

УДК: 524.7—355

## СПЕКТРАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КВАЗАРОВ ВТОРОГО БЮРАКАНСКОГО ОБЗОРА СЕВЕРНОГО НЕБА.

### I. КВАЗАРЫ SBS 0953+549, SBS 1116+603 И SBS 1138+584

С. А. ЛЕВШАКОВ, Д. А. ВАРШАЛОВИЧ, Е. А. НАЗАРОВ

Поступила 7 марта 1986

Принята к печати 30 июня 1986

На 6-м телескопе с помощью сканера (IPCS) и спектрографа СП-124 исследованы с разрешением  $\sim 3.5 \text{ \AA}$  три новых квазара SBS 0953+549 ( $z_e=2.580$ ), SBS 1116+603 ( $z_e=2.628$ ) и SBS 1138+584 ( $z_e=1.699$ ). Приведен анализ спектров этих квазаров. Обсуждается возможная двухкомпонентная структура эмиссионной линии  $L_\alpha$  в квазаре SBS 1116+603: узкий пик ( $FWHM \approx 3000 \text{ км/с}$ ) и широкий pedestal ( $FWHM \approx 19\,400 \text{ км/с}$ ). В квазаре SBS 0953+549 профиль эмиссионной линии  $L_\alpha$  напоминает профили линий типа P Cyg, которые наблюдаются в спектрах звезд с расширяющимися оболочками: обнаружены две сильные ( $\tau \sim 1$ ) и широкие ( $FWHM \approx 1700$  и  $1000 \text{ км/с}$ ) абсорбционные линии с  $z_a=2.451$  и  $2.503$ , которые отождествлены как линии  $L_\alpha$ . Симметричные профили этих линий соответствуют  $N(\text{H I}) \approx 10^{20} \text{ см}^{-2}$  для облака с  $z_a=2.451$  и  $5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$  для облака с  $z_a=2.503$ . Оценены также плотности на луче зрения тяжелых элементов, найденных при  $z_a=0.3800$  (SBS 0953+549) и при  $z_a=1.4082$  (SBS 1138+584). Сравниваются плотности абсорбционных деталей в этих и других известных квазарах.

1. *Введение.* Выполняя программу исследования абсорбционных спектров далеких квазаров на 6-м телескопе АН СССР с помощью сканера, мы включили в нее несколько новых квазаров, открытых недавно в результате Второго Бюраканского обзора (SBS) северного неба с объективной призмой [1—4]. В настоящей работе приведены результаты спектральных наблюдений трех таких объектов: SBS 0953+549, SBS 1116+603 и SBS 1138+584. Ранее для них были получены в прямом фокусе БТА щелевые спектры с разрешением 8—10  $\text{\AA}$  с помощью спектрографа UAGS и ЭОП УМ-92, которые позволили отождествить основные эмиссионные линии и определить красные смещения этих квазаров [1—3]. Нами получены спектры с разрешением 3.5—4.0  $\text{\AA}$ , которые позволяют проанализировать не только эмиссионные линии, но и основные детали абсорбционных спектров этих квазаров.

2. *Наблюдения.* Спектральные наблюдения квазаров SBS 0953+549, SBS 1116+603 и SBS 1138+584 проводились в 1984/85 гг. с помощью спектрографа СП-124, установленного в фокусе Нэсмита 6-м телескопа АН СССР. Дифракционная решетка 650 штрихов/мм обеспечивала в первом порядке обратную дисперсию 100 А/мм и концентрацию света вблизи  $\lambda = 4400$  А. В качестве светоприемной аппаратуры использовался 1024-канальный счетчик фотонов (сканер). Результирующее спектральное разрешение  $FWHM$  (полная ширина аппаратной функции на половине интенсивности) в этих наблюдениях составляло 3.5—4.0 А, при этом спектральная ширина одного канала была равна  $\approx 1.7$  А. Основные данные о проведенных наблюдениях приведены в табл. 1.

Таблица 1

## СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ КВАЗАРОВ

Объект SBS	$z$	$B$	Дата	Спектральный диапазон (А)	$T_{\text{экс.}}$ (мин.)	Качество изображений
0953+549	2.580	17.5	25/26.01.84	3500—5200	60	дымка,
				5100—6800	60	$\beta \approx 2''-4''$
			5/6.02.84	3500—5200	85	$\beta \approx 2''$
1116+603	2.628	16.5	23/24.01.85	3500—5200	62	дымка,
1138+584	1.699	18	27/28.01.84	3500—5200	60	$\beta \approx 3''-4''$
				5100—6800	147	$\beta \approx 4''$

*Примечание.*  $\beta$  — средний размер изображений.

