

УДК: 524.72-355

СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ BIG. III

А.М.МИКАЕЛЯН

Поступила 10 июня 2003

Принята к печати 19 мая 2004

Приводятся результаты спектральных наблюдений 66 объектов выборки BIG (Byurakan-IRAS Galaxies), выполненных на 1.93-м телескопе Обсерватории Верхнего Прованса (ОНР, Франция). У 64 галактик наблюдаются эмиссионные линии. Определены красные смещения, вычислены лучевые скорости, расстояния и абсолютные звездные величины, определены параметры спектральных линий, построены диагностические диаграммы и проведена классификация объектов по типам активности, вычислены ИК и далекие ИК-светимости. Из 66 объектов (соответствующих 61 IRAS источнику) 6 оказались Sy2, 2 - LINER, 8 - AGN (Sy2 или LINER), 10 - Composite, 34 - III и 4 - Em без определения типа. Вычислено, что IRAS 07479 + 7832 = BIG d141a является сверхсветимой ИК галактикой (ULIG), а 21 являются LIG. Приводятся спектры некоторых исследуемых галактик.

1. *Введение.* Инфракрасные источники, выявленные спутником IRAS (InfraRed Astronomical Satellite) [1,2], пролили новый свет на наше понимание как галактических объектов (звезд и туманностей), так и (в особенности) процессов звездообразования в галактиках, активности галактических ядер и взаимодействий галактик. В частности, особый интерес вызывает открытие галактик с высокой ИК-светимостью - LIG (Luminous Infrared Galaxies), ULIG (Ultra Luminous Infrared Galaxies) и HLIG (Hyper Luminous Infrared Galaxies) [3], значительного числа новых AGN среди наиболее мощных IRAS галактик [4,5], "затемненных" (obscured) IRAS галактик и соответственно, нового населения инфракрасных AGN [6].

Выборка BIG (Byurakan-IRAS Galaxies) [7] составлена вследствие оптических отождествлений источников IRAS PSC [1] в области $+61^\circ \leq \delta \leq +90^\circ$ на высоких галактических широтах ($|b| \geq 15^\circ$) (см. [8], и ссылки в ней). В этой программе, наряду с данными IRAS и обзоров DSS1 [9] и DSS2 [10], используется Первый Бюраканский Спектральный Обзор неба (FBS - First Byurakan Survey) [11], что (для ярких объектов) обеспечивает выявление интересных галактик (например, объектов с УФ избытками и кандидатов в AGN) еще до спектральных наблюдений.

Последующие спектральные наблюдения объектов BIG проводятся с помощью 2.6-м телескопа Бюраканской астрофизической обсерватории (БАО, Армения), 6-м телескопа Специальной астрофизической обсерватории (САО, Россия), и 1.93-м телескопа Обсерватории Верхнего Прованса (ОНР, Франция) с использованием как стандартной методики одномерных

спектров, так и (в некоторых случаях) с получением прямых изображений для детального исследования структуры объектов и двумерной спектроскопии с помощью мультиспектрального спектрографа CAO MPFS [12].

Цель данной работы (и вообще последующей спектроскопии объектов BIG) определить красные смещения и типы активности объектов выборки BIG, выявить действительные оптические двойники IRAS источников (при наличии кратных галактик и групп), а также выявить наиболее интересные объекты (AGN и галактики высокой ИК светимости) в выборке BIG для их дальнейшего изучения с более крупными наземными и орбитальными телескопами. Данная работа является 3-й в серии систематических спектральных наблюдений объектов BIG. В предыдущих работах [13,14] опубликованы результаты наблюдений 54 галактик (соответствующих 42 IRAS источникам) с помощью 6-м телескопа CAO РАН. Опубликованы также результаты спектральных наблюдений 16-кратных (в основном - взаимодействующих) IRAS галактик [15].

В данной статье приводятся результаты спектральных наблюдений еще для 66 объектов BIG.

2. Наблюдения и обработка. Наблюдения проводились 27-30 октября 1997г. и 13-19 января 1999г. на 1.93-м телескопе Обсерватории Верхнего Прованса с длиннощельным (5'.5) спектрографом CARELEC [16], установленном в фокусе Кассегрена.

В 1997г. использовалась решетка 150/мм с углом блеска на 5000 Å и дисперсией в 263 Å/мм (7.1 Å/pix) и CCD TK512CB 512x512 с размером пикселей в 27x27 мкм. Соответственно, наблюдался спектральный диапазон λ 3810 – 7365 Å. Ширина щели была равна 2".0, соответствующая проекции на приемнике в 52 мкм или 1.9 pix. Спектральное разрешение, измеренное на эмиссионных линиях ночного неба, равно 14.3 Å FWHM (номинальное спектральное разрешение $R = 450\lambda/\Delta\lambda$ на λ блеска). Для калибровки потоков наблюдались стандартные звезды EG 145 и Feige 66 [17], которые также использовались для исправления наблюдений за атмосферное поглощение. 30 октября, для оценки максимально возможного разрешения близко расположенных спектральных линий (для последующей классификации объектов), при наблюдении 2-х объектов использовалась решетка 1200/мм с дисперсией в 33 Å/мм (0.89 Å/pix) и соответственно получался диапазон в λ 6509 – 6965 Å и спектральное разрешение в 1.8 Å.

Во время наблюдений в 1999г. использовалась решетка 300/мм с углом блеска на 4000 Å и дисперсией в 133 Å/мм (1.8 Å/pix), фильтр GG435 и новая CCD-матрица EEV42-20 2048x1024 с размером пикселей в 13.5x13.5 мкм. Соответственно, наблюдался спектральный диапазон λ 4262 – 7910 Å. Ширина щели была равна 2".0 (52 мкм или 3.8 pix), спектральное разрешение - 6.6 Å ($R = 900\lambda/\Delta\lambda$ на λ блеска). В качестве

стандартов наблюдались EG 162, EG 247 и Feige 66 [17].

Цель спектрографа во время наблюдений в основном была ориентирована на север-юг ($PA = 0^\circ$), за исключением случаев, когда структура галактики требовала другой ориентации или при наличии нескольких галактик в кратной системе, когда можно было получить спектры наибольшего числа объектов, в частности, с целью определения принадлежности ближайших галактик одной и той же группе и их параллельного изучения.

В табл.1 приводится журнал наблюдений. В последовательных столбцах приводятся: IRAS и предварительные (т.к. часть объектов еще не опубликована) ВIG названия объектов (с указанием компонентов), звездные величины, номер оригинального списка (если объект уже опубликован), дата наблюдения, длительность экспозиции и ссылки литературы. Звездные величины для некоторых объектов взяты из [18]. Всего произведено 66 экспозиций для 61 ВIG объекта (66 галактик с

Таблица 1

ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ НА ТЕЛЕСКОПЕ ОНР В 1997 И 1999гг.

IRAS PSC	ВIG	V	номер списка*	дата наблюдения	Exp (с)	Лит.
1	2	3	4	5	6	7
03304+8456	c025a	16.8		14.01.1999	1200	[18]
03333+7851	d008b	15.0		13.01.1999	1200	[26]
03347+7748	d010a	15.5		13.01.1999	1200	[26]
03386+7909	d016	15.9		15.01.1999	1200	[18]
03485+7703	d025a	15.6		14.01.1999	1200	
04033+6942	c011	15.9	1	27.10.1997	1200	[26]
				30.10.1997	1200	
04079+7033	c014	14.5	1	27.10.1997	1200	[26]
				30.10.1997	1200	
04098+7818	d044	15.6		18.01.1999	1200	
04140+7448	d049	16.0		14.01.1999	1200	
				15.01.1999	1200	
04183+7457	d053	14.7		15.01.1999	1200	[26]
05097+7954	d074	15.2		13.01.1999	1200	
05126+6516	b003	15.4	5	14.01.1999	1200	
05196+7257	c064	17.4	1	29.10.1997	1200	
05214+7741	d081a	16.3		14.01.1999	1200	[18]
05229+6826	b008	14.5	5	15.01.1999	1200	
05275+6600	b014	16.0		14.01.1999	1200	
05395+7550	d094	15.0		13.01.1999	1200	[18]
05475+7449	d104	16.0		15.01.1999	1200	
05577+6141	a027	16.1	2	29.10.1997	1200	
06022+7559	d110	16.8		15.01.1999	745	
				18.01.1999	1200	
06273+6858	b054b	16.4	5	14.01.1999	1200	
06273+6858	b054c	15.7	5	14.01.1999	1200	[27]

