

ОБ АКТИВНЫХ ЯДРАХ ТИПА Sy1, Sy 1.5, Sy2 и LINER

Составлены выборки AGN типов Sy 1 (29 объектов), Sy 1.5 (25 объектов), Sy 2 (22 объекта) и LINER (28 объектов), для которых собраны данные по 11 параметрам, характеризующие их радио, FIR, спектральные и рентгеновские свойства. Эти выборки обработаны методами многомерного статистического — факторного и дискриминантного анализа.

Получены следующие результаты:

- LINER во факторном, определяющим области формирования узких линий и центральный источник, четко разделяются от сейфертовских галактик.
- Область формирования узких эмиссионных линий в целом одинакова для всех типов сейфертовских галактик.
- Рентгеновская светимость, в основном, являющаяся независимым параметром, хорошо классифицирует сейфертовские галактики по типам.
- Подтверждено различие между Sy 2 и Sy1 по FIR и радио характеристикам.
- Тип Sy 1.5 реально существует. Он более близок к типу Sy 1, чем к Sy 2.

1. Введение. Сейфертовские ядра разных типов, ядра с низкоионизованными областями (LINER) отличаются друг от друга многими параметрами. Например, галактики типа Sy2 более сильные источники радионалучения, чем Sy1 [1], а объекты Sy 1.5 имеют промежуточную радиосветимость [2], Sy1 и Sy1.5 — более мощные источники рентгеновского излучения, чем Sy2 [3,4]. Инфракрасное излучение Sy 2 предположительно имеет тепловую природу, тогда как у Sy1 оно, в основном, нестепловое (см., например, [5]). LINER отличаются от других AGN более слабо выраженной активностью [6—8].

Несмотря на такие отличия для классификации активных галактических ядер (AGN) используется только информация о профилях и относительных интенсивностях наблюдаемых оптических эмиссионных линий. Причем критерии классификации по эмиссионным линиям для сейфертовских галактик первого и второго типов (Sy1 и Sy2) предложены Хачикяном и Видманом [9], для промежуточных сейфертовских типов (Sy 1.2; 1.5; 1.8; 1.9) Остерброком [10—12] и для LINER Хекманом [13]. Примечательно, что для классификации объекта как Sy1 или Sy1.5 достаточно иметь профили разрешенных и запрещенных линий. Так как у части LINER профили разрешенных линий напоминают таковые у Sy 1.8 и 1.9 [14], а у других они не отличаются от профилей для Sy 2, то для разделения этих классов AGN требуется также спектрофотометрическая информация.

Такой подход к классификации AGN имеет столь большое преимущество, что только по измерению в течение времени профилей и интенсивностей эмиссионных линий говорят о переходе AGN с одного класса в другой. Скажем Sy 1 в Sy2 [15, 16] или наоборот [17, 18].

В настоящей работе созданы выборки AGN типов Sy1, Sy1.5, Sy2 и LINER. Для объектов каждой выборки собраны данные, харак-

теризующие их радио, инфракрасные, спектральные и рентгеновские свойства, всего 11 параметров. Ставится цель ответить на следующие вопросы: а) насколько хорошо определен тип AGN по всем отобранным параметрам вместе взятым? б) исключая профили линий, какие главные факторы определяют тип AGN? в) насколько различие только в радио, инфракрасных и рентгеновских свойствах отражает принадлежность AGN к различным типам?

С целью ответа на поставленные вопросы отмеченные выборки обработаны методами многомерного статистического анализа, включая факторный и дискриминантный анализы.

2. Используемые выборки и параметры AGN. В каждой из отмеченных выше классов AGN выбирались те объекты, которые имеют четкую классификацию как Sy 1 по [9] или Sy 2 по [19], Sy 1.5 по [12] или как LINER по [13]. При отборе объектов обращалось особое внимание на то, чтобы для каждого из них имелась по возможности более полная информация по спектрофотометрическим, рентгеновским, инфракрасным и радионаблюдениям. Чтобы свести к минимуму фактор неоднородности в данных, предпочтение отдавалось галактикам, наблюдаемым и обработанным в каждом диапазоне одинаковым способом.

Использованы следующие характеризующие AGN параметры. Исправленные за покраснение отношения интенсивностей эмиссионных линий $[OIII]\lambda 5007/H\beta$, $[OII]\lambda 3727/[OIII]\lambda 5007$; $[N II]\lambda 6584/[OIII]\lambda 5007$ $H\alpha/H\beta$. Для галактик типа Sy 1.5 отношение $H\alpha/H\beta$ взято отдельно для узкого и широкого компонентов линий (соответственно $(H\alpha/H\beta)_n$ и $(H\alpha/H\beta)_b$), отдельно взяты также отношения интенсивности линий $[OIII]\lambda 5007$ к интенсивности узкого компонента $H\beta$ и к полной интенсивности этой линии. Светимость в линии $[OIII]\lambda 5007$ ($L_{[OIII]}$). Для большинства объектов она вычислена по значению их светимости в линии $H\beta$ и по отношению $[OIII]\lambda 5007/H\beta$.

Светимость в мягком рентгеновском диапазоне (0.5—4.5 КэВ; L_x). Основанным на оценках, соответствующих FIR потокам IRAS [20], для области спектра от 42.5 до 122.5 мкм с центром на 82.5 мкм светимости (L_{FIR}). Инфракрасные спектральные индексы $\alpha_{\frac{0.6\text{ мкм}}{25\text{ мкм}}}$ и $\alpha_{\frac{100\text{ мкм}}{0.6\text{ мкм}}}$.

Радиосветимости в непрерывном спектре на волне 21 см ($L_{21\text{ см}}$) и радиоиндекс $\alpha_{\frac{21\text{ см}}{6\text{ см}}}$. Отношение малой оси галактики на большую (b/a). При вычислении всех светимостей использованы лучевые скорости галактик, исправленные за движение Солнца вокруг центра галактики. Для постоянного Хаббла принималось значение $H_0 = 75$ км с^{-1} Мпк^{-1} . Так как красные смещения (z) выбранных объектов меняются в широких пределах, то, чтобы избежать эффекта селекции по z , в статистике использованы не прямые значения светимостей, а их относительные к $L_{[OIII]}$ величины. $L_{[OIII]}$ специально выбран как репер, так как у всех типов AGN линии $[OIII]$ образуются в зонах с подобными физическими характеристиками.

Спектральные индексы вычислены по формуле

$$\alpha_{\lambda_2/\lambda_1}^{\lambda_1} = \frac{\lg S_{\lambda_1} / S_{\lambda_2}}{\lg \lambda_2 / \lambda_1},$$

где S_{λ_1} и S_{λ_2} потоки в мЯн, соответственно на длинах волн λ_1 и λ_2 .

