

УДК: 524.74-355

СПЕКТРОСКОПИЯ ГАЛАКТИК В ИЗБРАННЫХ ПОЛЯХ ВТОРОГО БЮРАКАНСКОГО ОБЗОРА

С.А.АКОПЯН, С.К.БАЛАЯН

Поступила 14 ноября 2003

Принята к печати 19 мая 2004

Приводятся результаты спектроскопии 35-ти галактик из избранных полей Второго Бюраканского спектрального обзора неба. Наблюдения выполнены на 2.6-м телескопе БАО с использованием спектральной камеры SCORPIO. Большинство объектов наблюдались с целью уточнения классификационного типа, согласно представленной в статье адаптированной схеме.

1. *Введение.* Выборки галактик Второго Бюраканского спектрального обзора неба (SBS) [1] в семи избранных полях [2], которые нами исследуются, включают ~500 объектов, что составляет почти третью часть всех галактик обзора, отобранных по низкодисперсионным спектрам в 65 полях. С целью завершения последующей щелевой спектроскопии этих объектов нами были получены спектры ранее не наблюдававшихся 203 объектов ([3] и ссылки в ней), имеющих в большинстве случаев (75%) видимые величины, близкие к предельным значениям обзорных фотопластинок, $18 < m < 19.5$. Наблюдения были выполнены на 6-м телескопе CAO РАН со спектрографом Long Slit [4] и на 2.6-м телескопе БАО НАН РА со спектральной камерой YuFOSC [5]. На основе этих и других опубликованных данных ([6] и ссылки в ней) для всех галактик семи выборок определены красные смещения и тип активности - построены конечные выборки, группирующие галактики с признаками ядерной или звездообразовательной активности, "нормальные" или абсорбционные галактики и т.д.

С учетом накопленных данных в настоящее время проводится следующий этап исследований - "детальная" спектроскопия галактик - наблюдения с приборами, обеспечивающими получение дополнительной, как спектральной, так и пространственной информации. В первую очередь, это 3D-спектроскопия галактик с использованием мультызрачкового спектрографа MPFS [7] на 6-м телескопе CAO, обеспечивающая качественно новый уровень исследований, и спектральные наблюдения на 2.6-м телескопе БАО с камерой SCORPIO, широкий спектральный диапазон которой удобен в случаях, требующих уточнения классификационного типа объектов.

В данной работе приводятся результаты, полученные на 2.6-м

телескопе со SCORPIO.

2. Наблюдения и обработка. Две идентичные спектральные камеры первичного фокуса, названные SCORPIO (Spectral Camera with Optical Reducer for Photometrical and Interferometrical Observations), были изготовлены в лаборатории спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов CAO - одна для 2.6-м телескопа БАО, вторая [8] для 6-м телескопа CAO. SCORPIO - это многорежимный фокальный редуктор первичного фокуса, предназначенный для наблюдения звездообразных и протяженных объектов. С камерой, установленной на 2.6-м телескопе, реализованы два режима наблюдений - режим получения прямых изображений (широкополосная и узкополосная фотометрия) и спектроскопия с длинной щелью.

На 2.6-м телескопе SCORPIO используется в комбинации с $2K \times 2K$ ПЗС-матрицей Lick3 на базе Loral 2063 $\times$ 2058, элементы которой имеют размер 15 мкм^2 , шум считывания $\sim 5e^-$. Результирующее поле зрения телескопа составляет $14' \times 14'$, пространственное разрешение - $0.42''$ /элемент. В спектральной моде используется гризма с решеткой 600 штрих/мм, с результирующей линейной дисперсией $1.7 \text{ \AA}/\text{эл}$.

Наблюдения проводились в декабре 2001г. и в феврале-марте 2002г. Перед получением спектра для большинства объектов снимались прямые изображения без фильтра. В некоторых случаях, таких, как наличие компонент или протяженной морфологии, прямые снимки получались с наложенным изображением щели. Щель, размером $6' \times 2'$, была зафиксирована в направлении E-W (П.У. = 90°).