Для одновременной регистрации сигнала от объекта и фона неба использовались две входные щели размером  $(1''-2'') \times 4''$ , разнесенные друг от друга на  $40''$ . В окончательные спектры введены поправки, учитывающие как монотонное изменение чувствительности регистрирующей системы с длиной волны, так и флуктуации чувствительности отдельных каналов.

Для калибровки шкалы длин волн использовались линии He, Ne и Ag, которые записывались до и после каждой экспозиции. После приведения спектральных данных в шкалу длин волн отдельные спектры складывались для увеличения отношения «сигнал/шум». Вся первичная редукция данных проводилась на мини-ЭВМ СМ-4 с помощью специализированного языка СИПРАН, разработанного в САО АН СССР [5]. Полученные спектры представлены на рис. 1—3, на которых по оси абсцисс отложены наблюдаемые длины волн в А, а по оси ординат — относительные интенсивности  $N$  регистрируемых потоков излучения, пересчитанные на интервал  $\Delta\lambda = 3$  А в случае SBS 0953+549 и SBS 1138+584, либо на интервал  $\Delta\lambda = 1.5$  А в случае SBS 1116+603.

3. 1) Эмиссионные линии. Согласно современной точке зрения [6], широкие эмиссионные линии в спектрах квазаров возникают в облаках газа, окружающих центральный источник непрерывного излучения, имеющего нетепловую природу. Газ в облаках возбуждается за счет процессов фотоионизации [7]. Типичные средние значения ширины эмиссионных линий  $FWHM \approx 5000$  км/с. Считается, что такие большие ширины линий возникают в результате крупномасштабного движения газа в оболочке квазара, поэтому формы профилей эмиссионных линий дают представление об общей картине пространственного и динамического распределения газа вокруг центрального источника [8].

Эмиссионные линии, обнаруженные в спектрах квазаров SBS 0953+549, SBS 1116+603 и SBS 1138+584, сильно различаются по своим параметрам. Для каждого квазара основные характеристики эмиссионных линий представлены в табл. 2 в следующих столбцах: 1 — название объекта;

Таблица 2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ

Объект SBS	$z$	Ион	$\lambda_0^*$ (А)	$\lambda_{\text{обс}}^{\text{vac}}$ (А)	$W_\lambda$ (А)	$FWHM$ (км/с)	$z_c$
0953+549	2.580	$L_{\beta}/O\ VI$	1030	3685	70	6080	2.578
		$L_\alpha$	1216	4354	300	4090	2.581
		$N\ V$	1240	4442	39	4050	2.582
		$Si\ II$	1264	4526	7	3000	2.581
		$O\ I$	1304	4674	6	3900	2.584
		$Si\ IV/O\ IV]$	1400	5010	38	7200	2.579
		$C\ IV$	1549	5532	130	6500	2.571
		$N\ III]?$	1750	6275	5	720	2.586
1116+603	2.628	$L_{\beta}/O\ VI$	1030	3740	23	4700	2.631
		$L_\alpha$	1216	4408	$\begin{matrix} n \\ \omega \end{matrix}$ 88 400	$\begin{matrix} 3060 \\ 19400 \end{matrix}$	2.625
1138+584	1.699	$Si\ IV/O\ IV]$	1400	3773	19	7100	1.695
		$C\ IV$	1549	4196	53	4300	1.709
		$C\ III]$	1909	5142	38	6100	1.694

Примечание. \* — для блэнд взяты средние значения длин волн;  $n$  — узкий компонент  $L_\alpha$ ,  $\omega$  — широкий компонент  $L_\alpha$ ; значения эквивалентных ширины  $W_\lambda$  приводятся в единицах непрерывного спектра.

2 — среднее значение красного смещения; 3 и 4 — ион или атом и лабораторная длина волны эмиссионной линии; 5 и 6 — наблюдаемые значения длины волны и эквивалентной ширины эмиссионной линии; 7 — полная ширина линии на половине интенсивности; 8 — красные смещения, определенные по центрам тяжести эмиссионных линий.

2) *Индивидуальные особенности спектров. SBS 0953+549.* Оптический спектр этого квазара (рис. 1) типичен для спектров далеких квазаров: на фоне почти плоского континуума видны две сильные эмиссионные детали, которые однозначно отождествляются с линиями  $L_{\alpha}$  и C IV, и ряд более слабых эмиссионных линий. С коротковолновой стороны  $L_{\alpha}$  в спектре наблюдается большое число узких абсорбционных деталей. В голубом крыле  $L_{\alpha}$  обнаружены две очень сильные ( $\tau \sim 1$ ) абсорбционные линии, смещенные относительно пика  $L_{\alpha}$  на 6600 и 11200 км/с.