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7
06319+7536	d120a	18.1		18.01.1999	1200	
06545+6647	b068	16.1	5	15.01.1999	1200	[18]
07021+7349	d134	14.0		15.01.1999	1200	[18]
07158+7706	d135a	15.5		13.01.1999	1200	[18]
07205+7842	d137	16.3		15.01.1999	352	
				18.01.1999	1200	
07225+7653	d138	16.1		14.01.1999	1200	
07479+7832	d141a	18.3		14.01.1999	1200	
08054+6824	b080	14.1	5	14.01.1999	1200	
08142+6821	b081	16.0		18.01.1999	1200	
08247+7311	d147	14.9		15.01.1999	1200	
08259+7427	d148	17.3		15.01.1999	1200	
08317+7602	d150	17.0		18.01.1999	1200	
09037+6937	c140	16.8	9	18.01.1999	1200	
09162+6539	b103	15.5	6	18.01.1999	1200	[18]
09180+6532	b106	16.0		18.01.1999	1200	
09233+7825	d169	14.7		19.01.1999	1200	
09244+7405	d170	17.2		19.01.1999	1500	
09305+6813	b114	15.7		19.01.1999	1200	[27]
09406+6840	b123	16.3	6	15.01.1999	1200	
10172+7548	d191	16.2		19.01.1999	1200	
10210+7528	d193	15.5		19.01.1999	1200	[18]
10252+7013	c199	16.0	10	15.01.1999	1200	
10270+7302	d195a	12.5		16.01.1999	1200	[18]
10272+6953	c200	14.5	10	15.01.1999	1200	
10276+7443	d196	17.3		19.01.1999	1200	
10383+7637	d207	16.2		19.01.1999	1200	
10529+7144	c208	14.0	10	16.01.1999	1200	
11008+7915	d219a	16.7		19.01.1999	1200	
11008+7915	d219b	16.5		19.01.1999	1200	
11053+7037	c211	14.0	10	16.01.1999	1200	
11059+7117	c213	17.9	10	16.01.1999	1200	
11069+7438	d222	16.2		15.01.1999	1200	
11085+7712	d224a	15.6		19.01.1999	1800	
11085+7712	d224b	18.0		19.01.1999	1800	
11436+7438	d237	14.8		15.01.1999	1200	[18]
12312+6939	c224	15.4	10	19.01.1999	1200	
12477+7936	d258a	14.7		15.01.1999	1200	[18]
12477+7936	d258b	15.7		15.01.1999	1200	
12483+7332	d259	14.9		15.01.1999	1200	[18]
12502+7625	d260	16.5		15.01.1999	1200	
13045+7016	c229a	16.2	10	16.01.1999	1200	
13045+7016	c229b	16.4	10	16.01.1999	1200	
13286+7258	c232	14.0	10	15.01.1999	1200	
13300+7219	c234	15.2	10	19.01.1999	900	

* Списки объектов ВIG: 1 - А.М.Микаелян, *Астрофизика*, 40, 1, 1997; 2 - А.М.Микаелян, К.С.Гигоян, Д.Руссей, *Астрофизика*, 40, 581, 1997; 5 - А.М.Микаелян, *Астрофизика*, 43, 425, 2000; 6 - А.М.Микаелян, *Астрофизика*, 44, 43, 2001; 9 - А.М.Микаелян, Л.А.Саргсян, *Астрофизика*, 46, 2003; 10 - А.М.Микаелян, Л.А.Саргсян, *Астрофизика*, 47, 109, 2004.

учетом компонентов), наблюдался 71 спектр (т.к. для 5 объектов наблюдалось по 2 спектра, а в пяти случаях наблюдалось одновременно по две галактики). Помимо перечисленных в табл.1 объектов, было проведено также и множество вспомогательных экспозиций для исправления поля и чувствительности CCD и перехода на длины волны (использовалась лампа He), а также для наблюдения стандартных звезд.

Обработка осуществлялась в пакете программ ESO MIDAS. Использовалась программа «exohp» (и соответствующие вспомогательные программы) для автоматической обработки спектров 1.93-м телескопа, любезно предоставленная нам М.-П.Верон-Сетти [19]. В программе осуществляется исправление поля CCD, очистка космических частиц, вычитание фона неба и устранение атмосферного поглощения, переход на длины волны, исправление за зенитное расстояние и переход от относительных интенсивностей на энергетические потоки с помощью стандартной звезды.

В ходе анализа спектров (выполненном также в пакете программ MIDAS) отождествлялись все спектральные линии, измерялись их положения и красные смещения, полные ширины линий FWHM на уровне нулевой интенсивности (непрерывного спектра), полные ширины линий на уровне половины интенсивности FWHM, эквивалентные ширины EW и интенсивности линий. Оценены отношения S/N для полученных спектров, которые колеблются в пределах 5-80.

3. *Результаты наблюдений.* На рис.1 приведены щелевые CCD спектры 36 галактик, полученные на 1.93-м телескопе ОНР. Все галактики без исключения показывают эмиссионные линии. Детальное описание спектров и другие характеристики исследуемых объектов приводятся в следующем разделе.

В табл.2 приводятся параметры основных эмиссионных линий исследуемых IRAS галактик. В последовательных столбцах приводятся: название объектов, FWHM и EW для спектральных линий H β , [OIII] λ 5007, [OI] λ 6300, H α и [NII] λ 6584. Для FWHM учитывалась инструментальная полуширина.

Для классификации объектов по типам активности использовались диагностические диаграммы, основанные на отношениях интенсивностей эмиссионных линий [20] и эмпирическое разделение на области Sy2, LINER и NII, выполненное в результате классификации большого количества объектов [21]. На рис.2 приводятся соответствующие диагностические диаграммы с использованием отношений [OIII] λ 5007/H β и [NII] λ 6584/H α ; и [OIII] λ 5007/H β и [OI] λ 6300/H α . Выполнена классификация объектов на NII, LINER, Sy2 и Comp. Тип NII соответствует галактикам с очагами звездообразования. Некоторые из них, особенно имеющие более широкие эмиссионные линии (близкие к линиям Sy2), могут быть

