

где R — расстояние до галактики, h — постоянная Планка, ν_{H_α} — частота излучения в линии H_α , N — отношение количества всех балмеровских квантов к количеству квантов, излученных в линии H_α .

Были определены также отношения \mathfrak{M}_{HII} / L , $L(L_c) / L$ и N_* / L . Светимость галактики L выражалась количеством звезд типа Солнца, которые вместе имели бы такую же абсолютную звездную величину, как и галактика (в синих лучах). Абсолютные звездные величины галактик определялись по видимым звездным величинам каталога Цвикки и др. [23].

6. *Результаты.* В табл. 1 в первом столбце указан номер взаимодействующей системы (VV) по каталогам [1] и [2] или изолированной пары (КП) — по [3]; во втором столбце — какой именно компонент рассматривался; в третьем — морфологический тип компонента (для взаимодействующих галактик в большинстве случаев определить тип оказалось невозможным из-за искажений структуры при взаимодействии; в этом

* Как было отмечено раньше, отношения интенсивностей эмиссионных линий в соответствии, например, с [16] показывают, что газ во всех исследованных нами галактиках ионизируется горячими звездами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ И ИЗОЛИРОВАННЫХ ПАР ГАЛАКТИК

№	Компонент	Тип	Размер	Часть галактики	T_0	n_0	$\Sigma_{\text{НИ}}$	$L(L_c)$	N_0	$\Sigma_{\text{НИ}}/L$	$L(L_c)/L$	N_0/L
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
VV 16 (КП 472a)	главная в паре типа M-51	S	1800 800 вдоль б.о. бара	1/2	6000	$1.6 \cdot 10^3$	$3.1 \cdot 10^3$	$4.6 \cdot 10^{53}$	1337	$8.0 \cdot 10^{-6}$	$1.2 \cdot 10^{42}$	$3.4 \cdot 10^{-8}$
VV 87-1	центральный комп. в тройке	E	2000 400 вдоль б.о. тройки	от всего к-та	5000	~ 1	$1.8 \cdot 10^3$	$1.2 \cdot 10^{53}$	340	$2.1 \cdot 10^{-2}$	$1.3 \cdot 10^{42}$	$3.9 \cdot 10^{-7}$
VV 87-2	восточный комп. в тройке	pec	1200 400 вдоль б.о. тройки	от всего к-та	5000	< 1	$> 1.1 \cdot 10^3$	$7.4 \cdot 10^{51}$	217	$> 1.3 \cdot 10^{-2}$	$8.5 \cdot 10^{42}$	$2.5 \cdot 10^{-7}$
VV 102	западный комп. в паре	pec	2200 1900 через оба к-та	1/6	8000	$3.1 \cdot 10^3$	$3.5 \cdot 10^3$	$8.4 \cdot 10^{53}$	24623	$2.1 \cdot 10^{-5}$	$5.2 \cdot 10^{42}$	$1.5 \cdot 10^{-7}$
VV 148	оба компонента	pec	1600 400 через оба к-та	1/6	5000	~ 1	$1.7 \cdot 10^3$	$1.2 \cdot 10^{53}$	350	$1.3 \cdot 10^{-2}$	$8.9 \cdot 10^{42}$	$4.7 \cdot 10^{-7}$
VV 249a	ядро	S	1300 800 вдоль б.о.	1/25	6000	—	—	$1.9 \cdot 10^{53}$	564	—	$8.9 \cdot 10^{41}$	$2.6 \cdot 10^{-8}$
VV 249b		E	2000 700 вдоль б.о.	1/4	6500	< 1	$> 1.1 \cdot 10^3$	$7.0 \cdot 10^{51}$	210	$> 1.1 \cdot 10^{-2}$	$6.9 \cdot 10^{41}$	$2.1 \cdot 10^{-8}$
VV 523 1* (КП 311a)	северная часть	pec	3800 800 вдоль б.о.	весь к-т	4500	$4.2 \cdot 10^2$	$1.6 \cdot 10^3$	$4.6 \cdot 10^{53}$	1376	$3.5 \cdot 10^{-5}$	$1.0 \cdot 10^{42}$	$2.9 \cdot 10^{-7}$
VV 523 2 (КП 311b)	южная часть	pec	3500 700 вдоль б.о.	"	5000	$4.2 \cdot 10^2$	$2.5 \cdot 10^4$	$7.0 \cdot 10^{51}$	210	$5.4 \cdot 10^{-6}$	$1.5 \cdot 10^{42}$	$4.5 \cdot 10^{-8}$

