

УДК 524.7.822

УЗКОПОЛОСНАЯ ФОТОМЕТРИЯ НОРМАЛЬНЫХ
И СЕЙФЕРТОВСКИХ ГАЛАКТИК

В. Т. ДОРОШЕНКО, В. Ю. ТЕРЕБИЖ

Поступила 2 июля 1982

Принята к печати 6 ноября 1982

Представлены результаты фотозлектрической фотометрии с разрешением 50—100 Å и одновременной *UBVR*-фотометрии 25 галактик, в том числе 22 объектов сейфертовского типа. Отмечена переменность распределения энергии в непрерывном спектре ядер галактик NGC 4151 и Mкп 279. В области $\lambda \leq 4000$ Å для объектов типа Sy 1 наблюдается избыток потока в континууме по сравнению со степенным спектром. Интенсивности линий водорода в спектре ядра NGC 7469 линейно растут с увеличением потока в континууме, в то время как интенсивности запрещенных линий остаются неизменными.

1. *Введение.* В течение 1976—1980 гг. на 125-см рефлекторе Южной станции ГАИШ проводилась узкополосная фотозлектрическая фотометрия галактик при помощи двухканального спектрофотометра [1], установленного в касегреновском фокусе телескопа. В настоящем сообщении представлены результаты наблюдений 3 нормальных и 22 сейфертовских галактик.

Измерения в спектральном канале с разрешением 50—100 Å сопровождалась одновременными измерениями блеска объектов в фотометрическом канале в системе *UBVR*. Узкополосные измерения потока производились в линиях $H_{\alpha} + \lambda 6584, 6548$ [N II], H_{β} и $\lambda 5007$ [O III], а также в специально выбранных для каждой галактики точках непрерывного спектра вблизи этих линий. Каждое наблюдение объекта сопровождалось наблюдением стандартных звезд. Данные о распределении энергии в спектрах этих звезд были взяты из различных источников, однако все они были приведены к калибровке α Луг, выполненной Хейесом и Латамом [2]. Список использованных спектрофотометрических стандартов дан в табл. 1, последовательные столбцы которой содержат название звезды, спектральный класс, величину *V*, показатели цвета *U—B*, *B—V*, *V—R* и ссылки на соответствующие источники данных. Измерения потока звезд в полосе *R* ранее не производились.

Таблица 1

Название звезды	Sp.	V	U-B	B-V	V-R	Литература
HD 1280	A2V	4 ^m 61	0 ^m 04	0 ^m 06	—	[3]
HD 2020	A3	8.45	0.09	0.16	0 ^m 18	[4]
HD 19445	F2	8.00	-0.24	0.47	0.52	[5]
HD 20150	A0V	4.93	0.00	0.02	—	[3]
HD 23441	B9V	6.43	-0.15	-0.02	0.04	[6]
HD 26784	F5	7.12	0.03	0.51	0.44	[7]
HD 42560	B3V	4.47	-0.66	-0.18	—	[3]
HD 86986	A1V	7.99	0.12	0.11	0.17	[8]
HD 109995	A0V	7.62	0.11	0.04	0.14	[8]
HD 216735	A0V	4.90	0.00	0.00	—	[3]

2. *Результаты.* Сведения об условиях наблюдений галактик и основные результаты измерений представлены в табл. 2, содержащей последовательно: наименование галактики, дату наблюдений, размер входной диафрагмы, спектральное разрешение, потоки в эмиссионных линиях $H_{\alpha} + [N II]$, $\lambda 5007 [O III]$ и H_{β} , а также оценки блеска в системе *UBVR*.

Для 12 галактик из нашего списка потоки в линиях ранее не измерялись. Для остальных объектов известны значения потоков [11—13], полученные в основном с апертурой 10"—15". Сопоставление этих данных с результатами наших измерений, выполненных преимущественно с апертурой 25", показывает удовлетворительное согласие (рис. 1).