Журнал наблюдений приводится в табл.1. Названия объектов, данные в первом столбце таблицы в формате SBS BHHMM + DDdA, приведены в соответствии с уточненными по DSS-2 (Digitized Sky Survey) экваториальными координатами соответствующей эпохи. Если данный объект в литературе встречается и под другим SBS-названием, оно приводится в скобках. Экваториальные координаты, JRA и JDec, приводятся в двух следующих столбцах таблицы, время суммарной экспозиции объекта за ночь и дата наблюдений - в третьем и четвертом столбцах, соответственно.

Редукция данных проводилась по стандартной схеме, для чего в каждую из ночей наблюдались спектрофотометрические стандарты [9], определялось электронное смещение (bias), темновой ток (dark), плоское поле (flat field), регистрировался спектр сравнения от газоразрядной лампы с наполнением He-Ne-Ag. Для редукции данных использовался программный пакет ESO-MIDAS.

По одиночным линиям спектра сравнения была определена зависимость инструментального профиля линий от длины волны, что учитывалось при расчете параметров спектральных линий объектов. В частности, в

Таблица 1

ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ

SBS название объекта	R.A.	Dec.	Суммарная экспозиция (с)	Дата наблюдений
	(2000)			
0747+593	07 51 51.1	+59 10 36	4800	22-12-01
0748+608	07 52 24.1	+60 44 40	2400	22-12-01
0753+610B	07 58 10.4	+60 56 38	2400	22-12-01
0754+574	07 58 31.0	+57 16 37	5700	22-12-01
0806+579B	08 10 15.4	+57 49 09	2400	24-12-01
0807+588	08 11 57.6	+58 42 02	2400	24-12-01
0808+580A [0807+580B]	08 12 08.6	+57 54 27	4800	24-12-01
0810+581	08 14 38.7	+58 01 19	2400	24-12-01
0933+508	09 37 11.0	+50 36 44	4800	21-12-01
0935+523 [0936+523]	09 39 22.1	+52 07 20	3000	24-12-01
0938+545	09 41 56.1	+54 17 02	2400	15-02-02
0939+527	09 42 24.4	+52 29 42	2400	22-12-01
0940+511 [0940+510]	09 44 01.7	+50 52 44	4800	21-12-01
0940+544	09 44 17.2	+54 11 28	6000	16-02-02
0943+563B [0943+563]	09 47 13.3	+56 06 07	4800	16-02-02
0944+526	09 47 36.1	+52 23 49	3700	21-12-01
0948+557	09 51 42.2	+55 31 28	6000	17-02-02
0951+504	09 54 35.0	+50 14 31	4800	21-12-01
0954+533	09 57 48.3	+53 07 49	6000	17-02-02
0955+526 [0954+526]	09 58 22.3	+52 26 49	4800	14-02-02
0955+540	09 59 09.1	+53 46 55	2400	15-02-02
			3000	16-02-02
1000+536	10 04 15.9	+53 23 31	3000	17-02-02
1000+561 [1000+560]	10 04 16.0	+55 51 29	2400	14-02-02
1000+560 [1001+560]	10 04 18.1	+55 50 49	6000	17-02-02
1113+598 [1114+598]	11 16 53.7	+59 31 48	2400	17-02-02
1122+610	11 25 15.3	+60 46 57	2400	07-03-02
1200+608	12 03 03.7	+60 31 16	2400	06-03-02
1204+591A	12 07 02.3	+58 49 57	2400	06-03-02
1204+591B	12 07 03.0	+58 49 41	2400	06-03-02
1210+537 [1210+537A]	12 12 56.1	+53 27 36	2400	07-03-02
1215+565	12 17 49.6	+56 14 42	4800	07-03-02
1225+571	12 28 00.5	+56 53 56	2400	07-03-02
1230+560	12 32 24.9	+55 43 57	2400	07-03-02
1520+572	15 21 27.0	+57 04 03	2400	06-03-02
1538+574B	15 40 04.8	+57 15 01	2400	06-03-02

длинноволновой области регистрируемого диапазона, куда попадает линия $H\alpha$ наблюдавшихся объектов, начиная с $\lambda \approx 660$ нм прослеживается асимметричное с "красной" стороны уширение инструментального профиля линий, которое на краю диапазона, $\lambda > 720$ нм, достигает 20-30%.