Выборка сейфертовских галактик первого типа

Таблица 1

Объект	$\lg \frac{[OII]}{H\beta}$	$\lg \frac{[OII]}{[OIII]}$	$\lg \frac{[NII]}{[OIII]}$	$\lg \frac{H\alpha}{H\beta}$	$\lg \frac{L_{R1d}}{L_{[OIII]}}$	$\lg \frac{L_{FIR}}{L_{[OIII]}}$	$\lg \frac{L_x}{L_{[OIII]}}$	α_{25}°	α_{60}°	$\alpha_{\epsilon}^{\circ}$	b/a	Литература
Mrk 9	-0.620	-0.658	-0.481	0.393		3.13	2.05	-0.57	-1.03			
10	-0.032	-1.046	-0.921	0.486		2.62		-1.18	-1.82		0.67	[21, 20, 22, 23]
40	-0.143	-0.292	-0.690	0.539	-3.27		2.08				0.40	[10, 20, 23]
69	-0.397	-0.401	-0.004	0.479							0.69	[10, 24, 25, 23]
106	-0.518	-0.745	-0.699	0.530								[10]
110	-0.268	-0.387	-0.959	0.569	-2.72							[10]
124	-0.174	-0.086		0.771	-2.81					-1.37		[10, 24, 26]
141	-0.420	-0.744	-0.056	0.486		2.51		-0.96	-0.78			[10, 24, 20]
142	-0.602	-0.638	0.037	0.464			2.05	-1.25	-1.04			[10, 20]
290	-0.201	-1.222	-1.301	0.521	-3.32		2.02				0.86	[10, 24, 28, 23]
291	-0.031	-0.328	-0.149	0.656			2.33				0.66	[10, 28, 23]
304	-1.180	-0.745	-0.367	0.474			1.74					[10, 27]
335	-0.638	-1.222	0.207	0.415		<2.16		0.07	-1.25	-0.29	0.80	[10, 20, 29, 23]
352	-0.959			0.425			3.21				0.64	[10, 27, 23]
358	-0.367	-0.602	-0.481	0.450							0.70	[10, 23]
374	-0.367		-1.265	0.512	-2.35					-0.64	0.52	[10, 24, 30, 23]
376	-0.824		-0.119	0.563		<2.45	2.15	-0.95	>-0.76		0.68	[10, 20, 22, 23]
382	-0.060	-1.046	-0.585	0.569			1.90				0.88	[10, 28, 23]
509	-0.620	-0.875		0.450	-3.27	2.28	2.04	-0.71	-0.04	-0.92	0.85	[10, 24, 20, 22, 23]
541	-0.638	-0.721	0.371	0.382			2.47				0.69	[10, 28, 23]
618	-0.347	-0.886	-0.201	0.585	-2.44	3.33	2.10	-1.40	-0.70	-1.13	0.60	[10, 24, 20, 28, 26, 23]
NGC 1566	0.233		-0.398	0.623		3.71		-2.96	-2.34		0.79	[31, 20, 23]
3516	-0.585	-1.046	-0.357	0.468	-2.53	2.89	1.71	-0.71	-0.35	-0.31	0.75	[10, 24, 20, 27, 29, 23]
3783	0.100		-0.569	0.511		2.08	1.50	-0.35	-0.77		0.80	[31, 20, 22, 23]
NGC 4051	-0.071	-0.452			-2.56	3.68		-2.00	-1.79	-1.00	0.68	[32, 24, 20, 29, 23]
7603	-0.529	-0.444		0.561	-1.83	3.31	2.29	-1.71	-1.79	-0.73	0.68	[33*, 24, 20, 27, 34, 23]
I Zw 1	-0.357			0.687	-2.97	2.83	1.93	-0.60	-0.26	-0.82	0.88	[10, 24, 20, 22, 29, 23]
II Zw 136	-0.441	-0.913		0.560	-2.94	<2.39	1.94	-0.17	<-1.28		0.41	[10, 24, 20, 27, 23]
III Zw 2	-0.481	-0.824	-1.046	0.552			2.62				0.66	[10, 28, 23]

* Данные 1974 г.

Объект	$\lg \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\lg \frac{[OIII]}{\Sigma}$	$\lg \frac{[OIII]}{[OIII]}$	$\lg \frac{[NIII]}{[OIII]}$	$\lg \left(\frac{H\alpha}{H\beta} \right)_n$	$\lg \left(\frac{H\alpha}{H\beta} \right)_b$	$\lg \frac{L_{Rad}}{L_{[OIII]}}$	$\lg \frac{L_{FIR}}{L_{[OIII]}}$	$\lg \frac{L_x}{L_{[OIII]}}$	α_{25}^{60}	α_{60}^{100}	α_4^{21}	b/a	Литература
Mrk 6	1.006	0.574	-0.620	-0.745	0.676	1.021	-3.30	0.91		-0.56	0.33	-0.60	0.43	[35.24, 20, 26, 23]
79	1.045	-0.215	-0.658	-0.678	0.576	0.771	-3.20	2.25	1.72	-0.74	-0.66		1.00	[35.24, 20, 22, 36]
279	0.627	-0.523	-0.252	-0.237	0.572	0.690	-2.47	2.85	2.49	-1.43	-1.38	-0.92	0.56	[35.24, 20, 22, 29]
315	0.369	0.021	0.386	-0.495	0.811	0.593	-2.36	<3.05	1.26	-1.47	-1.19	-0.95		[37.24, 20, 28, 26, 23]
372		0.164	-0.081	-0.569		0.855	-3.53		2.16				0.81	[37.24, 25, 23]
493		-0.600						4.75		-0.90	-1.37		0.83	[38.20]
506	0.94	-0.086	-0.824	0.455	0.455	0.748	-2.73		2.35				0.73	[35.21, 22, 23]
590		-0.260	-0.444	-0.420			-3.03	2.32	2.19	-0.65	-2.32	-0.32	0.97	[10.24, 20, 27, 29, 23]
704	0.810	-0.252	-1.001	-0.824	0.513	0.763				>0.28	-1.48		0.38	[35.20, 23]
766		0.573	-1.000	-0.854			-1.98	3.54	1.76	-1.22	-0.03	-0.70	0.72	[38.24, 20, 25, 29]
783		0.410	-0.252	-0.736			-1.41					-1.66		[33.24, 26]
817	0.917	-0.509	-1.155	-0.618	0.559	0.602	-2.59	3.29		-0.68	0.04	-0.53	0.80	[35.24, 20, 29, 23]
841	1.015	-0.292	-1.046	-1.000	0.675	0.681		<2.53		-0.14	-1.32			[35.20]
926	0.884	-0.046	-0.367	-0.553	0.468	0.978	-3.55		1.40			-1.06	0.67	[35.24, 22, 26, 23]
975	0.837	-0.036	-1.000	-0.495	0.616	0.568							0.61	[35.23]
1239		0.146						3.35		-1.00	-1.99		0.63	[38.20]
NGC 1365	0.350		-0.252	-0.284	1.173			2.66	1.04	-2.22	-1.15		0.44	[39.20, 40, 23]
3227	1.031	0.018	-0.523	-0.337	0.670	0.708	-1.83	3.72	2.42	-1.71	-1.51	-0.88	0.45	[35.24, 20, 23, 29, 23]
4151	1.134	0.270	-0.745	-0.796	0.561	0.561	-3.27		1.12			-0.77	0.74	[12.24, 22, 29, 23]
5548	0.583	-0.143	-0.854	-0.885	0.539	0.724	-3.13	2.03	1.72	-0.31	-0.92	-0.89	0.83	[35.24, 22, 20, 29, 23]
7469	0.614	0.174	-0.553	-0.398	0.738	0.748		3.54	2.26	-1.80	-0.50	-0.72	0.58	[35.20, 22, 29, 23]
MKG8-11-11	0.927	0.303	-0.420	-0.481	0.732	0.813	-2.06	2.56	2.08	-0.37	-0.88		0.47	[35.24, 20, 23, 23]
II Zw 1		0.093	-0.770	-0.495				2.43	2.07	<-1.33	-0.66		0.67	[10.20, 25, 23]
X 0459-1034		-0.032	-0.180											[41]
ESO0438-G9		-0.432	-0.347	-0.456				3.29		-1.98	-0.46			[42, 20]