Для галактик NGC 3516, NGC 4151 и Акп 120 приведены средние значения потоков в линиях и *UBVR*-величин за указанный в табл. 2 период наблюдений. В ряде случаев, помимо измерений потока в линиях, изучалось также распределение энергии в непрерывном спектре в области $\lambda\lambda 3600-7000 \text{ \AA}$. Эти данные рассматриваются ниже отдельно для каждого объекта.

NGC 3516. Согласно данным табл. 3, оценки потоков в эмиссионных линиях находятся в пределах, допустимых при постоянстве светимости галактики в этих линиях. В табл. 4 приведены средние за период декабрь 1976 г.—март 1978 г. значения потока в континууме. Заметим, что эти значения хорошо согласуются с измерениями де Брёна и Сарджента [5], приведенными к размерам использовавшейся нами диафрагмы. Как данные узкополосной фотометрии континуума, так и оценки блеска в системе *UBV* (табл. 3, 4) подтверждают известную переменность континуума.

NGC 4151. Галактика наблюдалась в 1977—78 и 80 гг. с апертурами 15" и 25" и спектральным разрешением 100 $\text{\AA}$ (табл. 4). В табл. 4 дано

Таблица 2

Галактика	Дата	A"	$\Delta\lambda$ ($\text{\AA}^\circ$)	$F_\lambda \cdot 10^{14} \text{ эрг/см}^2 \text{ с}$			V	B	U	R
				$\text{H}\alpha + [\text{N II}]$	$\lambda 5007 [\text{O III}]$	$\text{H}\beta$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
NGC 1275	20—21.12.76	25	100	91 ± 5	154 ± 5	43.6 ± 3.6	$12^m 83$	$13^m 60$	$13^m 54$	—
NGC 2164	20—21.02.80	25	50	—	11.8 ± 0.3	6.9 ± 3.2	13.29	14.34	14.82	—
NGC 2977	20—21.02.80	25	50	—	7.5 ± 2.2	2.4 ± 2.9	13.85	14.50	14.43	—
NGC 3079	20—21.02.80	25	50	—	—	abs	13.26	14.20	14.70	—
NGC 3227	20—21.02.80	25	50	—	71.0 ± 3.8	24.6 ± 3.1	12.77	13.65	13.71	—
NGC 3516	дек. 76—март 78	25	100	245 ± 13	115 ± 5	109 ± 5	12.54	13.26	13.16	—
NGC 4051	20—21.02.80	25	100	—	51 ± 3	42.1 ± 8.4	12.95	13.69	13.63	—
NGC 4151	январь 77—февр. 80	25	100	1510 ± 164	1324 ± 90	306 ± 43	11.86	12.35	11.98	—
	январь—март 77	15	100	1545 ± 65	1490 ± 40	380 ± 18	12.16	12.59	12.16	—
	20—21.02.80	25	50	—	—	210 ± 4	11.86	12.36	11.95	—
NGC 7469	дек. 76—дек. 77	25	100	334 ± 9	85.8 ± 5.6	90.3 ± 5.6	12.88	13.41	12.99	—
Akn 120	дек. 77—январь 78	25	100	142 ± 6	22.5 ± 4.4	40.4 ± 3.0	14.02	14.57	14.08	—
	20—21.01.77	10	100	116 ± 6	35 ± 3	42 ± 3	14.42	14.81	14.19	—
	18—19.12.79	25	50	—	27.7 ± 4.9	37.9 ± 5.9	13.57	13.92	13.41	$12^m 69$
MCG 8-11-11	дек. 79—январь 80	25	50	—	57.1 ± 0.8	14.9 ± 2.4	14.22	15.08	14.82	13.12
Mkn 3	18—19.12.79	25	50	—	34.9 ± 7.0	34.5 ± 3.9	13.35	14.32	14.08	12.31
Mkn 10	18—19.12.79	25	50	—	14.1 ± 4.5	11.7 ± 2.0	14.25	14.95	14.52	13.48
	15—16.01.80	25	50	—	11.7 ± 2.8	7.2 ± 2.4	14.13	14.73	14.36	13.39