Регистрограммы спектров наблюдавшихся галактик приводятся в конце статьи.

3. *Свойства исследуемых галактик.* Как уже было отмечено, наблюдения со SCORPIO проводились с целью получения дополнительной спектральной информации и уточнения классификации галактик.

Классификация галактик проводилась в рамках разработанной с целью эффективного использования всего имеющегося спектрального материала адаптированной схемы, структура которой показана на рис.1. В основе схемы лежат известные диагностические критерии [10-18]. Галактики, обладающие звездообразовательной активностью любого типа (starburst, HII, BCG и др.), объединены под названием SfG (Starforming Galaxies)*,

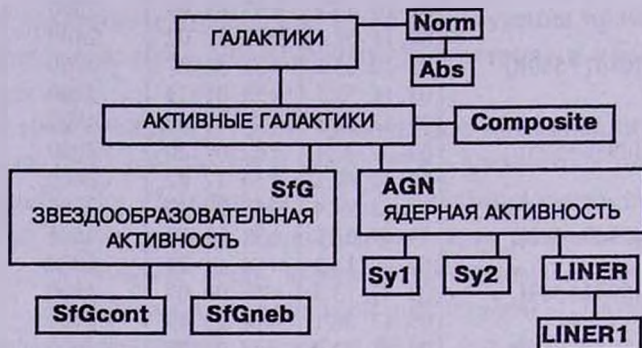


Рис.1. Адаптированная схема классификации галактик.

два подкласса из числа которых образованы по аналогии со схемой Терлевича [16]. Для отделения галактик со звездообразовательной активностью SfG от галактик с признаками ядерной активности AGN (Active Galactic Nuclei), используются отношения запрещенных и разрешенных линий [10]. Названия Sy1 и Sy2 используются для более широкого класса объектов, а галактики типа "одномерный LINER", ранее обозначаемые нами LINER:, выделены в отдельный подкласс, названный LINER1, куда попали также и некоторые из галактик ранее классифицированных Norm. Ниже приводится более детальное описание подклассов, образующих схему:

Sy1 - галактики типа Sy1.5 и ниже [11,12];

Sy2 - $[NII]\lambda 6584 \text{ \AA} / H\alpha > 0.7$ и $[OIII]\lambda 5007 \text{ \AA} / H\beta > 3$; галактики типа Sy1.6 и выше [11,12];

LINER - соответствие хотя бы двух отношений интенсивностей спектральных линий классическому определению [13];

LINER1 - одномерный LINER - $[NII]\lambda 6584 \text{ \AA} / H\alpha > 0.7$ (по аналогии с [14]), при наличии или отсутствии данных о линиях $[OIII]\lambda 5007 \text{ \AA}$ и $H\beta$;

Composite - галактики, обнаруживающие признаки и ядерной, и звездообразовательной активности (по аналогии с [15]);

* Вместо используемого в предыдущих работах HII.

SfGneb - галактики в фазе звездообразования, названной в схеме Терлевича [16] небулярной фазой, которая определяется, в частности, соотношением $EW\text{ H}\alpha > 100\text{\AA}$;

SfGcont - галактики в одной из двух фаз звездообразования, названных в схеме Терлевича [16] ранней континуальной и поздней континуальной, для которых соотношение $EW\text{ H}\alpha < 100\text{\AA}$ является общим;

Norm - галактика, в спектре которой в эмиссии присутствует только слабая $\text{H}\alpha$, $EW\text{ H}\alpha < 5\text{\AA}$, при наличии или отсутствии абсорбционных линий (по аналогии с [17]);

Abs - галактика, в спектре которой присутствуют только абсорбционные линии, и при этом имеющийся спектральный диапазон включает область линии $\text{H}\alpha$ [19].

