

КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ТИПАМ АКТИВНОСТИ ВЫБОРКИ АКТИВНЫХ ГАЛАКТИК С РАДИОИЗЛУЧЕНИЕМ

А.В.АБРАМЯН, А.М.МИКАЕЛЯН, Г.М.ПАРОНЫАН, Г.А.МИКАЕЛЯН

Поступила 24 января 2020

Принята к печати 24 июня 2020

В работе приведена детальная спектральная классификация 96 активных галактик из каталога Верон-Сетти и Верон (2010, 13-я версия, VCV-13), который представляет собой каталог активных галактик и квазаров. С помощью известных радиокаталогов эти объекты идентифицированы как радиоисточники. Были отобраны те галактики, которые имели радиопотоки, по крайней мере, в 6 разных радиодиапазонах и оптическое спектральное отождествление в SDSS. Используя SDSS спектры этих объектов, определены типы активности. Для более уверенной классификации использовались три диагностические диаграммы и прямое исследование спектров. В результате для 85% этих объектов изменились классификации. Радиопотоки в разных радиодиапазонах позволяют построить спектральное распределение энергии в радио и сопоставлять ее с оптическими типами активности.

Ключевые слова: галактики: активные галактические ядра: радиогалактики: спектральная классификация

1. Введение. Данная работа посвящена детальной спектральной классификации 96 активных галактик. Для отбора исследуемых объектов используется каталог Верон-Сетти и Верона (далее VCV-13) [1]. В этом каталоге имеется 34231 активная галактика. Из них 23258 галактик типа Сейферта, 907 Лайнеров, 167 НП и 9899 не имеют спектральной классификации.

Активные галактики являются одними из самых интересных объектов во Вселенной. Они имеют более высокую светимость, чем обычные галактики. Важно, что активные галактики имеют более яркие ядра, чем нормальные. В этих галактиках большое количество энергии излучается из ядер галактик. Считается, что в центре каждой из этих галактик находится массивная или сверхмассивная черная дыра (SMBH). Некоторые активные галактики имеют гигантские джеты в радио и оптическом диапазонах, в основном в радио.

Активные галактики бывают разных типов: радиогалактики, сейфертовские галактики (Sy), квазары (QSO), блазары (BL), Лайнеры (LINER) и т.д. Радиогалактики - это эллиптические галактики. Все галактики излучают некоторое количество энергии в радиоволнах, для нормальных галактик радиоизлучение соответствует малой доле полной энергии, излучаемой галактикой.

В этой работе в качестве основного критерия отбора было взято радиоизлучение галактик. Для этого была сделана кросс-корреляция с каталогами: FIRST, NVSS, 87GB, GB6, 3C, 4C, 7C, 8C, 9C, 10C, SUMSS, WISH, WENSS, Molonglo Reference Catalogue of Radio Sources, Texas Survey of radio sources at 365 MHz, Miyun 232 MHz survey, CLASS survey of radio sources, 74 MHz VLA Low-frequency Sky Survey Redux и The GMRT 150 MHz all-sky radio survey [2-20].

Эти каталоги охватывают диапазон от 38 МГц до 15.7 ГГц. Были взяты те галактики, которые имели радиопотоки, по крайней мере, в 6 разных радиодиапазонах и оптическое спектральное отождествление в каталоге SDSS [21]. В результате в изучаемый список вошли 96 активных галактик, которые имеют спектры в каталоге SDSS. Для этих галактик была проведена спектральная классификация.

2. Наблюдательный материал. Наблюдательный материал состоит из спектров SDSS DR15 [21] 96 объектов из каталога VCV-13. Для этих объектов даны интенсивности спектральных линий, а также красные смещения.

Поскольку в наблюдениях SDSS используется один и тот же размер волокна, большинство протяженных галактик имеет компоненты поглощения, и лишь очень малый процент показывает эмиссионный спектр чистого ядра. Наиболее типичными линиями поглощения являются линии MgII 5175 Å, NaI 5890 Å и линии серии Бальмера, среди которых наиболее важной является компонента поглощения H β , наложенная на компоненту излучения, исходящую из ядра. Для расчета красного смещения в спектральном диапазоне SDSS обычно используются следующие линии излучения: [OII] 3727 Å, H ζ , HeI 3889 Å, [NeIII] 3968 Å, H ϵ , [SII] 4069/76 Å, H δ , H γ , [OIII] 4363 Å, H β , [OIII] 4959 Å, [OIII] 5007 Å, NI 5198/5200 Å, HeI 5876 Å, [OI] 6300 Å, [OI] 6364 Å, [NII] 6548 Å, H α , [NII] 6583 Å, [SII] 6716 Å, [SII] 6731 Å.

Очень часто измерения спектров SDSS основаны на линиях на уровне шума и низкого качества. Из-за этого автоматические измерения дают некоторые искусственные числа, которые указывают на нереальные данные. Таким образом,

Таблица 1

**СПЕКТРАЛЬНЫЕ КЛАССЫ ИССЛЕДУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ,
ВЗЯТЫЕ ИЗ РАЗНЫХ ИСТОЧНИКОВ**

Тип активности	Количество
Seyfert	76
LINER	8
HII	2
AGN	6
Unknown	4
Всего	96

необходимо тщательно проверить спектры на всех длинах волн и решить, какие измерения следует использовать для дальнейших исследований. Особенно важны те линии, которые используются в диагностических диаграммах ($H\beta$, $[OIII]$ 5007 Å, $[OI]$ 6300 Å, $H\alpha$, $[NII]$ 6583 Å и $[SII]$ 6716+6731 Å) [22].