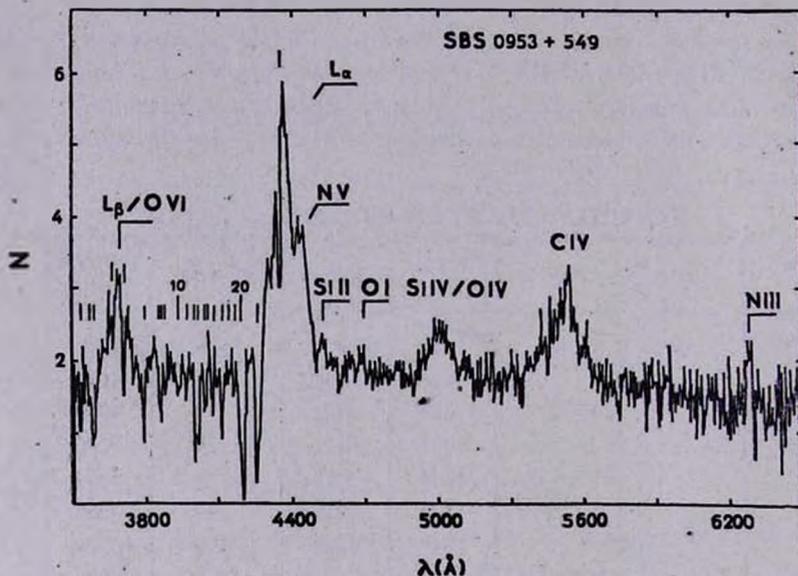


Рис. 1. Спектр квазара SBS 0953+549

Профили обнаруженных эмиссионных линий симметричны в пределах ошибок измерений. Линии  $L_{\alpha}$  и  $L_{\beta}/OVI$  сильно блендированы абсорбционными деталями, что затрудняет анализ. Однако профили  $L_{\alpha}$ , C IV и  $L_{\beta}/OVI$  качественно подобны, что свидетельствует о том, что они формировались в одной и той же области. Наряду с интенсивными линиями ионов высокой стадии ионизации (C IV, Si IV, NV, O VI) в спектре наблюдаются слабые линии иона Si II  $\lambda_0$  1264 и O I  $\lambda_0$  1304 Å.

*SBS 1116+603.* В спектре данного квазара наблюдаются две эмиссионные детали, которые отождествляются с линиями  $L_{\alpha}$  и  $L_{\beta}/OVI$  (рис. 2). Как и в других далеких квазарах, с коротковолновой стороны  $L_{\alpha}$  обнаружено множество абсорбционных деталей, которые сильно искажают про-

филь бленды  $L_3/O\ VI$  и голубое крыло  $L_2$ . В красном крыле  $L_2$  сильных абсорбционных деталей не зафиксировано. Поэтому, если предположить, что линия  $L_2$  симметрична, можно восстановить ее профиль, который, по-видимому, состоит из двух компонентов: широкого пьедестала и узкого пика. Полуширина узкого компонента  $L_2$  ( $FWHM = 3060$  км/с) несколько меньше среднего значения  $\langle FWHM \rangle = 5000$  км/с для квазаров, в то время как полуширина широкого компонента ( $FWHM = 19400$  км/с) почти в 4 раза превышает эту величину.

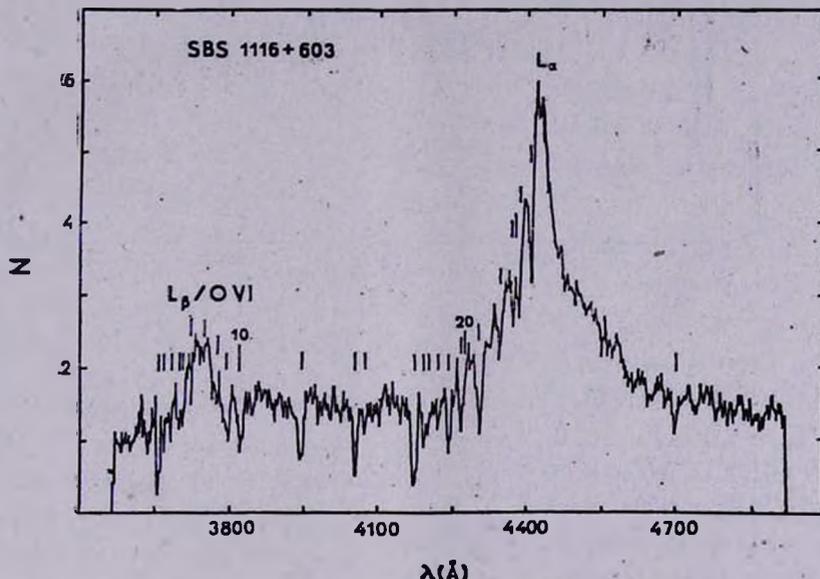


Рис. 2. Спектр квазара SBS 1116+603

Линия  $N\ V\ \lambda_0\ 1240$ , которая обычно наблюдается в красном крыле  $L_2$ , в спектре данного квазара отсутствует.

