

УДК 524.7—355

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ СЕЙФЕРТОВСКОЙ ГАЛАКТИКИ  
NGC 4151. I. ПОИСК И ОТОЖДЕСТВЛЕНИЕ СЛАБЫХ ЛИНИЙ

В. А. ЛИПОВЕЦКИЙ, А. И. ШАПОВАЛОВА

Поступила 12 августа 1983

Принята к печати 15 февраля 1984

Представлены результаты спектрофотометрии ядра сейфертовской галактики промежуточного типа NGC 4151. Расширенные спектры получены в прямом фокусе 6-м телескопа САО АН СССР со спектрографом UAGS и ЭОП УМ-92 в диапазоне  $\lambda$  4100—7300 Å. Описана методика поиска и отождествления слабых эмиссионных линий. Найдено и идентифицировано 77 линий. Показано хорошее согласие с результатами других авторов. Отмечено, что неопределенность в определении интенсивностей слабых линий составляет фактор 2—3. Обнаружены многочисленные узкие линии разрешенных переходов Fe II 37, 38, 40, 74, 210. Уверенно отождествлена линия [FeX]  $\lambda$  6374 и высказано предположение о ее переменности с характерным временем 3—5 лет.

1. *Введение.* После ввода в эксплуатацию крупнейшего в мире 6-м телескопа (БТА) в САО АН СССР была начата обширная программа детальных исследований активных внегалактических объектов. Она включала изучение отдельных избранных галактик с разных точек зрения: уточнение класса активности [1], выяснение физических условий и определение параметров излучающего газа в ядре [2, 3], исследование контуров эмиссионных линий [4], кинематики и динамики окооядерных областей [5], связи различных морфологических и структурных особенностей с типом активности ядра [6] и др. Все спектральные наблюдения, за редкими исключениями, выполнялись в первичном фокусе БТА со спектрографом UAGS и трехкаскадным ЭОП УМ-92.

В 1977—1982 гг. нами были получены расширенные спектры полутора десятков галактик с активными ядрами, в основном сейфертовских промежуточного и второго типов, для спектрофотометрического изучения. К настоящему времени нами совместно с В. Л. Афанасьевым подробно исследованы две сейфертовские галактики второго типа, Маркарян 744 и 1066 [2, 3]. Наиболее интересным результатом явилось обнаружение у этих объектов слабых широких крыльев у водородных линий, значительно уступающих по мощности таковым у сейфертовских галактик первого ти-

па. Аналогичное явление было независимо обнаружено у нескольких рентгеновских галактик с узкими эмиссионными линиями в спектре [9], а также Остерброком [10] у пяти галактик, отнесенных им к типу  $Sy\ 1.8-1.9$ , что подтвердило наши результаты. Несколько неожиданным для нас было предварительное сообщение Остерброка [11] об ошибочной идентификации части линий в спектре Маркарян 744. По-видимому, в спектре этой галактики мы провели континуум ниже реального, поскольку не учли присутствия абсорбционных линий в звездной компоненте непрерывного излучения ядра.

В свое время для изучения возможностей нашей аппаратуры, а также применяемых методов и алгоритмов обработки, мы получили спектры известной сейфертовской галактики промежуточного типа NGC 4151 (Спектры сняты в ту же дату, что и большинство лучших спектров Маркарян 744). Существенно, что вклад звездного компонента в излучение довольно мощного ядра NGC 4151 много меньше, чем в случае Маркарян 744.

В данной работе приведены результаты выделения в спектре ядра NGC 4151 слабых линий и определения их интенсивностей по нашей методике, а также выполнено сравнение с данными других авторов.

Анализ результатов и некоторые астрофизические следствия будут опубликованы позже.

*2. Наблюдения и обработка.* Расширенные спектрограммы NGC 4151 были получены 18 марта 1978 г. в первичном фокусе БТА со спектрографом UAGS и ЭОП УМ-92. Применяемая аппаратура подробно описана в [12]. Спектры регистрировались на фотопленку А-600 Н (дисперсия 92 А/мм). При ширине входной щели 0."9 полная ширина инструментального контура на половинной интенсивности составляют  $\sim 400$  км/с. Расширение на спектрограммах — 1.5 мм, что соответствует  $\sim 25''$  в проекции на небесную сферу. Наблюдения проводились при изображениях  $\sim 4''$ . Всего получено по 3 спектрограммы в синем  $\lambda\lambda\ 4080-5400$  и красном  $\lambda\lambda\ 5600-7300$  диапазонах спектра с экспозициями от  $25^\circ$  до  $85^\circ$ . Для определения спектральной чувствительности аппаратуры снималась калибровочная звезда BD + 33° 2642 ( $m_V = 9^m5$ ) с известным распределением энергии [13].