Таблица 2

ПАРАМЕТРЫ ОСНОВНЫХ ЭМИССИОННЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ
ЛИНИЙ ОБЪЕКТОВ ВIG*

BIG	H β λ 4861		[OIII] λ 5007		[OI] λ 6300		H α λ 6563		[NII] λ 6584	
	FWHM	EW	FWHM	EW	FWHM	EW	FWHM	EW	FWHM	EW
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
e025a	8.7	12.1	12.3	5.5	6.7	1.8	8.8	67.2	9.4	26.5
d008b	6.9	5.0	2.6	1.8			7.3	43.9	7.6	18.4
d010a			3.1	4.5			7.1	15.4	6.5	11.0
d016	4.7	2.1	9.9	24.1	7.0	1.7	7.1	20.4	9.1	20.9
d025a	6.1	12.8	3.7	4.2			7.3	54.4	7.5	31.1
c011					9.4	2.0	10.9	9.2	10.2	7.2
c014	4.6	5.6	3.2	12.8			4.2	74.7	4.6	31.5
d049	5.3		1.7	0.8	7.3	1.2	7.4	1.6	11.1	10.2
d053	7.3		14.3	5.1			8.2	18.5	7.7	13.0
d074	4.3	1.8					9.4	18.8	9.6	11.3
b003							7.2	13.9	7.9	7.6
c064	16.1		14.6		15.0		19.7		20.5	
d081a			2.0	0.8			7.2	17.0	8.6	16.0
b008	4.6	1.8					7.8	16.6	8.0	8.2
b014							8.9	15.6	10.6	12.4
d094	6.4	1.9	3.4	1.1			6.4	20.9	6.2	8.6
d104			10.3	2.3			8.3	11.2	10.2	10.0
a027							19.5			
d110							7.8	18.3	11.5	6.5
b054b	3.6	1.8	14.4	2.1			7.2	15.1	7.2	7.7
b054c	9.7	13.7	8.5	76.7	10.4	8.2	10.9	53.7	10.4	34.4
d120a	11.1	3.6	8.0	7.0			12.6	40.9	11.6	28.5
b068	5.0	6.2	10.1	5.2	3.7	2.1	6.0	33.0	5.5	13.5
d134			3.8	1.3	1.9	1.2	9.3	11.6	10.7	11.4
d135a	6.4	4.6	3.8	2.0			8.7	31.4	7.3	13.8
d137	7.5	4.0	11.5	22.3	8.7	3.0	9.2	32.5	12.6	29.3
d138							9.4	5.3	10.2	6.7
d141a	4.4	4.3					8.7	31.1	6.1	19.0
b080	6.4	4.8	7.7	14.2	3.6	0.9	6.4	18.2	7.1	14.1
b081	7.4	6.3	8.2	3.4	7.0	1.7	8.5	40.5	8.6	25.9
d147	11.6	4.5	4.9	2.0	3.7	1.9	9.9	37.3	9.1	14.4
d148	7.6	22.5	6.9	13.8	5.4	3.1	8.2	108.2	7.7	50.1
d150	4.4	2.6	8.8	2.4	9.0	1.7	13.0	27.5	13.0	16.8
c140	8.0	10.2	4.2	6.3	4.8	1.3	6.8	44.7	7.0	18.1
b103	5.1	1.1	5.0	1.2	4.2	0.7	9.7	14.1	10.5	6.9
b106	6.9	6.2	3.1	1.2	1.4	2.4	7.5	39.0	8.2	15.7
d169	11.2	2.9			2.9	1.2	8.8	15.6	10.4	10.3
d170	11.0	4.1	9.4	28.7			8.1	25.3	1.5	32.6
b114	7.9	7.3	12.7	116.2	17.7	7.6	7.2	55.9	12.2	49.6
b123	6.6	28.8	6.2	40.8	5.9	2.5	6.1	116.9	6.4	36.4
d191	5.8	6.5	3.9	1.7	4.7	2.0	7.4	43.6	7.9	23.5
d193	6.8	14.7	7.1	15.4	8.0	2.3	6.9	70.9	7.1	37.8
c199	9.6	7.8	9.3	6.2	1.6	0.8	11.7	55.4	13.0	27.5

Таблица 2 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
d195a	4.9	2.9	1.9	5.0			5.3	9.7	7.7	6.1
c200	19.3		3.7	2.3			9.4	11.6	9.6	8.3
d196							4.9	5.9	6.8	6.3
d207	4.0		0.7	1.8			3.8	3.6	9.1	7.1
c208	7.3	10.2	7.1	7.9	8.8	2.1	9.5	44.0	9.0	21.1
d219a	11.1	7.0	4.5	5.6	6.6	4.3	9.9	52.6	9.9	27.1
d219b	6.0	10.1	5.7	6.6	5.1	2.2	5.8	58.2	5.9	24.5
c211	5.4	1.3					5.8	7.9	6.7	3.3
c213	1.6	5.6			2.0	2.1	8.4	40.4	7.2	35.0
d222	6.3	4.0	7.1	3.6	4.4	1.1	8.4	30.9	8.1	20.0
d224a	4.7	2.6	8.0	2.6	3.8	2.2	9.3	22.5	13.4	14.9
d224b			1.5	1.7	4.7	3.1	8.0	14.1	6.6	13.0
d237	7.2	9.3	8.4	23.4	2.3	2.3	10.0	45.0	9.2	26.3
c224	3.8	1.1	2.4	1.7	3.3	0.4	7.2	6.8	7.2	3.5
d258a	6.9	12.2	6.9	6.0	4.7	1.8	6.8	61.1	6.1	25.8
d259	6.6	8.6	6.7	3.0	7.3	1.7	6.1	48.8	6.1	21.3
d260	6.2	5.1	7.7	1.8	3.4	0.9	8.4	39.6	8.4	19.7
c229a	2.8	20.3	2.3	7.5	2.8	7.9	3.7	39.8	3.7	43.7
c229b	4.4	3.4	4.2	2.6			8.1	22.3	8.5	11.9
c232	1.8		2.7	2.2			9.5	8.1	11.1	7.8
c234					3.4	1.1	5.4	7.4	8.1	5.5

* Спектры объектов d044 и d258b имеют плохое качество и линий не наблюдается.

причислены к типу галактик с околядерной вспышкой звездообразования [22]. Тип LINER обозначает ядерные эмиссионные области низкой ионизации [23]. Тип Composite обозначает объекты, у которых наблюдается

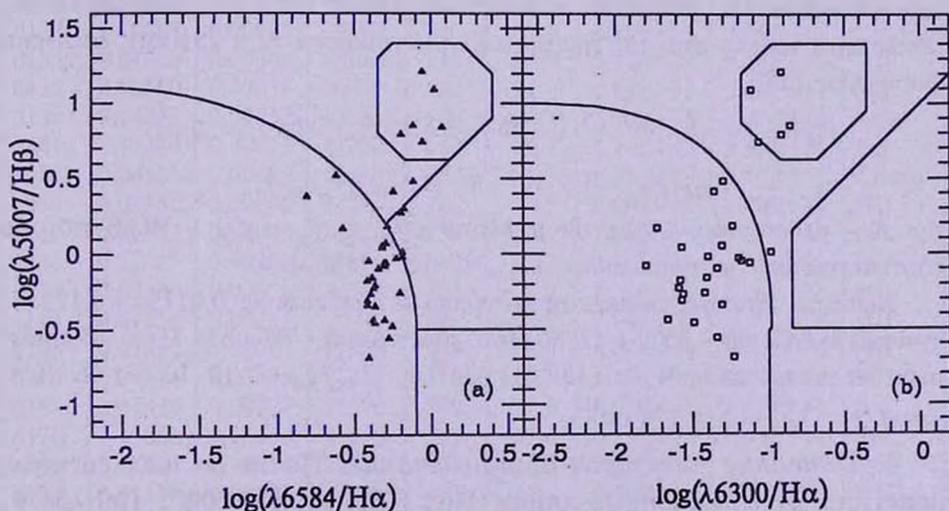


Рис.2. Диагностические диаграммы для объектов VIG, построенные на основе отношений интенсивностей эмиссионных линий: а) [OIII] $\lambda 5007/H\beta$ и [NII] $\lambda 6584/H\alpha$; б) [OIII] $\lambda 5007/H\beta$ и [OI] $\lambda 6300/H\alpha$.

составной спектр, состоящий одновременно из активного ядра (Sy2 или LINER) и околядерной области звездообразования [24]. Всего на диагностических диаграммах ([OIII] $\lambda 5007/\text{H}\beta$)/([NII] $\lambda 6584/\text{H}\alpha$) и ([OIII] $\lambda 5007/\text{H}\beta$)/([OI] $\lambda 6300/\text{H}\alpha$) имеется 41 и 29 объектов соответственно.

В табл.3 приведены результаты наблюдений всех 66 галактик с их основными вычисленными параметрами. В последовательных столбцах приводятся: BIG название объектов; красные смещения, определенные по эмиссионным линиям (z_{em}) и их среднеквадратичные ошибки; лучевые скорости (v_r), определенные по эмиссионным z (и вычисленные по релятивистической формуле); соответствующие расстояния объектов, вычисленные при $H=75$ км/с Мпк; абсолютные звездные величины (M_p); инфракрасные (L_{IR}) и далекие инфракрасные (L_{FIR}) светимости в единицах светимостей Солнца; тип активности объектов. (":" обозначает объекты с неуверенной классификацией). Типы объектов с определенными отношениями интенсивностей эмиссионных линий соответствуют их расположениям на диагностических диаграммах. Для остальных объектов проведена приблизительная классификация. Типом "AGN" обозначены объекты, проявляющие признаки активности по эмиссионным линиям без точного определения класса. Тип "Em" относится к спектру с признаками эмиссии без возможности более точного определения класса объекта. Некоторые спектры имеют большие шумы и их класс активности невозможно определить.

