

## О СВЯЗИ РАДИОСВЕТИМОСТИ СЕЙФЕРТОВСКИХ ГАЛАКТИК С ИХ СВЕТИМОСТЬЮ В ЛИНИИ [OIII] 5007 Å И МОРФОЛОГИЕЙ

С. И. Неизвестный

На большом наблюдательном материале, опубликованном в литературе, найдена корреляция между светимостью сейфертовских галактик в линии [OIII]5007 Å и светимостью в континууме на частоте 5 ГГц. Эта корреляция является еще одним свидетельством (наряду с корреляцией скорости газа в области формирования запрещенных линий с радиоизлучением) того, что излучение в линии 5007 Å и в радиоконтинууме имеют общую причину.

Кратко рассмотрены модели источников радиоизлучения сейфертовских галактик, которые могут объяснить связь светимости в линии 5007 Å и в радиоконтинууме.

Средние значения монохроматической светимости на частоте 5 ГГц сейфертовских галактик первого типа составляют  $2.4 \cdot 10^{31}$ , второго —  $8.6 \cdot 10^{31}$  эрг/(с·Гц). Статистически эти значения значительно расходятся.

Сейфертовские галактики морфологического типа E/S0 по радиоизлучению делятся на две группы со средними значениями светимости на 5 ГГц —  $6.5 \cdot 10^{29}$  и  $2.7 \cdot 10^{32}$  эрг/(с·Гц). Спиральные сейфертовские галактики раннего и позднего морфологических типов имеют одинаковую радиосветимость в континууме.

Correlation between the luminosity of Seyfert galaxies in O[III]5007 Å line and the luminosity in continuum at a frequency of 5 GHz is found on the basis of the published observational material. This correlation is one more evidence (together with the correlation of gas velocity in the region of forbidden lines with radio emissions) of the fact that the emission in 5007 Å line and radio continuum has one and the same cause.

The models of Seyfert galaxy radio emission sources are considered briefly, which can explain the correlation of luminosity in the 5007 Å line with that of radio continuum.

The mean values of monochromatic luminosity at 5 GHz for the Sy 1 galaxies are  $2.4 \cdot 10^{31}$  erg/(s·Hz), for Sy 2 they are  $8.6 \cdot 10^{31}$  erg/(s·Hz). Statistically these values differ considerably.

According to the radio emission Seyfert galaxies of E/S0 morphological type are divided into two groups with the mean luminosity values at 5 GHz:  $6.5 \cdot 10^{29}$  and  $2.7 \cdot 10^{32}$  erg/(s·Hz).

Spiral Seyfert galaxies of early and late morphological types have the similar emission in the radio continuum.

В последнее время значительно возрос объем наблюдательных данных, полученных по сейфертовским галактикам (СГ) в разных диапазонах спектра излучения. Это позволяет изучать свойства СГ по выборкам больших объемов и с высокой степенью уверенности (в статистическом смысле) делать обобщение этих свойств на весь класс сейфертовских галактик в целом.

В настоящей работе обсуждаются некоторые вопросы связи светимости сейфертовских галактик в радиоконтинууме на частоте 5 ГГц со светимостью в запрещенной линии [OIII]5007 Å и их морфологическим типом. Для этого использованы данные для большой выборки (общий объем 268 объектов), опубликованные в литературе по марту 1986 г. включительно [1—177].

В работах [108, 167, 168] было показано, что существует корреляция между радиосветимостью и скоростью движения газа в области формирования запрещенных линий (ОФЗЛ) — полной шириной на половине интенсивности линии [OIII]5007 Å у радиогалактик и галактик с активными ядрами, хотя это утверждение было сделано по сравнительно небольшой выборке. На возможное существование связи светимости в линии [OIII]5007 Å и в радиоконтинууме указывалось в работе [174] (по выборке из шести СГ1 и восьми СГ2, имеющих измеренные потоки в континууме на  $\lambda=21$  см).

Сопоставление радиоизлучения в континууме и излучения в линии [OIII]5007Å позволяет изучить некоторые детали вопроса о сходстве и различии сейфертовских галактик первого (СГ1) и второго (СГ2) типов, еще раз проверить возможную связь (или общность причины) механизмов излучения в запрещенных линиях и радиоконтинууме.

Это и послужило поводом для изучения связи радиосветимости в континууме и светимости в линии 5007 Å СГ в данной работе. По большой выборке мы проверили различие светимостей СГ1 и СГ2 (о тенденции СГ2 быть более радиомощными, чем СГ1, сообщалось в работах [163, 167]).

Как следует из работ [169, 170], среди радиогалактик и галактик поля спиральные галактики имеют более слабое радиоизлучение, чем эллиптические E/S0. Для более определенного понимания возможной взаимосвязи плоских и сферических систем сейфертовских галактик с радиоизлучением мы в данной работе проанализировали зависимость радиосветимости от морфологического типа СГ.

**Составление выборки.** Для изучения зависимости между светимостью сейфертовских галактик в линии [OIII]5007 Å и светимостью в радиоконтинууме мы остановились на радиоизмерениях потоков на частоте 5 ГГц, поскольку на этой частоте измерено наибольшее количество СГ. Для увеличения статистического базиса определения зависимости при больших значениях светимости в радиоконтинууме ( $L_5$  ГГц) и в линии 5007 Å ( $L_{5007}$ ) мы включили в выборку яркие СГ, которые классифицируются иногда как близкие квазары. Общий объем этой выборки 268 объектов. Для определения возможного влияния эффектов селекции в прил. 3 проводится анализ зависимости  $L_{5007} - L_5$  ГГц для выборки с такими ограничениями:  $0.005 < z < 0.045$ ,  $|b| > 10^\circ$ ,  $-18^m0 > M_B > -22^m5$ .

При определении зависимости светимости  $L_5$  ГГц от сейфертовского и морфологического типов мы использовали выборку со следующими ограничениями: по галактической широте  $|b| > 10^\circ$ , по красному смещению  $z < 0.135$ , по абсолютной величине  $M_B \geq -22^m8$  (постоянная Хаббла принималась равной 75 км/с/Мпк). Объем этих выборок следующий: по СГ1 — 137 объектов, по СГ2 — 94; по объектам, имеющим определенный морфологический тип: E—S0 — 81, S0a—Sa — 69, Sab—Sc — 44.

Излучение сейфертовских галактик в линии [OIII]5007 Å заключено для многих объектов в основном в ядерной области размером 1—10 пк (хотя у некоторых галактик наблюдается протяженная эмиссия в линии 5007 Å вплоть до нескольких сотен парсек—нескольких килопарсек [171]). Следовательно, корректно было бы сравнивать светимость  $L_{5007}$  со светимостью в радиоконтинууме, излучаемой в этой же ядерной области. Но, как показано в прил. 1 (по выборке из 19 относительно близких СГ, имеющих радиокарты с хорошим угловым разрешением), коэффициент корреляции между  $L_{5007}$  и радиосветимостью в ядре не изменяется при переходе к полной радиосветимости. Поэтому в дальнейшем мы проводим анализ с использованием общей радиосветимости (наиболее полные данные по радиопотокам в континууме СГ имеются для общего радиоизлучения).

**Данные по светимости в линии [OIII]5007 Å и в радиоконтинууме на частоте 5 ГГц.** Для части сейфертовских галактик, вошедших в используемую выборку, в литературе приводятся данные по светимости в линии 5007 Å с учетом внутреннего поглощения. Для большей части объектов оценки светимостей  $L_{5007}$  и  $L_5$  ГГц производились по потокам следующим образом:

$$L = 4\pi R^2 F = 4\pi c^2 z^2 (z + 1)^2 F / H^2,$$

где  $F$  — поток, эрг/(см<sup>2</sup>·с);  $R$  — расстояние до объекта;  $c$  — скорость света;  $z$  — красное смещение;  $H$  — постоянная Хаббла. Мы принимали  $H = 75$  км/с/Мпк и  $q_0 = 1$ .

Для потока в радиоконтинууме ( $F_5$  ГГц), выраженного в единицах  $1 \text{ mJy} = 10^{-26}$  эрг/(см<sup>2</sup>·с·Гц), логарифм монохроматической светимости, выраженной в единицах эрг/(с·Гц), равен:

$$\lg(L_5 \text{ ГГц}) = 31.28 + 2 \lg[(z + 1)z] + \lg(F_5 \text{ ГГц}).$$

Логарифм светимости, эрг/с, в линии 5007 Å:

$$\lg(L_{5007}) = 43.28 + 2 \lg[(z+1)z] + \lg(F_{5007}) + f(\lambda) \lg(C);$$

$F_{5007}$  — наблюдаемый поток в единицах  $10^{-14}$  эрг/(см<sup>2</sup>·с);  $C$  — фактор коррекции за покраснение внутри СГ:  $C = \exp(A)$ ,  $A = 1.39E_{B-V}$ ;  $f(\lambda)$  — функция покраснения, представляющая собой закон дифференциальной экстинкции Уитфорда, затабулирована в работе [172].  $C$  определяется из отношения наблюдаемого бальмеровского декремента к теоретическому:

$$\lg[C(H_\beta)] = \lg(I_{H\alpha}/I_{H\beta})_{\text{набл}} - \lg(I_{H\alpha}/I_{H\beta})_{\text{теор}}$$

Для  $T_e = 10^4$  К и  $N_e = 10^6$  см<sup>-3</sup> теоретическое отношение  $I_{H\alpha}/I_{H\beta} = 2.85$ ,  $I_{H\gamma}/I_{H\beta} = 0.469$  — этот метод учета внутреннего покраснения достаточно точен для СГ2 [можно принять  $C(H_\beta) \approx C(5007)$ ]. Но для СГ1 данный метод дает не-

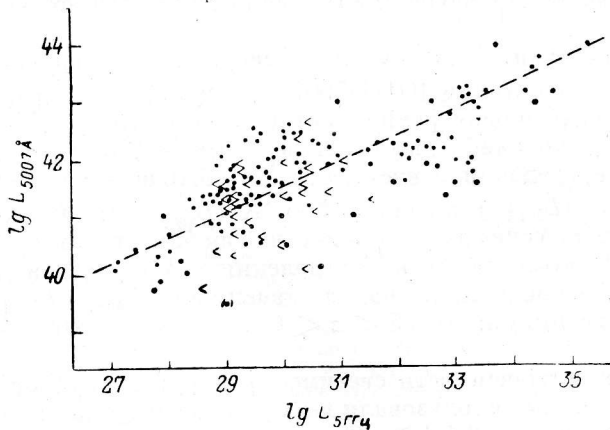


Рис. 1. Зависимость светимости сейфертовских галактик в линии [O III] 5007 Å от светимости в континууме на частоте 5 ГГц.

сколько неопределенный результат, поскольку широкая и узкая компоненты линий бальмеровской серии водорода формируются в разных физических условиях, и оценивать  $C(H_\beta)$  в этом случае некорректно. Поэтому, когда в литературе имелись данные по потокам или интенсивностям в линиях  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$ , мы учитывали внутреннее покраснение для СГ2, а для СГ1 только в тех случаях, если имелись данные для узкой компоненты этих линий.

При определении светимостей  $L_{5007}$  и  $L_5$  ГГц учитывалась  $K$ -поправка:

$$\Delta \lg(L) = (1 - \alpha) \lg(1 + z),$$

где  $\alpha$  — показатель спектра ( $F_\nu \sim \nu^{-\alpha}$ ).

Кроме этого, при определении  $L_{5007}$  учитывалось поглощение в нашей Галактике, которое определялось по картам  $E_{B-V}$  работы [173].