**SBS 1138+584.** В спектре этого объекта обнаружены три эмиссионные детали, которые однозначно отождествляются с линиями  $Si\ IV/O\ IV$ ,  $C\ IV$  и  $C\ III$ ] (рис. 3). На основе этого отождествления мы определили красное смещение квазара SBS 1138+584  $z_0 = 1.699$ . Отметим, что первоначально авторы SBS определили красное смещение этого квазара, как  $z_0 = 2.402$  [2], хотя в последующей публикации [4] отметили, что данное значение  $z_0$  нуждается в уточнении.

Обнаруженные эмиссионные линии симметричны в пределах ошибок измерений. В голубом крыле линии  $C\ III$ ], возможно, присутствует слабая

эмиссионная деталь, соответствующая линиям Al III  $\lambda_0$  1858 и/или Fe II  $\lambda_0$  1860 Å.

В спектре наблюдается также несколько узких абсорбционных линий.

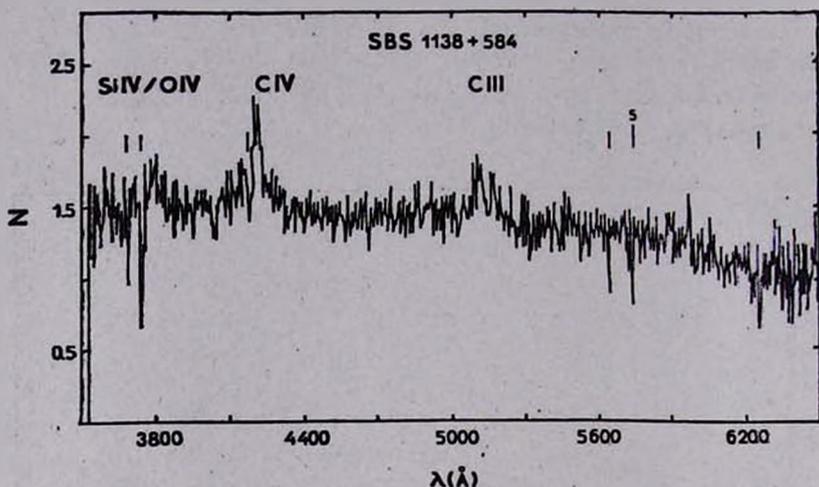


Рис. 3. Спектр квазара SBS 1138+584

4. 1) *Абсорбционные спектры.* В оптических спектрах далеких квазаров ( $z > 1$ ), как правило, присутствует большое число узких ( $FWHM \lesssim 150$  км/с) абсорбционных деталей. Их распределение по спектру неравномерно: с коротковолновой стороны от эмиссионной линии водорода  $H\text{I } L_\alpha$  — плотность абсорбционных деталей обычно в несколько раз выше, чем в длинноволновой.

Подобные спектры наблюдаются и в исследованных нами квазарах SBS 0953+549 и SBS 1116+603 (для квазара SBS 1138+584 линия  $L_\alpha$  не попадает в оптический диапазон).

Резкое увеличение числа абсорбционных деталей в диапазоне  $\lambda < \lambda_{L_\alpha}$  связывают с поглощением в резонансной линии водорода  $H\text{I } L_\alpha$  в веществе, физически не связанном с квазаром и расположенном на луче зрения между наблюдателем и квазаром [9], хотя, по-видимому, большая часть абсорбционных линий, которые наблюдаются в голубом крыле эмиссионной линии  $L_\alpha$  в диапазоне  $-20\,000 \text{ км/с} \lesssim \Delta\nu \lesssim 0 \text{ км/с}$  образуется в холодном газе, кинематически связанном с квазаром [12].

Основные абсорбционные детали, которые были обнаружены в квазарах SBS 0953+549, SBS 1116+603 и SBS 1138+584 перечислены в табл. 3—5, соответственно. В этих таблицах в вертикальных столбцах расположены: 1 — вакуумные значения наблюдаемых длин волн абсорбцион-

ных линий; 2 — эквивалентные ширины линий; 3 — название химического элемента; 4 — вакуумные значения лабораторных длин волн (взяты из работы [10]); 5 — соответствующие красные смещения отождествленных линий (латинскими буквами отмечены предполагаемые абсорбционные системы); 6 — абсолютные ошибки отождествлений. Следует отметить, что значения длин волн абсорбционных линий, которые наблюдались в диапазоне  $\lambda < 3800 \text{ \AA}$ , могут содержать систематические ошибки, связанные с отсутствием в наших калибровочных спектрах достаточного числа надежных реперных линий в указанном диапазоне. Эти линии отмечены в табл. 3—5 знаком «:».