1	2	3	4	5
Mkn 79	18—19.12.79	25	50	—
	21—22.12.79	25	50	—
Mkn 279*	22—23.03.77	15	100	108 ± 4.6
	05—06.03.78	15	100	123 ± 6.8
Mkn 348	18—19.12.79	25	100	—
Mkn 530	18—19.12.79	25	100	—
Mkn 704	25—26.04.79	25	100	70.4 ± 13.6
Mkn 744	28—29.04.79	25	100	65 ± 14
Mkn 917	21—22.10.79	15	100	—
Mkn 938	18—19.12.79	25	100	—
Mkn 993	18—19.12.79	25	100	—
Mkn 1040	18—19.12.79	25	100	—
	18—19.01.80	25	50	—
Mkn 1066	18—19.01.80	25	50	—
Mkn 1073	18—19.12.79	25	50	—
	18—19.01.80	25	50	—

$$* F_{H\gamma+[O.III]} = (10 \pm 3) \cdot 10^{-14} \text{ spr/cm}^2 \cdot \text{c.}$$

Таблица 2 (окончание)

6	7	8	9	10	11
38.6 $\pm$ 3.3	15.6 $\pm$ 3.1	14.33	14.94	14.66	13.24
35.8 $\pm$ 3.9	13.2 $\pm$ 5.0	13.95	14.77	14.46	13.19
11.4 $\pm$ 2.6	23.2 $\pm$ 2.3	14.21	14.66	14.07	—
14.7 $\pm$ 2.3	48.3 $\pm$ 3	14.28	14.74	14.13	—
44.3 $\pm$ 6.4	3.0 $\pm$ 4.1	14.32	15.26	—	13.51
6.1 $\pm$ 9.3	5.3 $\pm$ 8.8	13.96	14.60	—	13.05
12.1 $\pm$ 5.3	13.8 $\pm$ 4.9	14.26	14.91	14.56	13.40
—	11 $\pm$ 9	13.72	14.65	14.58	12.80
10.6 $\pm$ 2.9	0.8 $\pm$ 2.2	14.52	15.38	15.48	13.69
0.8 $\pm$ 4.4	abs.	13.71	14.38	—	13.06
10.2 $\pm$ 4.8	—	14.12	15.03	—	13.17
10.6 $\pm$ 5.6	8.2 $\pm$ 3.1	14.10	15.13	—	13.01
8.2 $\pm$ 2.4	6.2 $\pm$ 3.2	14.11	15.20	—	13.01
17.7 $\pm$ 3.6	7.1 $\pm$ 1.9	14.01	14.96	—	12.94
32.4 $\pm$ 3.9	5.9 $\pm$ 3.0	14.15	15.02	—	13.37
40.7 $\pm$ 2.7	5.3 $\pm$ 4.3	14.18	15.05	14.97	13.28

В. Т. ДОРОШЕНКО, В. Ю. ТЕРЕБИЖ

усредненное за январь-март 1977 г. распределение энергии в непрерывном спектре ($A = 15''$), а также аналогичные данные для отдельных дат наблюдений ($A = 25''$).

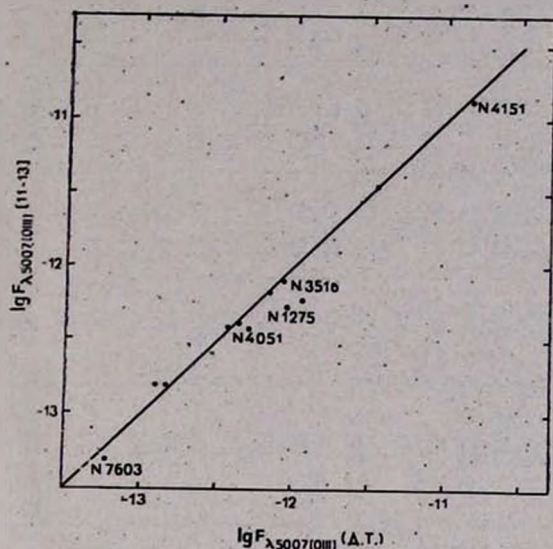


Рис. 1. Сравнение потока в линии $\lambda 5007$ [O III] по нашим данным и по данным [11—13].