Оценки светимости в линии 5007 Å и в континууме на 5 ГГц собраны в табл. 1, в колонках 5 и 7 соответственно. В колонках 6 и 8 указаны ссылки на источники, из которых были взяты данные по светимостям. В случае, если  $L_{5007}$  отсутствует, в колонке 6 приводятся ссылки на литературу, в которой дана спектральная классификация объекта. Если измерения СГ на частоте 5 ГГц отсутствовали, но имелись на другой близкой частоте и был известен показатель спектра  $\alpha$ , то поток пересчитывался на  $\nu = 5$  ГГц, а определенная по нему светимость в табл. 1 приводится в скобках. Иногда, при отсутствии измеренного  $\alpha$  для конкретной СГ, мы принимали  $\alpha = 0.7$ . В тех случаях, когда в литературе приводилось лишь ограничение на поток, в табл. 1 дается соответствующее значение верхнего предела светимости, помеченного значком <. В колонке 4 приводятся красные смещения, исправленные за движения Солнца в Галактике. В колонке 2 указан морфологический тип, взятый из работ [175—177].

**Анализ и обсуждение данных.** На рис. 1 показана зависимость светимости сейфертовских галактик в линии 5007 Å от радиосветимости в континууме

ТАБЛИЦА 1

Объект	Морфол. тип	Сейф. тип	$z_0$	$\lg(L_{5007})$	Ссылки	$\lg(L_5 \text{ ГГц})$	Ссылки
1	2	3	4	5	6	7	8
Марк 335	E/SO	1	0.0249	41.59	85	< (29.3)	59
III Zw 2	E/SO	1	.0890	42.33	3	31.89	19
PG 0026+129		1	.1420	42.73	6, 67	30.20	125
Zw 0033+45	S0/a	1	.0482	41.55	85	< (30.39)	123
Марк 957	E/SO	1.5	.0711	40.03:	85	(30.66)	14
I Zw 29		1	.1086	42.10	69	(30.96)	51, 123
Марк 1146	Sab	1	.0403		127	< (30.4)	123
Марк 348	SA(s)a	2	.0147	41.84	85	30.29	50
I Zw 1	S0	1	.0614	42.31	85, 64	(30.51)	51
Марк 352	(R)SA(s)0	1	.0150	40.08	85	< (30.4)	109
3C 33	E	2	.0595	41.86	85, 15	33.35	14, 126
Марк 1152	S0a	1.5	.0527		116	< (30.4)	123
Марк 1	(R)SB0a	2	.0160	41.28	85	29.28	50
II Zw 1	SBa	1.5	.0541	42.52	85	(30.91)	51
Аракелян 41		2	.0160		41	(29.29)	24
Марк 993	Sa	1.9	.0169	40.34	118	< (29.3)	123
Марк 358	Sbc	1	.0458	41.03	69	(29.9)	109
Марк 359	SB0a	1.5	.0169		128	< (29.1)	59
3C 48		1	.3670	43.22	85	34.71	62
V Zw 85	S0a	2	.0654		129	< (30.5)	123
Марк 573	SAB0	2	.0172		117	28.54	95
Марк 1014	S0:	1	.1631		117	(31.31)	123
Марк 584	E/SO	1	.0788		117	(29.7)	51
4C 29.06	E	1	.1096	42.37	69	32.37	61
Марк 586		1	.1565		27	(30.34)	109
Марк 590	SAa	1	.1064	41.50	85	28.79	95
Аракелян 79	S0	2	.0179		130	(28.9)	109
Марк 1034	Sa	2	.0343		130	< (30.3)	122
Марк 1040	SAbc	1	.0164	40.93	69	(28.72)	24
Марк 1044	E/SO	1	.0163		116	< (29.3)	123
Марк 1179	S0a	1.9	.0376		131	< (30.2)	123
Марк 1048	(R)pec	1	.0424	41.94	118	29.05	95
NGC 1052	E	2	.0051	40.65	30, 32	29.64	132
Марк 595	E/SO	1	.0275		121	29.66	51
NGC 1068	(R)SAa	2	.0036	41.97	85	29.67	61
4U 0241+622		1	.0438	43.13	85	30.90	2
Марк 1187	SBb pec	1	.0448		131	< (30.6)	123
Марк 372	S0	1.8	.0311	41.49	85	(28.7)	109
Марк 1058	S0	2	.0174	40.98	117, 139	< (30.6)	123
Марк 1066	(R)SB0	2	.0124	40.50	120	(29.32)	17
4C 39.11	E	1	.1610		28	32.69	134
Марк 1073	(R)SBb	2	.0233	41.60	120	(29.95)	123
PKS 0312-770		1	.2230	42.82	69	32.91	76
NGC 1275	S0 pec	1	.0178	41.62	120	32.07	61
Марк 609	E/SO	1.8	.0345		135	29.10	95
Марк 612	(R)Sa	2	.0199	41.73	117	29.37	51
NGC 1365	SBb	1.5	.0050	39.37	1, 26	29.00	104
NGC 1386	Sa	2	.0026		66	27.23	96
PKS 0336-355	E	2	.1126		16	(32.35)	14
III Zw 55	SAB0 pec	2	.0251	40.86	85	(29.31)	109
3C 98	E	2	.0306		136	31.97	61
3C 99	E	2	.4260		79	33.69	61
3C 109	E	1	.3060	44.14	69	33.70	61
IE 0412-080		1	.0386	42.24	86	28.79	36
NGC 1566	SAB bc	1	.0039	40.04	85	28.35	104
3C 120	S0	1	.0330	42.09	64	32.05	61
Марк 618	SBa pec	1	.0357	41.34	85	29.02	95
NGC 1672	SBb	2	.0038		97	28.44	104
IE 0450-182		1	.0590		89	29.35	29
E 0459+034		1.5	.0160		35	28.40	35
NGC 1808	(R)Sa	2	.0027		99	28.57	98
Аракелян 120	S0a	1	.0327	41.94	85	(30.36)	122
Pic A		1	.0342	41.46	64	29.55	112
PKS 0521-365	E	1	.0552		94	32.78	94
NGC 2110	SA0	2	.0077	41.63	57, 85	29.10	38
MCG 8-11-11	SB	1	.0205	42.22	64	29.84	108

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8
Марк 3	S0	2	0.0141	42.56	85	30.21	50
NGC 2273	S0a	2	.0069		46	28.52	51
Марк 6	SAB0	1.5	.0185	42.27	85	29.86	50
3C 171	E:	2	.2387		73	33.31	48
Марк 374	Sb	1	.0440	41.32	85	29.38	95
II Zw 118		1	.0796	42.04	85	< (31.04)	123
Марк 376	S0a	1	.0560	41.92	85	< (29.8)	59
3C 178	Sbc	2	.0079		30	29.60	91
Марк 9	S0 pec	1	.0402	41.43	85	< (29.1)	109
3C 184.1	E	2	.1178	42.28	85	32.62	61
PKS 0736+017		1	.1910	42.00	85	32.28	76
Марк 78	SBO	2	.0374	42.05	115	29.68	108
Марк 79	SBb	1	.0222	41.34	85	28.59	95
Марк 10	Sb	1	.0293	41.74	69	< (28.8)	109
Марк 382	Sc pec	1	.0338	41.29	85	< (29.0)	59
3C 192	E	2	0.598		13	32.20	61
Марк 622		2	.0231	41.50	117, 139	29.52	51
3C 198		2	.0815		14	31.83	91
4C 55.16	E/S0	2	.2410		105	33.97	105
Марк 1218	SBb	1.8	.0311	41.40	191	< (30.3)	123
NGC 2639	(R)SAa	1	.0112		47	29.04	82
Марк 391	SB0a	1	.0139		137	(28.34)	109
NGC 2782	Sa pec	1	.0084		8	28.74	11
Марк 704	Sa	1	.0294	41.56	69	(29.09)	109
Марк 106		1	.1220	41.88	85	(31.5)	124
3C 219	E	2	.1745		21	33.26	91
Марк 110	SB pec	1	.0360	41.45	85	28.72	95
Марк 705	(R)S0:	1	.0288		74	< (28.5)	25
PKS 0925-203		1	.3480	42.69	69	33.47	9, 10
Марк 707	E/S0	1	.0505	41.40	69	(29.9)	109
3C 223	E:	2	.1367		21	32.77	91
3C 223.1	E	2	.1075		21	32.37	91
NGC 2992	Sa pec	1.9	.0073	40.72	85	28.90	96
Марк 124	S0a	1	.0566	41.80	69	(29.63)	109
3C 227.0	E	1	.0861	41.86	85	32.64	61
MCG 5-23-16	S0	2	.0082		57	27.89	96
Марк 1239	E	1.5	.0192		131	< (29.7)	123
NGC 3081	SB0a	2	.0072	41.36	64	(27.82)	109
Марк 1243	Sa	1	.0352		131	< (30.0)	123
3C 234	E	1	.1848	43.17	85	33.15	61
Марк 715	S0a	1	.0841	41.80	27, 139	< (30.2)	123
Марк 716		1.5	.0574		131	< (30.6)	123
Марк 720	E	2	.0454	41.26	116, 139	(30.37)	123
Марк 141		1	.0392	41.00	85	< (29.1)	124
NGC 3227	SABapec	1	.0033	40.34	85	27.84	11
Марк 142	S0:	1	.0450	40.79	85	< (29.2)	109
Марк 34	SB0a	2	.0518	42.40	85	29.52	95
Марк 1269	Sab	1.5	.1200		133	< (31.2)	123
Марк 634		1	.0665		117	< (30.7)	123
Марк 728	S0a	1.9	.0343		117	(30.07)	123
Top 1059+105	S0	1.8	.0340		138	< (28.8)	109
PKS 1101-325		1	.3540	43.30	69	33.50	77
NGC 3516	(R)SB0a	1	.0088	41.23	120	28.44	42, 96
Марк 734	S0a	1	.0497	41.69	139	< (29.1)	109
NGC 3660	SBbc	2	.0115		52	28.45	52
Марк 40	S0	1	.0208	40.71	85	(28.0)	109
Марк 1298	S0	1	.0593		131	< (30.5)	123
Марк 176	Sapec	2	.0264	41.29	85	29.15	95
Марк 739	S0 pec	1	.0296		119	(29.2)	109
NGC 3783	(R)SBa	1	.0085	41.42	103	28.35	63
Марк 744	Sapec	1.8	.0092	40.34	116	27.79	96
3C 263.0		1	.6460	43.64	85	34.36	61
PKS 1146-037		1	.3410	43.32	69	33.06	100
Марк 42		1	.0240	40.41	85	< (28.7)	109
NGC 3998	S0	1	.0041		30	28.37	82
Марк 1310	S0a	1	.0189		131	< (29.0)	123
NGC 4051	SABbc	1	.0023	39.90	64	27.66	82
Аракелян 347		2	.0220	41.10	78, 140	(29.05)	109