* Согласно [38] VV 249a, VV 249b и VV 523 — это тройка галактик тр. 39

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
VV 250 (КП 369b)	западный монп. пары	E	5800-1600	1/5	6000	4.6.10 ⁸	1.6.10 ⁸	5.3.10 ¹⁰	15848	6.0.10 ⁻⁵	2.0.10 ¹¹	5.0.10 ⁻⁷
VV 257	оба монп. пары	рис	2900-1000 через оба к-та	1/7	5000	2.2.10 ³	7.0.10 ⁸	1.1.10 ¹¹	3182	1.8.10 ⁻⁵	2.9.10 ¹¹	8.4.10 ⁻⁷
VV 261-1	северная часть	рис	900-500	1/10	6000	1.0.10 ³	3.8.10 ⁸	2.5.10 ¹¹	728	4.5.10 ⁻⁶	2.9.10 ¹¹	8.6.10 ⁻⁸
VV 261-2	южная часть	рис	1600-500	вся южная часть	6500	6.0.10 ¹	—	—	—	—	—	—
VV 519-1 (КП 169b)	ядро	S	800-500 надъёо	1/20	6500	~1	3.1.10 ⁸	2.0.10 ¹¹	574	1.5.10 ⁻³	9.3.10 ¹¹	2.7.10 ⁻⁸
VV 519-2 (КП 169a)	сгущение -- севера в спиральной ветви	S	800-500 надъёо	1:20	6000	3.3.10 ¹	1.6.10 ⁸	4.2.10 ¹¹	151	—	—	—
VV 541-1 (КП 186b)	ядро	S	1600-500	1/14	7000	1.6.10 ¹	5.4.10 ⁸	4.9.10 ¹¹	147	2.9.10 ⁻⁶	2.6.10 ¹¹	7.9.10 ⁻⁹
VV 541-2 (КП 186a)	фрагмент спирали в западу от ядра	S	1500-500	1/14	5500	3.8.10 ¹	6.0.10 ⁸	1.5.10 ¹¹	46	—	—	—
VV 572-1 (КП 560a)	восточный монп. пары	E	2400-1600 через оба к-та	1/4	6500	4.2.10 ¹	1.2.10 ⁸	5.3.10 ¹¹	14742	8.2.10 ⁻⁵	3.5.10 ¹¹	9.8.10 ⁻⁷
VV 572-2 (КП 560b)	западный монп. пары	E	2400-1600 через оба к-та	1/4	5500	—	—	2.8.10 ¹¹	8232	—	1.0.10 ¹¹	5.5.10 ⁻⁷

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
VV 615	западный комп. пары	рас	1200-400 через два сгущения	1/4	6000	4.2·10 ²	2.6·10 ⁴	6.7·10 ³¹	196	1.1·10 ⁻⁵	2.6·10 ⁴²	7.6·10 ⁻⁸
VV 620-1 (КП 216b)	две части восточного компонента пары	SP	800-200 запад-восток 800-200 запад-восток	1/6	5500	~1	3.6·10 ⁴	2.3·10 ³¹	67	2.1·10 ⁻³	1.3·10 ⁴²	3.9·10 ⁻⁸
VV 620-2 (КП 216b)					5000	1.5·10 ²	4.2·10 ⁴	5.6·10 ³¹	165	2.4·10 ⁻⁵	3.2·10 ⁴²	9.5·10 ⁻⁸
VV 644-1	северный комп. в восточной тройке гнезда	E	2300-700 вдоль б.о. тройки	от всего к-та	5000	2.3·10 ³	2.0·10 ⁴	3.9·10 ³²	1240	5.5·10 ⁻⁶	1.1·10 ⁴³	3.1·10 ⁻⁷
VV 644-2	средний комп. в восточной тройке	E	2300-700 вдоль б.о. тройки	"	5000	5.8·10 ²	1.2·10 ⁵	4.6·10 ³²	1337	3.0·10 ⁻⁵	1.3·10 ⁴³	3.7·10 ⁻⁷
VV 644-3	северный комп. в западной тройке	E	2000-700 вдоль б.о. тройки	"	4500	1.7·10 ²	1.1·10 ⁴	1.5·10 ³²	4424	3.0·10 ⁻⁴	4.1·10 ⁴³	1.2·10 ⁻⁶
VV 644-4	средний комп. в западной тройке	E	2000-700 вдоль б.о. тройки	"	5000	1.1·10 ³	6.2·10 ⁴	5.3·10 ³²	1544	1.7·10 ⁻⁵	1.5·10 ⁴³	4.2·10 ⁻⁷