Кроме перечисленных в этих таблицах абсорбционных линий в спектрах квазаров SBS 0953+549 и SBS 1116+603 в области  $\lambda < \lambda_{L_2}$  присутствует большое число более слабых абсорбционных деталей с эквивалентными ширинами  $W_\lambda \lesssim 1 \text{ \AA}$ , уровень обнаружимости которых не превышает  $3\sigma$  на наших спектрах.

2) *Абсорбционные системы. SBS 0953+549.* В спектре этого квазара в диапазоне 3500—6500  $\text{\AA}$  уверенно выделяются 22 абсорбционных детали, причем все они лежат в области  $\lambda < \lambda_{L_2}$ . В области  $\lambda > \lambda_{L_2}$  сильных абсорбционных деталей нет. Из обнаруженных 22 абсорбционных деталей 9 удается отождествить с линиями тяжелых элементов (C IV, Mg I, Mg II и Fe II) и 4 — с линиями водорода H I  $L_2$  и/или  $L_3$ . Отождествленные линии объединены в абсорбционные системы A, B, C и D по параметру  $z_a$ . При этом контролировалось выполнение условия  $|\lambda_{\text{обс}}^{\text{vac}} - \lambda_0(1 + \bar{z}_a)| < R$ , где  $R$  — ширина канала в  $\text{\AA}$ , а  $\bar{z}_a$  — среднее значение  $z$  для всех линий, входящих в систему.

Среди этих систем только система A с  $z_a = 0.3800$  имеет достаточно высокую статистическую значимость: среднее число  $M$  (метод расчета см. в работе [11]) ложных систем, подобных системе A, которые можно обнаружить в результате случайного совпадения длин волн в данном спектре квазара, равно  $4 \cdot 10^{-3}$ , в то время как для систем B, C и D значение  $M \sim 1$ .

В состав системы A входят линии Fe II  $\lambda_0$  2600, 2587  $\text{\AA}$ , дублет Mg II  $\lambda_0$  2804, 2796  $\text{\AA}$  и линия Mg I  $\lambda_0$  2853  $\text{\AA}$ , являющиеся основными опорными линиями в абсорбционных системах с  $0.2 \lesssim z_a \lesssim 1.5$  в хорошо изученных квазарах, как например, PHL 938:  $z_e = 1.95$  и  $z_a = 0.613$  [13]; Q 0453—423:  $z_e = 2.659$  и  $z_a = 1.149$  [14]; S5 0014 + 81:  $z_e = 3.38$  и  $z_a = 1.112$  [15, 16] и др.

Существенно, что для рассматриваемой системы также  $z_a \ll z_e$ . Для абсорбционных систем такого типа, красное смещение которых  $z_a$  значительно отличается от  $z_e$  ( $\Delta z \geq 0.5$ ) и в которых наблюда-

ются линии ионов низкой степени ионизации, было предположено [17, 18], что они образуются в межзвездном газе далеких галактик, случайно попавших на луч зрения между наблюдателем и квазаром. По этим причинам, по-видимому, система А в квазаре SBS 0953 + 549 должна иметь подобное происхождение. Оценка лучевых концентраций Fe II, Mg II и Mg I в поглощающей области с  $\bar{z}_a = 0.3800$  приводит к следующим значениям:  $N(\text{Fe II}) \lesssim 10^{15} \text{ см}^{-2}$ ,  $N(\text{Mg II}) \simeq 10^{14} \text{ см}^{-2}$  и  $N(\text{Mg I}) > 10^{13} \text{ см}^{-2}$ .