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8
Mapk 198	S0	2	0.0249	40.92	85	(28.83)	124
NGC 4151	(R)Sab	1	.0033	41.39	64	28.52	82
NGC 4235	SAa	1	.0077		69	27.78	96
Mapk 766	(R)SB0a	1	.0128		119	28.70	95
PKS 1216—100		2	.0875		141	32.21	75
NGC 4258	SABbc	1	.0020		31	28.27	82
NGC 4278	E	1	.0070		31	29.71	40
Mapk 205		1	.0699	41.74	69	(29.45)	109
Mapk 50	S0	1	.0232	39.80	85	< (28.6)	109
Stoughton 1		1	.0764	41.06	69	< (30.6)	109
NGC 4388	SBbpec	2	.0082		65	29.10	82
3C 273		1	.1580	42.96	56, 85	34.44	61
Ton 1542		1	.0632	40.97	69	< (29.4)	109
NGC 4507	SB0	2	.0109	41.62	64, 66	31.95	63
PKS 1232—249		1	.3550	42.91	69	33.47	76
NGC 4579	SABb	1.5	.0058		41	28.57	82
NGC 4593	(R)SBb	1	.0085	40.53	85	27.40	42
NGC 4594	SAa	1	.0020		31	28.02	12
F 312	Sa	2	.0112		63	28.96	63
Mapk 231	Sapec	1	.0411		142	30.74	51
Mapk 236		1.2	.0520	41.86	85	< (29.3)	109
Mapk 783		1	.0665		131	29.47	50
Mapk 64		1	.1840	42.79	85	< (30.4)	59
NGC 5005	SABbc	2	.0036	40.19	78, 143	28.25	82
NGC 5033	SAbc	1	.0032	40.22	144	27.84	82
Mapk 1347	S0	1	.0503		131	< (30.7)	123
3C 287.1	E:	1	.2157	41.33	85	33.27	61
MCG 6-30-15		1	.0077	40.12	85	27.06	95
NGC 5252	S0	2	.0219		41	(29.00)	24
Mapk 266 SW	Sapec	2	.0276	41.73	131, 147	29.83	51
Mapk 268		2	.0410	41.43	85	29.42	95
Mapk 270	SAB0	2	.0090	40.65	85	27.97	95
PKS 1340+053	E:	1	.1334		145	32.53	75
Mapk 273	Spec	2	.0380	41.95	85	30.34	95
Mapk 69		1	.0762	41.33	85	< (31.5)	109
PKS 1345+125	S0	2	.1218	42.00	27, 37	32.98	106
IC 4329A	S0apec	1	.0157	42.55	64, 69	29.27	109
Ton 112		2	.0597		63	30.84	63
PG 1351+640		1	.0875	42.00	69	30.74	19
Mapk 279	S0a	1	.0303	41.17	69	29.22	95
Mapk 463E	Sapec	2	.0506	42.3	78, 146	30.81	50
Mapk 464		1	.0510	41.89	85	29.52	50
Mapk 668		1	.0768	41.90	69	32.58	62
NGC 5506	SB0apec	2	.0059	41.85	57	29.11	20
Mapk 673a	Sc	2	.0362		147	29.91	51
Mapk 673b	Sa	2	.0368		147	30.16	51
NGC 5548	(R)SA0a	1.5	.0168	41.49	69	28.92	108
PKS 1417—192	E	1	.1195		148	32.38	111
Mapk 471	SBa	1.9	.0341		131	(29.1)	59
Mapk 813		1	.1110		131	< (29.9)	109
Ton 202		1	.3660	43.09	85	32.58	98
Mapk 1383	E/S0	1	.0862		74	(29.1)	59
NGC 5643	SBc	2	.0033		66	28.13	104
Mapk 474	SB0	1	.0396	41.56	85	< (28.9)	59
Mapk 817	E/S0	1	.0321	41.52	69	29.02	95
Mapk 686	SBb	2	.0144	40.61	117, 139	29.09	51
Mapk 477	S0apec	2	.0381	42.50	85	29.87	95
NGC 5728	SBb	2	.0090		66	(28.89)	111
Mapk 478		1	.0785	42.14	85	(29.83)	109
3C 303.0	E	1	.1410		149	32.67	61
IC 1065	SB0	2	.0416		39	31.53	150
Mapk 830		1	.2010	41.49	69	< (30.8)	109
Mapk 841		1	.0365	41.96	69	< (29.2)	59
Mapk 845	Sab	1	.0468		119	< (29.3)	109
PKS 1510—089		1	.3610	42.21	86	32.07	61
B2 1512+370		1	.3710	43.02	85	33.42	150
3C 317	E	2	.0351		21	31.34	61

1	2	3	4	5	6	7	8
Марк 849		1	0.0829		119	< (29.7)	59
NGC 5929	S0pec	2	.0083		53	28.79	82
NGC 5953	S0pec	2	.0075		151	28.59	110
PKS 1532+016		1	.3100	41.55	69	33.61	91
IC 4553	Spec	2	.0180		99	30.12	87
Марк 290	E	1	.0308	41.71	28, 85	(29.0)	59
Марк 486	(R)Sab	1	.0397	41.40	85	< (28.9)	59
Марк 291	SB0a	1	.0356	40.95	85	(29.1)	59
3C 327.0		2	.1039	42.25	64	32.84	61
Марк 298	S0pec	1	.0345	41.06	30, 85	(29.0)	59
Марк 871	SBapec	1	.0337	40.28	139	(29.2)	109
Марк 876	S0	1	.1289	42.48	69	< (30.2)	123
3C 332.0	E	1	.1515	41.92	69	32.68	61
Марк 699		1.2	.0348	41.30	85	29.84	51
Марк 883	S0pec	1.9	.0386	42.15	78	(30.2)	109
NGC 6251	E	2	.0234	41.67	78	31.03	55
NGC 6221	SBc	2	.0044		97	28.61	104
Марк 885	Sa:	1	.0262		117	< (29.7)	123
Марк 504	SB0	1	.0373	41.27	85	< (28.9)	59
Марк 700	S0pec	1.9	.0349	40.57	85	29.86	51
NGC 6300	SBbpec	2	.0030		66	27.86	104
Арг 102B	Sb	1	.0250	40.42	83	30.08	87
NGC 6328		1	.0143	41.01	85	31.17	152
Марк 506	(R)Sa	1.5	.0436	41.53	85	(29.1)	59
4C 34.47		1	.2060	43.15	69, 85	39.11	62
Аракелян 539		2	.0167		78	< (29.6)	123
3C 380.0		1	.6915	44.08	85	35.29	61
3C 381.0	E	1	.1614	42.43	69	32.94	61
3C 382.0		1	.0586	42.27	113	32.22	61
3C 390.3	S0:	1	.0569	42.17	85	31.53	61
NGC 6814	SABbc	1	.0053	40.29	64, 69	27.08	42, 96
3C 405		2	.0536		73	(34.64)	153
OW 637	E	2	.2266		5	33.53	60
Марк 509	E/S0	1	.0355	42.41	85	29.03	95
IC 5063	S0	2	.0117	41.43	15	30.05	75
3C 433	E	2	.1016	41.50	85	32.95	91
PKS 2128-123		1	.5010	43.19	85	34.33	76
II Zw 136	S0a	1	.0167	42.31	69	(30.6)	51
PKS 2135-147		1	.2006	43.34	4, 89	33.16	61
PKS 2152-699	E	1.9	.0283		22, 23	32.33	91
PKS 2158-380	S0	2	.0330		34	32.12	9, 10
NGC 7213	SAa	1	.0058		56	29.17	70
PKS 2206-237		2	.0865		154	32.22	101
Марк 304	E/S0	1	.0665	40.65	85	< (29.5)	109
3C 445	E:	1	.0562	42.01	85	32.14	61
Марк 915	Sa	1.5	.0246		117	29.86	155
Аракелян 564	SBb	1.5	.0244		118	29.77	122
3C 452.0	E	2	.0811	41.43	85	(32.84)	14
MR 2251-178		1	.0638	42.70	69	29.42	156
NGC 7450	(R)E/S0	1.5	.0112		131	28.62	96
PKS 2300-189	E/S0	1	.1287		157	31.48	75
NGC 7469	SBa	1	.0167	41.72	85	29.58	11
Марк 315	E pec	1	.0396	41.43	85	29.34	108
Марк 926	Sa	1	.0475	42.49	69	29.63	93
NGC 7582	SBab	2	.0053	41.99	64, 102	28.77	104
NGC 7590	SABc	2	.0047		99	28.59	111
Марк 530	SABpec	1	.0295	40.75	85	29.29	96
PKS 2322-123	E	2	.0821		30	31.75	75
Марк 533	SBb	2	.0295	42.84	78, 117	30.13	51
NGC 7682	(R)SBab	2	.0176		41	29.22	110
UM 163		1	.0333		158	(29.08)	109
PKS 2344+092		1	.6740	44.15	85	34.52	76
IE 2348+199		2	.0432		36	28.93	36
PKS 2349-014	E:	1	.1740	42.49	85	32.75	159
Марк 541	E/S0	1	.0404	41.22	51	29.40	59
PKS 2356-611	E	2	.0958		22	33.24	76
Марк 543	S0pec	1	.0260		121	≤ 29.09	51

на частоте 5 ГГц для 163 СГ. Объекты, для которых измерены верхние пределы радиосветимости, обозначены значком  $<$ . Определение коэффициента корреляции и регрессионный анализ проводились по выборке из 144 объектов (без СГ, имеющих предел на  $L_5 \text{ ГГц}$ ) с учетом неравноточности измерений. Типичные ошибки определения потоков в линии 5007 Å по литературным данным заключены в пределах  $(1-3) \cdot 10^{-14}$  эрг/(см<sup>2</sup>·с). Ошибки определения радиопотоков для разных объектов сильно отличаются и изменяются в пределах от 3 до 100 %.

Выборочный коэффициент корреляции  $r$  равен 0.74 и с 99%-ной доверительной вероятностью заключен в следующих границах:

$$0.61 < r < 0.81.$$

Уравнение регрессии имеет вид

$$\lg(L_{5007}) = (0.44 \pm 0.06) \lg(L_5 \text{ ГГц}) + (28.2 \pm 1.9).$$

Ошибки коэффициентов регрессии приведены для уровня значимости 0.01. Отношение средневзвешенной дисперсии невязок вокруг этой линии регрессии к средневзвешенной дисперсии ошибок измерений равно 0.11. Отсюда по критерию Фишера находим, что с уровнем риска менее 0.05 % полученная линия регрессии удовлетворяет наблюдаемой зависимости.

Поскольку распределения СГ1 и СГ2 по морфологическим типам в данной выборке подобны (рис. 2), мы проводим анализ зависимости светимости на 5 ГГц от морфологии галактики без разбиения на два сейфертовских типа.

Эллиптические и линзовидные сейфертовские галактики имеют бимодальное распределение по  $\lg(L_5 \text{ ГГц})$  (рис. 3). Уровень значимости «провала» на  $L \approx 10^{31}$  эрг/(с·ГГц) в распределении E/S0 сейфертовских галактик составляет 0.03% (прил. 2).

ТАБЛИЦА 2

Выборка	Количество объектов в выборке	Средняя светимость в линии 5007 Å	Выборочное стандартное отклонение
СГ 1—1.5	93	$(5.4 \pm 0.9) \cdot 10^{41}$	$6.7 \cdot 10^{41}$
СГ 1.8—2	46	$(8.1 \pm 1.8) \cdot 10^{41}$	$12.3 \cdot 10^{41}$
В континууме на 5 ГГц			
СГ 1—1.5	137	$(2.4 \pm 0.7) \cdot 10^{31}$	$8.3 \cdot 10^{31}$
СГ 1.8—2	94	$(8.8 \pm 3.0) \cdot 10^{31}$	$28.7 \cdot 10^{31}$
E/S0 («слабые»)	50	$(6.5 \pm 1.6) \cdot 10^{29}$	$11.3 \cdot 10^{29}$
E/S0 («сильные»)	31	$(2.7 \pm 0.5) \cdot 10^{32}$	$2.7 \cdot 10^{32}$
S0a—Sa	63	$(7.7 \pm 1.8) \cdot 10^{29}$	$14.6 \cdot 10^{29}$
Sab—Sc	44	$(9.4 \pm 4.0) \cdot 10^{29}$	$26.4 \cdot 10^{29}$

Первая группа галактик в этом распределении — относительно «слабые» радиоисточники — в среднем имеют  $L_5 \text{ ГГц} = 6.5 \cdot 10^{29}$  эрг/(с·ГГц) (табл. 2), вторая — «сильные» радиоисточники —  $L_5 \text{ ГГц} = 2.6 \cdot 10^{32}$  эрг/(с·ГГц). Ситуация в данном случае аналогична ситуации для квазаров, среди которых имеются радиогромкие и радиоспокойные, средние радиосветимости у них различаются на три—четыре порядка. Среди E/S0 СГ, обладающих сильным радиоизлучением, очень высока доля галактик, входящих в скопления (9 из 31), в то время как среди всех сейфертовских галактик лишь около 0.5 % являются членами скоплений галактик. Кроме того, из этой 31 E/S0-галактики три входят во взаимодействующие пары галактик и одна в группу. Таким образом, сильные радиоисточники среди E/S0-галактик имеют тенденцию находиться во взаимодействующих системах.