В табл.2 собраны данные, характеризующие наблюдавшиеся галактики. В первом столбце приводится SBS-название объекта, аналогично табл.1, во втором - значение геоцентрического красного смещения, рассчитанное при значении постоянной Хаббла $H = 75 \text{ км/с Мпк}$. Глазомерная оценка видимой величины объекта m_v и размеры галактик в третьем и четвертом столбцах, соответственно, взяты из оригинальных работ [20] и ссылки. В случаях, когда размеры относятся к ядерной области галактики, в скобках приводятся также размеры всей галактики, определенные, как и значения позиционного угла галактик, приведенные в пятом столбце таблицы, по DSS-2. В двух последних столбцах приводятся результаты классификации: в шестом - ранее предполагаемый тип объекта и соответствующая ссылка, в седьмом - определенный по новым спектрам классификационный тип, согласно описанной выше адаптированной схеме. Звездочкой отмечены те галактики, которые по значениям диаметра и светимости при соответствующем спектре могут быть причислены к голубым компактным галактикам BCG (Blue Compact Galaxy) [18].

Сопоставления приведенных в табл.2 значений размеров и позиционного угла объектов с указанными выше размером и положением щели в большинстве случаев достаточно, чтобы представить отображаемую спектром часть галактики.

Две галактики, для которых ориентация щели совпала с направлением большой оси галактики, показывают значительную скорость вращения. Эллипсовидная галактика SBS 0753+610B - одна из наиболее крупных из числа наблюдавшихся со SCORPIO. Наклон линии поперечного разреза спектра по $\text{H}\alpha$ указывает на вращение со скоростями, достигающими $\sim 460 \text{ км/с}$. В случае линзовидной галактики SBS 0808+580A дисперсия скоростей достигает $\sim 280 \text{ км/с}$ на краях галактики.

Галактик с признаками ядерной активности, согласно новым спектрам, как следует из последнего столбца табл.2, - семь. Одна из них, SBS

СВОЙСТВА ГАЛАКТИК

SBS-название объекта	z	m_{R}	Диаметр (")	П.У.	Ранс пред- полагасмый тип объекта	Класс. по адаптированной схеме
0747+593	0.100	18.0	7	-	Norm [24]	SfGcont
0748+608	0.019	15.2	10(18 x 30)	160	HII-Norm [23]	SfGcont
0753+610B	0.022	15.5	27 x 15	110	Norm [23]	LINER1
0754+574	0.077	18.5	6	-	Norm: [24]	Norm
0806+579B	0.026	18.0	12 x 7(18 x 7)	30	Norm-HII [23]	SfGcont
0807+588	0.027	15.7	22 x 16(40 x 17)	120	HII-Norm [23]	SfGcont
0808+580A	0.026	17.5	24 x 8	100	LINER: [23]	SfGcont
0810+581	0.027	15.3	6(15 x 9)	150	Norm [23]	LINER1
0933+508	0.025	17.5	10	-	LINER: [23]	SfGcont
0935+523	0.049	17.5	9 x 7	170	Abs-Norm [23]	SfGcont
0938+545	0.050	15.7	15 x 10	70	Norm-HII [23]	SfGcont
0939+527	0.057	17.5	9 x 7	15	Abs-Norm [23]	Abs
0940+511	0.038	17.5	14 x 8	175	LINER: [23]	SfGneb
0940+544	0.006	19.5	4	-	Composite [23]	SfGneb*
0943+563B	0.026	18.0	6	-	BCG [23]	SfGneb*
0944+526	0.049	17.5	12	-	HII-Norm [23]	SfGcont
0948+557	0.097	18.0	9 x 6	20	LINER: [23]	SfGcont
0951+504	0.053	17.5	12	-	Sy2 [23]	Sy2
0954+533	0.079	18.0	9 x 6	10	HII [23]	SfGcont
0955+526	0.048	18.0	14 x 9	140	Norm: [25]	SfGcont
0955+540	0.040	16.5	12 x 9	85	HII [23]	SfGcont
1000+536	0.026	15.7	12 (50 x 17)	90	LINER: [25]	SfGneb
1000+561	0.026	15.7	14 (15 x 10)	135	HII: [23]	SfGcont
1000+560	0.026	18.5	4 (40 x 4)	45	HII: [25]	SfGcont
1113+598(N+S)	0.081	16.2	8 x 12	30	?+LINER [23]	LINER1+LINER1
1122+610	0.034	18.5	5	-	BCG [22]	SfGcont*
1200+608	0.066	17.0	13	-	LINER [22]	LINER1
1204+591A	0.031	16.5	14 x 7	85	LINER: [21]	LINER1
1204+591B	0.031	17.0	12 x 7	95	LINER [21]	SfGcont
1210+537	0.005	16.5	12 x 9	165	Sy2: [23]	SfGcont
1215+565	0.016	18.0	5	-	LINER: [26]	Norm
1225+571	0.028	17.5	9 x 6	30	LINER: [23]	SfGcont
1230+560	0.033	17.0	11 x 8	40	LINER: [23]	SfGcont
1520+572	0.072	18.5	9	-	LINER: [23]	SfGcont*
1538+574B	0.081	17.0	8	-	Starburst [22]	SfGneb