Таблица 3

АБСОРБЦИОННЫЕ ЛИНИИ В СПЕКТРЕ КВАЗАРА SBS 0953+549

	Наблюдение		Ион	Отождествление		$\Delta\lambda$ (Å)	
	$\lambda_{\text{obs}}^{\text{vac}}$ (Å)	$W_\lambda$ (Å)		$\lambda_0$ (Å)	$z_a$		
1	3533:	3.3					
2	3569:	2.0	Fe II	2586.7	0.380 (A)	-0.9	
3	3584:	8.4	Fe II	2600.2	(A)	бленда	
4	3666:	1.8	HI L $\beta$	1025.7	2.574 (D)		-1.2
5	3709:	6.0					
6	3794.2	6.9					
7	3859.1	4.6	Mg II	2796.4	0.3800 A	-0.2	
8	3869.3	3.0	Mg II	2803.6	0.3801 A	0.1	
9	3879.8	2.0					
10	3937.7	4.0	Mg I	2853.0	0.3802 A	0.3	
11	3964.8	2.2					
12	4004.9	7.5	Mg II	2796.4	0.4322 B	-1.1	
13	4017.4	6.0	Mg II	2803.6	0.4329 B	1.1	
14	4043.8	2.4	C IV	1548.2	1.6119 C	0.2	
15	4050.3	1.7	C IV	1550.8	1.6117 C	-0.1	
16	4075.4	5.1					
17	4115.2	7.7					
18	4143.9	2.5					
19	4165.4	2.6					
20	4195.9	25.0	HI L $\alpha$	1215.7	2.4514		
21	4259.1	17.0	HI L $\alpha$	1215.7	2.5034		
22	4348.1	3.0	HI L $\alpha$	1215.7	2.5766 D	1.6	

Примечание.  $\Delta\lambda = \lambda_{\text{obs}}^{\text{vac}} - \lambda_0(1 + \bar{z}_a)$ .

Кроме системы А в спектре SBS 0953+549 обращают на себя внимание две сильные ( $\tau \sim 1$ ) абсорбционные линии с  $\lambda = 4196$  и  $4259$  Å, эквивалентные ширины  $W_\lambda$  которых соответственно равны 25 и 17 Å, что однозначно указывает на природу этих линий — резонансное поглощение

з линии  $L_{\alpha}$  атомарного водорода H I. Каждая из линий имеет симметричный профиль. Обе они расположены в голубом крыле эмиссионной линии  $L_{\alpha}$  и смещены относительно ее пика на 11200 км/с и 6600 км/с, соответственно. Полуширины этих линий в несколько раз превышают полуширину инструментального контура, поэтому имеет смысл оценка дисперсии скоростей газа, в котором образовались данные линии: для линии 4196 А  $FWHM = 1700$  км/с, а для линии 4259 А  $FWHM = 1000$  км/с. Эти ширины значительно превосходят средние значения ширин узких абсорбционных деталей в квазарных спектрах, для которых  $FWHM \lesssim 150$  км/с, но, в то же время, почти в 20 раз меньше ширин широких абсорбционных деталей, которые наблюдаются в BAL-квазарах, где  $FWHM = 20\,000\text{—}30\,000$  км/с [12]. Значения сопутствующих эквивалентных ширин ( $W_{\lambda} = W_{\lambda}/(1 + z_a)$ ) линий 4196 и 4259 А соответствуют лучевым концентрациям водорода  $N(\text{H I}) \approx 10^{20}$  см $^{-2}$  и  $5 \cdot 10^{19}$  см $^{-2}$ .

Отметим также, что на длине волны  $\lambda = 4604$  А наблюдается слабая абсорбционная деталь, ширина и положение которой соответствует линиям C II  $\lambda_0$  1334.5 и C II\*  $\lambda_0$  1335.7 А, имеющим такое же красное смещение  $z_a = 2.451$ , как и линия  $L_{\alpha}$   $\lambda$  4196 А. К этой же системе могла бы принадлежать и линия  $\lambda = 4348$  А, отождествляемая с линией Si II  $\lambda_0$  1260 А. Дальнейшие наблюдения с более высоким спектральным разрешением позволили бы уточнить природу этих абсорбционных деталей.

**SBS 1116+603.** В спектре этого квазара в диапазоне 3600—4850 А обнаружено 27 абсорбционных деталей. Из них 26 лежат в области  $\lambda < \lambda_{L_{\alpha}}$  и 1 — в области  $\lambda > \lambda_{L_{\alpha}}$ . Среднее расстояние между абсорбционными деталями в спектральном диапазоне  $\lambda < \lambda_{L_{\alpha}}$  в этом квазаре примерно такое же, как и в квазаре SBS 0953+549, имеющем близкое значение  $z_a$ . Среди перечисленных в табл. 4 абсорбционных линий удается отождествить лишь дублет C IV (система E) и четыре пары  $L_{\alpha}/L_{\beta}$  линий (системы A, B, C, D). Ближайшая к эмиссионной области пара A смещена относительно пика эмиссионной линии  $L_{\alpha}$  на  $\Delta v \approx -80$  км/с, а самая удаленная — на  $\Delta v \approx -4400$  км/с. Поэтому системы A, B, C, D являются, с большой вероятностью, системами „внутреннего“ происхождения, т. е. образуются в оболочке квазара. Что касается системы E, в которой линии дублета C IV смещены относительно эмиссионной линии  $L_{\alpha}$  на  $\Delta v \approx -81\,000$  км/с, то она могла бы относиться к системам „внешнего“ происхождения, однако данная система должна рассматриваться как возможная, поскольку мы не можем сейчас проверить, имеется ли в этой системе абсорбционная линия  $L_{\alpha}$  ( $\lambda_{\text{лабл.}} = 3351$  А), так как она не попадает в исследованный нами спектральный диапазон.