Сопоставление наших данных и измерений [5] в $10''$ диафрагме (1974 г.) показывает, что общий характер континуума сохранился. Именно, в области $\lambda\lambda 4200\text{—}7200$ Å распределение энергии хорошо представляется степенной зависимостью $F_\nu \propto \nu^{-\alpha}$, однако значение спектрального индекса α испытывает колебания во времени от $\alpha=1.5$ до $\alpha=2.1$. В области $\lambda \leq 4200$ Å в спектре NGC 4151, как и в спектрах многих других галактик типа Sy 1, наблюдается подъем интенсивности по сравнению со степенным спектром. Обратим внимание, что этот подъем начинается задолго до приближения к бальмеровскому скачку.

NGC 7469. Наблюдения, охватывающие годовой интервал времени (1976—1977 гг.); выполнены со спектральным разрешением 100 Å и апертурой $25''$ (табл. 3, 4). Как в широкополосной системе *UBVR*, так и в узких спектральных полосах яркость ядра галактики возрастала в период наблюдений. Рис. 2 показывает, что потоки в линиях H_α и H_β приблизительно линейно возрастают с увеличением потока в континууме: $F_{H_\alpha} \simeq (0.89 \pm 0.19) F_{3600} + \text{const}$. Поток в линии $\lambda 5007$ [O III] оставался постоянным в пределах ошибок наблюдений.

Галактика	Дата	A"	$\delta\lambda$ (Å)	$F_{\lambda} \cdot 10^{14}$ эрг см ² с			V	B	U	R
				H α + [N II] $\lambda 5007$	[O III] $\lambda 5007$	H β				
NGC 3516	19-20.12.76	25	100	254	114	114	12 ^m 49	13 ^m 06	12 ^m 95	
	28-29.12.76	25	100	225	114	96	12.48	13.25	13.13	
	15-16.01.77	25	100	247	114	123	12.47	13.21	13.07	
	19-20.01.77	25	100	296	103	114	12.57	13.24	13.22	
	23-24.01.77	25	100	307	147	134	12.57	13.33	13.26	
	12-13.09.77	25	100	197	102	104	12.57	13.37	13.41	
	12-13.12.77	25	100	249	129	114	12.52	13.25	13.23	
	05-06.03.78	25	100	240	96	84	12.60	13.14	13.01	
NGC 7469	06-07.03.78	25	100	188	115	107	12.64	13.46	—	
	19-20.12.76	25	100	316	—	67	12.93	13.50	13.10	
	20-21.12.76	25	100	295	72	78	12.99	13.56	13.17	
	12-13.09.77	25	100	334	82	83	12.83	13.34	12.92	
	21-22.09.77	25	100	431	93	98	12.85	13.33	12.91	
	22-23.09.77	25	100	342	84	108	12.88	13.40	13.00	
	17-18.10.77	25	100	338	89	94	12.81	—	—	
	12-13.12.77	25	100	376	94	104	12.89	13.35	12.86	
Akn 120	18-19.12.76	25	100	142	15	40	14.03	14.60	14.03	
	19-20.12.76	25	100	—	—	45	—	—	—	
	20-21.12.76	25	100	159	18	36	14.06	14.61	14.11	
	15-16.01.77	25	100	140	35	49	13.94	14.51	14.05	
	20-21.01.77	25	100	129	22	32	14.05	14.57	14.13	
	20-21.01.77	10	100	116	35	42	14.42	14.81	14.19	
	18-19.12.79	25	100	—	28	38	13.57	13.92	13.41	
	18-19.12.79	25	50	—	56	11	14.42	15.24	14.91	13 ^m 26
MCG 8-11-11	21-22.12.79	25	50	—	57	14	14.17	15.04	14.74	13.00
	15-16.01.80	25	50	—	59	20	14.07	14.96	—	13.09