В табл.1 приведены спектральные классы для исследуемых объектов, используя разные каталоги (VCV-13, BZCAT v.5 [23], NED, SDSS DR 15).

3. Спектральная классификация. В этой работе были использованы несколько методов для классификации исследуемых спектров:

- Визуальный осмотр (с учетом всех тонкостей и эффектов).
- По диагностической диаграмме с использованием соотношений $[OIII]/H\beta$ и $[OI]/H\alpha$ [24].
- По диагностической диаграмме с использованием соотношений $[OIII]/H\beta$ и $[NII]/H\alpha$ [24].
- По диагностической диаграмме с использованием соотношений $[OIII]/H\beta$ и $[SII]/H\alpha$ [24].

Визуальная классификация была проведена для дополнения классификаций по диагностическим диаграммам, потому что не все объекты можно наносить

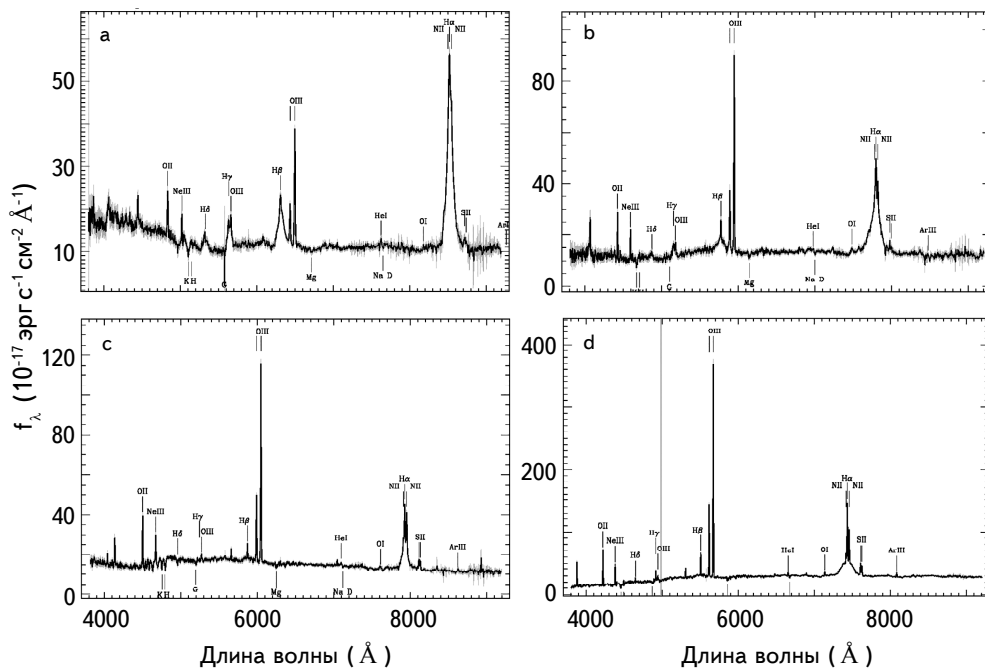
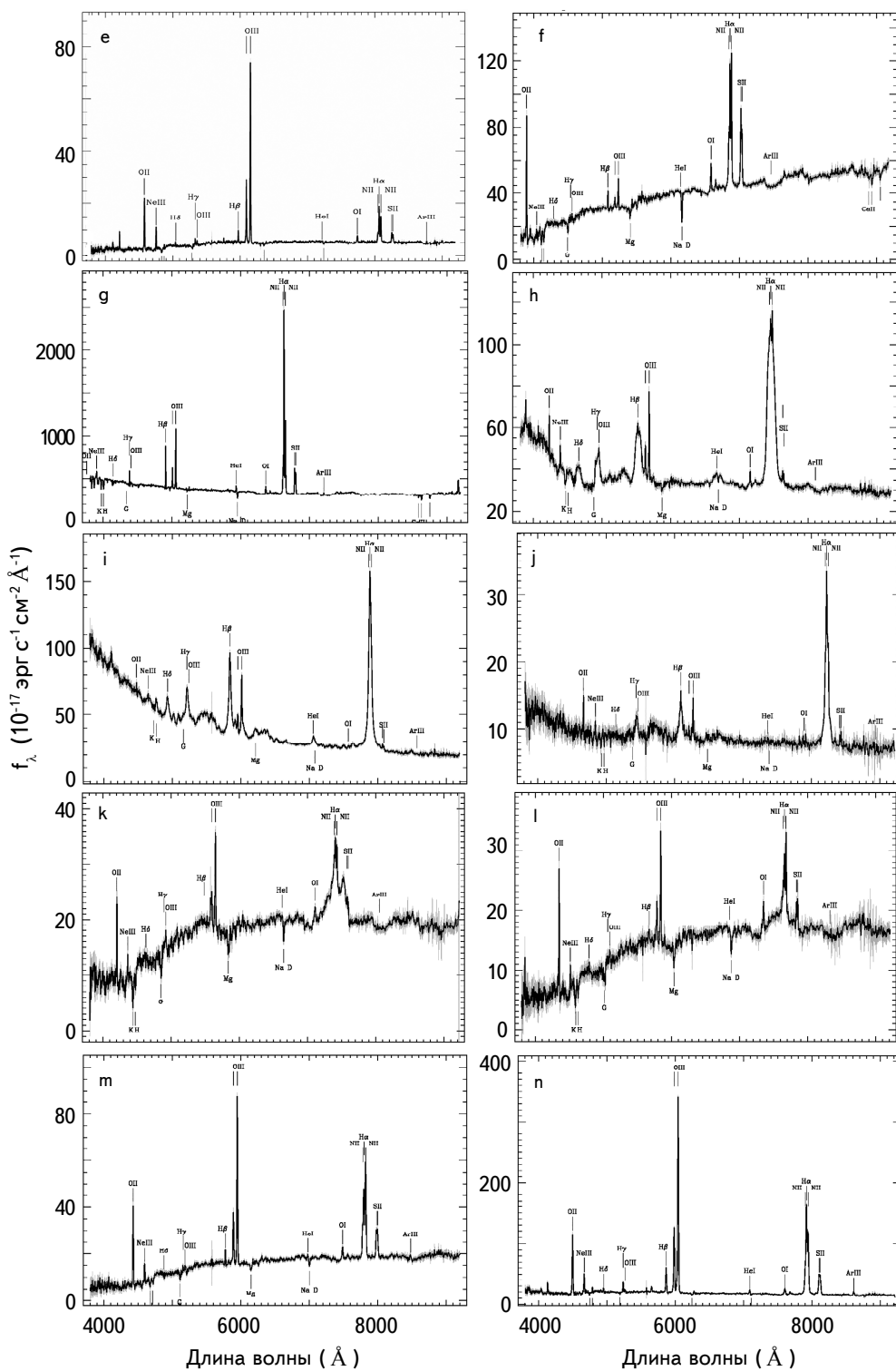


