

УДК: 524.74

О СВЯЗИ ИНФРАКРАСНОГО И РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ  
СЕЙФЕРТОВСКИХ ГАЛАКТИК

В.Г.МАЛУМЯН, В.Г.ПАНАДЖЯН

Поступила 24 мая 2000

Принята к печати 11 августа 2000

Исследованы зависимости между монохроматической светимостью на частотах 0.408; 1.49 и 4.85 ГГц и интегральной светимостью в далекой инфракрасной (ИК) области галактик Сейферта. На всех радиочастотах они линейные и одинаково тесные. Часть сейфертовских галактик морфологических типов S0/a, E, и S0 по сравнению со спиральными галактиками Сейферта с такой же ИК-светимостью обладает гораздо более высокой радиосветимостью. У большинства обнаружены компактные центральные радиокомпоненты. Спиральные галактики Сейферта следуют той же зависимости между радио- и ИК-излучением, что и не сейфертовские спиральные галактики. Связи между радио- и ИК-светимостью групп галактик спектральных типов Sy 1 - Sy 1.5 и Sy 1.8 - Sy 2 в отдельности также линейные.

1. *Введение.* Известно, что тесная корреляция между радиосветимостью и светимостью в инфракрасной (ИК) области существует не только для нормальных спиральных галактик. Она имеет место для целого ряда объектов других типов. Например, для галактик Маркаряна и Сейферта, эллиптических галактик, галактик с мощным ИК-излучением, мегамазерных галактик, радиогалактик и т.д. [1-10].

Причина тесной корреляции радио- и ИК-излучения, несмотря на то, что радиоизлучение носит нетепловой характер, а ИК-излучение - тепловой, кроется в том, что процессы, генерирующие ИК и радиоизлучение физически связаны. Как ультрафиолетовое и оптическое излучение, нагревающее пыль, которая ответственна за тепловое излучение галактик в далекой ИК-области, так и релятивистские электроны, которые ответственны за нетепловое радиоизлучение, генерируются, главным образом, молодыми, горячими, массивными звездами. Следовательно, как ИК-излучение, так и радиоизлучение в галактиках, где они в конечном счете генерируются молодыми массивными звездами, которые в конце своего эволюционного пути могут взрываться как сверхновые, пропорциональны темпу образования звезд в них [11-13]. В галактиках же, где часть ИК и радиоизлучения генерируется в их активных ядрах, а не обусловлена звездами, корреляция между ИК и радиосветимостью может быть не столь тесной, как для нормальных спиральных галактик [2-5,11-14].

В ряде работ, где исследуется связь ИК и радиоизлучения галактик

Сейферта показано, что, по сравнению с нормальными спиральными галактиками с такой же ИК-светимостью, часть сейфертовских галактик обладает значительно более мощным радиоизлучением [3-5,15-17]. Рассеяние точек в зависимости  $\log L_r - \log L_{r^*}$  ( $L_r$  - радиосветимость на какой-нибудь частоте,  $L_{r^*}$  - светимость в далекой ИК-области) вокруг среднего у галактик Сейферта также больше.

Повышенное, по сравнению с нормальными спиральными галактиками, радиоизлучение части сейфертовских галактик объясняется вкладом их центральных областей в общее радиоизлучение. Эти центральные компактные компоненты, включающие и ядра галактик, которые отсутствуют или слабы в нормальных галактиках, согласно [3], обладают более высоким отношением радио- и ИК-потоков, чем протяженные компоненты, связанные с дисками галактик Сейферта. Последние по этому отношению не отличаются от дисковых компонентов нормальных (не сейфертовских) спиральных галактик. Таким образом, повышенное радиоизлучение галактик Сейферта, по сравнению с нормальными галактиками, имеющими такую же ИК-светимость, согласно [3], обусловлено их центральными радиокомпонентами. В [3] показано, что сейфертовские галактики на частоте 5 ГГц в среднем обладают приблизительно в два раза более мощным радиоизлучением, чем нормальные галактики той же ИК-светимости на 60 мкм.