1	2	3	4	5	6	7
VV 731-1	южный комп. гнезда	рес	1500-1300 с запада на восток	1/6	4500	$5.2 \cdot 10^3$
VV 731-2	восточный комп.	рес	4400-1500 с запада на восток	1/2	5500	$1.5 \cdot 10^3$
КП 69а		S	5000-1100	1/3	5500	$4.6 \cdot 10^3$
КП 69б		S	4000-1100	1/2	5000	—
КП 160а		S	1200-400 вдоль б.о.	1/10	7000	$3.3 \cdot 10^3$
КП 160б		S	7300-600 вдоль б.о.	1/2	5500	< 1
КП 258б		S	1900-1400	1/4	7000	—
КП 471а		S	3500-1700	1/7	6000	$8.3 \cdot 10^3$

№	Тип	Часть Галактики	T_0	n_0	$\Sigma \text{H II}$
VV 1 (NGC 5195)	S	1/50	6000	$1.7 \cdot 10^3$	—
VV 245 (NGC 4038, 39)	рес	вся система	5500	$4 \cdot 10^3$	10^6

Таблица 1 (окончание)

8	9	10	11	12	13
$7.4 \cdot 10^4$	$3.4 \cdot 10^{52}$	100000	$8.1 \cdot 10^{-6}$	$3.7 \cdot 10^{42}$	$1.1 \cdot 10^{-6}$
$4.2 \cdot 10^4$	$3.9 \cdot 10^{52}$	11323	$2.9 \cdot 10^{-4}$	$2.7 \cdot 10^{42}$	$7.9 \cdot 10^{-7}$
$6.4 \cdot 10^4$	$1.9 \cdot 10^{52}$	543	$2.5 \cdot 10^{-6}$	$7.6 \cdot 10^{41}$	$2.2 \cdot 10^{-8}$
—	$1.7 \cdot 10^{52}$	504	—	$1.4 \cdot 10^{42}$	$4.2 \cdot 10^{-8}$
$6.6 \cdot 10^3$	$1.6 \cdot 10^{51}$	46	$4.7 \cdot 10^{-7}$	$1.1 \cdot 10^{41}$	$3.2 \cdot 10^{-9}$
$>8.0 \cdot 10^4$	$5.6 \cdot 10^{51}$	155	$2.5 \cdot 10^{-3}$	$1.8 \cdot 10^{42}$	$5.2 \cdot 10^{-8}$
—	$4.9 \cdot 10^{51}$	147	—	$4.1 \cdot 10^{41}$	$1.2 \cdot 10^{-8}$
$1.4 \cdot 10^5$	$8.1 \cdot 10^{52}$	2412	$2.2 \cdot 10^{-6}$	$1.3 \cdot 10^{42}$	$3.8 \cdot 10^{-8}$

Таблица

$L(L_1)$	N_0	$\sum \chi_{\text{III}}/L$	$L(L_1)/L$	$N_0 \cdot L$
$1.5 \cdot 10^{50}$	5	—	$8.7 \cdot 10^{40}$	$2.9 \cdot 10^{-9}$
$2.9 \cdot 10^{54}$	87613	$3.2 \cdot 10^{-3}$	$9.4 \cdot 10^{42}$	$3.0 \cdot 10^{-6}$

случае компонент описывался как пекулярный); в четвертом — размеры области (в пс), для которой приводятся данные, и направление (относительно галактики) большего размера; в пятом — какую часть размера всей галактики составляет изученная область; в шестом — электронная температура T_e (в $^{\circ}\text{K}$); в седьмом — электронная плотность n_e ; в восьмом — масса ионизированного водорода (в массах Солнца); в девятом — количество L_c -квантов, ионизирующих газ; в десятом — количество звезд класса O5, необходимых для ионизации газа в галактике; в одиннадцатом — отношение массы ионизированного газа к светимости галактики; в двенадцатом — отношение количества L_c -квантов, ионизирующих газ, к светимости галактики, в тринадцатом — отношение количества звезд O5 к светимости галактики.