Рис.1. Примеры спектров SDSS DR15 для некоторых из исследуемых объектов и для демонстрации различных типов активности. а) Sy1.2, б) Sy1.5, в) Sy1.8, д) Sy1.9, е) Sy2.0, ф) LINER, г) HII, х) NLS1.2, и) NLS1.5, j) NLS1.8, к) Sy1.5/LINER л) Sy1.9/LINER, м) Sy2.0/LINER, н) Sy2.0/HII, о)LINER/HII, п) AGN, q) Em, r) Abs.



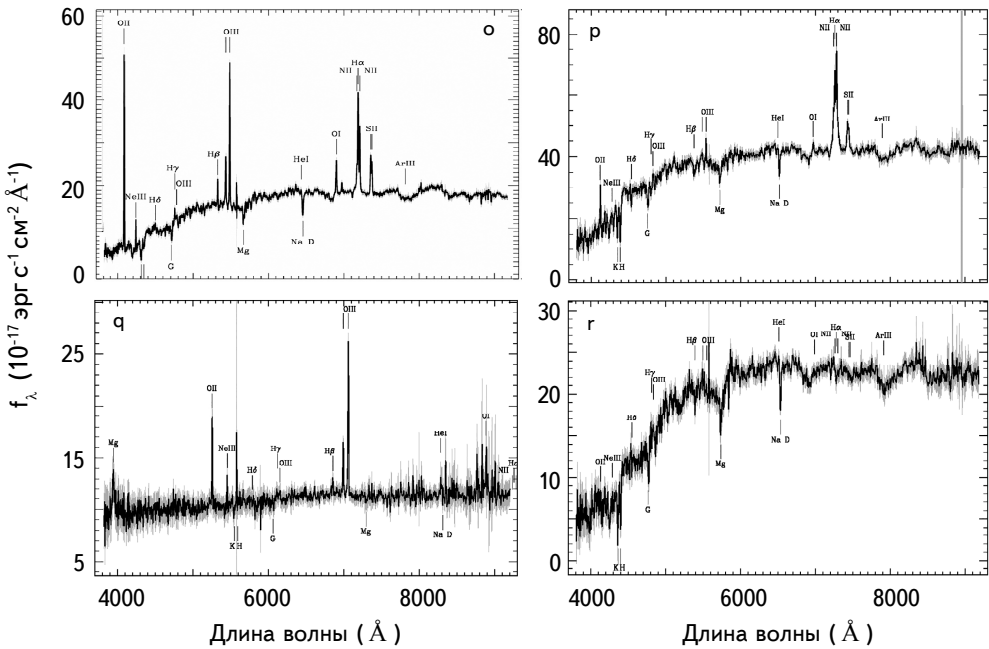


Рис.1. Окончание.