Выборка сейфертовских галактик второго типа

Таблица 3

Объект	$\lg \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\lg \frac{[OII]}{[OIII]}$	$\lg \frac{[OII]}{[OIII]}$	$\lg \frac{H\delta}{H\beta}$	$\lg \frac{I_{4861}}{I_{4340}}$	$\lg \frac{I_{4340}}{I_{4300}}$	$\lg \frac{I_{4340}}{I_{4300}}$	α_{30}	α_{45}	α_{50}	β_{50}	Литература
Mrk												
1	1.030	-0.602	-0.658	0.609	-2.41	2.64	<1.84	-1.15	-0.35	-0.45	0.55	[37.24.20.25.26.23]
3	1.103	-0.585	-0.635	0.725	-2.10	1.89		-0.35	0.29	-0.50	0.71	[37.24.20.25.23]
34	1.059	-0.518	-0.745	0.613	-3.19	<2.09		-0.60	-0.23	-0.81	0.64	[37.24.20.25.23]
78	1.077	-0.357	-0.658	0.725	-2.75	2.29	0.32	-0.83	-0.10	-0.40	0.41	[37.24.20.25.26.23]
176	1.157	-0.620	-0.678	0.816	-2.49	<2.06	<0.32	-1.13	-1.09		0.24	[37.24.20.43.23]
198	0.745	-0.357	-0.420	0.580	-2.76	<2.95	0.81	-0.97	-2.45		0.95	[37.24.20.43.23]
264	0.683	-0.108	0.009	0.695	-2.31	2.82		-1.85	-0.35	-0.56	0.69	[37.24.20.21.23]
270	0.540	-0.187	-0.523	0.577	-2.87		<0.16			-0.71	0.77	[37.24.43.20.23]
348	1.070	-0.432	-0.699	0.630	-1.73	2.43	0.18	-0.69	-0.40	-0.17	0.97	[37.24.20.25.26.23]
533	1.072	-0.745	-0.620	0.665		3.86		-1.19	-0.79	-0.80	0.70	[19.20.29.23]
573	1.084	-0.638	-0.699	0.633				-0.51	0.06	-0.64	0.75	[37.20.29.23]
612	0.959	-0.678	-0.357	0.740		3.62		-1.51	-0.88		0.48	[19.20.23]
622	0.724	0.299	-0.310	1.070	-1.24	4.44		-1.14	-0.13		0.61	[19.24.20.23]
1066	0.590	-0.666	-0.187	0.892		2.38		-1.70	-0.42		0.57	[44.20.23]
NGC												
1068	1.094	-1.000	-0.387	0.651		2.85	0.60	-0.87	-0.49		0.88	[37.20.43.23]
4388	1.021	-0.573	-1.301	0.690		3.51	-0.25	-1.26	-0.93		0.28	[45.20.23]
4507	0.918	-0.558	-0.716			2.34	-0.28	-1.32	-0.35			[46.20.23]
I Zw												
92	1.004	-0.585	-1.606	0.574	-3.09	1.82	<0.64	-1.05	-0.53	-0.68	0.73	[19.24.20.43.20.23]
III Zw												
55	0.840	-0.328	-0.252	0.897	-2.25	3.11	<0.81	<-1.41	-1.65		0.59	[37.24.20.43.23]
Arp												
347	1.182	-0.745	-0.635	0.776	-2.33						0.50	[19.24.23]
UM												
16	1.143	-0.658	-0.921	0.672							0.89	[19.23]
ESO 0428	-G14	1.049	-0.745	-0.569		1.99		-1.62	-0.57			[47.20]

А. Р. ПЕРОВАЯ, М. Ш. КАРАЧЕНКО

Объект	$\lg \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\lg \frac{[OII]}{[OIII]}$	$\lg \frac{[N II]}{[OIII]}$	$\lg \frac{H\alpha}{H\beta}$	$\lg \frac{L_{Rad}}{L_{[OIII]}}$	$\lg \frac{L_{FIR}}{L_{[OIII]}}$	$\lg \frac{L_x}{L_{[OIII]}}$	α_{25}^{60}	α_{60}^{100}	α_6^{21}	b/a	Литература
Mrk 293	0.236	0.444	-0.367	0.615	-3.20							[37,24]
700	-0.319	0.449	1.017	0.526	-1.80	3.99		-2.16	-0.31		0.75	[37,24,20,23]
NGC 1052	0.301	0.602	0.176			2.29		-0.64	-0.76			[48,20]
2655										-0.77	0.89	[49,36]
2768	0.009	0.688	0.891	0.439	-0.97					-0.08	0.46	[49,36]
2787	0.146					<3.49		<-0.07	>-2.07		0.66	[49,20,36]
2841	0.111	0.669	0.491	0.567		4.17		<-2.59	-3.37		0.47	[48,20,36]
2911	0.190	0.531	0.587	0.556	-1.86						0.75	[49,36]
2985	-0.174					5.19		-2.98	-2.43		0.77	[49,20,36]
3031	0.270	0.531	0.322	0.863	-2.73	2.94	0.97	-2.59	-4.10	-0.10	0.41	[48,40,20,50,13,23]
3556	-0.301				0.87	<5.70		-2.92	-1.86	-0.86	0.25	[49,20,36]
3642	-0.108	1.009	0.041	0.842		3.33		<-2.08	-2.08		0.81	[49,20,36]
3718										-0.23	0.45	[49,36]
3898	0.176	0.577	0.176	0.753		<3.31		-0.98	<-2.50		0.58	[49,20,36]
3998	-0.137	0.637	0.537	0.503	-1.88					-0.03	0.83	[48,49,36]
4036	-0.081	1.132	0.803	0.684		<3.29		<-0.88	>-2.04		0.49	[48,20,36]
4111	0.000	0.316	0.680		2.49					-0.78	0.19	[49,36]
4278	0.033	0.792	0.529	0.534	-1.12	2.60		<-0.91	-1.86	-0.20	1.00	[49,20,36]
4589										-0.58	0.87	[49,36]
5005	0.378	0.479	0.688			5.25		-3.23	-2.25		0.48	[48,20,36]
5077	0.272	0.352	0.348	0.447	-1.26							[48,49]
5322										-0.55	0.67	[49,36]
5371	0.204	1.109	0.449	0.875		4.68		<-2.66	-3.32		0.78	[48,20,36]
5866										-0.05	0.46	[49,36]
6764	-0.377	0.936	0.664	0.753	-1.14	4.30	<1.13	-1.79	-1.14		0.61	[37,21,20,43,36]
6946	-0.301				-0.29	5.35		-2.37	-1.74	-0.87	1.00	[49,20,36]
IC 342	-0.824				-0.91	<3.49	2.28	-2.14	<-1.63	-0.30		[49,20,50]
K23 26	-0.481	0.707	0.652	0.617								[19]

АКТИВНЫЕ ЯДРА ТИПА СЕЙФЕРТ

В табл. 1—4 приведены выбранные AGN с собранными для них значениями логарифмов, отмеченных выше параметров, а также с ссылками на соответствующие литературные источники, откуда заимствованы использованные данные.

Отметим следующее. Как известно, сейфертовские ядра особенно широкого и промежуточного типов переменны в эмиссионных линиях и во всем диапазоне континуального излучения (см., например, [5]—[34]). Поэтому приведенные для каждого объекта значения параметров являются моментальными для него. Но они, тем не менее, вполне характеризуют объект, как ядро определенного типа.

Что касается отношения b/a , то для сейфертовских галактик всех типов они заимствованы из работы [23], а для LINER в основном из каталога [36]. Данные из [23] и [36] с высокой степенью достоверности однородны.

3. Используемые методы многомерного статистического анализа. Для выявления внутренней структуры и классификации анализируемых выборок AGN использованы методы факторного и дискриминантного анализов.

Факторный анализ.—это статистический метод для представления некоторого набора m наблюдений случайных переменных X_1, X_2, \dots, X_m для n объектов, с помощью небольшого числа линейно независимых гипотетических величин F_1, F_2, \dots, F_r ($r \leq m$), так называемых, общими факторами.

Связь исходных переменных с общими факторами вводится с помощью факторной модели

$$x_i = \sum_{j=1}^r \lambda_{ij} F_j + e_i, \dots, x_m = \sum_{j=1}^r \lambda_{mj} F_j + e_m,$$

где λ_{ij} постоянные, называемые факторными нагрузками. Переменные e_1, e_2, \dots, e_m называются специфическими факторами. Предполагается, что специфические факторы также не коррелированы. В представленной выше факторной модели r общие факторы описывают основную часть структуры зависимости m переменных, а специфические факторы—оставшуюся часть.

Техника факторного анализа направлена на оценку матрицы факторных нагрузок $\{\lambda_{ij}\}$ и специфических факторов e_i , а также на определение значений общих факторов с помощью значений исходных переменных для каждого объекта. Отметим, что число r общих факторов определяется числом собственных значений, больших или равных единице.

Для наилучшей интерпретации общих факторов используется метод ортогонального вращения факторов «варимакс». Целью процедуры вращения является представление каждой исходной переменной одним или небольшим числом факторов, тогда как нагрузки остальных факторов близки к нулю. Полное описание метода факторного анализа можно найти в работах [55, 56], а техникой и результатами его применения в астрономии, например, в работах [57, 58].

Задача **дискриминантного анализа** или классификации состоит в отнесении некоторого объекта ω к одной из k групп W_1, W_2, \dots, W_k на основе измерения p параметров $A^{p \times 1} = (x_1, x_2, \dots, x_p)'$.

Если ввести следующие величины $f_i(x)$ —плотности распределения x в W_i , q_i —априорная вероятность того, что вектор x при-

надлежит к группе $W_i (i=1, 2 \dots k \text{ и } \sum_{i=1}^k q_i = 1)$: $C(i/j)$ и $P(i/j)$, соответственно стоимость и вероятность отнесения наблюдения из W_j к $W_i (i, j=1, 2 \dots k; i \neq j)$, то обобщенная байесовская процедура классификации относит \bar{x} к W_i , если величина

$$-\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^k q_j f_j(\bar{x}) C(i/j) \quad i=1, 2 \dots k,$$

называемая дискриминантной функцией для i группы, является максимальной, а ожидаемая стоимость ошибочной классификации

$$\sum_{i=1}^k q_i \left| \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^k C(i/j) P(i/j) \right|$$

минимальной.