* BCG

0951+504, как и ранее, классифицирована Sy2, остальные - LINER1. Среди них двойная система SBS 1113+598 (VII Zw384, IRASF11139+5948), компоненты которой по отдельности наблюдались впервые. Спектры компонент идентичны и обе классифицированы LINER1. На рис.2а и 2б приводятся прямые снимки, полученные со SCORPIO до начала каждой из экспозиций, иллюстрируя положение щели для северной и южной компонент, SBS1113+598N и SBS1113+598S, соответственно.

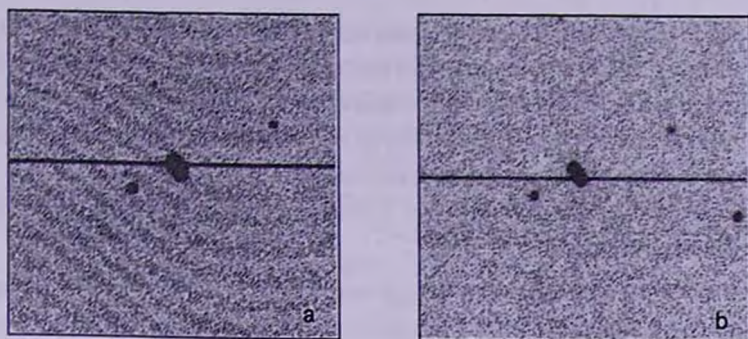


Рис.2. Полученные на 2.6-м телескопе прямые снимки с наложенным изображением шели: а - SBS1113+598N; б - SBS1113+598S.

Четыре галактики, классифицированные LINER1, кроме упомянутой пары, имеют примерно одинаковое значение $EW\ H\alpha \approx 5\text{\AA}$, т.е. пограничное для галактик типа Norm. Две из них, SBS 0753+610B и SBS 0810+581, ранее были классифицированы Norm, две другие, SBS 1200+608 и SBS 1204+591A, классифицировались LINER. Галактика SBS 1204+591B, составляющая физическую пару с SBS 1204+591A, ранее также классифицированная LINER, согласно новым спектрам находится в ранней континуальной фазе звездообразовательной активности - SfGcont.

О звездообразовательной активности свидетельствуют спектры большинства наблюдавшихся галактик, параметры четырех соответствуют и голубым компактным галактикам, BCG.

В континуальных фазах звездообразования, SfGcont, находятся 22 галактики. Ранее полученные спектры восьми из их числа, а именно, SBS 0808+580A, SBS 0933+508, SBS 0948+557, SBS 1204+591B, SBS 1210+537, SBS 1225+571, SBS 1230+560 и SBS 1520+572, не исключали наличия ядерной активности. В наиболее активной, небулярной фазе, SfGneb, находятся пять галактик. Две из них ранее были классифицированы адекватно: SBS 1538+574B - Startburst, SBS 0943+563B - BCG. Три другие наблюдались для уточнения слабых признаков ядерной активности: SBS 0940+511 и SBS 1000+536 считались LINER, SBS 0940+544 - Composite.