*SBS 1138+584*. Среди трех исследованных в этой работе квазаров данный объект имеет наименьшее красное смещение эмиссионных линий  $z_e = 1.699$ , при котором эмиссионная линия  $L_\alpha$  не попадает в оптический диапазон. Поэтому все абсорбционные детали, которые обнаружены в спек-

Таблица 4

АБСОРБЦИОННЫЕ ЛИНИИ В СПЕКТРЕ КВАЗАРА *SBS 1116+603*

	Наблюдение		Ион	Отождествленно		$\Delta\lambda$ (Å)
	$\lambda_{\text{obs}}^{\text{vac}}$ (Å)	$\lambda_{\text{lab}}$ (Å)		$\lambda_0$ (Å)	$z_a$	
1	3658:	5.7				
2	3669:	2.1	HI $L_\beta$	1025.7	2.578 (D)	0.5
3	3685:	1.4	HI $L_\beta$	1025.7	2.593 (C)	-0.4
4	3699:	2.4	HI $L_\beta$	1025.7	2.607 (B)	-0.7
5	3707:	1.7				
6	3724:	1.1	HI $L_\beta$	1025.7	2.631 (A)	1.7
7	3748:	0.6				
8	3771:	2.4				
9	3795.2	6.0				
10	3823.3	7.0				
11	3944.5	4.8				
12	4054.4	6.1				
13	4073.4	2.4				
14	4172.8	8.2				
15	4191.1	3.9				
16	4200.0	2.0				
17	4222.4	2.7				
18	4241.9	5.7				
19	4266.6	3.5	C IV	1548.2	1.7558 E	-0.2
20	4274.3	2.4	C IV	1550.8	1.7562 E	0.3
21	4303.5	4.7				
22	4346.2	2.5	HI $L_\alpha$	1215.7	2.5751 D	-1.8
23	4368.2	1.1	HI $L_\alpha$	1215.7	2.5932 C	0.1
24	4374.6	1.6				
25	4385.0	2.3	HI $L_\alpha$	1215.7	2.6070 B	0.0
26	4409.5	3.2	HI $L_\alpha$	1215.7	2.6271 A	-2.3
27	4697.8	2.0				

Примечание.  $\Delta\lambda = \lambda_{\text{obs}}^{\text{vac}} - \lambda_0(1+z_a)$ .

тре этого квазара, лежат в диапазоне  $\lambda > \lambda_{L_\alpha}$ . В этом случае, в отличие от первых двух квазаров, в диапазоне  $\lambda > \lambda_{L_\alpha}$  наблюдается 6 сильных абсорбционных деталей. Три из них уверенно отождествляются с линиями

Fe II, входящими в систему А с  $\bar{z}_a = 1.4082$ . В диапазоне 3600—6300 Å самая интенсивная абсорбционная линия с длиной волны  $\lambda = 3742$  Å ( $W_\lambda = 8$  Å) является, по-видимому, блендой линий дублета С IV из системы А (табл. 5). Величина  $M$ , характеризующая статистическую значи-

Таблица 5  
АБСОРБЦИОННЫЕ ЛИНИИ В СПЕКТРЕ КВАЗАРА SBS 1138+584

	Наблюдение		Ион	Отождествление		$\Delta\lambda$ (Å)
	$\lambda_{\text{obs}}^{\text{vac}}$ (Å)	$W_\lambda$ (Å)		$\lambda_0$ (Å)	$z_a$	
1	3683:	1.9				
2	3741:	8.0	C IV?	1549	1.41 (A)	
3	4178.1	3.5	C IV	1549	1.6973 B	0.0
4	5646.1	1.2	Fe II	2344.3	1.4084 A	0.6
5	5739.5	2.4	Fe II	2382.8	1.4087 A	1.2
6	6260.0	2.5	Fe II	2600.2	1.4075 A	-1.8

Примечание.  $\Delta\lambda = \lambda_{\text{obs}}^{\text{vac}} - \lambda_0(1 + \bar{z}_a)$ .

мость системы А, равна в этом случае  $10^{-3}$ . Отношение эквивалентных ширин линий Fe II примерно пропорционально отношению сил осцилляторов, т. е. линии лежат на линейной части кривой роста, где  $W_\lambda \sim N$ . При этом концентрация на луче зрения ионов железа в системе А оказывается равной  $N(\text{Fe II}) \approx 10^{14} \text{ см}^{-2}$ .