При классификации важно иметь значение условной вероятности $P(W_i/\bar{x})$, называемой апостериорной. Она показывает, какой вероятности объект принадлежит к группе W_i при данном векторе наблюдений \bar{x} . Если стоимость ошибочной классификации не имеет значения, все $C(i/j)$ полагаются равными, и тогда $P(W_i/\bar{x})$ вычисляется как

$$P(W_i/\bar{x}) = \frac{q_i f_i(\bar{x})}{\sum_{i=1}^k q_i f_i(\bar{x})}$$

Более подробно с методом дискриминантного анализа можно познакомиться в [56, 59]. При его реализации нами сделаны предположения, что функция плотности распределения \bar{x} в $W_i - f_i(\bar{x})$ является нормальной, стоимости ошибочной классификации и априорные вероятности полагаются равными.

4. Результаты. Как видно из табл. 1—4 для большого числа объектов отсутствуют те или иные данные. Есть также некоторое число верхних пределов, обусловленное в основном чувствительностью приемной аппаратуры. Для корректной реализации факторного и дискриминантного анализов отсутствующие данные должны быть восстановлены. С этой целью для каждой выборки AGN, для каждого параметра в отдельности вычислялись средние значения с и без использования верхних пределов. Отсутствующие данные восполнялись соответствующими средними значениями. Статистический анализ проведен по матрицам данных, полученных описанным способом.

Факторный и дискриминантный анализы реализованы в следующих случаях «группировки» AGN и их параметров:

а) все типы AGN с девятью параметрами.

Так как параметры $\lg[OIII] / H\beta$ и $\lg H\alpha / H\beta$ зависят от интенсивности бальмеровских линий, которые у AGN разных типов образуются

в областях с разными характеристиками (в зоне широких линий (BLR) для Sy 1; в зоне широких и узких линий (BLR+NLR) для Sy 1.5; в зоне узких линий (NLR) для Sy 2 и LINER, то для корректной интерпретации полученных данных они не рассматриваются;

б) все типы AGN с семью параметрами;

в) совместные выборки Sy 1.5, Sy 2 и LINER с одиннадцатью параметрами. Для объектов типа Sy 1.5 как $\lg [OII] / H$, и $\lg H$, H , взяты значения, характеризующие их NLR;

г) совместные выборки Sy 1 и Sy 1.5 с одиннадцатью параметрами. Для объектов типа Sy 1.5 как $\lg [OIII] / H$, и $\lg H$, H , взяты значения, характеризующие их BLR.

В результате применения факторного анализа к случаю а) выделено три главных фактора F1, F2 и F3. Полученные оценки факторных нагрузок после вращения факторов, а также накопленные доли суммарной дисперсии по соответствующим компонентам для данных с и без верхних пределов (последняя в кавычках), приведены в табл. 5. Отметим, что каждая нагрузка есть коэффициент корреляции между указанным параметром и соответствующим фактором.

Таблица 5

№	Параметр	F1	F2	F3
1	$\lg [OII] / [OIII]$	0.880(0.880)	-0.206(-0.054)	0.015(-0.042)
2	$\lg [NII] / [OIII]$	0.877(0.883)	-0.071(0.077)	0.049(0.030)
3	$\lg L_{2-10} / L_{0.1-10}$	0.772(0.810)	-0.233(-0.141)	0.033(0.061)
4	$\lg L_{1-10} / L_{0.1-10}$	0.759(0.771)	0.162(0.252)	-0.189(-0.078)
5	$\lg L_{1-0.1} / [OII]$	0.160(0.084)	0.880(0.500)	0.190(0.125)
6	α	-0.736(-0.721)	-0.100(-0.120)	0.389(0.327)
7	$\alpha^{(*)}$	-0.743(-0.694)	-0.281(-0.380)	0.089(0.165)
8	α	0.547(0.633)	-0.513(-0.409)	0.269(0.154)
9	b/a	-0.069(-0.047)	0.119(0.092)	0.885(0.951)
Накопленная дисперсия, %		47%(48%)	61%(62%)	73%(74%)

Для интерпретации факторов рассмотрим нагрузки больше порогового значения $r > 0.6$.

Как видно из табл. 5 первый фактор—F1, который объясняет 47% (48%) общей дисперсии всех данных, главным образом, зависит от семи параметров из девяти. Эти параметры характеризуют степень ионизации, радио и FIR свойства AGN. Второй фактор—F2, объясняющий 14% общей дисперсии, зависит существенным образом от рентгеновской светимости AGN. Фактор F3, объясняющий 12% общей дисперсии, включает в себя эффект наклона галактики к лучу зрения.

В результате применения факторного анализа к случаю б) также выделяются три главных фактора F1, F2 и F3. Полученная факторная матрица воспроизведена в табл. 6 аналогично табл. 5 по форме. Как видно из этой таблицы, F1 объясняет 41% (42%), F2—17%, а F3—15% общей дисперсии всех данных. При этом F1, главным образом, зависит от радио, и FIR свойств AGN, F2 от рентгеновской светимости, а F3 от наклона галактики к лучу зрения.

Факторная матрица, соответствующая результату применения факторного анализа к случаю в), приведена в форме табл. 5 в табл. 7.

Таблица 6

№	Параметр	F1	F2	F3
1	$\lg L_{Rad} / L(0111)$	0.71 (0.768)	- 0.369 (- 0.2.6)	0.090 (0.105)
2	$\lg LFIR / L(0111)$	0.871(0.849)	-0.066(0.136)	-0.047(-0.004)
3	$\lg L_x / L(0111)$	0.206(0.187)	0.848(0.880)	0.233(0.142)
4		- 0.802(-0.794)	0.042(-0.040)	0.271(0.264)
5	α_{10}^{100}	-0.793(-0.771)	-0.121(- 0.271)	-0.003 0.106)
6	α_6^{100}	0.419(0.560)	-0.624(- 0.509)	0.246(0.168)
7	b/a	-0.121(-0.081)	0.054(0.076)	0.925(0.958)
Накопленная дисперсия, %		41%(42%)	58%(59%)	73%(74%)

Как видно, из полученных трех главных факторов первый объясняет 48% (50%), второй—14% (13%), третий—10% общей дисперсии всех данных. Как и прежде, F1 полностью обусловлен параметрами, характеризующими степень ионизации, радио и FIR свойства AGN; F2— рентгеновской светимостью и мерой поглощения в NLR отношением $\lg(H_\alpha/H\beta)_n$; F3—наклоном галактики к лучу зрения.

Как видно из табл. 5—7, учет верхних пределов при вычислении средних значений параметров и составлении матриц данных почти не влияет на конечный результат факторного анализа.

Таблица 7

№	Параметр	F1	F2	F3
1	$\lg [OIII] / H\beta$	-0.923 (- 0.917)	0.138 (0.189)	0.015 (0.035)
2	$\lg [OII] / [OIII]$	0.932 (0.930)	0.001 (- 0.050)	0.038 (0.038)
3	$\lg [NII] / [OII]$	0.935 (0.927)	-0.117 (- 0.161)	0.011 (-0.045)
4	$\lg (H_\alpha / H\beta)_n$	0.039 (0.081)	0.772 (0.820)	-0.309 (-0.228)
5	$\lg L_{Rad} / L(0111)$	0.779 (0.781)	0.023 (0.044)	0.060 (0.162)
6	$\lg LFIR / L(0111)$	0.722 (0.744)	-0.215 (0.167)	-0.305 (-0.118)
7	$\lg L_x / L(0111)$	0.211 (0.299)	-0.847 (-0.832)	-0.084 (-0.086)
8	α_{10}^{100}	-0.716 (-0.775)	-0.021 (0.020)	0.455 (0.338)
9	α_6^{100}	0.708 (0.700)	0.234 (0.275)	0.151 (0.211)
10	α_6^{21}	0.620 (0.617)	0.206 (0.131)	0.409 (0.221)
11	b/a	-0.039 (0.015)	-0.167 (-0.128)	0.763 (0.904)
Накопленная дисперсия, %		48% (50%)	62% (63%)	72% (73%)

При реализации факторного анализа к случаю г) выделяются четыре главных фактора (табл. 8). Первые два фактора объясняют соответственно 22% и 21% общей дисперсии, а факторы F3 и F4 по 11% (10%) и 9% (9%) этой дисперсии. Первый фактор зависит от степени ионизации, от меры поглощения в BLR, а также от рентгеновской светимости. Второй фактор зависит от FIR свойств AGN. Третий и четвертый факторы в зависимости от использования данных с и без верхних пределов зависят соответственно от единственного параметра $\lg[NII] / [OIII]$ и наклона галактики или наоборот. Так как в этом случае F3 и F4 объясняют почти одинаковую и малую часть общей дисперсии, то и в этом случае учет верхних пределов не влияет на результат факторного анализа.