Таблица 4

Галактика	Дата, апертура, разрешение	$\lambda_{\text{см}}$ (А)	$\lg \nu_{\text{см}}$ (Гц)	$\lg F_{\nu}$ (эрг/см ² с Гц)
1	2	3	4	5
NGC 3516	дек. 76—март 78 $A=25''$, $\delta\lambda=100 \text{ \AA}$	6965	14.634	-24.29 ± 0.02
		6225	14.683	-24.37 ± 0.01
		5660	14.724	-24.47 ± 0.02
		5165	14.764	-24.57 ± 0.02
		4475	14.826	-24.71 ± 0.04
		4215	14.852	-24.81 ± 0.01
		3515	14.931	-24.96 ± 0.01
		7077	14.627	-24.13 ± 0.01
NGC 4151	январь—март 77 $A=15''$, $\delta\lambda=100 \text{ \AA}$	6230	14.682	-24.25 ± 0.02
		5630	14.727	-24.36 ± 0.01
		4585	14.816	-24.48 ± 0.03
		4266	14.847	-24.63 ± 0.01
		3670	14.912	-24.57 ± 0.04
		3490	14.934	-24.55 ± 0.05
		7077	14.627	-24.082 ± 0.015
		6798	14.645	-24.105 ± 0.008
	12—13.12.77 $A=25''$, $\delta\lambda=100 \text{ \AA}$	6230	14.682	-24.161 ± 0.006
		5630	14.727	-24.245 ± 0.005
		4585	14.816	-24.400 ± 0.004
		4266	14.847	-24.486 ± 0.004
		7077	14.627	-24.000 ± 0.005
		6798	14.645	-24.057 ± 0.003
		6230	14.682	-24.101 ± 0.002
		5630	14.727	-24.159 ± 0.004
	05—06.03.78 $A=25''$, $\delta\lambda=100 \text{ \AA}$	4585	14.816	-24.296 ± 0.009
		4266	14.847	-24.355 ± 0.012
		7016	14.631	-24.46 ± 0.02
		6988	14.633	-24.46 ± 0.01
NGC 7469	дек. 76—дек. 77 $A=25''$, $\delta\lambda=100 \text{ \AA}$	6742	14.648	-24.43 ± 0.01
		6442	14.668	-24.52 ± 0.01
		6132	14.689	-24.51 ± 0.01
		5195	14.761	-24.65 ± 0.02
		4740	14.801	-24.72 ± 0.01
		4430	14.831	-24.73 ± 0.01
		4218	14.852	-24.87 ± 0.01

Таблица 4 (окончание)

1	2	3	4	5
MCG 8-11-11	дек. 76—январ. 80 $A=25''$, $\lambda\lambda=50 \text{ \AA}$	6800	14.645	-24.90 ± 0.05
		6203	14.684	-25.06 ± 0.08
		5100	14.769	-25.30 ± 0.05
		4720	14.803	-25.30 ± 0.04
		3998	14.875	-25.37 ± 0.04
Mkn 279	март 77—март 78 $A=15''$, $\lambda\lambda=100 \text{ \AA}$	3625	14.918	-25.60 ± 0.07
		6863	14.641	-24.98 ± 0.05
		6212	14.684	-25.09 ± 0.03
		5652	14.724	-25.16 ± 0.02
		4562	14.818	-25.27 ± 0.01
		3980	14.877	-25.35 ± 0.01
		3883	14.888	-25.35 ± 0.01
		3610	14.919	-25.43 ± 0.02
		3495	14.934	-25.36 ± 0.02
		3400	14.946	-25.40 ± 0.02
Mkn 744	28—29.04.79 $A=25''$, $\lambda\lambda=100 \text{ \AA}$	7000	14.632	-24.74 ± 0.08
		6697	14.651	-24.81 ± 0.07
		6420	14.669	-24.86 ± 0.06
		5697	14.721	-24.96 ± 0.03
		4750	14.800	-25.14 ± 0.02
		4470	14.827	-25.27 ± 0.03
		3577	14.928	-25.54 ± 0.11

Наши измерения распределения энергии в непрерывном спектре NGC 7469 согласуются с данными [5], приведенными к диафрагме $25''$.