Три из наблюдавшихся со SCORPIO галактик не обнаруживают признаков, свойственных активным галактикам. Из них две, SBS 0939+527, классифицированная Abs, и SBS 0754+574, классифицированная Norm, практически подтвердили ранее предположенный тип. Галактика SBS 1215+565, тоже классифицированная Norm, ранее считалась LINER.

4. *Заключение.* Полученные со спектральной камерой SCORPIO на 2.6-м телескопе БАО щелевые спектры 35 галактик Второго Бюраканского

обзора обеспечили возможность уверенно классифицировать эти объекты и завершить тем самым классификацию в рамках адаптированной схемы всех исследуемых ~500 галактик обзора в избранных полях. Дальнейшие исследования включают и детальные исследования отдельных, наиболее интересных объектов, и статистический анализ данных, в частности, оценку эффективности отбора галактик при проведении Второго Бюраканского обзора.

Работа поддержана грантом Армянского Национального Фонда Науки и Образования ANSEF (Armenian National Scientific and Educational Fond) № 04-ps-astroex-815-144 (William S.Mesrobian Award in Astronomy).

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

SPECTROSCOPY OF GALAXIES IN THE SELECTED FIELDS OF THE SECOND BYURAKAN SURVEY

S.A.HAKOPIAN, S.K.BALAYAN

The results of spectroscopy of 35 galaxies from the selected fields of the Second Byurakan Survey are presented. Observations were carried out with the spectral camera SCORPIO, maintained at the 2.6-m telescope of BAO. Most part of objects have been observed with an aim to clarify classification type in frames of adapted classification scheme, presented in the paper too.