на них. Кроме того, на диагностических диаграммах не учитываются широкие компоненты эмиссионных линий, а это может иметь решающее значение для классификации подклассов сейфертовских галактик 1.0–1.9. С их помощью, мы отличаем сейфертовские галактики от Лайнеров по критерию $[OIII]/H\beta > 4$,

Таблица 2

СПЕКТРАЛЬНЫЕ КЛАССЫ ИССЛЕДУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

Тип активности	Старая классификация		Новая классификация	
	Количество	%	Количество	%
Seyfert 1.0, 1.2, 1.5	33	34.38	12	12.50
Seyfert 1.8, 1.9, 2.0	39	40.63	12	12.50
Seyfert/Seyfert?	4	4.17	-	-
NLS1 (all subclasses)	-	-	7	7.29
LINER	8	8.33	30	31.25
HII	2	2.08	6	6.25
Composite (AGN)	-	-	18	18.75
Composite (AGN/HII)	-	-	3	3.13
AGN	6	6.25	2	2.08
Em	-	-	5	5.21
Abs	-	-	1	1.04
Unknown	4	4.17	-	-
Всего	96	100.00	96	100.00

а AGN от HII по критериям $[NII]/H\alpha > 2/3$ и $[OI]/H\alpha > 0.1$.

На рис.1 приведены примеры спектров для различных типов активности.

Используя данные из спектров, были построены диагностические диаграммы для исследуемых объектов (рис.2).

Среди исследуемых объектов проявляются следующие типы активности:

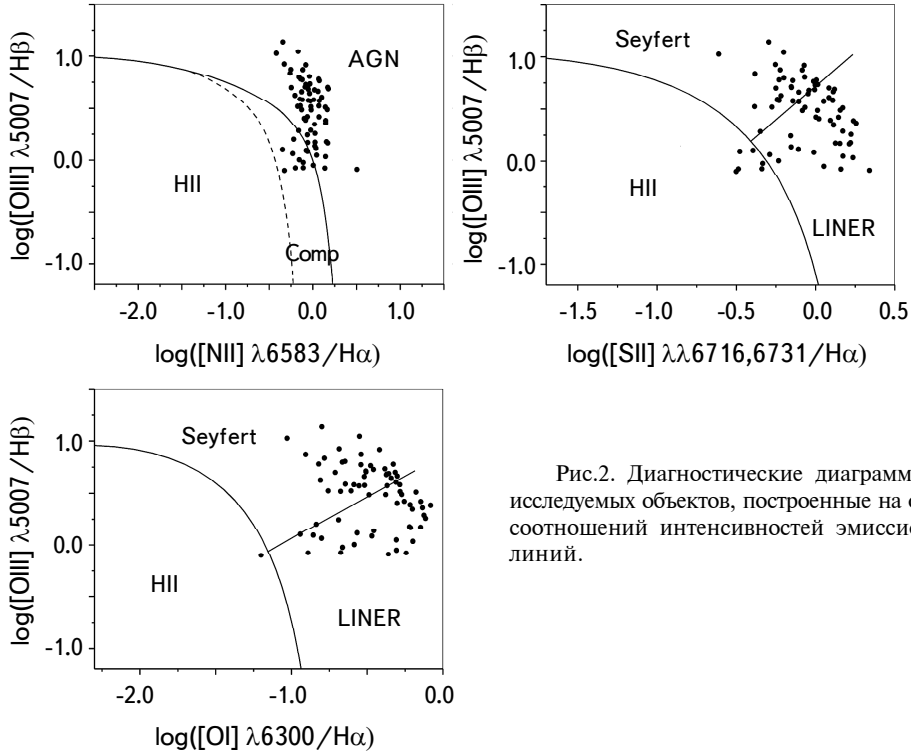


Рис.2. Диагностические диаграммы для исследуемых объектов, построенные на основе соотношений интенсивностей эмиссионных линий.

Sy1.0, NLS1.0, Sy1.2, NLS1.2, Sy1.5, NLS1.5, Sy1.8, Sy1.9, Sy2.0, LINER, HII, Составные, AGN, Em и Abs, которые были подробно описаны авторами Микаелян и др. [25,29], Абрамян и др. [26,28], Паронян и др. [27]:

Используя спектры из SDSS DR15 и диагностические диаграммы (рис.2), проведена классификация для 96 объектов. В результате для 85% из этих объектов изменилась классификация (табл.2).

Имея классификацию исследуемых объектов (табл.2 и 3), мы построили распределение красного смещения (рис.3).

Из рис.3 видно, что исследуемые объекты имеют красное смещение до 0.42. С помощью данных об абсолютных звездных величинах [30] была построена зависимость между красным смещением и абсолютной звездной величиной (рис.4.)

Из рис.4 видно, что исследуемые объекты в диапазоне до 0.42 красного

смещения имеют абсолютные звездные величины от -17.4 до -23.6.

В табл.3 приводится детальная информация о старой и новой классификациях.

Под старой классификацией мы имеем в виду классификацию, которая была взята из VCV-13, а новая классификация - это наша классификация.