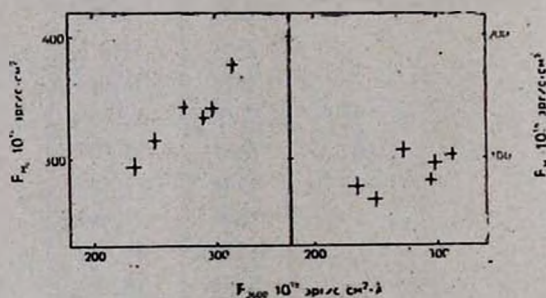


Рис. 2. Изменение потоков в линиях $H\alpha$ и $H\beta$ и в континууме в спектре NGC 7469. Спектральный индекс в области $\lambda\lambda 4200-7200 \text{ \AA}$ равен ~ 1.6 , при переходе в ультрафиолетовую область наблюдается подъем интенсивности, аналогичный таковому в спектре NGC 4151.

Akn 120. Детальное спектрофотометрическое исследование этой галактики приведено в нашей работе [9]. В табл. 3 даны значения потоков в эмиссионных линиях для отдельных дат наблюдений.

MCG 8—11—11. Наблюдения проводились в течение трех ночей в 1979—80 гг. с апертурой 25" и спектральным разрешением 50 Å (табл. 3. 4). Результаты *UBVR*-наблюдений (табл. 3) свидетельствуют о значительных колебаниях светимости ядра галактики. Спектральный индекс в области $\lambda\lambda 4200—7200$ Å по нашим данным и согласно измерениям [5] равен соответственно 2.5 и 2.7.

Mkn 279. Фотовольтрические наблюдения ($A = 15''$ и $\delta\lambda = 100$ Å) проводились в ночи с высокой прозрачностью и хорошим качеством изображений (табл. 4). Результаты наблюдений, разделенных годовым интервалом времени, совпадают в пределах ошибок. Вместе с тем, имеется существенное различие полученного распределения энергии в континууме с данными де Брёна и Сарджента [5], особенно в ультрафиолетовой области. В частности, спектральный индекс α в области $\lambda\lambda 4200—7200$ Å по данным [5] и нашим данным равен 1.2 и 1.5 соответственно. Это подтверждает сделанный нами ранее вывод [14] о спектральной переменности ядра галактики *Mkn 279*.

Mkn 744. Галактика наблюдалась 28—29.04.79 с апертурой 25" и разрешением 100 Å (табл. 4). Эмиссионные линии малоконтрастны; распределение энергии в непрерывном спектре в области $\lambda\lambda 3600—7000$ Å аппроксимируется степенной зависимостью с показателем $\alpha = 2.67 \pm 0.10$. Согласно Афанасьеву и др. [10], *Mkn 744* по многим признакам соответствует скорее классу *Sy 2*, хотя не подлежит сомнению наличие широких слабых крыльев линии H_{α} . Как и для большинства галактик типа *Sy 2*, в спектре *Mkn 744* отсутствует подъем интенсивности в области $\lambda \lesssim 4000$ Å.

3. *Заключительные замечания.* Приведенные выше данные узкополосной фотометрии подтверждают известную переменность континуума ядер галактик NGC 3516, NGC 4151, *Mkn 279*, причем для последних двух объектов отмечены существенные изменения спектрального индекса со временем. Тот факт, что интенсивности линий водорода в спектре ядра NGC 7469 линейно растут с увеличением потока в континууме, а интенсивности запрещенных линий остаются постоянными, согласуется с моделью, предполагающей радиативный механизм ионизации газа вокруг центрального источника и наличие двух зон излучения, где образуются широкие и узкие компоненты эмиссионных линий. Аналогичная корреляция интенсивностей линий и континуума наблюдалась для сейфертовской галактики 3C 120 [14—17].