Согласно [5], причиной большого рассеяния точек вокруг линии регрессии зависимости  $\log L_r - \log L_{r^*}$  сейфертовских галактик, по всей вероятности, является именно радиоизлучение (возможно и ИК-излучение) их центральных компактных радиокомпонентов. Там же показано, что галактики Сейферта, имеющие такие компоненты, значительно отклоняются от зависимости  $\log L_r - \log L_{r^*}$  нормальных галактик. Между тем, сейфертовские галактики, у которых нет центральных компактных радиокомпонентов, существенных отклонений от зависимости радио- и ИК-светимостей для нормальных галактик не показывают.

В вышеуказанных работах сейфертовские галактики разных морфологических типов рассматриваются вместе. В качестве галактик Сейферта рассматриваются и радиоспокойные квазизвездные объекты и некоторые радиогалактики, как, например, 3C 120, OJ 287 (объект типа BL Lac!), квазар 3C 273 и т.д. По этой причине не совсем ясно, какими именно объектами обусловлены указанные отклонения от зависимости  $L_r - L_{r^*}$  нормальных галактик. Показывают ли отклонения спиральные сейфертовские галактики? Такие вопросы в [3,5] и в других аналогичных работах не обсуждаются.

С целью выяснения этих и других вопросов, касающихся связи радио- и ИК-излучения галактик Сейферта, мы составили выборку из 84 объектов этого типа, большинство которых спиральные галактики. Они взяты из каталога сейфертовских галактик [18]. Использовались объекты

с надежно измеренными с помощью IRAS плотностями ИК-потоков и потоками на нескольких радиочастотах.

Интегральные плотности потоков  $S_{FIR}$  в диапазоне 40-120 мкм вычислялись, согласно [19], как

$$S_{FIR} = 1.26 \times 10^{-14} (2.58 S_{60} + S_{100}) \text{ Вт м}^{-2},$$

где  $S_{60}$  и  $S_{100}$  спектральные плотности потоков в янских на волнах 60 и 100 мкм соответственно. Интегральные плотности потоков галактик в этом диапазоне практически нечувствительны к коррекциям, обусловленным различием цветов галактик, которые надо вводить в ИК-потоки, измеренные с помощью IRAS. Морфологические и спектральные сейфертовские типы, красные смещения галактик, плотности потоков на 60 и 100 мкм и на частотах 0.408, 1.49 и 4.85 ГГц брались из NED\*. Если плотности потоков на этих радиочастотах отсутствовали в NED, использовались данные из [20-26].

Названия галактик, их морфологические и сейфертовские типы, светимости в диапазоне 40-120 мкм и на частоте 1.49 ГГц приведены в табл.1. Постоянная Хаббла  $H = 75 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ . В последнем столбце таблицы указаны отношения интегральных плотностей ИК-потоков и потоков на частоте 1.49 ГГц.

2. Зависимость  $L_r$  -  $L_{FIR}$  галактик Сейферта. Угловые коэффициенты  $m$  линейной регрессии зависимости  $\log L_r = m \log L_{FIR} + b$  и