Полученные спектры записывались на микрофотометре с цифровым выходом и обрабатывались по программе «Спектр» [7, 8] на ЭВМ М-222. Ширина щели при записи составляла 50 мкм, шаг считывания — 10 мкм. В связи с тем, что наши спектры не перекрывались в области  $\lambda\lambda\ 5400-5600$ , привязка двух диапазонов выполнена путем экстраполяции континуума, который в каждом диапазоне хорошо следует степенному закону  $f, \sim \nu^{-\alpha}$ , с  $\alpha \sim 1.3 + 0.3$ .

Для поиска слабых линий применялись как суммарные в данном диапазоне, так и индивидуальные спектрограммы. Предварительно, в качестве эмиссионной линии рассматривались пики, превышающие шумовую дорожку в суммарном спектре в 3 $\sigma$  раз и проверялось их наличие в каждом отдельном спектре для исключения дефектов фотоэмульсии и возможных многоэлектронных событий. В таблицу отождествлений вносились линии, присутствующие во всех спектрах. Наиболее уверенно выделены линии в областях длин волн  $\lambda\lambda$  4300—5300 и  $\lambda\lambda$  6100—7000, где имелись суммы всех трех спектров.

Как и ранее, при спектрофотометрии Маркарян 744 и 1066 [2, 3] для отождествления найденных линий использовались работы [14—20], а также результаты анализа линий Fe II в Sy I и QSO Филлипса [21]. Точность длин волн при отождествлениях порядка  $\sim 2$  А. Список выделенных линий и результаты отождествлений приведены в табл. 1, где соответственно даны: 1 — порядковый номер линии; 2 — наблюдаемая длина волны; 3 — длина волны, исправленная за красное смещение,  $z = 0.0033$ ; 4 — интенсивность линии в единицах  $I_{H\beta} = 10$  (узкий компонент); 5 — отождествление; 6 — примечания, в которых представлены интенсивности в тех же единицах и отождествления других авторов: Б — Боксенберга и др. [22], ОК — Остерброка и Коски [23], Н — Нетцера [24]. В последнем случае мы сохранили обозначения «W» и «vW» для слабых и очень слабых линий, а также ввели знак «+» для ярких линий, интенсивность которых автором не оценивалась. Неуверенные значения в колонках 2—6 отмечены двоеточием.

На рис. 1а, б приведены регистрограммы спектров обоих диапазонов в относительных интенсивностях, не исправленные за спектральную чувствительность аппаратуры. Там же нанесены выделенные линии в несмещенной шкале длин волн.

Для определения интенсивностей линий мы провели континуум на записи каждого спектра, исправленного за спектральную чувствительность аппаратуры. Под интенсивностью слабой линии мы понимали значение интенсивности ее пика над континуумом. Контура широких линий были разделены на широкий и узкий компоненты, а также разделены бленды линий  $H\alpha + [N II]$   $\lambda\lambda$  6548—83 и  $[S II]$   $\lambda\lambda$  6717—31. В табл. 1 приведены средние значения интенсивностей из определения по всем спектрам данного диапазона, выраженные в единицах интенсивности узкого компонента  $H\beta$  ( $I_{H\beta} = 10$ ). Для линий водорода и гелия указаны интенсивности только узких компонентов. Погрешности в определении интенсивностей составляют, по нашим оценкам, 10—15% для  $I > I_{H\beta}$  и 50% для  $I > 0.2 I_{H\beta}$ , для самых слабых линий ошибка в интенсивности может достигать нескольких раз (фактор 2—3). Основной трудностью при определении ин-

## ЭМИССИОННЫЕ ЛИНИИ В СПЕКТРЕ NGC 4151

№	$\lambda_H$	$\lambda_H / (1+z)$	$I$	Отождествление	Примечание
1	2	3	4	5	6
1	4088	4075	2.9	4076 [SII] IF	2.8, 4071 (Б); 3.8, 4071 [S II], (O. K.); + (H);
2	4114	4101	3.6	4101 H $\alpha$	1.35 (Б); 2.3 (O. K.) + (H);
3	4130:	4116	0.7:	4114 [FeII] 23F	VW (H);
4	4258	4244	0.9	4244 [FeII] 21F	0.47 (Б); 0.65 (H);
5	4291	4277	1.7	4277 [FeII] 21F	0.65: (Б); 0.55 (H);
6	4301	4287	0.4	4287 [FeII] 7F	0.76: (Б); 0.20 (H);
7	4334	4320	0.5	4320 [FeII] 21F	0.47 (Б); 0.38 (H);
8	4354	4340	4.8	4340 H $\gamma$	3.76 (Б); 4.2 (O. K.) + (H)
9	4372	4358		4358 [FeII] 21F; 4359 [FeII] 7F	
10	4377	4363	4.6	4363 [OIII] 2F	3.35 (Б); 3.8 (O. K) + (H);
11	4386	4372	0.9:	4372 [FeII] 21F	VW (H);
12	4404	4389	2.0	4385 FeII 27;	4387, He I (Б).
13	4428	4414	1.7	4414 [FeII] 7F; 4416 [FeII] 6F; 4417 FeII 27:	0.94 [Fe II] (Б); 0.13 [Fe II] (H);
14	4468	4453	1.3:	4452 [FeII] 7F; 4458 [FeII] 6F;	0.18 (Б) 0.26 (H);
15	4492	4477	0.9	4475 [FeII] 7F; 4471 HeI 14:	0.7, 4472, He I 14 (Б); 0.20 (H);
16	4506	4491	0.7	4489, 4491 FeII 37; 4489, 4493 [FeII] 6F;	0.15 [Fe II] 6F (H);
17	4522	4507	0.8	4508 FeII 38;	4.12, Fe II, (Б); 0.37, (H);
18	4530:	4515	0.4	4515 FeII 37; 4515 [FeII] 6F;	
19	4538:	4523	0.3:	4523 FeII 38; 4520 FeII 37;	
20	4556	4541	0.8	4541 FeII 38;	0.29; He II, 2 (Б); 0.20, He II, 2, (H)
21	4572	4556	0.2:	4556 FeII 37;	? (H);