В табл. 3 приведены те же данные, что и в табл. 1, но для изолированных галактик (ИГ). В первом столбце табл. 3 указан номер по каталогу [4]. В табл. 2 приведены данные для взаимодействующих галактик VV 1 (M 51) и VV 245, взятые из работ [24—29] (количество L_c -квантов, звезд O5 и их отношения к светимости галактики рассчитывались нами способом, изложенным выше, по потокам излучения в линии $\text{H}\alpha$; n_e и T_e — по отношениям интенсивностей эмиссионных линий).

Электронная температура у VV и ИГ меняется от ~ 5000 до $\sim 7000^{\circ}$. У большинства VV и четырех ИГ электронная плотность $n_e \approx 10^2 - 10^3 \text{ см}^{-3}$, а у остальных семи ИГ $n_e = 1$ или $n_e < 1$. По количеству ионизированного водорода (от $\sim 10^2$ до $\sim 10^9 M_{\odot}$) и его отношению к светимости галактики (от $\sim 10^{-2}$ до $\sim 10^{-3}$) VV и ИГ не отличаются друг от друга. По отношению количества L_c -квантов к светимости галактики ($L(L_c)/L$) и взаимодействующие галактики и изолированные разделились на две группы^о:

Взаимодействующие^{оо}.

1-я группа: VV 87, 102, 148, 250, 257, 523-1, 572, 644, 731.

Здесь среднее значение $\overline{L(L_c)/L} = 2.3 \cdot 10^{13}$, а дисперсия значений $\sigma = \pm 1.4 \cdot 10^{13}$.

2-я группа: VV 16, 249, 523-2, 615, 620.

$$\overline{L(L_c)/L} = 1.9 \cdot 10^{12}, \sigma = \pm 1.0 \cdot 10^{12}.$$

^о Мы не включили в сравнение параметры, полученные для компонентов изолированных пар галактик, так как исследовано всего четыре компонента 3-х «чистых» (не взаимодействующих) пар.

^{оо} VV 519, 541 и 261, возможно, являются одиночными галактиками по их виду на красных снимках, полученных автором совместно с А. С. Амирханяном и В. Г. Метловым на, соответственно, 2.6-м и 1.25-м телескопах Бюраканской астрофизической обсерватории и Южной станции ГАИШ.

ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗОЛИРОВАННЫХ ГАЛАКТИК

№	Тип*	Размер	Часть галактики	T_e	n_e	ΣR_{HII}	$L(L_c)$	N_e	$\Sigma R_{H I/L}$	$L(L_c)/L$	N_e/L
109	S...	2600-160 вдоль б.о.	1/3	5000	~ 1	$2.4 \cdot 10^7$	$1.6 \cdot 10^{32}$	476	$6.0 \cdot 10^{-3}$	$4.0 \cdot 10^{42}$	$1.2 \cdot 10^{-7}$
162	S...	2800-300 вдоль б.о.	1/3	5500	$3.3 \cdot 10^3$	$1.9 \cdot 10^3$	$4.2 \cdot 10^{31}$	123	$9.4 \cdot 10^{-7}$	$2.1 \cdot 10^{42}$	$6.1 \cdot 10^{-8}$
250	SB...	2300-400	1/8	5000	< 1	$> 2 \cdot 10^7$	$1.2 \cdot 10^{32}$	357	$> 3.6 \cdot 10^{-3}$	$2.1 \cdot 10^{42}$	$6.3 \cdot 10^{-8}$
383	S...	3000-300 вдоль б.о.	1/4	6500	$1.0 \cdot 10^3$	$1.2 \cdot 10^4$	$7.4 \cdot 10^{31}$	217	$4.8 \cdot 10^{-6}$	$3.0 \cdot 10^{42}$	$8.8 \cdot 10^{-8}$
385	SBb	3300-600 вдоль б.о.	1/2	7000	< 1	$> 3 \cdot 10^7$	$1.8 \cdot 10^{32}$	536	$> 2 \cdot 10^{-3}$	$1.2 \cdot 10^{42}$	$3.7 \cdot 10^{-8}$
416	Sb:c	3500-500 вдоль б.о.	1/4	6000	~ 1	$4.3 \cdot 10^4$	$2.7 \cdot 10^{31}$	77	$2.4 \cdot 10^{-3}$	$1.5 \cdot 10^{42}$	$4.4 \cdot 10^{-8}$
464	Sc	1100-200 вдоль б.о.	1/6	5500	$1.1 \cdot 10^3$	$1.6 \cdot 10^3$	$4.9 \cdot 10^{30}$	14	$1.4 \cdot 10^{-6}$	$4.6 \cdot 10^{42}$	$1.3 \cdot 10^{-8}$
481	SO-a	1100-300 под углом 45° к б.о.	1/10	6000	~ 1	$3.1 \cdot 10^4$	$1.9 \cdot 10^{31}$	56	$7.1 \cdot 10^{-4}$	$4.4 \cdot 10^{41}$	$1.3 \cdot 10^{-8}$
502	Sc	700-400 под углом 70° к б.о.	1/25	5000	~ 1	$6.7 \cdot 10^3$	$4.2 \cdot 10^{30}$	11	$6.3 \cdot 10^{-4}$	$3.9 \cdot 10^{41}$	$9.8 \cdot 10^{-9}$
590	Sc	1100-230 под углом 30° к б.о.	1/4	5500	< 1	$> 3 \cdot 10^4$	$1.7 \cdot 10^{31}$	49	$> 3 \cdot 10^{-3}$	$1.8 \cdot 10^{42}$	$5.3 \cdot 10^{-8}$
626	Sc	700-300 через ядро и сгущение	1/25	5500	$4.0 \cdot 10^3$	$1.3 \cdot 10^3$	$4.9 \cdot 10^{30}$	14	$2.5 \cdot 10^{-7}$	$0.9 \cdot 10^{41}$	$2.7 \cdot 10^{-9}$

* Морфологический тип указан в соответствии с каталогом [39].

Изолированные.

1-я группа: ИГ 109, 162, 250, 383, 385, 416, 590.

$$\overline{L(L_c)/L} = 2.2 \cdot 10^{12}, \quad \sigma = \pm 1.0 \cdot 10^{12}.$$

2-группа: ИГ 464, 481, 502, 626.

$$\overline{L(L_c)/L} = 3.5 \cdot 10^{11}, \quad \sigma = \pm 1.7 \cdot 10^{11}.$$

Таким образом, у около 70% исследованных взаимодействующих галактик обнаружено повышенное (\sim в 10 раз) L_c -излучение по сравнению с изолированными галактиками. Интересно, что почти все VV галактики с повышенным L_c -излучением оказались очень тесными системами галактик.

Повышенное L_c -излучение первой группы взаимодействующих галактик нельзя объяснить разными значениями отношения массы к светимости в VV и ИГ. Согласно работе [30], у спиральных галактик, какими в основном являются ИГ, $\mathfrak{M}/L \approx 4-5$. У гнезд, цепочек и слившихся взаимодействующих систем $\mathfrak{M}/L \approx 3-4$ ([31] и [32]). Таким образом, полученный результат можно объяснить либо большим процентом горячих звезд в части взаимодействующих галактик, либо аномальной функцией масс горячих звезд в этих галактиках (большой процент более массивных среди горячих звезд). Для выбора наиболее вероятного из двух механизмов в той или иной группе взаимодействующих галактик необходима информация о показателях цвета, которой, к сожалению, нет в настоящее время в достаточном количестве для исследованных нами взаимодействующих галактик.