При реализации дискриминантного анализа ко всем вышеописанным случаям заново выполнена классификация всех объектов по типам Sy 1, Sy 1.5, Sy 2 и LINER. Классификация выполнена двумя пу-

Таблица 8

№	Параметр	F1		F2		F3		F4	
1	$\lg (O/H) H\beta$	0.692	0.666	0.060	0.025	-0.384	(-0.141)	-0.155	(0.445)
2	$\lg (O/H) (OIII)$	0.616	0.657	0.379	0.425	0.381	(0.015)	0.058	(0.281)
3	$\lg (N/H) (OIII)$	-0.157	(-0.081)	0.032	(0.697)	0.907	(-0.034)	-0.011	(0.913)
4	$\lg (H\alpha/H\delta)$	0.493	(0.767)	-0.140	(0.126)	-0.210	(0.014)	-0.107	(-0.262)
5	$\lg L_{Ly\alpha} Ly\alpha$	-0.136	(-0.143)	0.361	(0.306)	-0.013	(-0.772)	-0.738	(-0.056)
6	$\lg L_{Ly\alpha} Ly\alpha$	0.134	(-0.312)	0.808	(0.700)	0.090	(0.161)	0.075	(-0.042)
7	$\lg L_{Ly\alpha} Ly\alpha$	0.601	(0.586)	0.145	(0.185)	-0.051	(0.067)	0.002	(-0.038)
8	$\lg L_{Ly\alpha} Ly\alpha$	0.247	(0.271)	-0.743	(0.708)	0.211	(0.254)	0.054	(-0.101)
9	$\lg L_{Ly\alpha} Ly\alpha$	0.208	(0.175)	-0.560	(0.690)	0.043	(-0.090)	0.044	(-0.077)
10	$\lg L_{Ly\alpha} Ly\alpha$	-0.537	(-0.325)	-0.374	(0.322)	0.205	(0.266)	0.313	(0.299)
11	b/a	0.179	(-0.217)	0.110	(0.074)	-0.055	(0.805)	0.815	(0.040)
Накопленная дисперсия, %		22% (22%)		47% (43%)		53% (53%)		62% (62%)	

Таблица 9

Классификация сейфертовских галактик первого типа

Объект	а) случай		б) случай		г) случай	
	вероят.	тип	вероят.	тип	вероят.	тип
Mrk 9	0.550	1	0.545	1	0.928	1
10	0.522	1	0.545	1.5	0.671	1
40	0.582	1	0.607	1	0.590	1.5
69	0.557	1	0.577	1	0.818	1
106	0.594	1	0.577	1	0.803	1
110	0.784	1	0.801	1	0.748	1.5
123	0.515	1	0.560	1	0.815	1.5
141	0.716	1	0.603	1	0.908	1
142	0.551	1	0.555	1	0.934	1
240	0.742	1	0.681	1	0.621	1
291	0.564	1	0.671	1	0.533	1.5
304	0.534	1.5	0.540	1.5	0.956	1
345	0.528	1	0.527	1.5	0.934	1
372	0.536	1	0.720	1	0.985	1
388	0.579	1	0.577	1	0.827	1
474	0.621	1.5	0.630	1.5	0.665	1
376	0.541	1	0.544	1	0.905	1
382	0.628	1	0.607	1	0.667	1
509	0.652	1	0.745	1	0.821	1
541	0.774	1	0.672	1	0.983	1
218	0.570	1	0.623	1	0.706	1
NGC 1440	0.753	1	0.665	1	0.535	1
356	0.493	1.5	0.640	2	0.950	1
6783	0.596	1.5	0.593	1.5	0.637	1.5
451	0.503	1	0.696	1	0.624	1
7003	0.591	1	0.708	1	0.948	1
I Zw 1	0.105	1	0.593	1	0.104	1.5
I Zw 146	0.722	1.5	0.610	1.5	0.794	1
II Zw 2	0.726	1	0.697	1	0.767	1

типу, на основе отобранных параметров AGN, а также по коэффициентам значимых факторов.

Во всех случаях все Sy 2 и LINER по параметрам и факторам с разной вероятностью заново классифицируются как объекты того же типа. Ситуация более сложная для AGN Sy 1 и Sy 1.5. В табл. 9 и 10 приведены результаты классификации Sy 1 и Sy 1.5 по главным факторам с использованием верхних пределов в данных. Классификация

Таблица 10

Классификация сейфертовских галактик промежуточного типа

Объект	а) случай		б) случай		в) случай		г) случай	
	вероят.	тип	вероят.	тип	вероят.	тип	вероят.	тип
Mrk 6	0.649	1.5	0.771	1.5	0.508	1.5	0.997	1.5
79	0.643	1	0.630	1	0.916	1.5	0.801	1.5
279	0.626	1	0.655	1	0.998	1.5	0.639	1
315	0.613	1.5	0.649	1.5	0.577	1.5	0.915	1.5
372	0.688	1	0.718	1	0.979	1.5	0.902	1.5
493	0.624	1	0.590	1	0.981	1.5	0.663	1
506	0.688	1	0.664	1	0.999	1.5	0.565	1.5
590	0.652	1	0.615	1	0.837	1.5	0.750	1
704	0.678	1.5	0.676	1.5	0.993	1.5	0.645	1.5
766	0.647	1.5	0.620	1.5	0.902	1.5	0.886	1.5
783	0.642	1	0.686	1	0.945	1.5	0.979	1.5
817	0.638	1.5	0.600	1.5	0.864	1.5	0.805	1
841	0.525	1.5	0.553	1.5	0.905	1.5	0.552	1.5
926	0.515	1.5	0.532	1	0.995	1.5	0.982	1.5
975	0.589	1.5	0.605	1.5	0.970	1.5	0.538	1
1239	0.508	1.5	0.510	1.5	0.978	1.5	0.772	1.5
NGC 1365	1.000	2	0.999	2	1.000	2	0.990	1.5
3227	0.527	1	0.523	1	0.997	1.5	0.520	1.5
4151	0.616	1.5	0.661	1.5	0.102	1.5	0.110	1.5
5548	0.589	1	0.576	1	0.116	1.5	0.793	1.5
7469	0.524	1.5	0.520	1.5	0.971	1.5	0.628	1.5
МКГ 8-11-11	0.860	1.5	0.627	1.5	0.920	1.5	0.898	1.5
II Zw 1	0.554	1.5	0.523	1.5	0.570	1.5	0.926	1.5
X 0459+034	0.508	1	0.545	1	0.974	1.5	0.828	1.5
ESO 0438-G9	0.632	1.5	0.606	1.5	0.955	1.5	0.744	1.5

этих объектов по отобранным параметрам и без учета верхних пределов приводят к аналогичным результатам. В этих таблицах для каждого объекта, в каждом случае классификации, приведено значение вероятности совпадения с наибольшей дискриминантной функцией и название этой функции соответственно Sy 1, Sy 1.5 и Sy 2.

5. Обсуждение. В настоящее время считается, что механизмом образования как запрещенных, так и разрешенных линий в AGN является фотоионизация атомов нетепловыми жесткими квантами центрального компактного источника (обсуждаются и другие возможности [60, 61]). Считается, что центральный источник с размером меньше 0.01 пк окружен двумя, переходящими друг в друга подсистемами газа с различными характеристиками. В более близкой к источнику зоне (BLR), имеющей размеры порядка 1 пк, образуются широкие крылья разрешенных линий, в более далекой (NLR), имеющей размеры порядка 1 кпк—запрещенные линии и центральные пики разрешенных линий [62, 2]. По последним данным зона широких линий, которая четко обнаруживается у Sy 1, Sy 1.5 и у части LINER существует и в AGN типа Sy 2 [63, 64]. В свою очередь, NLR является неотъемлемой частью всех типов AGN.