Средние значения светимостей на 5 ГГц у сейфертовских галактик морфологических типов S0a—Sa и Sab—Sc близки к среднему значению  $L_5 \text{ ГГц}$  «слабых» E/S0-галактик (табл. 2). Как показано в прил. 2, эти средние статистически не расходятся даже на 10%-ном уровне значимости. Таким образом, в спи-



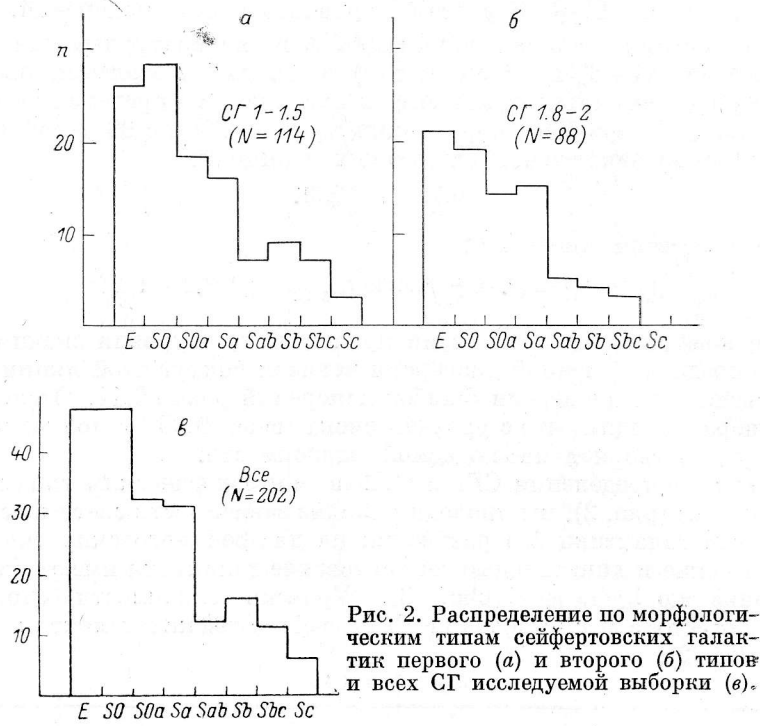


Рис. 2. Распределение по морфологическим типам сейфертовских галактик первого (а) и второго (б) типов и всех СГ исследуемой выборки (в).

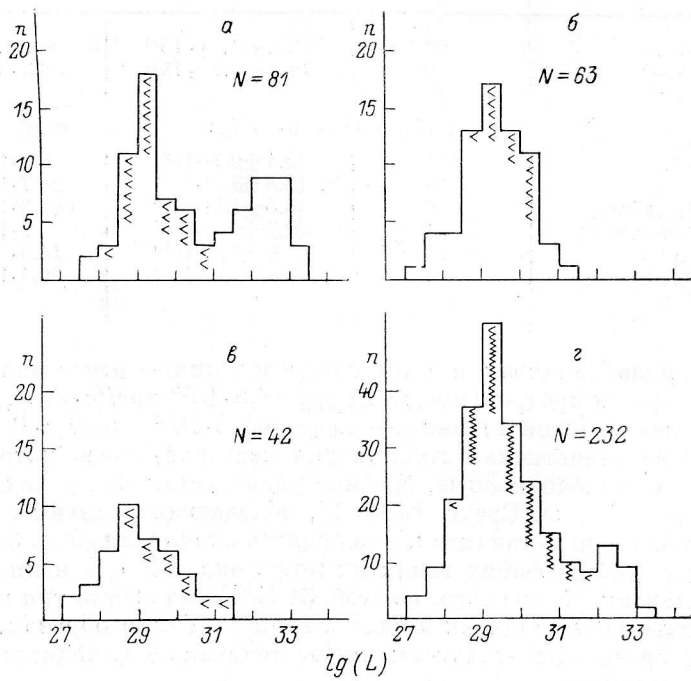


Рис. 3. Гистограмма распределения по  $\lg(L_{5\Gamma_H})$  СГ морфологических типов E/SO (а), SOa—Sa (б), Sab—Sc (в).

ральных системах радиоизлучение сейфертовских галактик не зависит от их морфологического типа [и ранние, и поздние спиральные системы имеют в среднем  $L_{5 \text{ ГГц}} = 8.3 \cdot 10^{29}$  эрг/(с·Гц)].

Средние светимости в линии 5007 Å СГ первого и второго типов, у которых обнаружено радиоизлучение, расходятся (хотя и с высоким уровнем риска — см. прил. 2), в то время как их средние светимости на 5 ГГц статистически расходятся на 1%-ном уровне. Как видно из рис. 4, распределение СГ1 по  $\lg(L_{5 \text{ ГГц}})$  отличается от распределения СГ2. Первое распределение в отличие от второго близко к нормальному. Второе распределение имеет существенно большую дисперсию (табл. 2). По-видимому, СГ1 в данном случае могут характеризоваться как более однородный класс объектов (с точки зрения радиоизлучения), чем СГ2.

Корреляция светимости в линии [OIII] 5007 Å и в радиоконтинууме является еще одним свидетельством (наряду с корреляцией скорости в области формирования запрещенных линий с радиоизлучением) того, что излучение

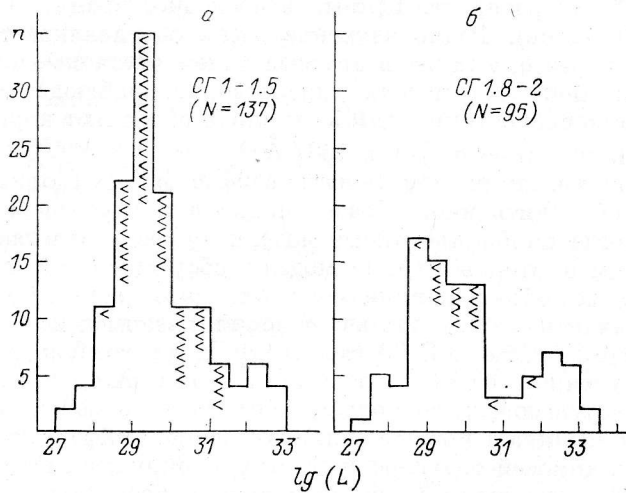


Рис. 4. Распределение по  $\lg(L_{5 \text{ ГГц}})$  сейфертовских галактик первого (а) и второго (б) типов.

в ОФЗЛ и радиоконтинууме имеет общую причину. Рассмотрим некоторые модели радиоизлучения СГ, которые могут, в той или иной мере, объяснить связь между светимостью в линии 5007 Å и в радиоконтинууме. Во всех этих моделях предполагается, что радиоизлучение обусловлено синхротронным излучением электронов релятивистской плазмы.

Одна из первых моделей радиоизлучения сейфертовских галактик, предполагающая близость физических условий в ОФЗЛ и в области формирования радиоизлучения, описана в работах [108, 143] — модель ускорения теплового газа в ОФЗЛ — излучением, идущим от ядерного источника. В этой модели предполагается, что релятивистская плазма, ответственная за радиоизлучение, и тепловая компонента ОФЗЛ находятся в балансе по давлению. Эта модель предполагает также высокие скорости теплового газа в ОФЗЛ. Основной недостаток ее в том, что она плохо объясняет наличие у некоторых СГ экстремально компактных радиоисточников, окруженных гало с диффузным излучением, в области формирования которого внутреннее давление значительно выше, чем давление окружающего теплового газа (например, в случае Маркарян 348 [164]).

Альтернативой этой модели может служить модель, в которой сверхзвуковое расширение центрального радиоисточника с высоким давлением сжимает и ускоряет окружающий газ (см., например, [148]). Со временем эта радиокомпонента расширяется до нескольких сот парсек в диаметре. Ее должна окружать плотная оболочка газа, который, в свою очередь, может сдерживать фотоионизацию ультрафиолетовым континуумом ядра сейфертовской галактики. Предсказанные плотность, температура, фактор скважности и размер газовой оболочки с эмиссией хорошо согласуются с таковыми для ОФЗЛ. Эта модель объ-

ясняет корреляцию радиосветимости и со светимостью в линии  $5007 \text{ \AA}$ , и с шириной этой линии, что может быть аппроксимировано приблизительным балансом давления между релятивистским и тепловым газом [148], а также приблизительным равенством кинетической энергии теплового газа и энергии релятивистской плазмы. Модель «естественного расширения» описывает радиоизлучение сейфертовских галактик второго типа лучше, чем первого.

Для СГ типа E/S0, имеющих большой возраст, эта модель может объяснить тот факт, что среди «сильных» E/S0 галактик преобладают сейфертовские галактики второго типа (из 31 галактики — 20 СГ2). Она не требует наличия мощных потоков истечения вещества из ядра галактики. Ударная волна, распространяющаяся при расширении центрального источника, пройдя относительно бедную газом внутреннюю область эллиптической галактики, достигает ее периферии. На периферии содержание газа (за счет взаимодействия с окружающими галактиками или относительно плотной межгалактической среды) возрастает, что приводит к увеличению радиосветимости при прохождении ударной волны.

Одна из наиболее распространенных в последнее время моделей — модель радиовыбросов (джетов). Радиоизлучение здесь обуславливается в основном потоком плазмы в джете, а также взаимодействием джета с межзвездной и межгалактической средой. Эта модель удовлетворяет наблюдаемой корреляции радиосветимости со скоростями в ОФЗЛ и плохо объясняет корреляцию радиосветимости со светимостью в линии  $5007 \text{ \AA}$ .

Существующие модели радиоизлучения сейфертовских галактик не в состоянии полностью объяснить многообразие индивидуальных свойств радиоисточников в СГ. Иногда комбинированные модели лучше удовлетворяют наблюдениям. Так, например, вторая и третья модели, обсуждаемые в этой работе, в совокупности хорошо объясняют наличие сильного радиоизлучения у E/S0 сейфертовских галактик, входящих в скопления и взаимодействующие системы. Проходя внутреннюю область E/S0 галактики, джет возбуждает относительно слабое радиоизлучение в очень разреженном межзвездном газе. Затем он взаимодействует с окружающей, возможно, более плотной межгалактической средой, в которой и возникает мощное радиоизлучение. Сейфертовские галактики, не входящие во взаимодействующие системы и не окруженные достаточно плотным межгалактическим газом (или, возможно, относительно молодые галактики), обладают более слабым радиоизлучением.

**Выводы.** 1. Существует связь между светимостью сейфертовских галактик в линии [OIII] $5007 \text{ \AA}$  и радиосветимостью на частоте 5 ГГц. Коэффициент корреляции равен 0.74 на уровне значимости, превышающем 0.01. Эта связь является еще одним свидетельством в пользу общей причины излучения в ОФЗЛ и в радиоконтинууме.

2. Средние значения монохроматической светимости на частоте 5 ГГц у СГ1 и СГ2 составляют  $2.4 \cdot 10^{31}$  и  $8.6 \cdot 10^{31}$  эрг/(с·Гц) соответственно. Эти средние статистически расходятся на уровне значимости 0.01.

3. Распределение СГ1 (имеющих радиоизлучение) по морфологическим типам подобно распределению СГ2.