1	2	3	4	5
22	4584	4569	2.0	4571
23	4598	4583	0.9:	4583 FeII 37; 4584 FeII 38;
24	4611	4596	0.1:	4596 FeII 38
25	4624	4609	1.2	4610 [Ar V] 2F;
26	4636	4621	0.5:	4621 FeII 38
27	4644	4629	0.5:	4629 FeII 37
28	4672	4657	1.9	4658 [FeIII] 3F
29	4701	4686	2.0	4686 HeII 1
30	4712	4697	0.4:	47C1 [FeIII] 3F
31	4726	4711	0.7	4711 [Ar IV] 1F
32	4756	4740	1.4	4740 [Ar IV] 1F
33	4770	4755	1.4	4755 [FeIII] 3F
34	4784:	4769	0.4:	4769 [Fe III] 3F
35	4817	4801	0.4:	4799 [Fe II] 4F; 4800 [Fe III] 3F
36	4830	4814	0.4:	4815 [Fe II] 20F; 4814 [Fe III] 3F;
37	4842	4826	1.2	4824 [Fe III] 3F:
38	4877	4861	10.0	4861 H <sub>3</sub>
39	4898	4882	1.5:	4881 [Fe III] 2F
40	4907	4891	0.6:	4890 [Fe I.] 4F; 4894 [Fe VII] 2F
41	4921	4905	0.2:	4905 [Fe II] 20F; 4906 [Fe IV]
42	4940	4924	0.5:	4922 He I 48; 4924 Fe II 42;
43	4975	4959	61.4	4959 [O III] 1F
44	5023	5007		5007 [O III] 1F;

Таблица 1 (продолжение)

6

?(H);

?(H);

0.25 (H)

0.7(Б); 0.2 (О. К.); 0.21 (H);

1.47 (Б); 2.2 (О. К.); 3.0 (H);

0.41 (Б); 0.2 (О. К.); + (H);

0.65 (Б); 0.3 (О. К.); + (H);

W, [Fe II] 4F, (H);

W, [Fe II] 20F, (H);

10 (Б); 10 (О. К.); 10 (H);

W (H);

0.59: [Fe VII] 2F (Б); W, [Fe II] 4F, (H);

0.88: [Fe IV], (Б); W, [Fe II] 20F, (H);

?He I 48 (Б); 0.6, широкая, (О. К.);

64.7 (Б); 45.7 (О. К.); + (H);

152.9 (Б); 136.3 (О. К.); + (H);

1	2	3	4	5
45	5060	5043	1.0	5043 [Fe II] 20F
46	5176	5159	0.6	5158 [Fe II] 18F; [Fe VII] 2F; 5159 [Fe II] 19F;
47	5216	5199	1.5	5198 Fe II 49; 5201 [N I] 1F
48	5253	5236	1.0	5235 Fe II 49;
49	5281:	5264	0.6	5265 Fe II 48; 5262 [Fe II] 19F;
50	5298	5281	1.3	5276 [Fe VII] 2F; Fe II 49;
51	5324:	5307	0.5	5309 [Ca V] 1F
52	5738	5719	1.9	5721 [Fe VII] 1F
53	5776	5757	0.7	5755 [N II] 3F
54	5896	5876	2.1	5876 He I 11
55	6098	6068	1.4	
56	6104	6084	2.1	6085 [Fe VII] 1F; 6084 Fe II 46:
57	6146	6126	1.8	6129 Fe II 46:
58	6168	6143	1.1:	6148, 6149 Fe II 74
59	6258	6238		6288, 6240 Fe II 74;
60	6321	6300	8.9	6300 [O I] 1F
61	6385	6364	3.9	6364 [O I] 1F
62	6395	6374	1.6	6374 [Fe X] 1F
63	6426:	6405	1.0	6407 Fe II 74
64	6452	6431	0.9	6433 Fe II 40; 6435 [Ar V] 1F;
65	6476:	6455	0.9:	6456 Fe II 74
66	6538	6517		6516 Fe II 40;
67	6569	6548	8.9	6548 [N II] 1F