Таблица 1

## ГАЛАКТИКИ СЕЙФЕРТА

N	Название	Мар- карян	Морф. Тип	Sy	$\log L_r$ (Вт Гц <sup>-1</sup> )	$\log L_{FIR}$ (Вт)	q
1	2	3	4	5	6	7	8
1	NGC 262	348	SA0/a	2	23.1	36.41	0.74
2	NGC 449	1	SB0/a	2	22.58	36.81	1.66
3	NGC 931	1040	Sbc	1.5	21.88	36.86	2.41
4	NGC 985	1048	Sa	1	22.76	37.38	2.05
5	NGC 1068		SAa	2	23.1	37.4	1.68
6	NGC 1097		SBb	1	22.2	36.95	2.21
7	NGC 1229		SBb	2	22.68	37.28	2.03
8	NGC 1365		SBb	1.8	22.4	37.4	2.35
9	NGC 1386		Sa	2	20.75	35.68	2.36
10	NGC 1566		SABbc	1	22.26	36.71	1.88
11	NGC 1667		SBb	2	22.08	36.73	2.13
12	NGC 1672		SBbc	2	22.08	36.73	2.08
13	NGC 2110		SAB0	2	22.5	36.37	1.30
14	NGC 2273	620	SBa	2	21.91	36.38	1.90
15	NGC 2639		SAa	1.9	22.4	36.6	1.63
16	NGC 2691	391	SB0a	1	21.4	36.52	2.55
17	NGC 2782		Sa	1	22.1	36.8	2.13

\* This research has made use of the NASA/IPAC Extragalactic Database (NED) which is operated by the Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, under contract with the National Aeronautics and Space Administration.

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8
18	NGC 2992		Sa	2	22.26	36.66	1.83
19	NGC 3080	1243	Sa	1	21.87	36.73	2.29
20	NGC 3227		SABa	1.5	21.6	36.2	2.02
21	NGC 3281		SABa	2	22.22	36.93	2.14
22	NGC 3393		SBab	2	22.03	36.47	1.87
23	NGC 3516		SB0/a	1.5	21.14	36.1	2.39
24	NGC 3718		SBa	1	20.75	35.06	1.74
25	NGC 3758	739	Sab	1	22.27	37.08	2.24
26	NGC 3783		Sab	1	21.5	36.42	2.35
27	NGC 3982		Sbc	2	21.2	36.03	2.25
28	NGC 4051		SABbc	1.5	20.9	35.75	2.34
29	NGC 4235		SAA	1	21.14	35.43	1.71
30	NGC 4253	766	SBa	1.5	22.09	36.78	2.13
31	NGC 4258		SABbc	2	21.49	35.87	1.81
32	NGC 4388		SBb	2	22.3	36.9	2.02
33	NGC 4507		SBab	2	22.16	36.68	1.95
34	NGC 4594		SAA	1.9	21.0	35.3	1.69
35	NGC 4785		Sa	2	22.42	36.82	1.83
36	NGC 4939		SAbc	2	21.7	36.52	2.26
37	NGC 4945		SBcd	2	22.28	37.04	2.19
38	NGC 5005		SABbc	2	21.6	36.5	2.31
39	NGC 5033		SAC	2	21.5	36.2	2.17
40	NGC 5135		Sab	2	22.81	37.49	2.11
41	NGC 5256	266	Sa	2	23.26	37.75	1.92
42	NGC 5427		SAC	2	22.22	36.67	1.88
43	NGC 5506	1376	SB0a	2	22.27	36.42	1.58
44	NGC 5643		Sbc	2	21.63	36.37	2.17
45	NGC 5674		Sb/bc	1.9	22.63	37.04	1.84
46	NGC 5728		SABa	2	22.02	36.85	2.26
47	NGC 5929		Sab	2	21.95	36.79	2.28
48	NGC 5940	1511	SBab	2	22.27	37.0	2.16
49	NGC 5953	1512	SAA	2	22.03	36.79	2.19
50	NGC 6217		SBbc	2	21.51	36.39	2.31
51	NGC 6221		SBc	2	22.1	36.92	2.24
52	NGC 6300		SBb	2	21.24	36.21	2.4
53	NGC 6814		Sbc	1.5	21.45	36.35	2.33
54	NGC 7130		Sab	2	22.93	37.63	2.13
55	NGC 7172		Sa	2	21.6	36.65	2.48
56	NGC 7214		SBbc	1.2	22.42	37.08	2.09
57	NGC 7314		SBbc	1.9	21.32	36.28	2.39
58	NGC 7410		Sba	2	20.54	35.52	2.42
59	NGC 7469	1514	SABa	1	23.0	37.84	2.29
60	NGC 7496		SBbc	2	21.19	36.32	2.56
61	NGC 7582		SBab	2	22.07	37.04	2.4
62	NGC 7592	928	SAb	2	22.96	37.66	2.13
63	NGC 7603	530	SAb	1.5	22.68	36.95	1.7
64	NGC 7674	533	SAbc	2	23.52	37.67	1.58
65	IC 450	6	SAB0a	1.5	23.22	<36.6	<0.8
66	IC 4329A		S0/a	1.2	22.48	36.64	1.59
67	II Zw 1	1503	SBa	1	22.36	37.5	2.57
68	M8-11-11		SB0	1	23.35	37.09	1.17