Установлено, что далекое инфракрасное излучение от AGN в основном имеет тепловую природу [65] и исходит из области размерами $r \gtrsim 100$ пк [5]. Основная область радионизлучения у рассмотренных типов AGN также невелика (~ 200 пк) [34, 66], а вклад радионизлучения родительской галактики не превышает нескольких процентов от общей радиосветимости [29]. В свою очередь, рентгеновское излучение AGN исходит из области, прямо примыкающей к центральному источнику [25].

Так как при реализации факторного анализа к вышеописанным случаям а), б) и в) в первых главных факторах группируются параметры, описывающие степень ионизации, FIR и радио свойства AGN, то в свете вышесказанного первый фактор можно с уверенностью назвать фактором, характеризующим NLR в AGN. Аналогично в тех же случаях, второй фактор, зависящий, главным образом, от рентгеновской светимости, характеризует центральный источник AGN, а третий—родительскую галактику.

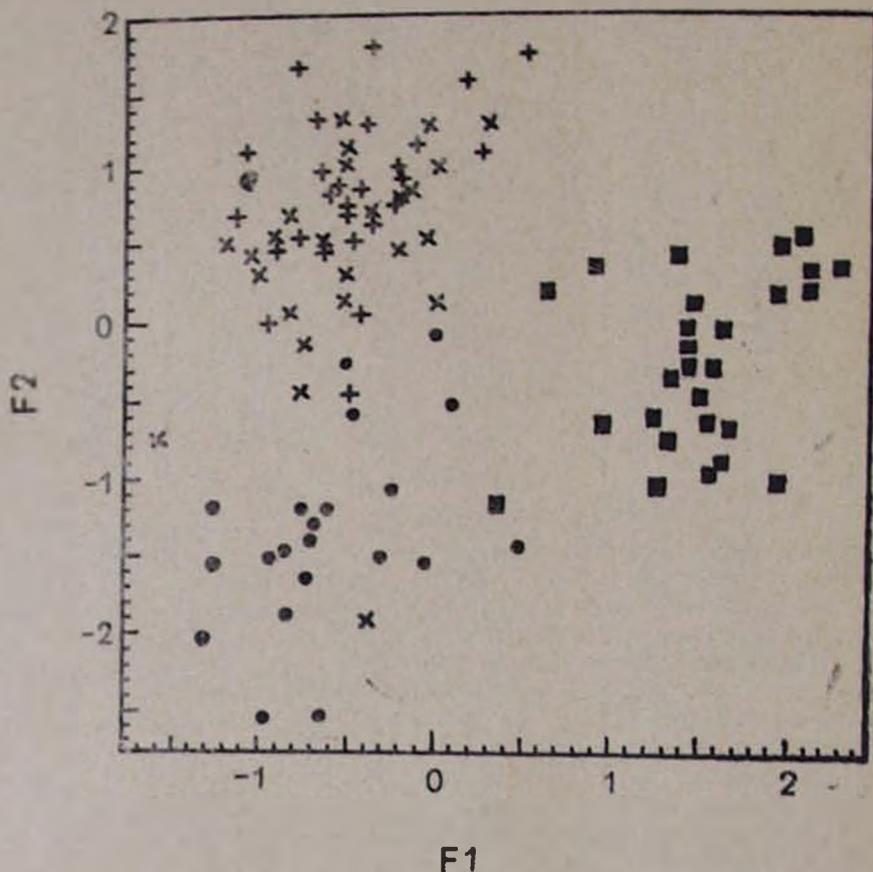


Рис. 1. Распределение величин коэффициентов значений первого и второго факторов в случае а) для Sy1 (+), Sy2 (●) и LINER (■)

Для случаев а), б) и в) на рис. 1—3 разными символами нанесены положения величин коэффициентов значений первого и второго факторов для AGN всех типов.

Как видно, во всех случаях, LINER по обоим главным факторам разделяются от сейфертовских галактик как отдельный класс объектов. Их классификация, как мини-сейферты [67, 68], вполне реальна. Отметим, что здесь и ниже, проверка на совместимость выборки по каждому фактору в отдельности производится с помощью непараметрического теста Колмогорова-Смирнова. Принимается, что отличие значимое, если $P\%$ на уровне 0,5% и ниже.

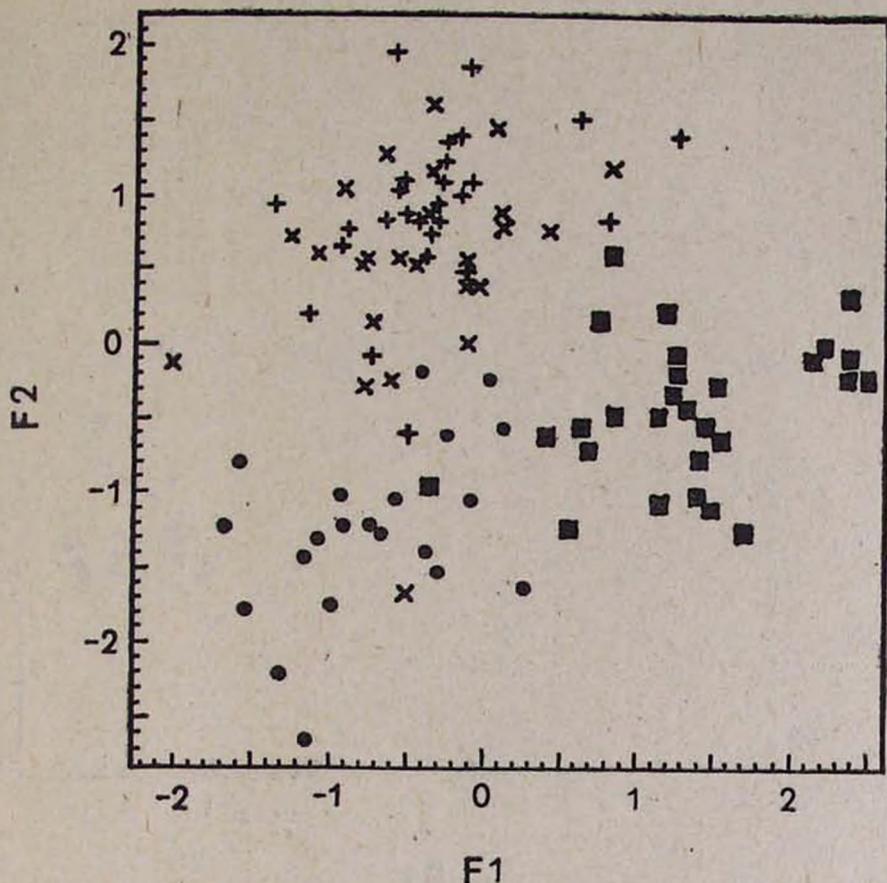


Рис. 2. Распределение величин коэффициентов значений первого и второго факторов в случае б) для Sy1(+), Sy1.5(x), Sy2(o) и LINER (■)

Отличие Sy 2 от Sy 1 и Sy 1.5 по ИК, радио и рентгеновским характеристикам в отдельности отмечалось неоднократно [5, 25, 66]. По нашим данным во всех упомянутых случаях по мощности центрального источника (второй фактор) Sy 2 четко отличается от Sy 1 и Sy 1.5. По первому фактору, содержащему все параметры, характеризующие NLR и их связи (случай а) и в)) AGN типа Sy2 значительно не отличаются от Sy 1 и Sy 1.5.

При исключении спектрофотометрических параметров или только по FIR и радио свойствам NLR (случай б)) Sy 2 начинают значительно отличаться от Sy 1. Это важно. Получается, что несмотря на некоторое отличие в определенных параметрах NLR (которые вместе с рентгеновской светимостью центрального источника четко классифицируют объекты как Sy 2), все же NLR как целое образование, одинаковое для всех типов сейфертовских галактик.