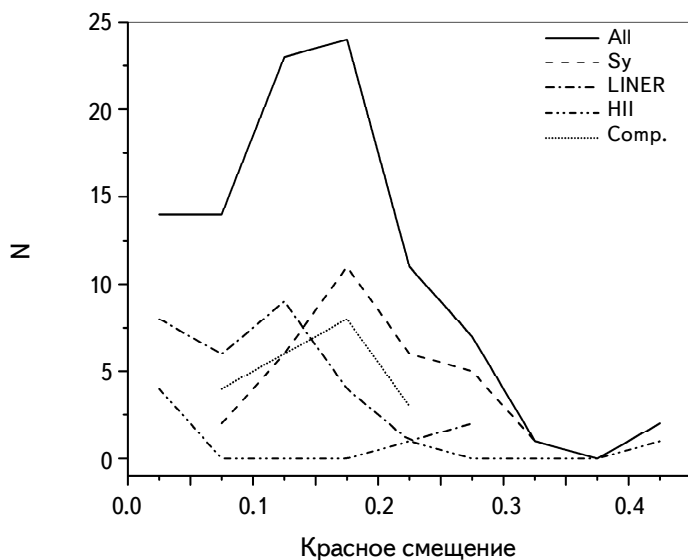


Рис.3. Распределение объектов по красным смещениям.

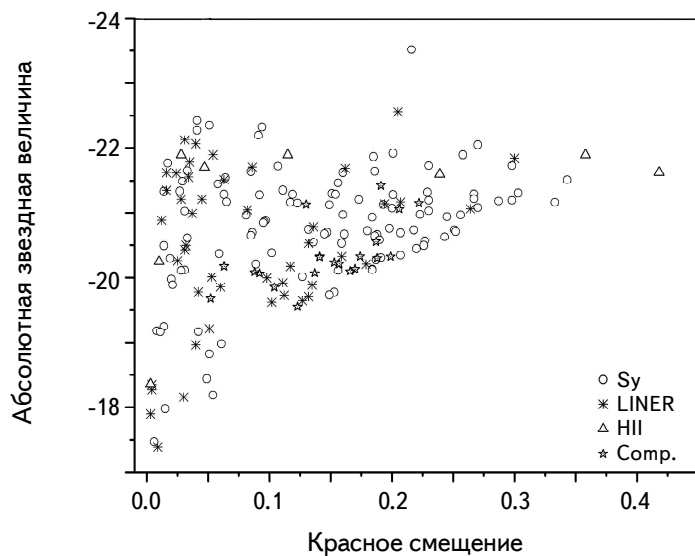


Рис.4. Зависимость абсолютной звездной величины от красного смещения.

ДЕТАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ИССЛЕДУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

N	VCV-13		SDSS фотометрия						Классификация	
	RAJ2000	DEJ2000	<i>u</i>	<i>g</i>	<i>r</i>	<i>i</i>	<i>z</i>	Красное смещение	старая	новая
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	7.139167	0.919444	19.528	17.879	17.214	16.808	16.66	0.10429	Sy2	Sy2.0/LINER
2	15.523750	14.723611	20.125	18.334	17.166	16.654	16.296	0.18817	Sy2	Sy2.0/LINER
3	25.579167	13.462778	18.578	18.249	17.867	17.775	17.338	0.26685	Sy1	Sy1.5
4	27.067917	0.329167	18.492	16.909	16.009	15.526	15.212	0.092	Sy1	Sy1.9/LINER
5	117.150833	24.006667	19.792	19.188	18.558	18.15	18.153	0.40972	BZQ	Em
6	118.184167	45.949444	17.154	15.372	14.429	13.946	13.608	0.05145	Sy1.9	Sy1.9/LINER
7	121.395833	24.164167	18.118	16.231	15.371	14.879	14.563	0.05968	Sy2	LINER
8	123.349167	7.568056	18.754	16.759	15.735	15.204	14.863	0.11239	Sy1	LINER
9	124.480000	31.473889	19.412	17.627	16.805	16.28	16.007	0.12376	-	Sy2.0/LINER
10	125.390417	47.043333	19.315	17.859	16.894	16.37	16.095	0.12825	Sy1	Sy1.5/LINER
11	125.539583	47.098056	18.429	17.207	15.683	15.135	14.852	0.12708	Sy1.5	LINER
12	125.752083	6.891667	18.994	18.742	18.347	18.091	17.818	0.25224	Sy1	NLS1.8
13	129.470000	44.840556	20.307	18.498	17.144	16.615	16.309	0.20657	Sy2	Sy2.0
14	135.224167	38.937778	21.701	19.733	18.416	18.003	17.703	0.22828	AGN	Sy2.0
15	135.272083	29.029444	20.488	18.639	17.629	17.193	16.923	0.19405	Sy2	LINER
16	137.891250	44.380556	18.571	18.412	17.918	17.68	17.134	0.29753	Sy1	Sy1.2
18	138.006667	53.343333	19.102	16.964	15.939	15.495	15.2	0.10173	Sy2/BZG	LINER
19	140.285833	45.649444	19.299	17.905	16.805	16.285	16.101	0.17456	Sy1.9	Sy1.9/LINER
20	143.965417	61.353333	16.584	14.887	14.081	13.594	13.143	0.03939	Sy1	LINER
21	144.970000	35.899444	19.414	17.872	16.763	16.337	16.119	0.13657	Sy2	Sy2.0/LINER
22	145.015833	51.072500	20.531	18.871	17.632	17.058	16.75	0.20661	Sy1	LINER
23	145.350000	39.745000	18.657	17.08	16.113	15.646	15.322	0.1075	Sy2	Sy2.0
24	145.436667	57.856667	18.48	17.744	16.858	16.41	16.117	0.15855	Sy1	Sy1.8
25	146.357917	35.350833	19.074	18.324	17.633	17.34	17.209	0.20777	Sy?	Sy1.8
26	146.937917	7.422222	17.345	16.636	16.123	15.396	15.387	0.08556	Sy1.5	Sy1.5
27	148.737083	9.498611	18.145	18.054	17.698	17.819	17.183	0.29825	Sy1.5	Sy1.5
28	150.456250	28.786111	18.548	17.955	16.828	16.627	16.811	0.1849	Sy1.9	Sy1.9
29	150.493750	55.680556	13.723	12.155	11.249	10.719	10.31	0.00393	Sy2	Em
30	151.507083	34.903056	17.799	16.108	15.088	14.625	14.267	0.09936	LINER	LINER
31	157.931250	52.426389	19.999	18.489	17.338	16.797	16.492	0.16651	AGN	Sy1.9/LINER
32	163.751667	52.033333	19.272	18.606	17.726	17.228	17.168	0.18753	AGN	Sy1.5
33	167.189583	2.044444	18.989	17.608	16.618	16.134	15.819	0.15764	Sy1/BZG	Sy1.9/LINER
34	168.636667	10.842778	20.121	18.65	17.414	16.893	16.568	0.19327	Sy1	Sy1.9
35	168.662083	32.692500	21.219	18.949	17.133	16.096	15.805	0.18758	Sy1n	NLS1.8
36	169.779167	60.075000	19.11	18.091	17.458	17.143	16.621	0.26428	Sy2	LINER
37	170.114583	58.936944	19.535	18.111	17.039	16.631	16.338	0.15875	Sy2	LINER
38	171.158750	37.377778	18.796	18.548	17.722	17.23	17.088	0.22689	Sy1	Sy1.5
39	171.494583	20.098333	18.376	17.355	16.617	16.193	15.907	0.13297	-	LINER
40	172.131667	58.562222	13.977	13.161	12.643	12.347	12.023	0.00999	HII	HII
41	172.589167	0.972778	18.454	17.153	16.208	15.749	15.54	0.13258	Sy1.8	Sy1.9
42	174.338750	61.333611	19.258	17.82	16.879	16.347	16.096	0.11114	Sy2	LINER