Согласно [16], получившиеся у нас отношения интенсивностей эмиссионных линий $I_{\text{N II } 16584_{48}}/I_{\text{H}}$ и $I_{\text{S II } 16717_{31}}/I_{\text{H}}$ указывают на отсутствие во взаимодействующих галактиках сильных ударных воли, которые могли бы заставить газ светиться сильнее, чем в результате фотоионизации. Однако более слабые ударные волны, которые могут существовать во взаимодействующих галактиках, могли бы увеличить общий процент горячих звезд в некоторых VV (например, части очень тесных систем) по сравнению с изолированными галактиками, так как согласно, например [33], образование звезд с массами больше солнечной связано с ударными волнами. Существование же зависимостей, подобных описанным в [34]^{*}, указывает на возможность появления галактик с аномальной функцией масс горячих звезд. Возможность существования избытка массивных звезд среди горячих звезд допускалась в [35] для галактик Мар-

* В больших по размеру молодых звездных скоплениях больше процент массивных звезд.

каряна, а повышенного процента горячих звезд — в VV — в работах [36] и [37], основывавшихся на статистике цветов галактик.

Нам представляется, что повышенное количество L_c -квантов в некоторых взаимодействующих галактиках по сравнению с изолированными галактиками объясняется и большим процентом горячих звезд в этих VV, и отличием функции масс горячих звезд в них от функции масс горячих звезд в изолированных галактиках.

7. Заключение.

1. Электронная плотность в большинстве VV и в 35% ИГ $n_e \approx 10^2 - 10^3 \text{ см}^{-3}$, а у 65% ИГ $n_e \approx 1 \text{ см}^{-3}$ или $n_e < 1 \text{ см}^{-3}$.

2. Масса ионизированного газа в VV и ИГ заключена в пределах от 10^8 до $10^9 M_{\odot}$, а отношение этой массы к светимости галактики (выраженной, как было раньше отмечено, в количестве звезд типа Солнца) — от 10^{-2} до 10^{-1} .

3. По отношению количества L_c -квантов к светимости изолированные галактики разделились на две группы: а) с $L(L_c)/L \sim 10^{11}$ и б) с $L(L_c)/L \sim 10^{12}$.

4. Обнаружено существование взаимодействующих галактик с отношением $L(L_c)/L$ в 10 раз большим, чем у изолированных галактик. Это может объясняться как большим процентом горячих звезд, так и большим процентом массивных звезд среди горячих звезд в этих взаимодействующих галактиках по сравнению с изолированными.

Автор выражает глубокую благодарность И. Д. Караченцеву и В. Е. Караченцевой за любезно предоставленную возможность исследовать полученные ими на 6-м телескопе спектры изолированных пар галактик и изолированных галактик, В. Л. Афанасьеву и А. И. Копылову за получение спектров взаимодействующих галактик; В. Е. Караченцевой и А. Л. Щербановскому за большую помощь в обработке регистрограмм спектров на ЭВМ М-222; Б. А. Воронцову-Вельяминову, И. Д. Караченцеву, А. В. Засову, Ю. Н. Ефремову, Р. И. Носковой, В. П. Архиповой, Е. Б. Костяковой, В. Г. Сурдину и М. А. Смирнову за обсуждение и ценные советы.

Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга

PHYSICAL CONDITIONS IN INTERACTING GALAXIES,
COMPONENTS OF ISOLATED PAIRS AND ISOLATED GALAXIES

V. A. DOSTAL

The spectra of 16 interacting systems (VV), 9 isolated pairs of galaxies and 11 isolated galaxies (IG) obtained with the 6-m telescope are investigated. The electron temperature of gas (T_e) in VV and IG varies from $\sim 5000^\circ$ to $\sim 7000^\circ$. The electron density (n_e) of gas in VV and in 35% of IG is about $10^2-10^3 \text{ cm}^{-3}$ while in 65% of IG $n_e \leq 1$. The mass of ionized gas Σ_{HII} and ratio of Σ_{HII} to luminosity of galaxies are identical in VV and IG. The group of VV galaxies with higher L_c -radiation compared to isolated galaxies is discovered. This may be explained either by greater content of hot stars in this group of interacting galaxies or by an anomalous mass function of hot stars (excessive number of heavy hot stars).