Key words: *galaxies: spectroscopy: classification - galaxies: active*

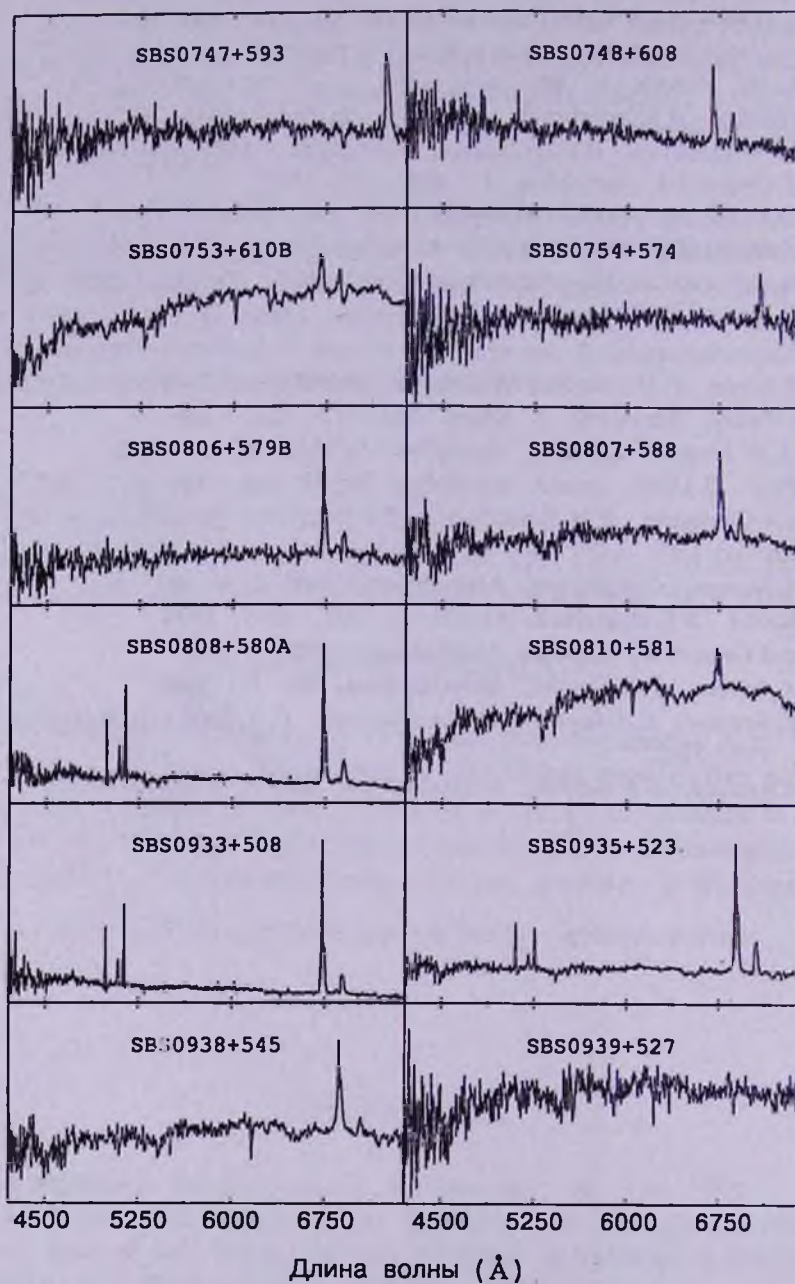
ЛИТЕРАТУРА

1. Б.Е.Маркарян, Дж.А.Степанян, *Астрофизика*, 19, 639, 1983.
2. S.A.Hakopian, S.K.Balayan, "Active Galactic Nuclei and Related Phenomena", Proc. of IAU Symp. 194, eds. Y.Terzian, D.Weedman, E.Khachikian, Astron. Soc. Pacif., Chelsea, Michigan, 1999, 162.
3. С.А.Акопян, С.К.Балаян, *Астрофизика*, 45, 329, 2002.
4. <http://www.sao.ru/hq/lsvfo/devices.html>3
5. Т.Н.Мовсессиан, Ж.Булестейкс, Ж.-Л.Гаш, С.Н.Заратсиан, С.К.Балаян, М.Н.Закариан, *Baltic Astronomy*, 9, 652, 2000.

6. *J.A.Stepanian, V.H.Chavushyan, L.Carrasco, J.R.Valdes, R.M.Mujica, H.M.Tovmassyan, V.T.Ayvazyan*, Astron. J., **124**, 1283, 2002.
7. http://www.sao.ru/hq/lsvfo/devices/mpfs/mpfs_main.html
8. <http://www.sao.ru/hq/moisav/scorpio/scorpio.html>
9. *J.B.Oke*, Astron. J., **99**, 1621, 1990.
10. *S.Veilleux, D.E.Osterbrock*, Astrophys. J. Suppl. Ser., **63**, 295, 1987.
11. *E.Ye.Khachikyan, D.W.Weedman*, Astrophys.J., **192**, 581, 1974.
12. *D.E.Osterbrock*, Astrophys. J., **404**, 551, 1993.
13. *T.M.Heckman*, Astron. Astrophys., **87**, 142, 1980.
14. *A.V.Filippenko, W.L.W.Sargent*, Astrophys. J. Suppl. Ser., **57**, 503, 1985.
15. *P.Veron, A.C.Goncalves, M.P.Veron-Cetty*, Astron. Astrophys., **319**, 52, 1997.
16. *R.Terlevich*, Rev. Mex. Astron. y Astrofis. (Serie de Conferencias), **6**, 1, 1997.
17. *I.M.Gioia, T.Maccacaro, R.E.Schild, A.Wolter, J.T. Stocke, S.L.Morris, J.P.Henry*, Astrophys. J. Suppl. Ser., **72**, 567, 1990.
18. *W.L.W.Sargent, L.Searle*, Astrophys. J., **162**, L155, 1970.
19. *E.Bica, D.Alloin*, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., **70**, 281, 1987.
20. *Дж.А.Степанян, В.М.Липовецкий, Л.К.Ерастова*, Астрофизика, **32**, 441, 1990.
21. *С.А.Акопян, С.К.Балаян*, Астрофизика, **44**, 588, 2001.
22. *A.Martel, D.E.Osterbrock*, Astron. J., **107**, 1283, 1994.
23. *Дж.А.Степанян*, Частное сообщение, 1995.
24. *С.А.Акопян, С.К.Балаян*, Астрофизика, **43**, 13, 2000.
25. *С.К.Балаян, С.А.Акопян, В.Л.Афанасьев, С.Н.Додонов*, Астрофизика, **44**, 199, 2001.
26. *С.А.Акопян, С.К.Балаян*, Астрофизика, **45**, 329, 2002.