Таблица 1 (продолжение)

6

В. А. ЛИПОВЕЦКИИ, А. И. ШАПОВАЛОВА

047 (Б); 0.9 (О. К.); 1.1 [Fe VII] 2F + 5146  
[Fe VI] 2F (H);

0.94 [N II] 1F (Б); 1.0 (О. К.);

0.25 [Fe VI] 1F (H);

(4, 7) 5270, Fe II 48, 49, (Б); 0.25 [Fe II] 19F (H);

0.53 [Fe VII] 2F, (Б); 0.4 (О. К.); 0.3 (H);

0.76 (Б); 0.6 (О. К.); 0.3 (H);

1.1 (Б); 1.3 (О. К.); 0.65 (H);

0.7 (Б); 0.4 (О. К.);

1.53 (Б); 2.2 (О. К.);

2.24, (Б); 1.5 (О. К.); ? (H)

10.6 (Б); 8.7, [O I] + [S III], (О. К.);

3.8, [O I] + [Fe X], (Б); 2.4 (О. К.)

1.2: (Б); 0.8 (О. К.)

0.35: [AV 1F] (Б);

7.65 (Б); 7.3 (О. К.);

1	2	3	4	5
68	6584	6563	42.0	6563 H $\alpha$
69	6605	6584	26.1	6584 [N II] 1F
70	6648	6626	2.0:	6627 Fe II 210
71	6698	6676	1.7	6677 Fe II 210; 6678 He I 46;
72	6739	6717	7.5	6717 [S II] 2F
73	6753	6731	8.9	6731 [S II] 2F
74	6831	6809		6809 [Fe II] 31F
75	6988	6965	3.6	6966 [Fe II] 31F
76	7028:	7005		7005 [Ar V] 1F
77	7156	7133	1.3:	7136 [Ar III] 1F

Таблица 1 (окончание)

	6
	52.9 (Б); 36 (О. К.); 22.35 (Б); 21.9 (О. К.);  He I 46 (Б); 0.7, He I, (О. К.) 8.24 (Б); 9.5 (О. К.) 10.0 (Б); 11.1 (О. К.)  0.71 (Б); 0.2 (О. К.) 2.53 (Б); 2.6 (О. К.)

тенсивностей слабых линий является неопределенность проведения непрерывного спектра и блендирование линий. Для правильного учета крыльев широких линий, проведения уровня континуума и корректного выделения линий необходимо моделирование данных наблюдений синтетическим спектром, учитывающим звездную и нетепловую составляющие в прило-