Инфракрасные (L_{IR} , светимость в диапазоне 8-1000 мкм) и далекие инфракрасные (L_{FIR} , светимость в диапазоне 40-500 мкм) светимости вычислены с использованием более точных данных IRAS FSC [2] (т.к. для исследуемых объектов в каталоге IRAS PSC [1], как правило, приведены только верхние границы для потоков на 12 и 25 мкм), согласно формулам [25]:

$$L_{IR}(L_{\odot}) = 5.6 \cdot 10^5 \cdot R^2 \cdot (13.56 f_{12} + 5.26 f_{25} + 2.54 f_{60} + f_{100}),$$

$$L_{FIR}(L_{\odot}) = 5.6 \cdot 10^5 \cdot R^2 \cdot (2.58 f_{60} + f_{100}),$$

где R - расстояния объектов в Мпк, а f_{12} , f_{25} , f_{60} и f_{100} - IRAS потоки соответственно в диапазонах 12, 25, 60 и 100 мкм.

Значения красных смещений колеблются в диапазоне $0.01194 + 0.17344$, лучевых скоростей - $3560 + 47580$ км/с, расстояний - $47 + 634$ Мпк, абсолютных звездных величин - $-16^m.7 + -24^m.0$, $L_{IR}/L_{\odot} - 7.19 \cdot 10^9 + 1.16 \cdot 10^{12}$, $L_{FIR}/L_{\odot} - 3.59 \cdot 10^9 + 8.66 \cdot 10^{11}$.

4. *Описание спектров и примечания.* Почти во всех спектрах присутствуют эмиссионные линии $\text{H}\beta$, [OIII] $\lambda\lambda 4959/5007$, HeI $\lambda 5876$, [OI] $\lambda\lambda 6300/6363$, $\text{H}\alpha$, [NII] $\lambda\lambda 6548/6584$ и [SII] $\lambda\lambda 6717/6731$, а также абсорбционные линии MgI $\lambda 5180$ и NaI $\lambda 5890$. Другими встречающимися

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИССЛЕДУЕМЫХ
ОБЪЕКТОВ BIG

BIG	z_{em}	$\sigma(z_{\text{em}})$	v_r км/с	Γ Мпк	M_V	L_{IR} / L_{\odot}	L_{FIR} / L_{\odot}	Тип
1	2	3	4	5	6	7	8	9
e025a	0.05085	0.00032	14870	198	-19.7	9.70E+10	6.81E+10	HII
d008b	0.05606	0.00011	16350	218	-21.7	2.52E+11	8.30E+10	HII
d010a	0.03463	0.00015	10210	136	-20.2	1.10E+11	6.14E+10	Comp:
d016	0.05594	0.00013	16310	218	-20.8	1.14E+11	7.28E+10	Sy2
d025a	0.07005	0.00013	20280	270	-21.6	3.19E+11	1.07E+11	HII
c011	0.01614	0.00011	4800	64	-18.1	7.01E+10	6.48E+10	LINER
c014	0.01320	0.00002	3930	52	-19.1	1.53E+10	4.60E+09	HII
d044	?							?
d049	0.03381	0.00015	9970	133	-19.6	4.46E+10	2.71E+10	AGN
d053	0.03249	0.00013	9590	128	-20.8	7.17E+10	2.69E+10	Comp:
d074	0.05696	0.00012	16600	221	-21.5	1.54E+11	7.84E+10	HII
b003	0.04022	0.00024	11820	158	-20.6	2.02E+11	3.99E+10	HII
c064	0.10295	0.00017	29300	391	-20.6	9.96E+11	2.91E+11	Sy2
d081a	0.07693	0.00011	22190	296	-21.1	3.76E+11	2.65E+11	AGN
b008	0.01664	0.00005	4950	66	-19.6	2.55E+10	7.72E+09	HII
b014	0.03059	0.00020	9040	120	-19.4	9.96E+10	6.15E+10	AGN:
d094	0.02478	0.00026	7340	98	-20.0	3.10E+10	2.24E+10	HII
d104	0.05153	0.00009	15060	201	-20.5	1.14E+11	7.44E+10	Comp:
a027	0.03058		9030	120	-19.3	6.12E+10	2.31E+10	Em
d110	0.08169	0.00040	23510	313	-20.7	3.40E+11	2.64E+11	HII
b054b	0.06654	0.00020	19300	257	-20.7	2.03E+11	1.15E+11	HII
b054c	0.06555	0.00016	19020	254	-21.3	1.97E+11	1.12E+11	Sy2
d120a	0.09154	0.00022	26210	349	-19.6	2.75E+11	2.02E+11	Comp
b068	0.01601	0.00016	4770	64	-17.9	8.73E+09	4.83E+09	HII
d134	0.10307	0.00025	29340	391	-24.0	5.38E+11	3.76E+11	LINER:
d135a	0.04850	0.00004	14200	189	-20.9	8.24E+10	5.28E+10	HII
d137	0.08660	0.00026	24860	331	-21.3	4.18E+11	2.89E+11	Sy2
d138	0.04837	0.00032	14160	189	-20.3	6.90E+10	4.27E+10	AGN
d141a	0.17344	0.00015	47580	634	-20.7	1.16E+12	8.66E+11	Em
b080	0.04126	0.00009	12120	162	-21.9	6.31E+10	3.56E+10	Comp
b081	0.03880	0.00008	11410	152	-19.9	9.59E+10	6.90E+10	HII
d147	0.06552	0.00010	19010	254	-22.1	1.30E+11	7.11E+10	HII
d148	0.12315	0.00005	34690	462	-21.0	3.08E+11	1.75E+11	HII
d150	0.09309	0.00030	26630	355	-20.8	2.14E+11	1.40E+11	HII
c140	0.01254	0.00013	3740	50	-16.7	7.44E+09	3.59E+09	HII
b103	0.03792	0.00022	11160	149	-20.4	6.04E+10	3.62E+10	HII
b106	0.03816	0.00005	11230	150	-19.9	1.09E+11	8.40E+10	HII
d169	0.07474	0.00027	21590	288	-22.6	2.28E+11	1.67E+11	Em
d170	0.15860	0.00054	43850	585	-21.6	6.53E+11	3.65E+11	Sy2
b114	0.07101	0.00014	20550	274	-21.5	2.22E+11	1.15E+11	Sy2:
b123	0.01194	0.00002	3560	47	-17.1	7.19E+09	4.83E+09	HII
d191	0.05920	0.00033	17240	230	-20.6	9.31E+10	5.76E+10	HII
d193	0.02787	0.00007	8250	110	-19.7	8.75E+10	6.24E+10	HII

Таблица 3 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
c199	0.11798	0.00020	33320	444	-22.2	8.27E+11	6.10E+11	HII
d195a	0.02243	0.00074	6650	89	-22.2	1.48E+10	8.38E+09	HII
c200b	0.03872	0.00022	11390	152	-21.4	4.47E+10	2.96E+10	Comp:
d196	0.05755	0.00009	16770	224	-19.4	1.40E+11	1.08E+11	AGN
d207	0.03147	0.00016	9290	124	-19.3	5.01E+10	3.64E+10	AGN
c208	0.06190	0.00019	18000	240	-22.9	1.55E+11	9.45E+10	HII
d219a	0.06196	0.00008	18010	240	-20.2	2.55E+11	1.04E+11	HII
d219b	0.06196	0.00011	18010	240	-20.4	2.55E+11	1.04E+11	HII
c211	0.04117	0.00007	12100	161	-22.0	5.43E+10	2.94E+10	HII
c213	0.13875	0.00007	38760	517	-20.7	6.34E+11	4.55E+11	Comp:
d222	0.03945	0.00016	11600	155	-19.7	7.62E+10	5.38E+10	HII
d224a	0.10025	0.00029	28570	381	-22.3	4.93E+11	3.88E+11	Comp:
d224b	0.09962	0.00032	28400	379	-19.9	4.87E+11	3.84E+11	AGN
d237	0.05601	0.00010	16330	218	-21.9	1.10E+11	6.23E+10	Comp:
c224	0.06917	0.00025	20040	267	-21.7	1.39E+11	7.67E+10	HII
d258a	0.03381	0.00005	9970	133	-20.9	4.22E+10	2.76E+10	HII
d258b	?							?
d259	0.03139	0.00004	9270	124	-20.6	3.00E+10	1.74E+10	HII
d260	0.06342	0.00011	18420	246	-20.5	1.20E+11	7.11E+10	HII
c229a	0.06459	0.00003	18750	250	-20.8	1.38E+11	7.52E+10	Em
c229b	0.06453	0.00022	18740	250	-20.6	1.38E+11	7.51E+10	HII
c232	0.03045	0.00019	9000	120	-21.4	3.17E+10	2.35E+10	AGN
c234	0.03596	0.00033	10590	141	-20.6	5.43E+10	3.89E+10	Comp