Особый интерес представляет подъем интенсивности непрерывного спектра объектов типа Sy I в области $\lambda \lesssim 4000 \text{ \AA}$ (см. также [5, 18]). По всей видимости, этот подъем обусловлен излучением области, в которой образуются широкие эмиссионные линии. На это, в частности, указывает тот известный из наблюдений факт, что амплитуда переменности блеска сейфертовских ядер максимальна в фильтре U . При такой интерпретации следует ожидать наличия тесной корреляции между интенсивностями широкой составляющей разрешенных линий и континуума в области $\lambda \lesssim 4000 \text{ \AA}$. Проверка указанного предположения, по-видимому, возможна уже при имеющихся наблюдательных данных. В этой связи следует обратить внимание на спектральную переменность объекта 3С 390.3, для которого Хекман и др. [19] обнаружили полное исчезновение широкой компоненты водородных линий за время порядка 4-х лет.

Сопоставление данных узкополосной фотометрии, приведенных в настоящей заметке, и результатов фотографических спектральных наблюдений [14] будет дано в последующей публикации.

Южная станция ГАИШ

NARROWBAND PHOTOMETRY OF NORMAL AND SEYFERT GALAXIES

V. T. DOROSHENKO, V. YU. TEREBIZH

The results of photoelectrical photometry with resolution 50—100 Å and simultaneous UBVR-photometry of 25 galaxies including 22 Seyfert objects are presented. The continuum energy distributions for the nuclei of NGC 4151 and Mkn 279 are found to be variable. The Sy 1 objects have excess of radiation in the spectral region $\lambda \lesssim 4000 \text{ \AA}$ compared with the power law spectrum. The strength of hydrogen emission lines flux in the spectrum of NGC 7469 follow closely the variations of continuum flux while the strength of the forbidden lines O III remains constant.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Ю. Тербиж, Труды ГАИШ (в печати).
2. D. S. Hayes, D. W. Latham, Ap. J., 197, 593, 1975.
3. В. Б. Никонов, Г. А. Терез, Изв. Крымской обл., 54, 35, 1976.
4. E. J. Wampler, Ap. J., 147, 1, 1967.
5. A. G. de Bruyn, W. L. W. Sargent, A. J., 83, 1257, 1978.
6. А. В. Харитонов, Астрон. ж., 44, 669, 1976.
7. J. B. Oke, P. S. Conti, Ap. J., 143, 134, 1966.
8. K. Kodaira, J. L. Greenstein, J. B. Oke, Ap. J., 155, 525, 1968.

9. Э. А. Дибай, В. Т. Дорошенко, В. Ю. Тербиж, Астрон. ж., 55, 937, 1978.
10. В. Л. Афанасьев, В. А. Липовецкий, А. И. Шаповалова, Астрофизика, 15, 557, 1979.
11. T. F. Adams, D. W. Weedman, Ap. J., 199, 19, 1975.
12. K. Anderson, Ap. J., 162, 743, 1970.
13. E. J. Wampler, Ap. J., 164, 1, 1971.
14. В. Т. Дорошенко, В. Ю. Тербиж, Труды ГАИШ (в печати).
15. К. К. Чуваев, Письма АЖ, 6, 323, 1980.
16. H. B. French, J. H. Miller, P.A.S.P., 92, 753, 1980.
17. J. B. Oke, A. C. S. Readhead, W. L. W. Sargent, P.A.S.P., 92, 758, 1980.
18. S. A. Grandt, M. M. Phillips, Ap. J., 239, 475, 1980.
19. T. M. Heckman, G. K. Miley, W. J. M. van Breugel, H. R. Butcher, Ap. J., 247, 403, 1981.