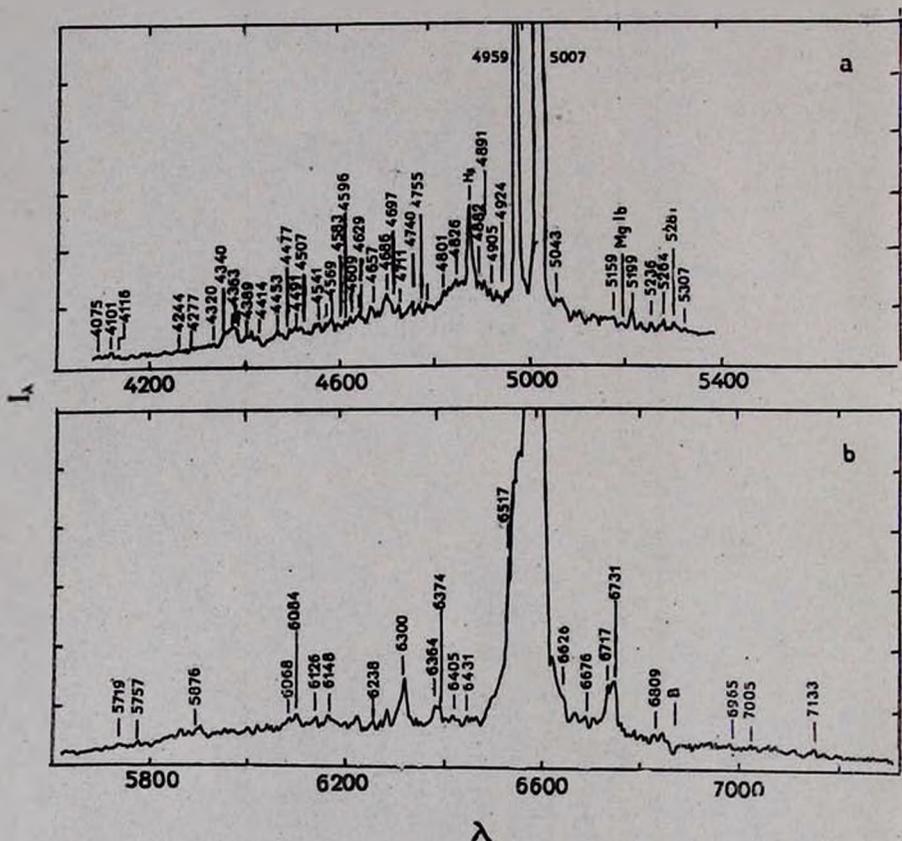


Рис. 1. Регистрограммы спектров NGC 4151 в относительных интенсивностях: а) в синем диапазоне, б) в красном диапазоне. Оригинальная дисперсия  $\sim 92 \text{ \AA/мм}$ .

жении к каждой конкретной галактике. Как убедительно показано в исследовании Шмидта и Миллера [25], в спектре NGC 4151 в диапазоне  $\lambda 4000\text{--}5500$  вообще не содержится участков спектра, свободных от эмиссионных линий. Поэтому мы считаем выделение слабых эмиссионных линий в спектре ядра NGC 4151 предварительным и далее сравниваем свои результаты с данными других авторов, полученными сходными методами. На рис. 2 приведены регистрограммы участка спектра по трем спектрограммам.

3. Сравнение с результатами других авторов. Впервые на присутствие слабых эмиссионных линий в спектре NGC 4151 в 1970 г. обратили внимание Кромвелл и Веймани [26]. Затем подробное отождествление этих линий было выполнено Нетцером [24], Боксенбергом с соавторами [22], Остерброком и Коски [23], Шмидтом и Миллером [25]. Некоторые сводные данные этих наблюдений приведены в табл. 2а, а результаты сравнений — в табл. 2б, в.

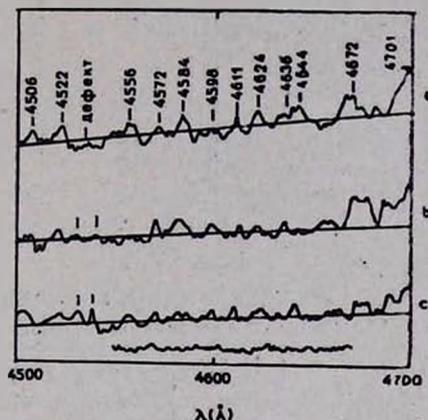


Рис. 2. Регистрограммы спектров NGC 4151 в относительных интенсивностях. Соответственно а), б) и в) соответствуют спектрограммам, полученным с экспозициями  $90^\circ$ ,  $60^\circ$  и  $30^\circ$ . Внизу запись шумовой дорожки. Отмечены наблюдаемые длины волн, согласно колонке 1 из табл. 1.

а. *Количество обнаруженных линий.* Мы не проводим сравнения с результатами Остерброка и Коски [23], т. к. у них приведено существенно меньше линий и практически все они содержатся в отождествлениях Боксенберга и др. [22]. Отметим также, что в работе Шмидта и Миллера [25] есть только сообщение о выделении свыше 70 линий, но соответствующие таблицы не опубликованы, поэтому количественное сравнение с их результатами пока невозможно.

Из табл. 2б следует, что количество общих обнаруженных линий в одинаковых диапазонах спектра совпадает у всех исследователей и составляет  $\sim 75\%$ , несмотря на различные приемники излучения, применявшиеся во всех исследованиях. Таким образом, полное количество выделяемых линий в большей степени будет зависеть от критериев определения слабой линии и в меньшей — от приемников излучения.

б. *Интенсивности эмиссионных линий.* Для корректного сравнения интенсивностей линий в табл. 1 результаты всех авторов были выражены в единицах интенсивности узкого компонента линии  $H\beta$  ( $I_{H\beta} = 10$ ). На

Таблица 2а

СВОДНЫЕ ДАННЫЕ НАБЛЮДЕНИЙ ПО ПОИСКУ СЛАБЫХ ЛИНИЙ  
В NGC 4151

Автор	Дата	Телескоп + приемник	Спектральное разрешение (А)	Наблюдаемый диапазон (А)	Количество линий
Нетцер [24]	27.I.1973	98" + спектракон	~ 3	3300—6100	77
Боксенберг и др. [22]	IV.1974	98" + сканер со счетом фотонов	~ 1 ~ 5	3700—5100 4900—8000	43 31
Остерброк и Коски [23]	~1975	120" + сканер Робинсона-Уомплера	10	3700—7800	46
Липовецкий и Шаповалова	18.III.1978	240" + ЭОП УМ-92	~6—8	4080—5400 5600—7300	77
Шмидт и Миллер [25]	VI.1979	120" + сканер Робинсона-Уомплера + спектрополяриметр	10	3700—7100	70