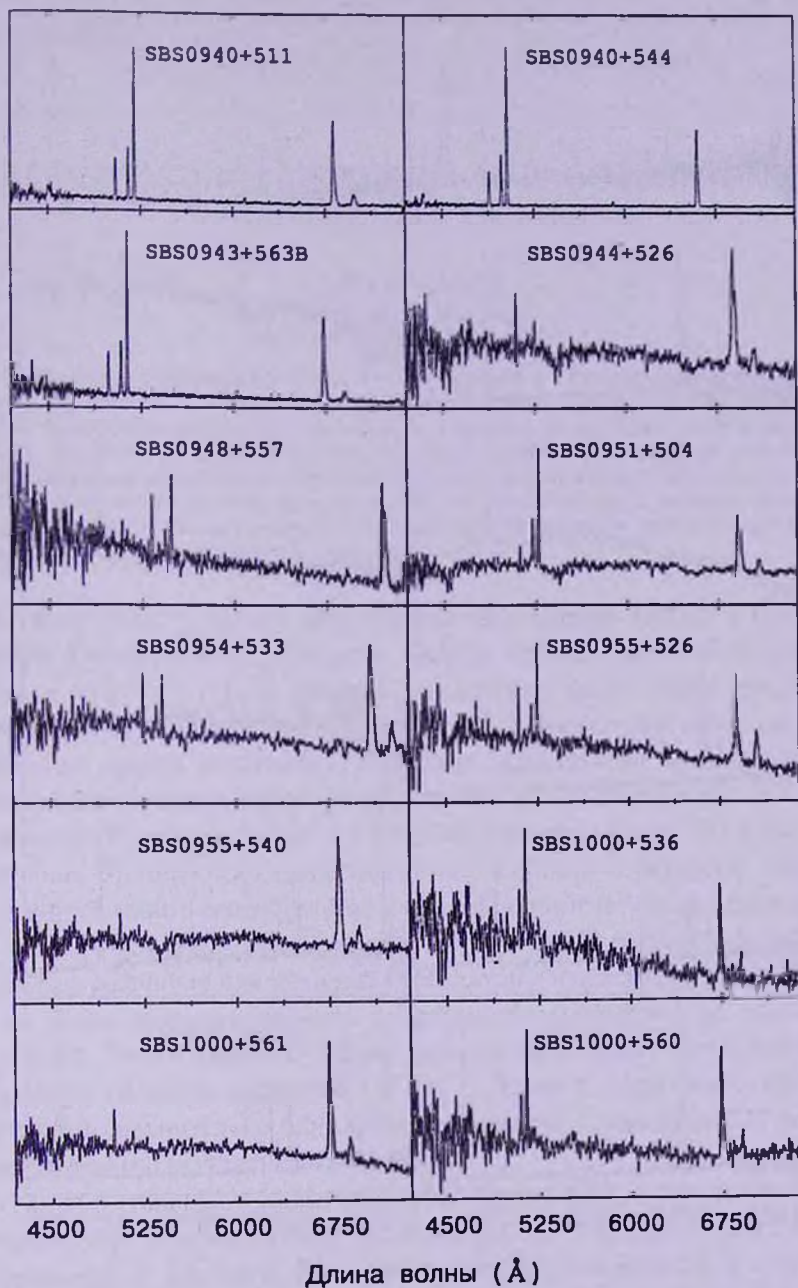
ЩЕЛЕВЫЕ СПЕКТРЫ ГАЛАКТИК SBS

Относительная интенсивность



ЩЕЛЕВЫЕ СПЕКТРЫ ГАЛАКТИК SBS

Относительная интенсивность



ЩЕЛЕВЫЕ СПЕКТРЫ ГАЛАКТИК SBS

Относительная интенсивность