4. Сейфертовские галактики E/S0 типа по радиоизлучению делятся на две группы: «слабые» и «сильные», имеющие средние светимости на 5 ГГц  $6.5 \cdot 10^{29}$  и  $2.7 \cdot 10^{32}$  эрг/(с·Гц) соответственно. Излучение «сильных» радиоисточников E/S0 СГ связано, по-видимому, с существованием вокруг них достаточно плотного межгалактического газа и/или с взаимодействием с окружающими галактиками.

5. Средние значения светимости на 5 ГГц у сейфертовских галактик морфологических типов S0a—Sa, Sab—Sc близки к среднему значению для «слабых» радиоисточников E/S0 и статистически не расходятся даже на 10%-ном уровне значимости. Спиральные сейфертовские галактики и раннего, и позднего морфологических типов имеют одинаковую радиосветимость.

В заключение автор выражает благодарность А. И. Шаповаловой за консультации по вопросам учета внутреннего поглощения в сейфертовских галактиках, С. А. Пустильнику и Г. М. Бескину за полезные дискуссии и советы в ходе выполнения этой работы, В. Ю. Теребижу за важные критические замечания.

**О корреляции между светимостью сейфертовских галактик в линии [OIII]5007 Å с радиосветимостью центрального источника и их общей светимостью в континууме на частоте 1666 МГц**

В табл. 3 собраны данные о полной монохроматической светимости ( $L_T$ ) 19 сейфертовских галактик в континууме на частоте 1666 МГц (колонка 2) и о светимости центрального источника ( $L_N$ ) (колонка 3) на той же частоте. В колонке 4 приведен угловой размер этого центрального источника. Мы включили сюда сейфертовские галактики, имеющие радиокарты с угловым разрешением 1" и лучше. (В некоторых случаях, при отсутствии карт на частоте 1666 МГц и когда они имелись на частотах 1415 МГц и 2700 или 4885 МГц, общее излучение и излучение центрального источника оценивались путем интерполяции потоков на частоту 1666 МГц по известному показателю  $\alpha$  для центрального источника и общего потока).

Зависимость между  $\lg(L_N)$  и  $\lg(L_T)$  показана на рис. 5. Эта зависимость линейна, коэффициент

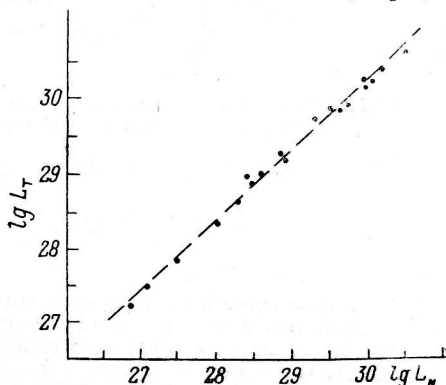


Рис. 5. Зависимость общей радиосветимости СГ на частоте 1666 МГц от светимости центрального источника на той же частоте.

корреляции равен 0.93. Для зависимостей  $\lg(L_{5007}) - \lg(L_T)$  и  $\lg(L_{5007}) - \lg(L_N)$  коэффициенты корреляции соответственно равны 0.81 и 0.77. Уровень значимости в обоих случаях превышает 1% для двустороннего критерия выборочного коэффициента нормальной корреляции. Линии регрессий этих зависимостей параллельны. При переходе с частоты 1666 МГц на 5 ГГц практически для всех СГ, имеющих многочастотные измерения, относительный вклад радиоизлучения ядра возрастает и обе зависимости еще более сближаются.

ТАБЛИЦА 3

Объект	$\lg(L_T)$	$\lg(L_N)$	$\theta$	Ссылки
1	2	3	4	5
NGC 1068	29.87	29.59	1.0	108, 161
NGC 2110	29.34	28.83	0.5	162
NGC 3227	27.81	27.53	0.7	20, 96
NGC 4051	27.26	26.85	1.0	96
NGC 4151	28.62	28.30	0.5	159
NGC 5506	29.19	28.92	0.25	148
NGC 5548	29.02	28.34	0.8	108
NGC 6814	27.47	27.11	0.8	96
NGC 7582	28.94	28.46	1.0	96
NGC 7469	29.80	29.28	0.3	20
Марк 3	30.37	30.23	0.08	160
Марк 6	30.10	29.95	0.4	108
Марк 34	29.89	29.65	0.49	143, 148
Марк 78	29.90	29.74	0.7	108
Марк 79	29.03	28.59	0.3	148
Марк 270	28.31	28.04	0.7	95, 148
Марк 273	30.62	30.54	0.27	95, 148
Марк 348	30.22	29.97	0.2	164
MCG 8-11-11	30.20	30.09	0.65	108

П Р И Л О Ж Е Н И Е 2

П2.1. Статистические вероятности распределения по светимостям  $L_5$  ГГц E/S0 сейфертовских галактик исследуемой выборки. Как рассматривалось выше, в распределении по светимости сейфертовских галактик морфологического типа E/S0 наблюдается провал в области  $L_m = 10^{30.5} \div 10^{31}$ . Примем за нулевую гипотезу, сформулированную в виде  $n(L) = \text{const}$  (т. е. гипотезу, противоположную гипотезе о наличии провала). Разобьем интервал  $L$

вблизи  $L_m$  на два равных интервала (в логарифмическом масштабе): первый с центром, находящимся в точке  $L_m = 10^{30} \div 10^{32}$ , второй — состоящий из двух одинаковых отрезков, охватывающих первый интервал ( $10^{29} - 10^{30}$ ;  $10^{32} - 10^{33}$ ). Для  $n(L) = \text{const}$  вероятности распределений в первом и втором интервалах  $\omega_1 = \omega_2 = 0.5$ .

П2.1.1. Случай распределения сейфертовских галактик без учета СГ, имеющих предел по  $L_{5 \text{ ГГц}}$ .

$$n_1 = 14; n_2 = 33; N = n_1 + n_2 = 47.$$

Вероятность того, что в исследуемых интервалах  $n = \text{const}$  [165]:

$$W = \sum_{i=0}^{n_1} C_{N}^i (\omega_1)^i (\omega_2)^{N-i} = \sum_{i=0}^{14} C_{47}^i (0.5)^{47} \approx 0.0003.$$

П2.1.2. Случай распределения сейфертовских галактик с учетом СГ, имеющих предел по  $L_{5 \text{ ГГц}}$ .

$$n_1 = 19; n_2 = 43; N = 62.$$

$$W = \sum_{i=0}^{19} C_{62}^i (0.5)^{62} \approx 0.00003.$$

П2.2. Сравнение выборочных средних светимостей сейфертовских галактик. Сравнение проводилось с использованием распределения Стьюдента в предположении, что измерения равнозначны, а случайные ошибки подчиняются нормальному распределению.

П2.2.1. Средние светимости и выборочные дисперсии. Для СГ1:  ${}_1\bar{L}_{5007} = (5.4) \cdot 10^{41}$ ;  $(D_1)^{1/2} = 6.7 \cdot 10^{41}$ ;  $n_1 = 93$ ; для СГ2:  ${}_2\bar{L}_{5007} = (8.1) \cdot 10^{41}$ ;  $(D_2)^{1/2} = 12.3 \cdot 10^{41}$ ;  $n_2 = 46$ .

Величина

$$t_m = \frac{|{}_1\bar{L} - {}_2\bar{L}|}{S_0},$$

где

$$S_0 = \left[ \frac{(n_1 + n_2)(n_1 D_1 + n_2 D_2)}{n_1 n_2 m} \right]^{1/2} \text{ и } m = n_1 + n_2 - 2,$$

подчиняется распределению Стьюдента с  $m$  степенями свободы. По таблицам распределения Стьюдента [166] находим:

$$|{}_1\bar{L} - {}_2\bar{L}| = 3.01 \cdot 10^{41} > S_0 t(5\%, 137) = 2.62 \cdot 10^{41}.$$

Таким образом, с 5 %-ным уровнем риска средние расходятся.

П2.2.2. Выборочные средние и выборочные дисперсии для светимостей в радиоконтинууме. По СГ1:

$${}_1\bar{L}_{5 \text{ ГГц}} = 2.4 \cdot 10^{31}; (D_1)^{1/2} = 8.3 \cdot 10^{31}; n_1 = 137;$$

по СГ2:

$${}_2\bar{L}_{5 \text{ ГГц}} = 8.7 \cdot 10^{31}; (D_2)^{1/2} = 28.7 \cdot 10^{31}; n_2 = 94.$$

$$|{}_1\bar{L} - {}_2\bar{L}| = 6.37 \cdot 10^{31} > S_0 \cdot t(1\%, 229) = 6.11 \cdot 10^{31}.$$

На уровне 1 %-ной значимости средние систематически расходятся.

П2.2.3. Сопоставление средних светимостей в континууме на 5 ГГц для выборок сейфертовских галактик разных морфологических типов. Выборочные средние и выборочные дисперсии: по E/S0 (левое распределение до  $L = 10^{31}$  рис. 3, а)

$${}_E\bar{L} = 6.5 \cdot 10^{29}; (D_E)^{1/2} = 11.3 \cdot 10^{29}; n_E = 50;$$

по S0a—Sa

$${}_{Sa}\bar{L} = 7.7 \cdot 10^{29}; (D_{Sa})^{1/2} = 14.6 \cdot 10^{29}; n_{Sa} = 63;$$

по Sab—Sc

$${}_{Sb}\bar{L} = 9.4 \cdot 10^{29}; (D_{Sb})^{1/2} = 2.6 \cdot 10^{30}; n_{Sb} = 44.$$

$$|{}_E\bar{L} - {}_{Sb}\bar{L}| = 1.15 \cdot 10^{29} < S_0 t(10\%, 111) = 3.26 \cdot 10^{29};$$

$$|{}_E\bar{L} - {}_{Sa}\bar{L}| = 2.88 \cdot 10^{29} < S_0 t(10\%, 92) = 5.35 \cdot 10^{29};$$

$$|{}_{Sa}\bar{L} - {}_{Sb}\bar{L}| = 1.73 \cdot 10^{29} < S_0 t(10\%, 105) = 2.90 \cdot 10^{29}.$$

Даже на 10 %-ном уровне значимости все средние данных трех выборок статистически не расходятся.

П2.2.4. Сравнение средних светимостей в континууме на 5 ГГц для двух типов («слабых» и «сильных») E/S0 сейфертовских галактик. Выборочные средние и выборочные дисперсии: для «слабых» СГ

$$\bar{L}_c = 6.5 \cdot 10^{29}; (D_c)^{1/2} = 11.3 \cdot 10^{29}; n_c = 50;$$

для сильных СГ

$$\bar{L}_r = 2.7 \cdot 10^{32}; (D_r)^{1/2} = 2.7 \cdot 10^{32}; n_r = 31;$$

$$|\bar{L}_r - \bar{L}_c| = 26.44 \cdot 10^{31} > S_{ot} (0.05\%, 79) = 12.91 \cdot 10^{31}.$$

Таким образом, средние на уровне значимости 0.05 % статистически расходятся.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

#### О влиянии эффектов селекции на зависимость $L_{5007} - L_5$ ГГц

С целью определения возможного влияния эффектов селекции на зависимость между светимостью  $L_{5007}$  и  $L_{5\text{ГГц}}$  была составлена выборка со следующими ограничениями:

$$0.005 < z \leq 0.045; |b| > 10^\circ; -18^m 0 > M_B > -22^m 5.$$

Для данной выборки корреляция светимостей  $L_{5007}$  и  $L_5$  ГГц с красным смещением отсутствует (на рис. 6 показана одна из таких зависимостей). Объем выборки составляет 89 галактик. Зависимость  $L_{5007} - L_5$  ГГц для данной выборки показана на рис. 7.