По спектрофотометрическим данным Sy 1.5 больше напоминают объекты типа Sy 1, чем Sy 2 [35]. Но, как отмечалось выше, по общим свойствам NLR (F1) значимого отличия между Sy 1.5 и Sy 1, Sy 2 не обнаружено. По рентгеновской светимости (F2, рис. 1 и 2) объекты ти-

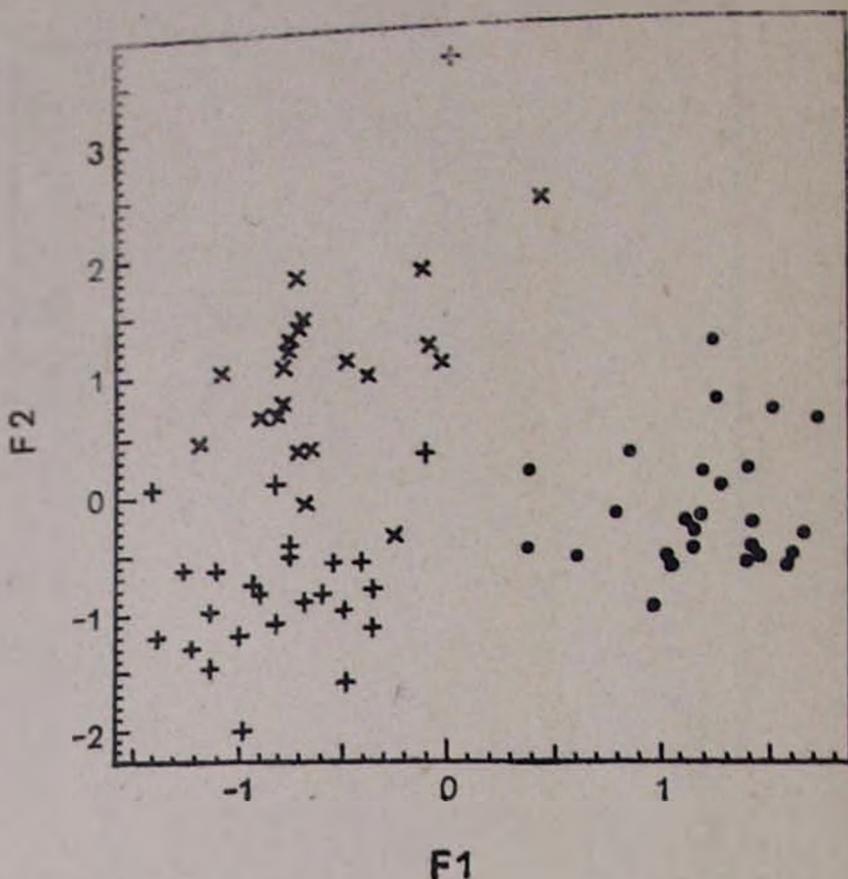


Рис. 3. Распределение величин коэффициентов значений первого и второго факторов в случае в) для Sy1.5(+), Sy2(x) и LINER (●)

на Sy 1.5 явно близки Sy 1, но и по этому фактору значимое отличие между ними сохраняется.

При реализации факторного анализа к случаю г) первый фактор объясняет всего 22% общей дисперсии. Вероятная интерпретация этого фактора в том, что он описывает популяцию в NLR под воздействием отдаленного поглощающегося в BLR излучения центрального источника. По этому фактору Sy 1 значительно отличается от Sy 1.5 (рис. 4). В то же время в FIR свойствах этих объектов значимого отличия нет.

Так как входящие в разные факторы параметры строго независимы, то рентгеновская светимость и группа параметров, характеризующая NLR, независимым образом описывает активные ядра. Причем для классификации сейфертовских галактик (не считая профилей линий) основную роль играет их рентгеновская светимость или мощность центрального источника. Для разделения LINER от сейфертовских галактик можно использовать и параметры, характеризующие NLR.

В некоторых работах (см., например, [68]) выдвинуто предположение, что существует один тип AGN, а видимое различие отчасти обу-

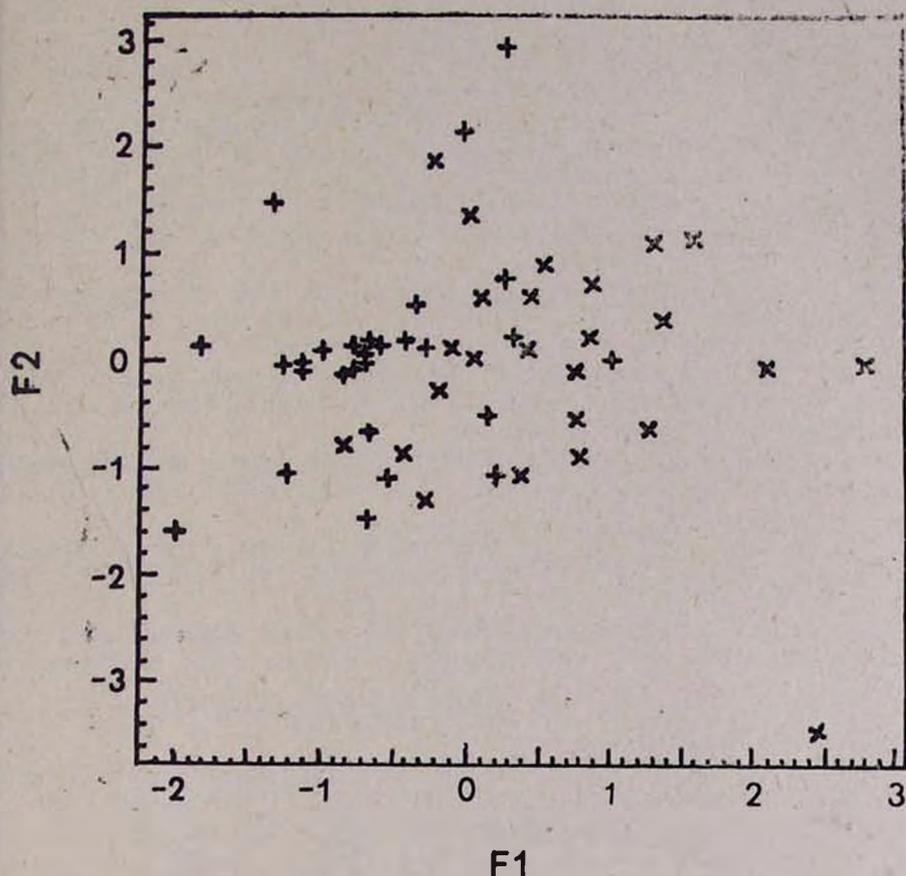


Рис. 4. Распределение величин коэффициентов значений первого и второго факторов в случае г) для Sy1(+) и Sy1.5(x)

словлено эффектом поглощения излучения центрального источника на границе BLR и NLR. Коррелированность $\lg L_x / L_{[OIII]}$ от $\lg(H_\alpha / H_\beta)_n$ и $\lg(H_\alpha / H_\beta)_b$ (F2 случай в) и F1 случай г)) можно считать доводом в пользу этой гипотезы.

Во всех рассмотренных случаях параметр, характеризующий наклон галактики к лучу зрения, единолично определяет один из полученных главных факторов. Ее изолированность от остальных параметров указывает на независимость внутренних свойств AGN от наклона родительской галактики.

В конце хотелось бы обратить внимание на некоторые объекты, которые при классификации по полученным факторам показывают отклонения от первоначальной классификации по профилям линий.

Из объектов типа Sy 1 галактики Маркарян 124, 304, 374, NGC 3516, 3783, II Zw 136 и I Zw 1 обладают некоторыми свойствами, характерными для сейфертовских галактик промежуточного типа (табл. 9). Интересно провести более детальное изучение профилей разрешенных линий в спектрах этих объектов.

Из сейфертовских галактик промежуточного типа два объекта

- Նեղ գծերի առաջացման տիրույթը և կենտրոնական աղբյուրը բնորոշող ֆակտորներով LINER-ը հստակորեն անջատվում են սեյֆերտյան կորիզներից:
- Նեղ գծերի առաջացման տիրույթը ընդհանուր գծերով նույնն է բոլոր սեյֆերտյան միջուկների համար:
- Թեև ազնյան լուսաալոթյունը, հիմնականում հանդիսանալով անկախ բնութագրիչ, լավ զատակարգում է սեյֆերտյան կորիզները ըստ տիպերի:
- Հաստատվել է Sy² և Sy¹ գալակտիկաների FIR և ուղիղ բնութագրիչների տարբերության փաստը:
- Sy^{1,5} զասը ունի գոյություն ունի Այն ավելի մոտ է Sy¹ դասին քան Sy²-ին:

A. R. PETROSIAN, M. SH. KARAPETIAN

ON THE AGNs OF SEYFERT 1, 1.5, 2 AND LINERS

The AGNs samples of types Sy1 (29 objects), Sy1.5 (25 objects), Sy2 (22 objects) and LINERS (28 objects), containing 11-radio, FIR, spectral and X-ray parameters are compiled. All samples are processed by the multivariate statistical methods including factor and discriminant analysis.