Таблица 2б

СРАВНЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОИСКА СЛАБЫХ ЛИНИЙ  
ПО ДАННЫМ РАЗНЫХ АВТОРОВ

Авторы	Найдено линий		Общий диапазон длин волн (А)
	Всего	Общих	
Нетцер [24]	53	40	4080—5400 5600—6100
Липовецкий и Шаповалова	56		
Боксенберг и др. [22]	61	45	4080—5400 5600—7300
Липовецкий и Шаповалова	77		
Нетцер [24]	73	43	3700—6100
Боксенберг и др. [22]	59		

Таблица 2в

СРАВНЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ЛИНИЙ ПО ДАННЫМ РАЗНЫХ  
АВТОРОВ

Авторы	$\lg I > 0.75$			$0.75 > \lg I > 0.0$			$\lg I < 0$		
	N	$ \Delta \lg I $	$(\Delta \lg I^2)^{1/2}$	N	$ \Delta \lg I $	$(\Delta \lg I^2)^{1/2}$	N	$ \Delta \lg I $	$(\Delta \lg I^2)^{1/2}$
ЛШ*—Б [22]	7	-0.02	0.07	10	0.15	0.20	18	0.20	0.30
ОК [23]—Б [22]	7	-0.05	0.10	10	0.02	0.15	9	-0.05	0.35
Н [24]—Б [22]	—	—	—	4	-0.20	0.36	16	-0.16	0.37

\* настоящая работа

рис. 3 приведены логарифмы относительных интенсивностей линий, полученные Нетцером [24], Остерброком и Коски [23] и нами, по сравнению с данными Боксенберга и др. [2], которые мы считаем наиболее точными.

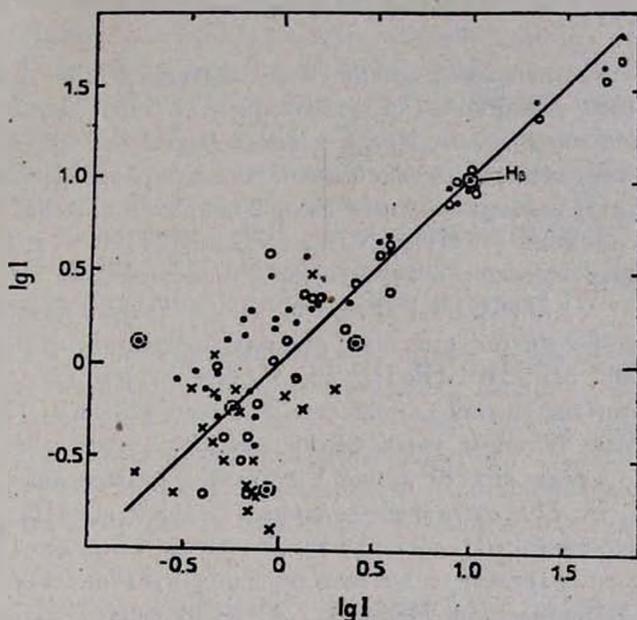


Рис. 3. Сравнение интенсивностей линий, полученных разными авторами. По оси абсцисс — десятичные логарифмы интенсивностей ( $\lg I$ ) по определениям Боксенберга и др. [22]; по оси ординат —  $\lg I$ , согласно результатам Нетцер [24] (X), Остерброка и Коски [23] (O) и нашим (·), соответственно. Наши неуверенные результаты обозначены — ⊙.

Для количественного сравнения все линии разбиты на 3 группы: сильные ( $I \geq I_{H\beta}$ ), умеренной интенсивности ( $I > 0.1 I_{H\beta}$ ) и слабые ( $I < 0.1 I_{H\beta}$ ). В табл. 2в представлены попарно для данных разных авторов средние разности  $\overline{\Delta \lg I}$  и среднеквадратичные уклонения  $\sigma = (\overline{\Delta \lg I^2})^{1/2}$  во всех трех группах линий. Как видно, у всех авторов хорошо совпадают интенсивности ярких линий со среднеквадратичной погрешностью 0.07—0.10 в  $\lg I$ . Для линий умеренной интенсивности среднеквадратичная погрешность возрастает примерно вдвое и составляет 0.15—0.25, появляются небольшие систематические погрешности. Для слабых линий у всех авторов наблюдается значительный разброс данных, составляющий  $\overline{\Delta \lg I} = 0.30—0.35$ , и значительные систематические уклонения в определениях интенсивностей линий, что, по-видимому, в первую очередь связано с неопределенностью проведения континуума, а также неоднозначностью разделения бленд. Та-

ким образом, сравнительный анализ показывает, что при определении интенсивностей слабых линий ошибки всех авторов составляют фактор 2—3 и хуже, поэтому полученные результаты могут рассматриваться лишь качественно, а для количественного анализа необходимо моделирование наблюдаемого спектра.