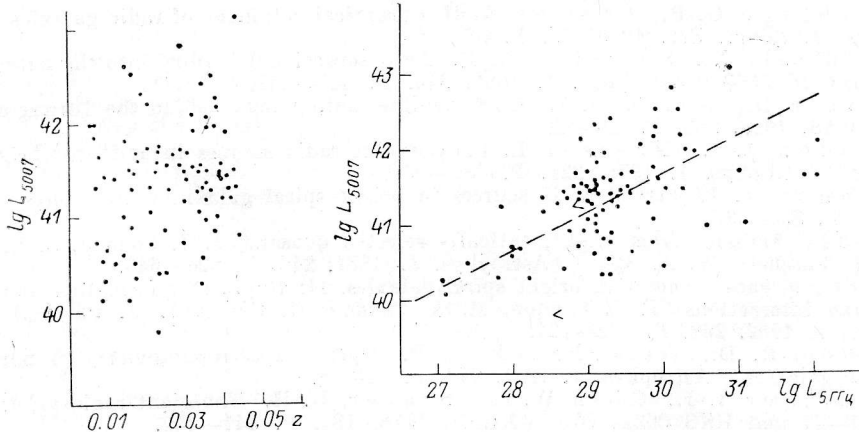


Рис. 6. Зависимость логарифма светимости  $L_{5007}$  от красного смещения для данной выборки сейфертовских галактик.

Рис. 7. Зависимость  $\lg(L_{5007}) - \lg(L_{5\text{ГГц}})$  для данной выборки.

Выборочный коэффициент корреляции  $r$  равен 0.69 и с 99%-ной доверительной вероятностью заключен в пределах

$$0.54 < r < 0.83.$$

Уравнение регрессии имеет вид:

$$\lg(L_{5007}) = (0.51 \pm 0.08) \lg(L_{5\text{ГГц}}) + (26.4 \pm 28).$$

Ошибки коэффициентов регрессии приведены для уровня значимости 0.01. Отношение средневзвешенной дисперсии невязок вокруг этой линии регрессии к средневзвешенной дисперсии ошибок измерений равно 0.19. По критерию Фишера, с уровнем риска менее 0.5 % полученная линия регрессии удовлетворяет наблюдаемой зависимости.

Существует отличие коэффициентов регрессии для этой выборки и первой выборки (см. текст), но это отличие незначимо. По-видимому, влияние эффектов селекции на зависимость  $L_{5007} - L_5$  ГГц в нашем случае невелико.

## Литература

1. Alloin D., Edmunds M. G., Lindblad P. O., Pagel B. E. The Mild Abundance Gradient of NGG 1365 // *Astron. and Astrophys.* 1981. 101. P. 377—384.
2. 4U0241+61 a luminous low-redshift QSO // K. M. V. Apparao, G. F. Bignami, L. Maraschi et al. // *Nature.* 1978. 273. P. 450—453.
3. Arp H. A compact galaxy (IIIZw2) and a compact radio galaxy (3C120) with Seyfert-type spectra // *Astrophys. J.* 1968. P. 1101—1106.
4. Baldwin J. A. Spectrophotometry of low-redshift quasi-stellar objects // *Astrophys. J.* 1975. 201. P. 26—44.
5. The compact radio source 2021+614: a peculiar narrow-line radio galaxy / N. Bartel, I. I. Shapiro, J. P. Huchra, H. Kuhr // *Astrophys. J.* 1984. 279. P. 112—121.
6. Bergeron J., Kunth D. Inferences from a study of FeII emission in radio-loud and radio-quiet quasars // *Mon. Notic. Astron. Soc.* 1984. 207. P. 263—286.
7. Bergwall N., Ekman A., Lauberts A. ESO 255—IG07, a compact group of interacting galaxies // *Astron. and Astrophys.* 1981. 95. P. 266—277.
8. Blake G. M. Observations of extragalactic radio sources having unusual spectra // *Astrophys. Letters.* 1970. 6. P. 201—205.
9. Bolton J. G., Shimmins A. J. The Parkes 2700 MHz survey (fifth part) Catalogue for the declination zone  $-35^\circ$  to  $-45^\circ$  // *Austral. J. Phys. Astrophys. Suppl.* 1973. 30. P. 1—54.
10. Bolton J. G., Shimmins A. J., Wall J. V. The Parkes 2700 MHz survey (seventh part). Supplementary catalogue of the declination zone  $-4^\circ$  to  $-30^\circ$  // *Austral. J. Phys. Astrophys. Suppl.* 1975. 34. P. 1—32.
11. De Bruyn A. G., Willis A. G. High resolution 6 cm observations of Seyfert galaxy nuclei // *Astron. and Astrophys.* 1974. 33. P. 351—356.
12. The radio sources in the nuclei of NGG 3031 and NGG 4594 / A. G. de Bruyn, P. C. Crane, R. M. Price, J. B. Carlson // *Astron. and Astrophys.* 1976. 46. P. 243—251.
13. Burbidge E. M., Strittmatter P. A. Redshifts of twenty radio galaxies // *Astrophys. J.* 1972. 172. L37—L40.
14. Burbidge G. R., Crowne A. H. A optical catalogue of radio galaxies // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1979. 40. P. 583—655.
15. Caldwell N., Phillips M. M. An observational inquiry into the nature of the galaxy IC 5063 // *Astrophys. J.* 1981. 244. P. 447—457.
16. Carter D., Malin D. F. A narrow-line radio galaxy behind the Tornax cluster // *MNRAS.* 1983. 203. P. 49—52.
17. Condon J. J., Dressel L. L. Compact radio sources in and near bright galaxies // *Astrophys. J.* 1978. 221. P. 456—467.
18. Condon J. J. Strong radio sources in bright spiral galaxies // *Astrophys. J.* 1980. 242. P. 894—902.
19. Radio emission from bright, optically selected quasars / J. J. Condon, S. L. O'Dell, J. J. Puschell, W. A. Stein // *Astrophys. J.* 1981. 246. P. 624—646.
20. Strong radio sources in bright spiral galaxies. II: Rapid star formation and galaxy-galaxy interactions / J. J. Condon, M. A. Condon, G. Gisler, J. J. Puschell // *Astrophys. J.* 1982. 252. P. 102—124.
21. Cohen R. D., Osterbrock D. E. Optical spectrophotometry of narrow-line radio galaxies // *Astrophys. J.* 1981. 243. P. 81—88.
22. Danziger I. J., Goss W. M., Frater R. H. The giant radio galaxies PKS 0211—47 and PKS 0634—20 // *MNRAS.* 1978. 184. P. 341—349.
23. Danziger I. J., Goss W. M. Optical spectroscopy of 28 southern radio galaxies // *MNRAS.* 1983. 202. P. 703—715.
24. Dressel L. L., Condon J. J. The Arecibo 2380 MHz survey of bright galaxies // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1978. 36. P. 53—75.
25. Dressler A., Sandage A. First results of the Las Campanas Survey to classify southern galaxies photographed with the Du Pont 2.5-meter Reflector // *PASP.* 1978. 90. P. 5—9.
26. Edmunds M. G., Pagel B. E. J. On the nuclear spectrum of NGC 1365 // *MNRAS.* 1982. 198. P. 1089—1107.
27. Fairall A. P. Catalogue of Seyfert Galaxies. 1984 (unpublished).
28. Adams M. T., Rudnick L. Radio and optical observations of the N galaxy 4C 39.11 // *Astron. J.* 1977. 82. P. 857—860.
29. Feigelson E. D., Maccacaro T., Zamorani G. VLA observations of an unbiased sample of extragalactic X-ray sources // *Astrophys. J.* 1982. 255. P. 392—400.
30. Ferland G. J., Netzer H. Are there any shock-heated galaxies? // *Astrophys. J.* 1983. 264. P. 105—113.
31. Filippenko A. V., Sargent W. L. W. A search for «Dwarf» Seyfert 1 Nuclei. I: The initial data and results. Preprint, 1984. 42 p.
32. The active elliptical galaxy NGC 1052 / R. A. E. Fosbury, U. Mebold, W. M. Goss, M. A. Dopita // *MNRAS.* 1978. 183. P. 549—568.
33. Fosbury R. A. E., Wall J. W. The unusual radio galaxy NGC 6240 // *MNRAS.* 1979. 189. P. 79—88.
34. Very extended ionized gas in radio galaxies. I: A radio, optical and ultraviolet study of PKS 2158—380 / R. A. E. Fosbury, A. Boksenberg, M. A. J. Sijnders et al. // *MNRAS.* 1982. 201. P. 994—1008.

35. A new intermediate Seyfert galaxy: X-ray, optical and radio properties / F. D. Ghigo, S. Wyckoff, J. F. C. Wardle, N. L. Cohen // *Astron. J.* 1982. 87. P. 1438—1442.
36. VLA observations of a complete sample of extragalactic X-ray sources. II / I. M. Gioia, E. D. Feigelson, T. Maccacaro et al. // *Astrophys. J.* 1983. 271. P. 524—530.
37. Grandi S. A. The optical spectrum of PKS 1345+12 // *Astrophys. J.* 1977. 215. P. 446—451.
38. Greenfield P. E., Burke B. F. Radio observations of the X-ray galaxy NGC 2110 // *Bull. Amer. Astron. Soc.* 1978. 10. 433 p.
39. An optical and radio investigation of the radio galaxy 3C 305 / T. M. Heckman, G. K. Miley, B. Balick et al. // *Astrophys. J.* 1982. 262. P. 529—553.
40. Heeschen D. S. Radio properties of the elliptical galaxies NGC 1052 and NGC 4278 // *Astrophys. J.* 1968. 151. L135—L138.
41. Huchra J. P., Wyatt W. F., Davis M. New bright Seyfert galaxies // *Astrophys. J.* 1982. 87. P. 1628—1633.
42. Hulst J. M., van der Grane P. C., Keel W. C. The structure of radio emission in the inner few hundred parsecs of spiral galaxies // *Astron. J.* 1981. 86. P. 1175—1191.
43. A QSO precessing jets: 2300—189 / R. W. Hunstead, H. S. Murdoch, J. J. Condon, M. M. Phillips // *MNRAS.* 1984. 207. P. 55—71.
44. Jaffe W., Gavarzi G., Valentijn E. Radio continuum of the Coma / A 1367 supercluster. I: 610 MHz observations of CGCG galaxies in four groups // Space Telescope Science Institute. Preprint. 1985. No. 73. P. 1—19.
45. Redshifts of southern radio sources. III / D. L. Jauncey, A. E. Wright, B. A. Peterson, J. J. Condon // *Astrophys. J.* 1978. 219. L1—L5.
46. Julien P., Helmken H. Faint X-ray sources detected near COS B  $\gamma$ -ray positions // *Nature.* 1978. 272. P. 699—701.
47. Keel W. C. Spectroscopic evidence for activity in the nuclei of normal spiral // *Astrophys. J.* 1983. 269. P. 466—486.
48. Kellerman K. J., Pauliny-Toth I. I. K., Tyler W. C. Measurement of the flux density of discrete radio sources at centimeter wavelengths. I: Observations at 265 MHz (11.3 cm) // *Astrophys. J.* 1968. 73. P. 298—309.
49. Kinman T. D., Burbidge E. M. Spectroscopic observations of nineteen quasistellar radio sources // *Astrophys. J.* 1967. 148. L59—L63.
50. The radio spectra of Markarian galaxies / G. Kojoian, R. A. Sramek, D. F. Dickinson et al. // *Astrophys. J.* 1976. 203. P. 323—328.
51. Radio survey of Markarian galaxies at 6 and 11 cm / G. Kojoian, H. M. Tovmassian, D. F. Dickinson, A. S. C. Dinger // *Astron. J.* 1980. 85. P. 1462—1467.
52. Nuclear activity in the barred spiral galaxy NGC 3660 from radio, optical and X-ray observations / W. Kollatschny, P. Biermann, K. J. Fricke et al. // *Astron. and Astrophys.* 1983. 119. P. 80—84.
53. Kollatschny W., Fricke K. J. ESO 438-G9: a Seyfert galaxy with unusual properties // *Astron. and Astrophys.* 1983. 125. P. 276—279.
54. Kriss G. A., Canizares C. R., Ricker G. R. X-ray observations of Seyfert galaxies with the Einstein observatory // *Astrophys. J.* 1980. 242. P. 492—501.
55. The 5-GHz strong source surveys. V: Survey of the area between declinations 70° and 90° / H. Kühr, I. I. K. Pauliny-Toth, A. Witzel, J. Schmidt // *Astron. J.* 1981. 86. P. 854—863.
56. A new infrared and optical study of X-ray selected Seyfert galaxies. I: Observations / C. W. McAlary, R. A. McHaren, R. J. McGonegal, J. Maza // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1983. 52. P. 341—362.
57. Optical studies of the Seyfert 2 X-ray galaxy NGC 2110 / J. E. McClintock, J. van Paradijs, R. A. Remillard et al. // *Astrophys. J.* 1979. 233. P. 809—815.
58. Malumian V. H., de Bruyn A. G., Kandalian R. A. Observations of three new Seyfert galaxies with the Westerbork synthesis radio telescope at 1412 MHz // *Astrofizika.* 1983. 19. P. 375—377.
59. Meurs E. J. A., Wilson A. S. Markarian Seyfert galaxies: optical and radio luminosity functions and other statistical studies // *Astron. and Astrophys.* 1984. 136. P. 206—226.
60. Osterbrock D. E. The luminosity function of Seyfert galaxies and the cluster 3C 295 // *Astrophys. J.* 1984. 280. L43—L45.
61. Pauliny-Toth I. I. K., Kellermann K. I. Measurement of the flux density and spectra of discrete radio sources at centimeter wavelengths. II: The observations at 5 GHz (6 cm) // *Astron. J.* 1968. 73. P. 953—968.
62. The NRAO 5-GHz radio source survey. II: The 140-ft «strong», «intermediate» and «deep» source surveys / I. I. K. Pauliny-Toth, K. I. Kellermann, M. M. Davis et al. // *Astron. J.* 1972. 77. P. 265—284.
63. A spectroscopic and radio survey of «Tololo» galaxies / M. V. Penston, R. A. E. Fosbury, M. J. Ward, A. S. Wilson // *MNRAS.* 1977. 180. P. 19—28.
64. The Fe 9+ region in active galactic nuclei / M. V. Penston, R. A. E. Fosbury, A. Boksenberg et al. // *MNRAS.* 1984. 208. P. 347—364.
65. Phillips M. M., Malin D. F. NGC 4388: a Seyfert 2 galaxy in the Virgo cluster // *MNRAS.* 1982. 199. P. 905—913.
66. Phillips M. M., Charles P. A., Baldwin J. A. Nearby galaxies with Seyfert-like nuclei // *Astrophys. J.* 1983. 266. P. 485—501.