Таблица 3 (Продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
43	175.200000	46.368056	16.01	15.802	15.628	15.249	15.259	0.11452	Sy1/BZQ	NLS1.2
44	175.745000	1.906111	19.453	18.322	17.638	17.259	16.969	0.13244	Sy2	LINER
45	175.915000	46.355556	18.508	16.455	15.382	14.895	14.578	0.11603	Sy	LINER
46	176.410417	44.339167	19.309	18.599	17.808	17.392	17.033	0.29974	Sy2	LINER
47	176.842083	35.018889	17.101	15.474	14.589	14.112	13.838	0.06289	Sy2/BZG	Sy1.9/LINER
48	178.586250	45.391389	19.149	18.229	17.31	16.905	16.736	0.1915	Sy1	Sy1.9/LINER
49	179.078333	31.468056	19.236	18.898	18.585	17.979	17.742	0.41743	Sy2	HII
50	179.365000	43.301389	18.177	18.056	17.582	17.245	17.254	0.23033	Sy1	NLS1.2
51	180.764583	60.521667	17.268	16.015	15.251	14.824	14.546	0.0653	LINER/BZB	Em
52	183.540417	54.526389	14.445	13.728	13.234	13.146	12.759	0.00818	HII	HII
53	184.707917	50.438056	19.723	18.382	17.176	16.883	16.675	0.1992	Sy2	Sy2.0/HII
54	185.805000	54.151944	17.357	16.959	16.574	16.179	16.13	0.15579	Sy1.5	Sy1.5
55	186.304167	32.233889	16.69	14.803	13.892	13.413	13.069	0.05923	Sy2	LINER
56	188.567917	50.907222	19.696	18.144	16.993	16.46	16.133	0.17248	Sy?	AGN
57	188.626250	41.159444	19.747	18.448	17.203	16.952	16.775	0.19093	Sy2	Sy2.0
58	193.550000	27.625556	18.477	16.544	15.613	15.157	14.871	0.08582	Sy2	LINER
59	195.997917	3.658889	20.544	18.74	17.504	16.983	16.67	0.18392	Sy1	Sy1.9
60	197.769583	27.468611	19.976	18.692	17.452	16.989	16.708	0.23992	Sy2	HII
61	200.555833	21.789167	17.203	16.617	16.25	15.78	15.744	0.08519	-	Sy1.8
62	203.222083	2.012500	18.856	18.374	17.631	17.096	16.942	0.21582	Sy1	Sy1.5/LINER
63	203.656250	56.530000	18.397	18.382	18.342	18.371	17.832	0.34262	Sy1/BZQ	Sy1.2
64	204.572083	48.276111	15.78	14.429	13.836	13.443	13.115	0.02758	Sy2	HII
65	204.574167	48.277778	15.773	14.488	13.839	13.537	13.289	0.0277	LINER	LINER
66	205.395417	53.745278	19.325	17.723	16.673	16.182	15.864	0.14094	AGN	Sy1.9/LINER
67	205.681667	5.075833	18.52	17.367	16.432	15.987	15.648	0.13648	Sy1	LINER
68	206.175417	55.886944	16.584	14.98	14.304	13.845	13.704	0.03734	Sy2	LINER
69	206.182500	55.050000	19.151	17.123	15.961	15.48	15.167	0.15291	AGN	Sy2.0/LINER
70	206.438333	53.547500	18.082	17.651	17.011	16.471	16.322	0.13561	Sy1	NLS1.2
71	206.573333	62.346111	17.137	16.877	16.497	15.978	15.961	0.11618	Sy1	Sy1.5
72	208.075000	31.446111	16.857	15.056	14.125	13.615	13.261	0.04519	LINER	LINER
73	208.213333	65.686944	17.921	17.173	16.356	16.08	16.117	0.20644	Sy2	Sy2.0/HII
74	210.631667	2.262778	19.443	17.906	16.942	16.556	16.299	0.17965	Sy2.0	Sy2.0
75	218.166250	36.302500	15.445	13.564	12.485	11.975	11.545	0.01325	LINER	Em
76	220.761250	52.026944	18.549	17.572	16.671	16.104	15.901	0.14121	Sy1.5	Sy1.5/LINER
77	222.340000	63.270556	16.118	14.281	13.523	13.118	12.859	0.04168	Sy2	LINER
78	225.914583	10.267500	19.863	17.859	16.891	16.396	16.087	0.09511	Sy2	LINER/HII
79	228.065833	2.054444	19.123	18.436	17.645	17.196	16.897	0.21985	Sy1/BZG	Sy1.9/LINER
80	228.416667	26.124167	20.004	17.872	16.83	16.394	16.013	0.10853	Sy2	Abs
81	229.167500	0.250556	17.229	15.679	14.801	14.332	14	0.05259	LINER/BZG	LINER
82	229.185417	7.021389	15.717	13.656	12.76	12.332	12.007	0.03453	Sy2	LINER
83	229.288333	33.890000	18.68	16.887	15.753	15.191	15.054	0.13515	Sy2	LINER
84	229.525833	42.745278	16.278	15.298	14.757	14.318	14.013	0.04027	LINER	HII
85	231.525417	41.670833	15.442	13.759	12.894	12.659	12.168	0.00829	LINER	LINER
86	232.425833	35.147500	18.37	18.565	18.058	17.891	16.966	0.28712	-	Sy1.2
87	233.418333	35.739167	18.63	18.515	18.228	17.777	17.783	0.15637	Sy1	Sy1.5
88	239.865417	53.515000	20.42	18.626	17.54	17.172	16.879	0.17921	Sy2	LINER
89	240.693333	52.732778	18.272	16.62	15.694	15.148	14.857	0.10569	Sy1	AGN