в. *Отождествление слабых линий.* Как следует из табл. 1, в области длин волн  $\lambda\lambda$  4080—7300 АА (за исключением  $\lambda\lambda$  5400—5600) нами выделено 77 эмиссионных линий. Как и в предыдущих спектральных исследованиях [22—27], мы отождествили яркие линии с разрешенными линиями Н, He I, He II, имеющими узкие пики и широкие крылья, а также с запрещенными линиями [O III], [N II], [S II], [O I] и т. д. Среди слабых эмиссионных линий присутствуют типичные для Sy2 линии [Ar IV] 1F, [Ar V] 2F, [Ca V] 1F, [N I] 1F, а также многочисленные запрещенные линии железа в разных стадиях ионизации: [Fe II] 4F, 6F, 7F, 18F, 19F, 20F, 21F, 31F; [Fe III] 2F, 3F; [Fe VII] 1F, 2F; [Fe X] 1F. Большинство отождествлений совпадает с данными [22] или [24]. Кроме того, нами найдено 19 новых узких линий, которые отсутствуют в результатах [22—24]. Среди них 10 линий составляют разрешенные переходы Fe II 37, 38, 40, 74, 210, остальные — линии [Fe II] и [Fe III]. Большинство выделенных линий Fe II, согласно вероятностям переходов [21], должны быть наиболее сильными в соответствующих мультиплетах. Отметим, что ранее в отождествлениях Нетцера [24] было указано на возможное присутствие 3-х линий Fe II 37 и 38, а Боксенбергом и др. [22] — на наличие широких линий Fe II 37, 38, 48, 49. Но только Шмидтом и Миллером [25] впервые было сообщено об отождествлении большого количества узких линий Fe II 37, 48, 49, 55, 74 и др.; к сожалению, в работе отмечен лишь факт их обнаружения без какой-либо подробной информации. Наши данные полностью подтверждают их результаты. Таким образом, в этой галактике разрешенные линии железа Fe II, вероятно, образуются как в широко-линейчатой, так и в узко-линейчатой областях, аналогично другим разрешенным линиям Н и He.

На наших спектрах уверенно выделяется эмиссионная линия [FeX]  $\lambda$  6374, которая присутствовала в данных Оука и Саржента в 1965 г. [27], Видмана в 1969—70 гг. [28], Шмидта и Миллера в 1979 г. [25], но не наблюдалась Нетцером в 1973 г. [24] и Боксенбергом и др. в 1974 г. [22]. Вероятно, эта линия переменна, с характерным временем  $\sim 3$ —5 лет и связана с излучающей областью размером  $\sim 1$  пс.

Мы предполагаем, что кроме эмиссионных линий в области  $\lambda$  5170 присутствует полоса поглощения Mg 1в с эквивалентной шириной  $\approx 2$  А, наличие которой ранее в спектрах NGC 4151 не отмечалось. Можно также подозревать наличие Na I D. Линии поглощения, скорее всего, образуются в

диске и видны на наших спектрах из-за большого уширения вдоль щели ( $\sim 25''$ ) и плохих изображений ( $\sim 4''$ ).

4. *Выводы.* 1. Между нашими результатами и данными Нетцера [24], Остерброка и Коски [23], Боксенберга и др. [22] наблюдается удовлетворительное согласие в поиске и отождествлении слабых линий в спектре NGC 4151 (Совпадение результатов между каждой парой авторов составляет  $\sim 75\%$ ). Отметим, что отношение сигнал/шум на наших спектрограммах значительно хуже, чем в [22—25], но, благодаря использованию нескольких спектрограмм, мы способны выделять слабые эмиссионные линии, в нашем случае имеющие эквивалентную ширину  $\sim 1 \text{ \AA}$ . Таким образом, по расширенным спектрограммам, полученным в СПФ БТА со спектрографом UAGS и ЭОП УМ-92, можно успешно проводить поиск и отождествление эмиссионных линий по описанной методике.

2. Интенсивности ярких линий, полученные разными авторами, обычно совпадают в пределах 20—30%, а слабых линий — отличаются в несколько раз, в среднем — фактор 2—3. На наш взгляд, это и является реальной точностью определения интенсивностей сегодня. Поэтому часто можно довольно уверенно отождествить слабую линию, но не удается определить ее интенсивность с хорошей точностью, пригодной для количественных оценок.

3. Мы обнаружили большое количество узких линий Fe II в спектре NGC 4151, подтвердив данные Шмидта и Миллера [25]. Учитывая наличие широких компонентов линий Fe II, найденных ранее Боксенбергом и др. [22] и Нетцером [24], а также то обстоятельство, что потенциал ионизации Fe II одного порядка с водородом, можно полагать, что линии этих элементов возникают как в узколинейчатой (NLR), так и широколинейчатой (BLR) областях.

4. Факт обнаружения нами линии [FeX]  $\lambda 6374$  совместно с данными других авторов говорит в пользу ее переменности на временах 3—5 лет.