67. Spectrophotometry of quasi-stellar objects at optical and infrared wavelengths: PG 0026+129 and 3C 273 / R. C. Puetter, H. E. Smith, B. T. Soifer et al. // *Astrophys. J.* 1978. **226**. L53—56.
68. Rafanelli P., Schulz H. Observations of emission line galaxies. I: The Seyfert 1 galaxies Mkn 1040, Mkn 1044 // *Astron. and Astrophys.* 1983. **117**. P. 109—114.
69. Rudy R. J. Effects of dust on the infrared emission, selected line ratios, and polarization of Seyfert 1 galaxies, broad-line galaxies and quasars // *Astrophys. J.* 1984. **284**. P. 33—43.
70. Sadler E. M. Radio and optical observations of a complete sample of E and SO galaxies. II: UVB aperture photometry // *Astron. J.* 1984. **89**. P. 34—52.
71. Sargent W. L. W. Redshifts for six 3CR radio galaxies and the spectrum of 3C 111 // *Astrophys. J.* 1977. **212**. L105—L106.
72. Savage A., Wright A. E. Identification of southern radio sources. IV // *MNRAS*. 1981. **196**. P. 927—932.
73. Schmidt M. Optical spectra and redshifts of 31 radio galaxies // *Astrophys. J.* 1965. **141**. P. 1—5.
74. Schmidt M., Green R. F. Quasar evolution derived from the Palomar bright quasar survey and other complete quasar surveys // *Astrophys. J.* 1983. **269**. P. 352—374.
75. Shimmings A. J., Manchester R. N., Harris B. J. Accurate flux densities at 5009 MHz of 753 radio sources // *Austral. J. Phys. Astrophys. Suppl.* 1969. Nr 8. P. 1—53.
76. Shimmings A. J., Bolton J. G. Accurate flux densities at 5009 MHz of 1007 radio sources // *Austral. J. Phys. Astrophys. Suppl.* 1972. Nr 23. P. 1—41.
77. Shimmings A. J., Bolton J. G. The Parkes 2700 MHz survey (sixth part). Catalogue for the declination zone  $-30^\circ$  to  $-35^\circ$  // *Austral. J. Phys. Astrophys. Suppl.* 1974. Nr 32. P. 1—55.
78. Shuder J. M., Osterbrock D. E. Empirical results from a study of active galactic nuclei // *Astrophys. J.* 1981. **250**. P. 55—65.
79. Smith H. E., Spinrad H., Hunstead R. Spectrophotometric observations of N galaxies at large redshift: PKS 0353+027, 3C 99, 3C467 // *Astrophys. J.* 1976. **206**. P. 345—354.
80. Smith H. E., Spinrad H. Spectrophotometry of faint, red 3C QSO candidates // *Astrophys. J.* 1980. **236**. P. 419—429.
81. Spinrad H., Smith H. E. The distant N galaxy 3C 318 // *Astrophys. J.* 1976. **206**. P. 355—358.
82. Sramek R. A. 5-GHz survey of bright galaxies // *Astron. J.* 1975. **80**. P. 771—777.
83. Stauffer J., Schild R., Keel W. Arp 102B: a new and unusual broad-line galaxy // *Astrophys. J.* 1983. **270**. P. 465—470.
84. Stein W. A., Weedman D. W. The origin of ultraviolet and infrared continuum radiation from Seyfert galaxies // *Astrophys. J.* 1976. **205**. P. 44—51.
85. Steiner J. E. A spectrophotometric classification of low-redshift quasars and active galactic nuclei // *Astrophys. J.* 1981. **250**. P. 469—477.
86. Steiner J. E., Grindlay J. E., Maccacaro T. Discovery of two active galactic nuclei in clusters of galaxies // *Astrophys. J.* 1982. **259**. P. 482—485.
87. Stocke J. T., Tifft W. C., Kaftan-Kassim M. A. A radio continuum survey of isolated pairs of galaxies // *Astron. J.* 1978. **83**. P. 322—347.
88. Discovery of a narrow line quasar / J. T. Stocke, J. Liebert, T. Maccacaro et al. // *Astrophys. J.* 1981. **252**. P. 69—74.
89. The Einstein observatory Medium Sensitivity Survey: optical identifications for a complete sample of X-ray sources / J. T. Stocke, J. Liebert, I. M. Gioia et al. // *Astrophys. J.* 1983. **273**. P. 458—477.
90. Stockton A. N. Spectroscopic study of peculiar elliptical galaxies // *Astron. J.* 1968. **73**. P. 887—888.
91. Tabara H., Inoue M. A catalogue of linear polarization of radio sources // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* 1980. **39**. P. 379—393.
92. The radio properties of the nearby quasar 0241+62 / A. Tzanetakis, R. E. Spencer, C. R. Masson, J. E. Baldwin // *MNRAS*. 1978. **185**. P. 63—65.
93. Ulrich M. H., Pequignot D. An extended nebulosity of ionized gas in the SBO Seyfert galaxy NGC 3516 // *Astrophys. J.* 1980. **238**. P. 45—53.
94. Ulrich M. H. The appearance of broad emission lines in the spectrum of the BL Lac object PKS 0521—36 // *Astron. and Astrophys.* 1981. **103**. L1—L2.
95. Ulvestad J. S., Wilson A. S. Radio structure of Seyfert galaxies. V: A flux-limited sample of Markarian Seyferts // *Astroph. J.* 1984. **278**. P. 544—557.
96. Ulvestad J. S., Wilson A. S. Radio structures of Seyfert galaxies. VI: VLA observations of a nearby sample // *Astrophys. J.* 1984. **285**. P. 439—452.
97. Veron M. P., Veron P., Zuiderwijk E. J. High-resolution spectrophotometry of the «low-excitation» X-ray galaxies NGC 1672 and NGC 6221 // *Astron. and Astrophys.* 1981. **98**. P. 34—35.
98. Veron M. P. On the width and profile on nuclear emission lines in galaxies // *ESO Scientific Preprint*. 1981. Nr 136. P. 1—32.
99. Veron-Cetti M. P., Veron P. A catalogue of quasars and active nuclei. 2nd edition // *ESO Scientific Preprint*. 1985. Nr 4. P. 1—104.
100. Wall J. V. The spectra of sources in the  $+4^\circ$  declination zone of the Parkes 2700 MHz survey. I: Spectra of individual sources // *Austral. J. Phys. Astrophys. Suppl.* 1972. Nr 24. P. 1—47.
101. Wall J. V., Wright A. E., Bolton J. G. The Parkes 2700 MHz Survey (ele-