Авторы благодарны Комиссии по тематике 6-м телескопа АН СССР за предоставленное время для проведения этих наблюдений и искренне признательны сотрудникам САО АН СССР В. А. Липовецкому, В. П. Михайлову и В. Л. Афанасьеву за помощь в организации и проведении наблюдений на БТА.

Физико-технический ин-т  
им. А. Ф. Иоффе

Специальная астрофизическая  
обсерватория АН СССР

SPECTRAL STUDY OF QUASARS FROM THE SECOND  
BYURAKAN SURVEY OF THE NORTH HEMISPHERE. I.  
THE QUASARS SBS 0953 + 549, SBS 1116 + 603 AND  
SBS 1138 + 584

S. A. LEVSHAKOV, D. A. VARSHALOVICH, E. A. NAZAROV

Three new optically-selected quasars, SBS 0953 + 549 ( $z_s = 2.580$ ), SBS 1116 + 603 ( $z_s = 2.628$ ) and SBS 1138 + 584 ( $z_s = 1.699$ ), have

been studied at  $\sim 3.5 \text{ \AA}$  resolution using the image photon counting system (IPCS) mounted on the SP-124 spectrograph of the 6-m telescope. Spectra of these quasars are described and briefly discussed. A tentative evidence is presented for the twocomponent structure of the  $L_{\alpha}$  emission line in the SBS 1116 + 603: a narrow spike ( $\text{FWHM} \approx 3000 \text{ km/s}$ ) and broad pedestal ( $\text{FWHM} \approx 19400 \text{ km/s}$ ). The profile of the  $L_{\alpha}$  emission line in the SBS 0953 + 549 is similar to the P-Cygni profiles from expanding stellar envelopes: there are two deep ( $\tau \sim 1$ ) and broad ( $\text{FWHM} \approx 1700$  and  $1000 \text{ km/s}$ ) absorption features at  $z_{\alpha} = 2.451$  and  $2.503$  which are identified as  $L_{\alpha}$  absorption lines. Symmetric profiles of these lines correspond to  $N(\text{H}) \approx 10^{20}$  and  $5 \cdot 10^{19} \text{ atom cm}^{-2}$  respectively. Column densities have also been estimated for heavy elements found at  $z_{\alpha} = 0.3800$  (SBS 0953 + 549) and at  $z_{\alpha} = 1.4082$  (SBS 1138 + 584). Absorption line densities in these and other quasars are compared.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Е. Маркарян, Дж. А. Степанян, В. А. Липовецкий, Астрон. циркуляр, № 1141, 1, 1980.
2. Б. Е. Маркарян, Дж. А. Степанян, В. А. Липовецкий, Астрон. циркуляр, № 1142, 1, 1980.
3. Б. Е. Маркарян, Дж. А. Степанян, В. А. Липовецкий, Астрон. циркуляр, № 1265, 1, 1983.
4. Б. Е. Маркарян, Дж. А. Степанян, В. А. Липовецкий, Астрофизика, 19, 29, 1983.
5. Н. Н. Сохов, Изв. Спец. астрофиз. обсерв. СССР, 22, 73, 1986.
6. К. Davidson, H. Netzer, Rev. Mod. Phys., 51, 715, 1979.
7. J. Kwan, J. H. Krollik, Astrophys. J., 250, 478, 1981.
8. J. Kwan, T. J. Carroll, Astrophys. J., 261, 25, 1982.
9. W. L. W. Sargent, P. J. Young, A. Boksenberg, D. Tytler, Astrophys. J. Suppl. Ser., 42, 41, 1980.
10. D. C. Morton, Astrophys. J., 222, 863, 1978.
11. С. А. Левшаков, Д. А. Варшалович, Астрофизика, 18, 49, 1982.
12. R. J. Weymann, R. F. Carswell, M. G. Smith, Ann. Rev. Astron. and Astrophys., 19, 41, 1981.
13. E. M. Burbidge, C. R. Lynds, A. Stockton, Astrophys. J., 152, 1077, 1968.
14. R. F. Carswell, M. G. Smith, J. A. J. Whelan, Astrophys. J., 216, 351, 1977.
15. С. А. Левшаков, Астрон. циркуляр, № 1430, 1, 1986.
16. С. А. Левшаков, Д. А. Варшалович, Е. А. Назаров, А. Ф. Фоменко, Астрон. ж., 63, 111, 1986.
17. J. N. Bahcall, Astron. J., 76, 283, 1971.
18. B. M. Peterson, P. Strittmatter, Astrophys. J., 226, 21, 1978.