линиями являются эмиссионные линии H γ , HeII λ 6686 и [FeVII] λ 6087. Непрерывный спектр часто значительный, что указывает на сильную звездную составляющую (материнскую галактику) вокруг наблюдаемого ядра. В некоторых случаях наблюдается одновременно эмиссия и абсорбция в линиях H β и H α , и в силу слабости эмиссионной H β , она теряется в поглощении, а H α ослабляется или наблюдается ямка в профиле эмиссионной линии. Ниже приводится описание спектров и комментарии для наиболее интересных объектов, в частности AGN.

IRAS 03347+7748 = BIG d010a. Отношение интенсивностей линий: [NII] λ 6584/H α = 0.71. Можно классифицировать как Comp. Наблюдается слабый непрерывный спектр, указывающий на красную галактику.

IRAS 03386+7909 = BIG d016. [OIII] λ 5007/H β = 12.30, [NII] λ 6584/H α = 1.04 и [OI] λ 6300/H α = 0.08. Классический Sy2. Наблюдается слабый непрерывный спектр.

IRAS 04033+6942 = BIG c011. [OIII] λ 5007/H β = 2.40, [NII] λ 6584/H α = 0.76 и [OI] λ 6300/H α = 0.42. По диагностическим диаграммам классифицируется как LINER. Наблюдается непрерывный спектр, указывающий на красную галактику.

IRAS 04140+7448 = BIG d049. Отношения интенсивностей линий формально равны: [NII] λ 6584/H α = 6.24, [OI] λ 6300/H α = 0.72, однако слабость линии H α указывает на наличие наложенного абсорбционного компонента. Поэтому объект классифицирован как AGN без точного определения типа. Наблюдаются линии поглощения H β , MgI λ 5180 и NaI λ 5890.

IRAS 04183+7457 = BIG d053. [NII] λ 6584/H α = 0.69, чем объект располагается в районе между типами AGN и HII. Классифицируется как Comp. Наблюдается красный

непрерывный спектр и линии поглощения H β , MgI λ 5180 и NaI λ 5890.

- IRAS 05196+7257 = BIG c064. [OIII] λ 5007/H β =7.12, [NII] λ 6584/H α =0.76 и [OI] λ 6300/H α =0.14. Классический Sy2.
- IRAS 05214+7741 = BIG d081a. Отсутствие H β не позволяет классифицировать объект по диагностическим диаграммам, однако отношение линий [NII] λ 6584/H α =0.93 соответствует Sy2 (или LINER). Наблюдается слабый непрерывный спектр.
- IRAS 05275+6600 = BIG b014. [NII] λ 6584/H α =0.79, чем объект располагается в области между типами AGN и HII. Звездная составляющая значительна: наблюдается красный непрерывный спектр и сильная линия поглощения NaI λ 5890.
- IRAS 05475+7449 = BIG d104. [NII] λ 6584/H α =0.86, чем объект располагается в районе между типами AGN и HII. Классифицируется как Comp. Звездная составляющая значительна: наблюдается красный непрерывный спектр и линии поглощения H β , MgI λ 5180 и NaI λ 5890.
- IRAS 06273+6858 = BIG b054bc. Компоненты "b" и "c" находятся в непосредственной близости и сильно взаимодействуют. Расположение щели спектрографа (PA = 60°) позволило одновременно наблюдать оба компонента. Отношение интенсивностей линий компонента "c" [OIII] λ 5007/H β =6.11, [NII] λ 6584/H α =0.64 и [OI] λ 6300/H α =0.12. По диагностическим диаграммам классифицируется как классический Sy2. Наблюдения позволили подтвердить физическую связь двух галактик (скорость их относительного движения равна 280 км/с).
- IRAS 06319+7536 = BIG d120a. [OIII] λ 5007/H β =1.98 и [NII] λ 6584/H α =0.67. По диагностическим диаграммам классифицируется как Comp.
- IRAS 07021+7349 = BIG d134. [NII] λ 6584/H α =0.97 и [OI] λ 6300/H α =0.11. Звездная составляющая значительна (непрерывный спектр и линии поглощения H β , MgI λ 5180 и NaI λ 5890). Отсутствие эмиссионной H β не позволяет классифицировать объект по диагностическим диаграммам, однако ввиду сильной линии [OI] λ 6300 это по видимому LINER.
- IRAS 07205+7842 = BIG d137. [OIII] λ 5007/H β =5.56, [NII] λ 6584/H α =0.88 и [OI] λ 6300/H α =0.08. Классический Sy2. Наблюдается слабый непрерывный спектр.
- IRAS 07225+7653 = BIG d138. [NII] λ 6584/H α =1.25, однако слабость линии H α указывает на наличие наложенного абсорбционного компонента. Поэтому объект классифицирован как AGN без точного определения типа. Звездная составляющая очень значительна: наблюдаются линии поглощения H β , MgI λ 5180 и NaI λ 5890.
- IRAS 07479+7832 = BIG d141a. Имеет наибольшее красное смещение, полученное для галактик выборки BIG. По ИК-светимости можно классифицировать как ULIG.
- IRAS 08054+6824 = BIG b080. [OIII] λ 5007/H β =3.01, [NII] λ 6584/H α =0.77 и [OI] λ 6300/H α =0.05. Располагается в области между AGN и HII и по диагностическим диаграммам классифицируется как Comp.
- IRAS 09244+7405 = BIG d170. [OIII] λ 5007/H β =6.89, [NII] λ 6584/H α =1.17, что по диагностическим диаграммам соответствует классическому Sy2. Непрерывный спектр указывает на голубую галактику.
- IRAS 09305+6813 = BIG b114. [OIII] λ 5007/H β =16.38, [NII] λ 6584/H α =0.88 и [OI] λ 6300/H α =0.12. Классический Sy. Наблюдаются также линии Fe, в частности [FeVII] λ 6087 и возможно, линии FeII, что может быть признаком типа NLS1 (Narrow Line Seyfert 1, [28]).
- IRAS 10272+6953 = BIG c200b. [NII] λ 6584/H α =0.70. Есть признаки наличия наложенного абсорбционного компонента. Звездная составляющая значительна: наблюдаются глубокие линии поглощения H β , MgI λ 5180 и NaI λ 5890. Можно классифицировать как Comp.
- IRAS 10276+7443 = BIG d196. Отношение интенсивностей линий формально равно log[NII] λ 6584/H α =1.04, однако слабость линии H α указывает на наличие наложенного абсорбционного компонента. Поэтому объект классифицирован как AGN без точного определения типа. Звездная составляющая очень значительна: наблюдаются линии поглощения H β , MgI λ 5180 и NaI λ 5890.