- venth part). Catalogue for declinations  $-4^\circ$  to  $-30^\circ$ , Right ascensions  $22^h$  to  $05^h$  // Austral. J. Phys. Astrophys. Suppl. 1976. Nr 39. P. 1—37.
102. New optical and radio observations of the X-ray galaxies NGC 7582 and NGC 2992 / M. J. Ward, M. V. Penston, J. C. Blades, A. J. Turtle // MNRAS. 1980. 193. P. 563—582.
103. Ward M., Morris S. The reddening and high-excitation emission lines in NGC 3783 // MNRAS. 1984. 207. P. 867—881.
104. Whiteoak J. B. Observations of normal galaxies at 5 GHz // Astrophys. Letters. 1970. 5. P. 29—32.
105. Radio and optical observations of the radio galaxy 0831+557 / N. D. Whyborn, W. A. Browne, P. N. Wilkinson et al. // MNRAS. 1985. 214. P. 55—65.
106. Wills B. J. Accurate spectra of 300 radio sources from the Parkes catalogue: observational results // Austral. J. Phys. Astrophys. Suppl. 1975. Nr 38. P. 1—65.
107. Wills D., Wills B. J. Spectroscopy of 206 QSO candidates and radio galaxies // Astrophys. J. Suppl. Ser. 1976. 31. P. 143—162.
108. Wilson A. S., Willis A. G. Radio structures of Seyfert galaxies. I // Astrophys. J. 1980. 240. P. 429—441.
109. Wilson A. S., Meurs E. J. A. A 1415 MHz survey of Seyfert and related galaxies. III // Astron. and Astrophys. Suppl. Ser. 1982. 50. P. 217—231.
110. Wright A. E. A radio survey of interacting galaxies // MNRAS. 1974. 167. P. 251—272.
111. Wright A. E. Flux densities of bright galaxies at 2700 and 5000 MHz // MNRAS. 1974. 167. P. 273—282.
112. Wright A. E., Savage A., Bolton J. G. The Parkes 2700 MHz survey (twelfth part). Catalogue for declinations  $-45^\circ$  to  $-65^\circ$ , Right Ascension  $22^h$  to  $06^h$  // Austral. J. Phys. Astrophys. Suppl. 1977. Nr 41. P. 1—43.
113. Yee H. K. C., Oke J. B. Photoelectric spectrophotometry of radio galaxies // Astrophys. J. 1978. 226. P. 753—769.
114. Эленчукский обзор неба на частоте 3.9 ГГц в диапазоне склонений  $0^\circ$ — $9^\circ$  / В. Р. Амрханян, А. Г. Горшков, А. А. Капусткин и др. // Сообщ. САО. 1985. 47. С. 5—84.
115. Аракелян М. А., Дибай Э. А., Есипов В. Ф. Спектры галактик Маркаряна. V // Астрофизика. 1972. 8. С. 177—186.
116. Афанасьев В. Л., Денисюк Э. К., Липовецкий В. А. 24 объекта сейфертовского типа из VIII—XI списков галактик Маркаряна // Письма в Астрон. журн. 1979. 5. С. 271—274.
117. Галактики с УФ-континуумом сейфертовского типа по наблюдениям на БТА / В. Л. Афанасьев, В. А. Липовецкий, Б. Е. Маркарян, Дж. А. Степанян // Астрофизика. 1980. 16. С. 193—206.
118. Яркие эмиссионные линии в новых сейфертовских галактиках / В. Л. Афанасьев, Э. К. Денисюк, В. А. Липовецкий, А. И. Шаповалова // Астрофизика. 1982. 18. С. 329—336.
119. Денисюк Э. К., Липовецкий В. А. 18 новых объектов с широкими эмиссионными линиями из VIII и IX списков галактик Маркаряна // Письма в Астрон. журн. 1977. 3. С. 7—8.
120. Дорошенко В. Т., Теребиж В. Ю. Узкополосная фотометрия нормальных и сейфертовских галактик // Астрофизика. 1983. 19. С. 5—15.
121. Спектральные наблюдения галактик Маркаряна. II / И. М. Кошлов, В. А. Липовецкий, В. И. Проник, К. К. Чуваев // Астрофизика. 1976. 12. С. 189—194.
122. Малумян В. Г. Наблюдения галактик высокой поверхностной яркости на радиотелескопе РАТАН-600 // Астрофизика. 1980. 16. С. 31—38.
123. Санамян В. А., Кандалян Р. А., Оганян Г. А. Наблюдения галактик с УФ-континуумом на радиотелескопе РАТАН-600 // Астрофизика. 1983. 19. С. 429—439.
124. Товмасян П., Малумян В. Г. Наблюдения галактик Маркаряна на волне 75 см // Изв. вузов. Радиофизика. 1973. 16. С. 1342—1343.
125. Fairall A. P. Galaxies with strong narrow emission lines: spectroscopy, morphology and range in absolute sizes // MNRAS. 1980. 191. P. 391—397.
126. Viner M. R., Erickson W. C. 26.3-MHz radio source survey. II: Radio source positions and fluxes // Astron. J. 1975. 80. P. 931—954.
127. Маркарян Б. Е., Липовецкий В. А., Степанян Дж. А. Объекты сейфертовского типа из XIII и XIV списков галактик с УФ-континуумом // Астрон. циркуляр. 1980. № 1134, С. 6—8.
128. Davidson K., Kinman T. D. On the possible importance of Markarian 359 // Astrophys. J. 1978. 225. P. 776—779.
129. Kunth D., Sargent W. L. W. A spectroscopic survey of the blue compact Zwicky galaxies // Astron. and Astrophys. Suppl. Ser. 1979. 36. P. 259—263.
130. Osterbrock D. E., Phillips M. M. Emission-line spectra of seven Arakelian galaxies // Publ. Astron. Soc. Pacif. 1977. 89. P. 251—254.
131. Osterbrock D. E., Dahari O. Spectra of Seyfert galaxies and Seyfert galaxy candidates // Astrophys. J. 1983. 273. P. 478—488.
132. Hertz P., Grindlay J. E. The Einstein Galactic plane survey: statistical analysis of the complete X-ray sample // Astrophys. J. 1984. 278. P. 137—149.
133. Osterbrock D. E., Stoughton R. Spectra of additional predicted and suspected Seyfert galaxies // Publ. Astron. Soc. Pacif., 1980. 92. P. 548—549.

134. Witzel A., Veron P., Veron M. P. A statistically complete sample of radio-sources at 1400 MHz // *Astron. and Astrophys.* 1971. 11. P. 171—187.
135. Денисюк Э. К., Липовецкий В. А., Афанасьев В. Л. Спектральные наблюдения галактик Маркаряна. II // *Астрофизика.* 1976. 12. С. 665—681.
136. Koski A. T. Spectrophotometry of Seyfert 2 galaxies and narrow-line radio galaxies // *Astrophys. J.* 1978. 223. P. 56—73.
137. Аракелян М. А., Дибай Э. А., Есипов В. Ф. Спектры галактик Маркаряна. VI // *Астрофизика.* 1972. 8. С. 329—335.
138. Bohuski T. J., Fairall A. P., Weedman D. W. The nature of Tololo emission-line galaxies // *Astrophys. J.* 1978. 221. P. 776—787.
139. Потоки в линиях H $\beta$ , [OIII] 5007 и UVVR-величины десяти галактик Маркаряна с активными ядрами / В. Т. Дорошенко, В. А. Липовецкий, В. Ю. Теребиз, А. И. Шаповалова // *Астрофизика.* 1983. 19. С. 823—826.
140. Аракелян М. А., Дибай Э. А., Есипов В. Ф. Спектральные наблюдения галактик высокой поверхностной яркости. III // *Астрофизика.* 1976. 12. С. 195—200.
141. Danziger I. J., Goss W. M. Optical spectroscopy of 28 Southern radio galaxies // *MNRAS.* 1983. 202. P. 703—715.
142. Спектры галактик Маркаряна / М. А. Аракелян, Э. А. Дибай, В. Ф. Есипов, Б. Е. Маркарян // *Астрофизика.* 1971. 7. С. 177—187.
143. Wilson A. S. Seyfert galaxies // *Extragalactic radio sources* / Eds. D. S. Heeschen, C. M. Wade. 1982. P. 179—188.
144. Shuder J. M. The optical spectra of narrow-line X-ray galaxies // *Astrophys. J.* 1980. 240. P. 32—40.
145. Grandi S. A. Spectroscopic observations of southern N galaxy candidates // *MNRAS.* 1983. 204. P. 691—697.
146. Петросян А. Р., Саакян К. А., Хачикян Э. Е. Спектральное исследование галактик с УФ-избытком с двойными и кратными ядрами. II: Галактики с сейфертовскими особенностями компонентов ядер // *Астрофизика.* 1979. 15. С. 373—381.
147. Петросян А. Р. Спектрофотометрия галактики Маркарян 266 // *Астрофизика.* 1980. 16. С. 631—643.
148. Compact radio components in Seyfert galaxies / S. W. Unger, A. Pedlar, R. V. Booler, B. A. Harrison // *Jodrell Bank Preprint. Nr 770.* P. 1—22.
149. Sandage A. The redshift-distance relation. IV: The composite nature of N galaxies, their Hubble diagram, and the validity of measured redshifts as distance indicators // *Astrophys. J.* 1973. 180. P. 687—697.
150. The 5 GHz strong source surveys. IV: Survey of the area between declination 35 and 70 degrees and summary of source counts, spectra and optical identifications // I. I. K. Pauliny-Toth, A. Witzel, E. Preuss et al. // *Astron. J.* 1978. 83. P. 451—474.
151. Dahari O. Companions of Seyfert galaxies. II // *Astron. J.* 1985. 90. P. 1772—1782.
152. Savage A. Identification of Southern radio sources // *MNRAS.* 1976. 174. P. 259—265.
153. Petrosian V. The luminosity function of quasars and its evolution: a comprison of optically selected quasars and quasars found in radio catalogs // *Astrophys. J.* 1973. 183. P. 359—381.
154. The radio emission of Markarian galaxies at 11 cm / H. M. Tovmassian, W. A. Sherwood, V. E. Sherwood et al. // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* 1984. 58. P. 317—325.
155. Discovery of an X-ray QSO / Gr. R. Ricker, G. W. Clarke, R. E. Doxey et al. // *Nature.* 1978. 271. P. 35—37.
156. Searle L., Bolton J. Redshifts of fifteen radio sources // *Astrophys. J.* 1968. 154. P. L101—L104.
157. McAlpine G. M., Smith S. B., Lewis D. W. Curtis Schmidt-thin prism survey for extragalactic emission-line objects: University of Michigan List II // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1977. 35. P. 197—201.
158. Pauliny-Toth I. I. K., Kellermann K. I. The NRAO 5-GHz radio source survey. III: The 140-ft «strong» source survey // *Astron. J.* 1972. 77. P. 797—809.
159. Booler R. V., Pedlar A., Davis R. D. High-resolution 1666-MHz observations of the nucleus of NGC 4151 // *MNRAS.* 1982. 199. p. 229—237.
160. Pedlar A., Unger S. W., Booler R. V. Observations of a radio jet in the Seyfert galaxy Markarian 3 // *MNRAS.* 1984. 207. P. 193—201.
161. High-resolution radio observations of the Seyfert galaxy NGC 1068/A. Pedlar, R. V. Booler, R. E. Spencer, O. J. Stewart // *MNRAS.* 1983. 202. P. 647—656.
162. Ulvestad J. S., Wilson A. S. The nuclear radio source of the X-ray galaxy NGC 2110 // *Astrophys. J.* 1983. 264. L7—L11.
163. Gramek R. A., Tovmassian H. M. A radio survey of Markarian galaxies at 6 centimeters // *Astrophys. J.* 1975. 196. P. 339—345.
164. Neff S. G., Bruyn A. G. The compact radio core of Mkn 348: evidence for directed outflow in a type 2 Seyfert galaxy // *Astron. and Astrophys.* 1983. 128. P. 318—324.
165. Шварцман В. Ф. Два поколения пульсаров // *Изв. вузов. Радиофизика.* 1970. 13. С. 1852—1867.
166. Ликеш И., Ляга Й. Основные таблицы математической статистики. М.: Финансы и статистика, 1985.
167. Bruyn A. G. de, Wilson A. S. A 1415 MHz survey of Seyfert and related galaxies // *Astron. and Astrophys.* 1976. 53. P. 93—105.
168. Emission-line profiles and kinematics of the narrow-line region in Seyfert and radio galaxies / T. M. Heckman, G. K. Miley, J. M. Wil et al. // *Astrophys. J.* 1981. 247. P. 403—418.

169. A determination of local radio luminosity function of elliptical galaxies / C. Auriemma, G. C. Perola, R. Ekers et al. // *Astron. and Astrophys.* 1977. 57. P. 41—50.
170. Hummel E. The radio continuum properties of spiral galaxies // *Astron. and Astrophys.* 1981. 93. P. 93—105.
171. Davies R. L., Illingworth G. D. The dynamics of the active galaxy NGC 1052 // *Space telescope science institute preprint.* 1985. Nr 68. P. 1—40.
172. Peimbert M., Torres-Peimbert S. Chemical composition of HII regions in the Small Magellanic Cloud and the pregalactic helium abundance // *Astrophys. J.* 1976. 203. P. 581—586.
173. Burstein D., Heiles C. Reddenings derived from HI and galaxy counts: accuracy and maps // *Astron. J.* 1982. 87. P. 1165—1189.
174. Bruyn A. G. de, Wilson A. S. The radio properties of Seyfert Galaxies // *Astron. Astrophys.* 1978. 64. P. 433—444.
175. Павлова Н. Н. Морфологический анализ галактик Сейферта. Препр. Ин-та астрофизики АН КазССР. 1981.
176. Nilson P. Uppsala General Catalogue of Galaxies. Uppsala, 1973.
177. Vaucouleurs G. de, Vaucouleurs A. de, Corvin H. C. Second Reference Catalogue of Bright Galaxies. University of Texas Press, Austin, London, 1976.

Поступила в редакцию 30 мая 1986 г.

---