ЛІТЕРАТУРА

1. Б. А. Воронцов Вельяминов, Каталог взаимодействующих галактик, ч. 1, М., МГУ, 1959.
2. В. А. Vorontsov-Velyaminov, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.*, 28, 1, 1977.
3. Н. Д. Караченцева, Каталог изолированных пар галактик, Сообщ. САО, вып. 7, 1972.
4. В. Е. Караченцева, Каталог изолированных галактик, Сообщ. САО, вып. 8, 1973.
5. В. Л. Афанасьев, А. Л. Щербановский, Сообщ. САО, вып. 16, 25, 1976.
6. N. Mein, *Ann. Astrophys.*, 31, 579, 1968.
7. G. Courtes, R. Louise, G. Mannef, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.*, 3, 222, 1969.
8. L. Baudel, *Astron. Astrophys.*, 8, 65, 1970.
9. L. Searle, *Ap. J.*, 168, 327, 1971.
10. D. Allain, S. Collin-Souffrin, M. Joly, L. Vigroux, *Astron. Astrophys.*, 78, 200, 1979.
11. D. Allain, S. Collin-Souffrin, M. Joly, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.*, 37, 361, 1979.
12. Р. И. Наскова, *Астрон. ж.*, 56, 532, 1979.
13. D. Pequignot, S. M. Aldrovandi, G. Stasinska, *Astron. Astrophys.*, 58, 411, 1977.
14. А. Аллер, У. Аллер, Планетарные туманности, Мир, М., 1971.
15. M. Brocklehurst, *M. N.*, 153, 471, 1971.
16. Н. С. Балинская, К. В. Бычков, *Астрон. ж.*, 57, 38, 1980.
17. E. M. Burbidge, G. R. Burbidge, *Ap. J.*, 142, 634, 1965.
18. H. L. Johnson, *Comm. Lunar and Plan. Lab.*, 3, No. 53, 73, 1965.
19. А. С. Амироханян, В. А. Досталь, *Астрон. цирк.* № 1171, 4, 1981.
20. В. А. Досталь, В. Г. Метлов, *Астрон. цирк.*, № 1178, 3, 1981.
21. В. С. Авдусова, *Астрон. ж.*, 58, 965, 1979.
22. E. Churchwell, C. M. Walmsley, *Astron. Astrophys.*, 23, 117, 1973.
23. F. Zwicky, E. Herzog, P. Wild, M. Karpowicz, C. T. Kowal, *Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies*, v. 1-VI, 1961-1968.

24. J. W. Warner, *Ap. J.*, 186, 21, 1973.
25. M. Pimbort, *Ap. J.*, 154, 33, 1968.
26. P. Benvenuti, S. d'Odorico, *Astron. Astrophys.*, 28, 447, 1973.
27. M. Heckman, B. Balick, P. Crane, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.*, 40, 295, 1980.
28. V. S. Rubin, W. K. Ford, S. d'Odorico, *Ap. J.*, 160, 801, 1970.
29. В. Г. Метлов, *Астрон. ж.*, 55, 1157, 1978.
30. S. M. Faber, J. S. Gallagher, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, 17, 135, 1979.
31. В. П. Архипова, В. Л. Афанасьев, В. А. Досталь, А. В. Засов, И. Д. Караченцев, Р. И. Наскова, М. В. Савельева, *Астрон. ж.*, 58, 490, 1981.
32. В. П. Архипова, В. Л. Афанасьев, В. А. Досталь, А. В. Засов, И. Д. Караченцев, Р. И. Наскова, М. В. Савельева, *Астрон. ж.* (в печати).
33. L. F. Smich, P. Bierman, P. G. Mezger, *Astron. Astrophys.*, 66, 65, 1978.
34. G. Burki, *Astron. Astrophys.*, 57, 135, 1977.
35. L. R. Huchra, *Ap. J.*, 217, 928, 1977.
36. R. B. Larson, B. M. Tinsley, *Ap. J.*, 219, 46, 1978.
37. М. А. Смирнов, Б. В. Комберг, *Астрофизика*, 16, 431, 1980.
38. В. Е. Караченцева, И. Д. Караченцев, А. Л. Щербановский, *Изв. САО*, 11, 3, 1979.
39. P. Nilson, *Uppsala Gen. Catalog of Galaxies*, Uppsala, 1973.