The following results are obtained:

- LINERS by principal factors, which determine NLR and the central engine are clearly separated from Seyfert galaxies.
- All types of Seyfert galaxies generally have the same NLR.
- X-ray luminosity of AGNs is on the whole an independent parameter which well classifies Seyfert galaxies.
- Differences between Sy2s and Sy1s by radio and FIR properties are confirmed.
- Intermediate Seyfert type is real. These AGNs are much more similar to Sy1 type objects than to Sy2.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. G. de Bruyn, A. S. Wilson, *Astron. and Astrophys.*, 5, 93, 1976.
2. D. E. Osterbrock, Q. J. Roy, *Astron. So.*, 25, 1 1984.
3. M. Elvis, T. Muccacaro, A. S. Wilson, M. J. Ward, M. V. Penston, R. A. E. Fosbury, G. C. Perola, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 183, 159, 1978.
4. H. Tananbaum, G. Peters, W. Forman, R. Giacconi, C. Jones, *Astrophys. J.*, 223, 74, 1978.
5. R. A. Edelson, M. A. Malkan, G. H. Rieke, *Astrophys. J.*, 321, 213, 1987.
6. W. C. Keel, *Astrophys. J.*, 269, 466, 1983.
7. J. R. Stauffer, *Astrophys. J.*, 262, 66, 1982.
8. P. Veron, M. — P. Veron-Cetty, *Astron. and Astrophys.* 161, 145, 1986.
9. Э. Е. Хачикян, Д. В. Видман, *Астрофизика*, 7, 389, 1971.

10. D. E. Osterbrock, *Astrophys. J.*, **213**, 733, 1977.
11. D. E. Osterbrock, *Astrophys. J.*, **219**, 462, 1981.
12. D. E. Osterbrock, A. T. Kuzel, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* **176**, 61p, 1976.
13. F. M. Heckman, *Astron. and Astrophys.*, **87**, 152, 1980.
14. A. V. Filippenko, W. L. W. Sargent, *Astrophys. J.*, Suppl. Ser., **57**, 203, 1985.
15. D. E. Osterbrock, *Phys. Scripta*, **17**, 285, 1978.
16. M. V. Fenston, E. Perez, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **211**, 33p, 1984.
17. Э. А. Хачикян, В. Н. Поном. А. А. Ермаков, *Астрофизика*, **18**, 541, 1982.
18. D. Allen, D. Felat, M. Phillips, M. Whittle, *Astrophys. J.*, **288**, 205, 1985.
19. J. M. Shuder, D. E. Osterbrock, *Astrophys. J.*, **250**, 55, 1981.
20. C. J. Longdale, G. Helou, J. C. Good, W. Rice, *Cataloged Galaxies and Quasars Observed in the IRAS Survey (Pasadena)*, JPL, 1985.
21. M. M. Phillips, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **38**, 187, 1978.
22. G. A. Kriss, *Astrophys. J.*, **277**, 495, 1984.
23. G. de Zotti, C. M. Gustell, *Astron. and Astrophys.*, **147**, 1, 1985.
24. E. Meurs, PhD Thesis, Leiden, 1982.
25. G. A. Kriss, C. R. Cantzaris, G. R. Kluke, *Astrophys. J.*, **242**, 492, 1980.
26. J. M. Mazzarella, V. A. Balliano, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **62**, 751, 1986.
27. G. A. Kriss, *Astron. J.*, **90**, 1, 1985.
28. J. F. Steiner, *Astrophys. J.*, **250**, 460, 1981.
29. R. A. Edelson, *Astrophys. J.*, **313**, 651, 1987.
30. J. S. Ulvestad, A. F. Wilson, *Astrophys. J.*, **278**, 514, 1984.
31. P. S. Omer, M. G. Smith, D. W. Woodman, *Astrophys. J.*, **180**, 167, 1974.
32. Э. А. Дубай, В. Н. Поном, *Астроном. ж.* **44**, 952, 1967.
33. J. E. Tohtline, D. E. Osterbrock, *Astrophys. J.*, **210**, L117, 1976.
34. J. M. van der Hulst, P. C. Crane, W. C. Keel, *Astron. J.*, **80**, 1175, 1981.
35. R. D. Cohen, *Astrophys. J.*, **273**, 489, 1983.
36. P. Nilson, *Uppsala Astron. Observatory Ann.*, **6**, 1973.
37. A. T. Kuzel, *Astrophys. J.*, **223**, 56, 1978.
38. D. E. Osterbrock, R. W. Pogge, *Astrophys. J.*, **297**, 166, 1985.
39. M. G. Edmunds, B. E. J. Pagel, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **198**, 1089, 1982.
40. T. Maccacaro, G. C. Perola, M. Elvis, *Astrophys. J.* **257**, 47, 1982.
41. P. D. Chigou, S. Wyckoff, J. F. C. Wardle, N. L. Cohen, *Astron. J.*, **87**, 1438, 1982.
42. W. Kollatschny, K. J. Fricke, *Astron. and Astrophys.*, **125**, 276, 1983.
43. A. Lawrence, M. Elvis, *Astrophys. J.*, **256**, 410, 1982.
44. D. E. Osterbrock, O. Dahari, *Astrophys. J.*, **273**, 478, 1983.
45. M. M. Phillips, D. F. Alatin, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **199**, 905, 1982.
46. F. Durret, J. Bergeron, *Astron. and Astrophys.*, **150**, 51, 1980.
47. N. Bergvall, L. Johansson, K. Olofsson, *Astron. and Astrophys.*, **106**, 92, 1986.
48. G. J. Ferland, H. Netzer, *Astrophys. J.*, **264**, 105, 1983.
49. T. M. Heckman, E. Ballou, P. C. Crane, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*, **40**, 295, 1980.
50. G. Fabbiano, G. Trinchlerl, A. Macdonald, *Astrophys. J.*, **284**, 65, 1984.
51. I. Prantk, in "Observational Evidence of Activity of Galaxies", IAU Symp. № 121- (eds. B. Ye. Khachikyan, K. J. Fricke, J. Melnick), D. Reidel, Dordrecht, p. 169, 1987.
52. В. Лютый, Докторская диссертация, ГАНШ, М., 1976.
53. R. Douer, R. Griffiths, H. Bradt, R. Duxsey, M. Johnson, *Astrophys. J.*, **235**, 356, 1980.
54. M. Lehoucky, G. Rieke, *Nature*, **284**, 410, 1980.
55. Г. Г. Хармян, «Современный факторный анализ»—М., Статистика, 1972.

56. А. Афифи, С. Эдлен, «Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ».— М., Мир., 1982.
57. T. J. Deeming, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc. 127, 493, 1964.
58. С. А. Christian, Astrophys. J. Suppl. Ser., 49, 555, 1982.
59. Т. Андерсон, «Введение в многомерный статистический анализ»—М., Физматгиз-дат, 1963.
60. D. W. Weedman, Astrophys. J., 286, 479, 1983.
61. R. Terlevich, J. Melnick, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 213, 841, 1985.
62. Э. А. Дибай, В. Н. Проник, «Нестационарные явления в галактиках». Симп. МАС № 29, Ереван, Изд. АН АрмССР, с. 83, 1966.
63. R. R. J. Antonucci, J. S. Miller, Astrophys. J., 297, 621, 1985.
64. J. S. Miller, R. Goodrich, Bul. Armerican Astron Soc., 19, 695, 1987.
65. J. M. Rodriguez-Espinosa, R. J. Rudy, B. Jones, Astrophys. J., 312, 555, 1987.
66. A. S. Wilson, T. M. Heckman, in „Astrophysics of Active Galaxies and Quasi-Stellar Objects“, ed. J. S. Miller (Mill Valley, C. A: Univ. Sci. Books), p. 39, 1985.
67. W. C. Keel, in „Astrophysics of Active Galaxies and Quasi-Stellar Objects“ ed. J. S. Miller (Mill Valley CA: Univ. Sci. Books), p. 1, 1985.
68. A. Lawrence, Publ. Astron. Soc. Pacific, 99, 309, 1987.
69. O. Dahari, M. M. de Robertis, Space Telescope Sci. Inst., prep. № 238, 1988.