- IRAS 10383+7637 = BIG d207. [NII] λ 6584/ $H\alpha$ =1.95, однако слабость линии $H\alpha$ указывает на наличие наложенного абсорбционного компонента. Поэтому объект классифицирован как AGN без точного определения типа. Звездная составляющая очень значительна: наблюдаются линии поглощения $H\beta$, MgI λ 5180 и NaI λ 5890.
- IRAS 11008+7915 = BIG d219ab. Расположение щели спектрографа ($PA = 124^\circ$) позволило одновременно наблюдать компоненты "а" и "б". Наблюдения позволили подтвердить физическую связь двух галактик (красное смещение обоих компонентов в точности одинаково).
- IRAS 11059+7117 = BIG c213. [NII] λ 6584/ $H\alpha$ =0.81 и [OI] λ 6300/ $H\alpha$ =0.06. Отсутствие $H\beta$ не позволяет классифицировать объект по диагностическим диаграммам, однако по отношениям имеющихся линий располагается между AGN и III. Можно отнести к Composite.
- IRAS 11085+7712 = BIG d224ab. Компоненты "а" и "б" находятся в непосредственной близости и сильно взаимодействуют. Расположение щели спектрографа ($PA = 25^\circ$) позволило одновременно наблюдать оба компонента. Отношение интенсивностей линий компонента "а" [OIII] λ 5007/ $H\beta$ =1.02, [NII] λ 6584/ $H\alpha$ =0.64 и [OI] λ 6300/ $H\alpha$ = 0.10. Объект располагается в районе между LINER и III и можно классифицировать как Comp. Непрерывный спектр указывает на голубую галактику. Отношение интенсивностей линий компонента "б" [NII] λ 6584/ $H\alpha$ =0.90 и [OI] λ 6300/ $H\alpha$ = 0.22, однако слабость линии $H\alpha$ указывает на наличие наложенного абсорбционного компонента. Поэтому объект классифицирован как AGN без точного определения типа. Наблюдения позволили подтвердить физическую связь двух галактик (скорость их относительного движения равна 170 км/с).
- IRAS 11436+7438 = BIG d237. По-видимому, наложение галактики Sy2 и области III. Классифицируется как Comp.
- IRAS 12477+7936 = BIG d258ab. Расположение щели спектрографа ($PA = 45^\circ$) позволило одновременно наблюдать компоненты "а" и "б", однако из-за плохого качества спектра компонент "б" не удается классифицировать.
- IRAS 13045+7016 = BIG c229ab. Расположение щели спектрографа ($PA = 30^\circ$) позволило одновременно наблюдать компоненты "а" и "б". Для компонента "а" невозможно определить класс активности (классифицирован как Em). Наблюдения позволили подтвердить физическую связь двух галактик (скорость их относительного движения равна всего 10 км/с).
- IRAS 13286+7258 = BIG c232. [NII] λ 6584/ $H\alpha$ =0.97, однако относительная слабость линии $H\alpha$ указывает на наличие наложенного абсорбционного компонента. Поэтому объект классифицирован как AGN без точного определения типа. Звездная составляющая очень значительна: наблюдается интенсивный непрерывный спектр и линии поглощения $H\beta$, MgI λ 5180 и NaI λ 5890.
- IRAS 13300+7219 = BIG c234. [NII] λ 6584/ $H\alpha$ =0.74 и [OI] λ 6300/ $H\alpha$ =0.15. Располагается в области между AGN и III и классифицируется как Comp.

5. *Анализ полученных результатов и заключение.* В данной работе проведены спектральные наблюдения 66 BIG объектов. Определены параметры спектральных линий для всех объектов, вычислены красные смещения, лучевые скорости, расстояния, абсолютные звездные величины, инфракрасные и далекие инфракрасные светимости, построена диагностическая диаграмма на основе отношений интенсивностей эмиссионных линий и определен тип активности объектов. Объекты имеют красные смещения в диапазоне $0.01194 + 0.17344$, абсолютные звездные величины $-16^m.7 + -24^m.0$, $L_{IR}/L_{\odot} - 7.19 \cdot 10^9 + 1.16 \cdot 10^{12}$ и $L_{FIR}/L_{\odot} - 3.59 \cdot 10^9 + 8.66 \cdot 10^{11}$. На рис.3 приведено распределение объектов по упомянутым характеристикам.

Среди исследуемых объектов обнаружено 6 галактик типа Sy2, 2 LINER, 8 AGN (Sy или LINER), 10 Composite, 34 HII, 4 имеют эмиссионный спектр (обозначены как Em), но по типу активности не классифицируются из-за плохого качества спектров и 2 объекта имеют большие шумы в спектрах без каких-либо линий. Среди исследуемых объектов 43 являются радиоисточниками NVSS [29], причем среди них попадают 20 из 26 AGN, что подтверждает высокую вероятность оказания AGN ИК-источников, совпадающих с радиоисточниками.

Объект IRAS 07479+7832 = BIG d141a является сверхсветимой ИК-галактикой (ULIG) и 21 являются галактиками LIG. По близости значений z выявлены 4 физические пары, являющиеся оптическими двойниками IRAS источников. Полученная в среднем высокая ИК-светимость для всех этих объектов подтверждает мнение о том, что по-видимому, явление LIG/ULIG связано со взаимодействиями галактик.

Результаты данной работы подтвердили наличие интересных объектов среди галактик BIG. Конечной целью спектральных наблюдений выборки является выявление интересных объектов для последующих наблюдений с более крупными телескопами, определения ее состава в отношении различных типов галактик, а также оценка состава IRAS источников на

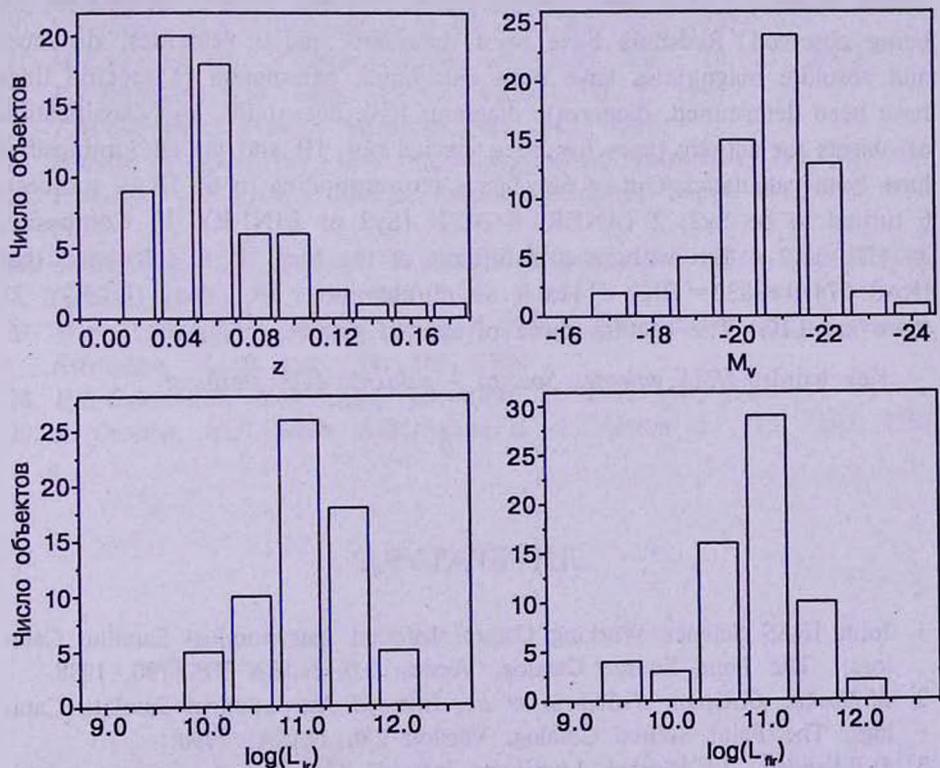


Рис.3. Распределение исследуемых объектов BIG по z , M_V , L_V и L_{IR} .

высоких галактических широтах.

Работа была выполнена благодаря Французско-Армянскому сотрудничеству (Jumelage), в рамках которого автор посетил ОНР для проведения наблюдений. Автор благодарит Ф.Верона и М.-П.Верон-Сетти за полезные обсуждения и советы по улучшению работы, а также за любезное предоставление программы "extohp" для автоматической обработки спектров.

Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна,
Армения, e-mail: aregmick@bao.sci.am

SPECTRAL OBSERVATIONS OF BIG OBJECTS. III

А.М.МICKAELIAN

The results of spectral observations of 66 objects from the BIG (Byurakan-IRAS Galaxies) sample made with the Observatoire de Haute-Provence (OHP, France) 1.93-m telescope are given. Emission lines in 64 galaxies are being observed. Redshifts have been measured, radial velocities, distances and absolute magnitudes have been calculated, parameters of spectral lines have been determined, diagnostic diagrams have been built, and classification of objects for activity types has been carried out, IR and far IR luminosities have been calculated. Out of 66 objects (corresponding to 61 IRAS sources), 6 turned to be Sy2, 2 LINER, 8 AGN (Sy2 or LINER), 10 Composite, 34 HII, and 4 Em without a definition of the type. It is calculated that IRAS 07479+7832 = BIG d141a is an ultraluminous IR galaxy (ULIG), 21 more are LIG. The spectra some of studied galaxies are given.

Key words: *IRAS galaxies: Spectra - galaxies: AGN: starburst*

ЛИТЕРАТУРА

1. Joint IRAS Science Working Group. Infrared Astronomical Satellite Catalogs, The Point Source Catalog, Version 2.0, NASA RP-1190, 1988.
2. M. Moshir, G. Kopan, T. Conrow et al., Infrared Astronomical Satellite Catalogs, The Faint Source Catalog, Version 2.0, NASA, 1990.
3. D.B. Sanders, I.F. Mirabel, Luminous Infrared Galaxies, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 34, 749, 1996.

4. *H.E.Smith*, ASP Conf. Ser., 284, 157, 2002.
5. *S.Veilleux*, ASP Conf. Ser., 284, 111, 2002.
6. *A.J.Barger, L.L.Cowie, E.A.Richards*, Astron. J., 119, 2092, 2000.
7. *A.M.Mickaelian, S.K.Balayan, S.A.Hakopian*, ASP Conf. Ser., 284, 217, 2002.
8. *А.М.Микаелян*, Астрофизика, 45, 357, 2002.
9. *T.McGlynn, N.E.White, K.Scollick*, ASP Conf. Ser., 61, 34, 1994.
10. *B.M.Lasker, J.Doggett, B.McLean et al.*, The Second Generation Digitized Sky Survey, ASP Conf. Ser., 101, 88, 1996.
11. *B.E.Markarian, V.A.Lipovetski, J.A.Stepanian, L.K.Erastova, A.I.Shapovalova*, Commun. Special Astrophys. Obs., 62, 5, 1989.
12. *V.L.Afanasyev et al.*, 1995, at <<http://www.sao.ru/bta/btabm.html#\instr>>
13. *А.М.Микаелян, С.А.Акопян, С.К.Балаян, А.Н.Буренков*, Письма в Астрон. ж., 24, 736, 1998.
14. *С.К.Балаян, С.А.Акопян, А.М.Микаелян, А.Н.Буренков*, Письма в Астрон. ж., 27, 330, 2001.
15. *А.М.Микаелян, Л.Р.Оганесян, Л.А.Саргсян*, Астрофизика, 47, 109, 2004.
16. *G.Lemaitre, D.Kohler, D.Lacroix, J.-P.Meunier, A.Vin*, Astron. Astrophys., 228, 546, 1989.
17. *P.Massey, K.Strobel, J.V.Barnes, E.Anderson*, Astrophys. J., 328, 315, 1988.
18. *A.R.Klemola, B.F.Jones, R.V.Hanson*, Astron. J., 94, 501, 1987.
19. *М.П.Верон-Сетти*, частное сообщение, 1999.
20. *S.Veilleux, D.E.Osterbrock*, Astrophys. J., 63, 295, 1987.
21. *M.P.Veron-Cetty, P.Veron*, Astron. Astrophys. Rev., 10, 81, 2000.
22. *R.J.Terlevich*, Rev. Mex. Astron. Astrofis., 6, 1, 1997.
23. *T.M.Heckman*, Astron. Astrophys., 87, 142, 1980.
24. *P.Véron, A.C.Gonçalves, M.-P.Véron-Cetty*, Astron. Astrophys., 319, 52, 1997.
25. *P.-A.Duc, I.F.Mirabel, J.Maza*, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 124, 533, 1997.
26. *G.H.T.Hau, H.C.Ferguson, O.Lahav, D.Lynden-Bell*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 277, 125, 1995.
27. *M.H.K. De Grijp, W.C.Keel, G.K.Miley, P.Goudfrooij, J.Lub*, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 96, 389, 1992.
28. *D.E.Osterbrock, R.W.Pogge*, Astrophys. J., 297, 166, 1985.
29. *J.J.Condon, W.D.Cotton, E.W.Greisen et al.*, Astron. J., 115, 1693, 1998.

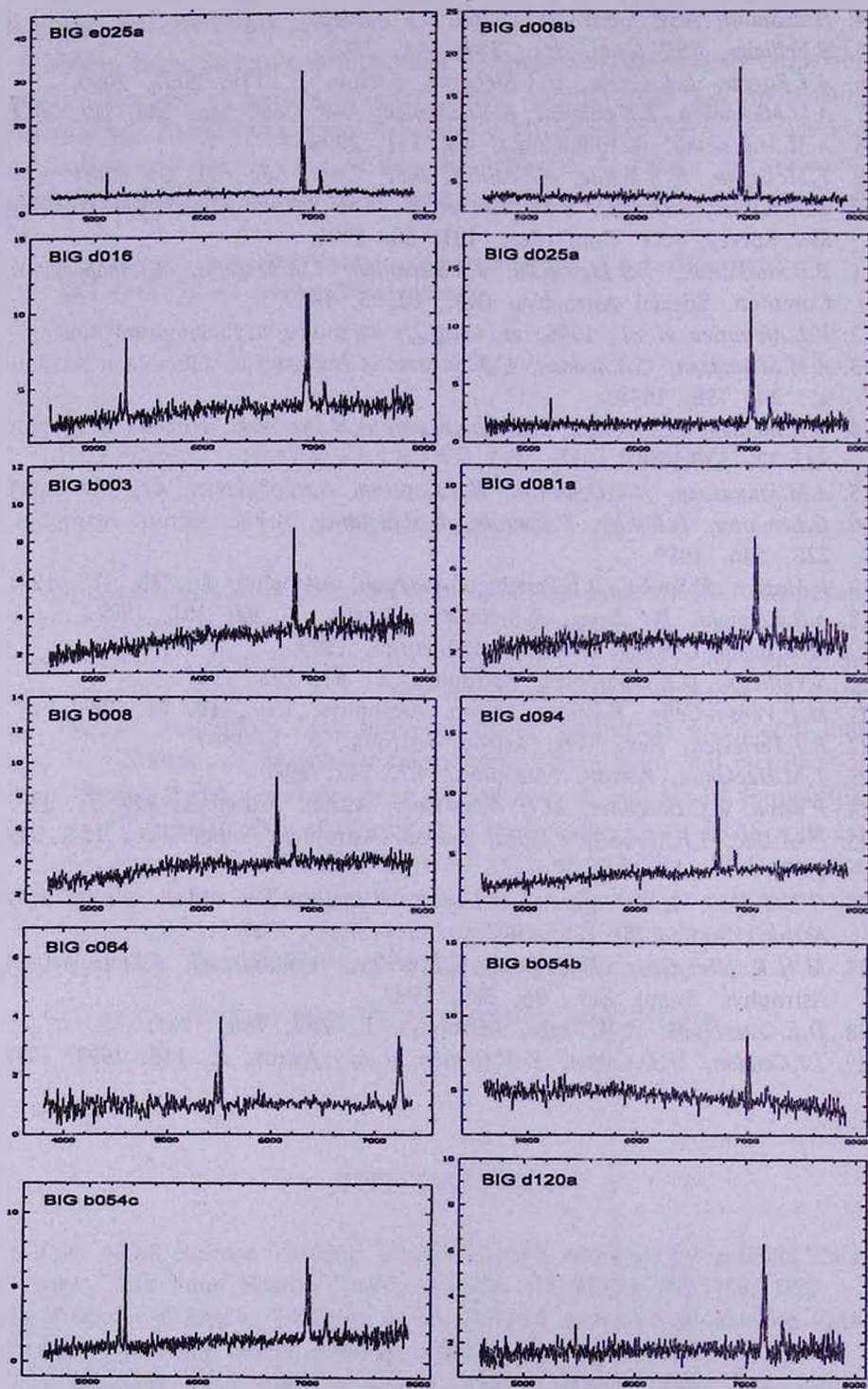


Рис.1. Спектры 36 объектов BIG, полученные на 1.93-м телескопе ОНР.