В заключение авторы выражают благодарность В. Л. Афанасьеву за помощь и участие в проведении наблюдений.

Специальная астрофизическая  
обсерватория АН СССР



# СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ ГАЛАКТИКИ NGC 4151. I. ПОИСК И ИДЕНТИФИКАЦИЯ БЛЕДНЫХ ЛИНИЙ

V. A. LIPOVETSKY, A. I. SHAPOVALOVA

The spectrophotometric results for the nucleus of the Seyfert galaxy NGC 4151 are presented. The widened spectra are obtained in prime focus of the 6-meter telescope at SAO USSR AS with the spectrograph UAGS and the image tube UM-92' in the range  $\lambda\lambda 4100 - 7300\text{Å}$ . The method of the search and identification of faint emission lines is described. 77 lines are identified in the spectra and good accordance is shown with the results of other authors. The error of determination of faint emission line intensity lies within factor of 2—3. We have discovered many narrow permitted lines of iron Fe II 37, 38, 40, 74, 210. The presence of line [Fe X]  $\lambda 6374$  in the spectra is shown distinctly and assumption about its intensity variability with time scale of 3—5 years is suggested.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В. Л. Афанасьев, В. А. Липовецкий, Б. Е. Маркарян, Дж. А. Степанян, *Астрофизика*, 16, 193, 1980.
2. В. Л. Афанасьев, В. А. Липовецкий, А. И. Шаповалова, *Астрофизика*, 15, 557, 1979.
3. В. Л. Афанасьев, В. А. Липовецкий, А. И. Шаповалова, *Астрофизика*, 17, 643, 1981.
4. В. Л. Афанасьев, Э. К. Денисюк, В. А. Липовецкий, А. И. Шаповалова, *Астрофизика*, 18, 329, 1982.
5. В. Л. Афанасьев, А. И. Шаповалова, *Астрофизика*, 17, 404, 1981.
6. В. Л. Афанасьев, А. А. Пимонов, В. Ю. Теребиж, *Сообщ. САО*, 33, 5, 1981.
7. В. Л. Афанасьев, А. Л. Щербановский, *Сообщ. САО*, 16, 25, 1977.
8. А. И. Шаповалова, А. Л. Щербановский, *Сообщ. САО*, 22, 49, 1978; 25, 55, 1979.
9. P. Veron, P. O. Lindblad, E. J. Zwiderwijk, M. P. Veron, G. Adam, *Astron. Astrophys.*, 87, 245, 1980.
10. D. E. Osterbrock, *Ap. J.*, 249, 452, 1981.
11. D. E. Osterbrock, *Bul. Amer. Astr. Soc.*, 13, 824, 1981.
12. В. Л. Афанасьев, А. А. Пимонов, *Изв. САО*, 13, 76, 1981.
13. R. P. S. Stone, *Ap. J.*, 193, 135, 1974.
14. C. E. Moore, *A Multiplet Table of Astrophysical Interest*, Princeton, 1945.
15. A. B. Meinel, A. F. Aveni, M. W. Stockton, *Catalogue of Emission Lines in Astrophysical Objects*, Univ. Arizona Press, Tucson, 1969.
16. R. H. Garstang, *M. N. RAS*, 117, 393, 1957; 118, 572, 1958; 124, 321, 1962.
17. R. H. Garstang, I. A. U. Symp. No. 34, Eds. D. E. Osterbrock and C. R. O'Dell, Reidel, Dordrecht, 143, 1968.
18. W. L. Wiers, M. W. Smith, B. M. Glennan, *Atomic Transition Probabilities*, Vol. 1, Washington, 1964.
19. A. D. Thackeray, *M. N. RAS*, 113, 211, 1953; 135, 51, 1957..
20. L. H. Aller, R. S. Polidan, E. J. Rhodes, G. W. Wares, *Astrophys. Space Sci.*, 20, 93, 1968.

21. *M. M. Phillips*, *Ap. J. Suppl. ser.*, **38**, 187, 1978; **39**, 377, 1979.
22. *A. Boksenberg, K. Shortridge, D. A. Allen, R. A. E. Fosbury, M. V. Penston, A. Savage*, *M. N. RAS*, **173**, 381, 1975.
23. *D. E. Osterbrock, A. T. Koski*, *M. N. RAS*, **176**, 61p, 1976.
24. *H. Netzer*, *M. N. RAS.*, **169**, 579, 1974.
25. *G. D. Schmidt, J. S. Miller*, *Ap. J.*, **240**, 759, 1980.
26. *R. Cromwell, R. Weymann*, *Ap. J. Lett.*, **159**, L147, 1970.
27. *J. B. Oke, W. L. W. Sargent*, *Ap. J.*, **151**, 807, 1968.
28. *D. W. Weedman*, *Ap. J. Lett.*, **167**, L23, 1971.