Таблица 3 (Окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
90	241.327083	37.948056	17.308	17.192	17.063	16.829	16.932	0.20096	Sy1n/AGN	NLS1.5
91	243.582083	50.465556	17.439	15.475	14.456	14.003	13.705	0.06026	Sy2	LINER
92	244.427917	32.376111	18.249	17.498	16.81	16.072	16.119	0.151	Sy1	Sy1.5
93	250.952500	17.263333	18.704	17.272	16.138	15.647	15.245	0.163	Sy2	LINER
94	258.344167	32.941111	17.901	17.224	16.641	16.145	15.927	0.10158	Sy1	NLS1.5
95	263.099167	55.414722	18.153	16.107	15.139	14.682	14.341	0.06187	Sy?	Em
96	353.305000	0.820000	19.454	18.07	17.121	16.661	16.486	0.1699	Sy2	Sy2.0/LINER

Из табл.1 и 2 видно, что 4 объекта ранее не имели классификацию. С помощью спектров SDSS DR15 мы впервые классифицировали эти объекты.

4. *Заключение.* В этой работе приведена детальная спектральная классификация 96 активных галактик из каталога VCV-13. С помощью известных радиокаталогов эти объекты идентифицированы как радиоисточники. Были отобраны те галактики, которые имели радиопотоки, по крайней мере, в 6 разных радиодиапазонах и оптическое спектральное отождествление в SDSS. Используя SDSS спектры этих объектов, для них определены типы активности. Для более уверенной классификации использовались три диагностические диаграммы (рис.2) и прямое исследование спектров. В результате для 85% из этих объектов изменились классификации (табл.2, 3).

С помощью спектров SDSS DR15 и диагностических диаграмм впервые были классифицированы четыре объекта.

Радиопотоки в разных радиодиапазонах позволяют построить спектральное распределение энергии в радио и сопоставлять с оптическими типами активности (38 МГц до 15.7 ГГц). И для этих объектов были получены радио-спектральные индексы: $\bar{\alpha} = -0.609 \pm 0.056$, $\bar{\alpha}_{sy} = -0.601 \pm 0.027$, $\bar{\alpha}_{LINER} = -0.596 \pm 0.025$, $\bar{\alpha}_{HII} = -0.667 \pm 0.039$, $\bar{\alpha}_{Comp.} = -0.713 \pm 0.043$ [30].

Спектральная классификация различных выборок активных галактик приводит к накоплению данных по большому количеству объектов, что позволило развить детальную классификацию по типам активности с использованием подклассов объектов с широкими и узкими разрешенными линиями и объектов с составным спектром [25-29].