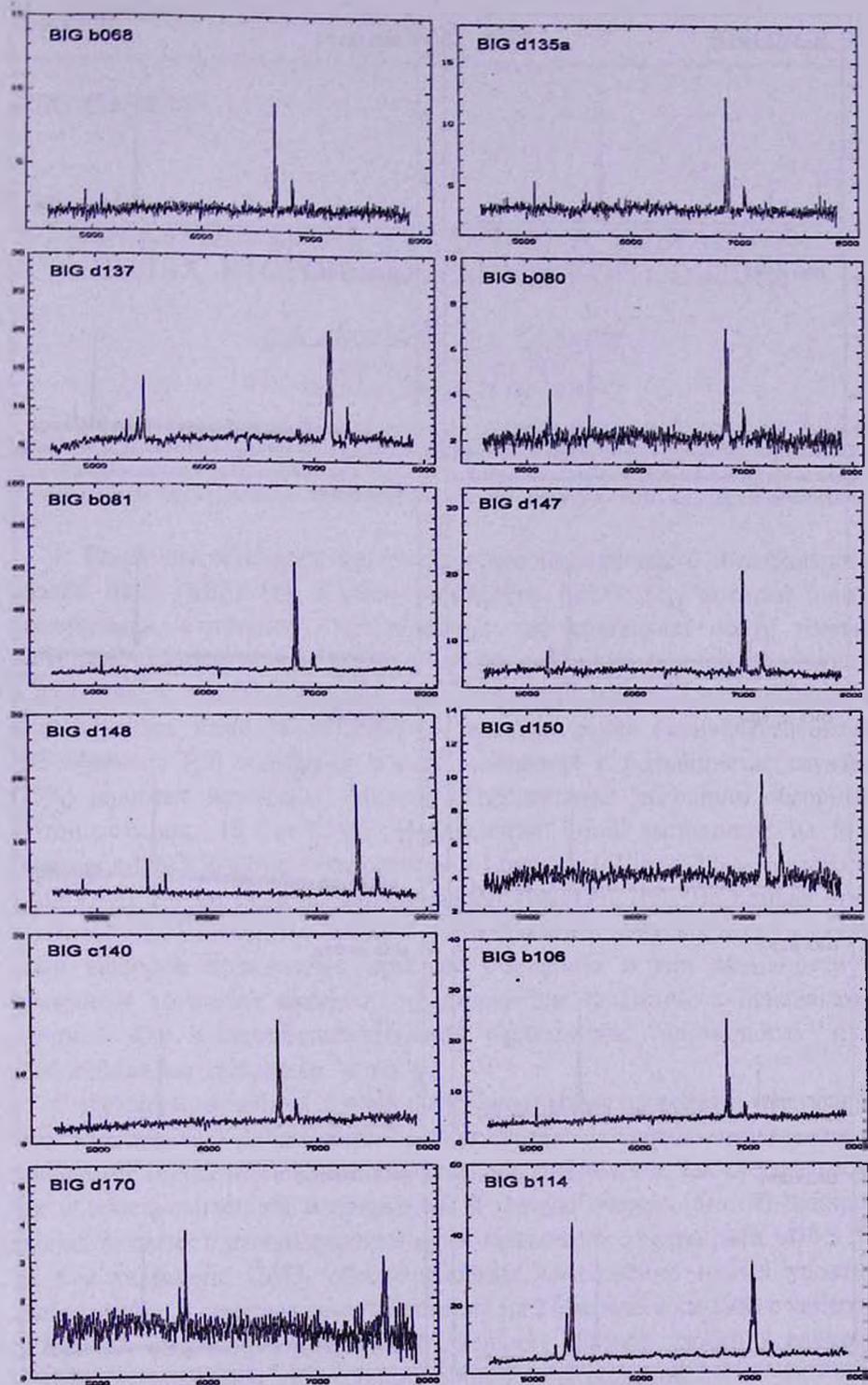


Рис.1. (продолжение).

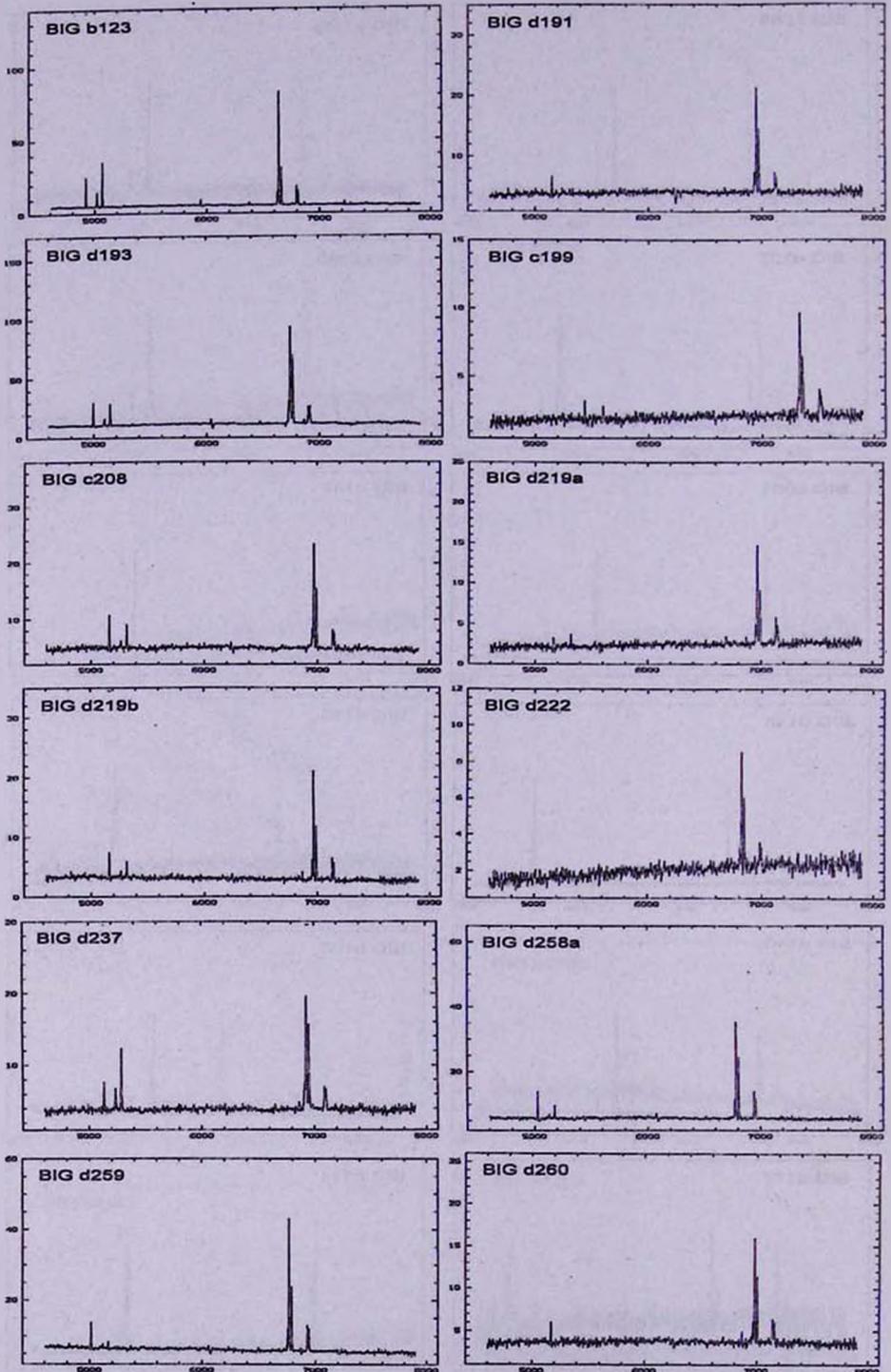


Рис.1. (продолжение).