CLASSIFICATION BY ACTIVITY TYPE OF A SAMPLE
OF GALAXIES WITH RADIO EMISSIONH.V.ABRAHAMYAN, A.M.MICKAELIAN, G.M.PARONYAN,
G.A.MIKAYELIAN

This work provides a detailed spectral classification of 96 active galaxies from the Véron-Cetty and Véron catalog (2010, 13th version, VCV-13), which is a catalog of active galaxies and quasars. These objects were identified as radio sources using different radio catalogs in different radio bands. Having data from radio catalogs, we took those galaxies that had radio streams in at least 6 different radio bands and optical spectral identification from the SDSS catalog. Using the spectra from the SDSS catalog, these 96 objects were studied and detailed types of activity for them. For a more confident classification we used three diagnostic charts and a direct study of the spectra. As a result, we have changed classification for 85% of these objects. Radio radiation in different radio bands allows us to build the spectral energy distribution in the radio and compare with the optical types of activity.

Keywords: *galaxies: active galactic nuclei: radio galaxies: spectral classification*

ЛИТЕРАТУРА

1. *M.P.Véron-Cetty, P.Véron*, Astron. Astrophys., **518**, A10, 2010.
2. *D.J.Helfand, R.L.White, R.H.Becker*, Astrophys. J., **801**, 17, 2015.
3. *J.J.Condon, W.D.Cotton, E.W.Greisen et al.*, Astrophys. J., **115**, 1693, 1998.
4. *P.C.Gregory, J.J.Condon*, Astrophys. J. Suppl., **75**, 1011, 1991.
5. *P.C.Gregory, W.K.Scott, K.Douglas et al.*, Astrophys. J. Suppl., **103**, 427, 1996.
6. *D.O.Edge, J.R.Shakeshaft, W.B.McAdam et al.*, Mem. R. Astron. Soc., **68**, 37, 1959.
7. *J.D.H.Pilkington, J.F.Scott*, Mem. R. Astron. Soc., **69**, 183, 1965.
8. *S.E.G.Hales, J.M.Riley, E.M.Waldram et al.*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., **382**, 1639, 2007.
9. *S.E.G.Hales, E.M.Waldram, N.Rees et al.*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., **274**, 447, 1995.
10. *E.M.Waldram, G.G.Pooley, K.J.B.Grainge et al.*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., **342**, 915, 2003.
11. Consortium, *M.L.Davies, T.M.O.Franzen et al.*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., **415**, 2708, 2011.

12. *T.Mauch, T.Murphy, H.J.Buttery et al.*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., **342**, 1117, 2003.
13. *C. De Breuck, Y.Tang, A.G. de Bruyn et al.*, Astron. Astrophys., **394**, 59, 2002.
14. *G. de Bruyn, G.Miley, R.Rengelink et al.*, VizieR On-line Data Catalog: VIII/62, Originally published in: WENSS Collaboration NFRA/ASTRON and Leiden Observatory, 1998.
15. *M.I.Large, L.E.Cram, A.M.Burgess*, The Observatory, **111**, 72, 1991.
16. *J.N.Douglas, F.N.Bash, F.A.Bozayan et al.*, Astrophys. J., **111**, 1945, 1996.
17. *X.Zhang, Y.Zheng, H.Chen et al.*, Astron. Astrophys. Suppl., **121**, 59, 1997.
18. *S.T.Myers, N.J.Jackson, I.W.A.Browne et al.*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., **341**, 1, 2003.
19. *W.M.Lane, W.D.Cotton, S. van Velzen et al.*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., **440**, 327, 2014.
20. *H.T.Intema, P.Jagannathan, K.P.Mooley et al.*, Astron. Astrophys., **598**, 28, 2017.
21. *D.S.Aguado, R.Ahumada, A.Almeida et al.*, Astrophys. J. Suppl., **240**, 23, 2019.
22. *D.E.Osterbrock*, Proc. Texas Symposium on Relativistic Astrophysics, 9th, Munich, West Germany, Dec 14-19, 1978, New York, New York Academy of Sciences, p.2, 1980.
23. *E.Massaro, A.Maselli, C.Leto et al.*, Astrophys. Space Science, **357**, 1, 2015.
24. *A.E.Reines, J.E.Greene, M.Geha*, Astrophys. J., **755**, 2, 2013.
25. *G.A.Mikayelyan, A.M.Mickaelian, H.V.Abrahamyan et al.*, Astrophysics, **62**, 452, 2019.
26. *H.V.Abrahamyan, A.M.Mickaelian, G.M.Paronyan et al.*, Communications of the Byurakan Astrophysical Observatory (ComBAO), **66**, 1, 2019.
27. *G.M.Paronyan, A.M.Mickaelian, G.S.Harutyunyan et al.*, Astrophysics, **62**, 147, 2019.
28. *H.V.Abrahamyan, A.M.Mickaelian, G.A.Mikayelyan et al.*, Communications of the Byurakan Astrophysical Observatory (ComBAO), **65**, 1, 2018.
29. *A.M.Mickaelian, G.S.Harutyunyan, A.Sarkissian*, Astron. Lett., **44**, 351, 2018.
30. *H.V.Abrahamyan*, submitted, 2020.