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8
69	ESO362-G18		S0/a	1	21.52	36.33	2.24
70	00488 + 2907		SBbc	1	22.27	37.14	2.3
71	F13349 + 2438		?	1	23.68	<37.94	<1.69
72		79	SBb	1	22.28	36.88	2.03
73		231	SAc	1	24.08	38.66	2.01
74		279	SBb	1	22.6	37.09	1.92
75		335	S0/a	1	21.72	36.37	2.08
76		359	SB0/a	1	21.48	36.53	2.47
77		507	?	2	22.3	37.26	2.39
78		618	SBa	1	22.65	37.54	2.32
79		993	Sa	2	21.28	36.16	2.31
80		1014	?	1	24.12	38.71	2.0
81		1066	SB0	2	22.43	37.17	2.16
82		1220	comp.	1	23.59	37.52	1.36
83		1239	E/S0	1	22.71	<36.78	<1.5
84		1388	E?	1	21.94	<36.05	<1.54

коэффициенты  $b$  с их среднеквадратическими ошибками, коэффициенты корреляции  $r$ , их уровни значимости  $p$  и величины рассеяния вокруг среднего (стандартные отклонения)  $SD$  на частотах 0.408; 1.49 и 4.85 ГГц даны в табл.2. Параметры линейной регрессии определялись на основании данных 80 галактик из табл.1. Четыре объекта, для которых в NED указаны верхние пределы ИК-потоков на 60 или (и) 100 мкм, при составлении линейной регрессии не учитывались.

Как видно из табл.2, на всех трех радиочастотах зависимости между радио- и ИК-светимостями галактик Сейферта линейные, а коэффициенты корреляций высокие. Тесно коррелируют между собой также плотности потоков на радиочастотах и в далекой ИК-области. Например, для связи  $\text{Log}S_r - \text{Log}S_{Fr}$  ( $S_r$  - плотность потока радиоизлучения) на частоте 1.49 ГГц имеем  $m = 0.93 \pm 0.06$ ,  $r = 0.87$ ,  $p < 0.01\%$ ,  $SD = 0.33$ .

Результаты сравнения логарифмов монохроматических светимостей на 1.49 ГГц и интегральных ИК-светимостей для 84 галактик Сейферта представлены на рис.1. На нем проведена прямая линейной регрессии зависимости  $\log L_r - \log L_{Fr}$ .

Из 80 сейфертовских галактик с измеренными  $S_{Fr}$  33 объекта спектральных типов Sy 1, Sy 1.2 или Sy 1.5. Остальные 47 объектов типа Sy 2. Пять галактик типа Sy 1.8 и Sy 1.9 нами рассматривались как Sy 2.

Таблица 2

### ЗАВИСИМОСТЬ $\log L_r - \log L_{Fr}$ СЕЙФЕРТОВСКИХ ГАЛАКТИК НА РАЗНЫХ РАДИОЧАСТОТАХ

Частота (ГГц)	$m$	$b$	$r$	$p$ %	$SD$
0.408	$1.05 \pm 0.06$	$-16.02 \pm 2.15$	0.90	< 0.01	0.34
1.49	1.00 0.06	-14.80 2.14	0.89	< 0.01	0.34
4.85	1.00 0.06	-15.04 2.30	0.88	< 0.01	0.36

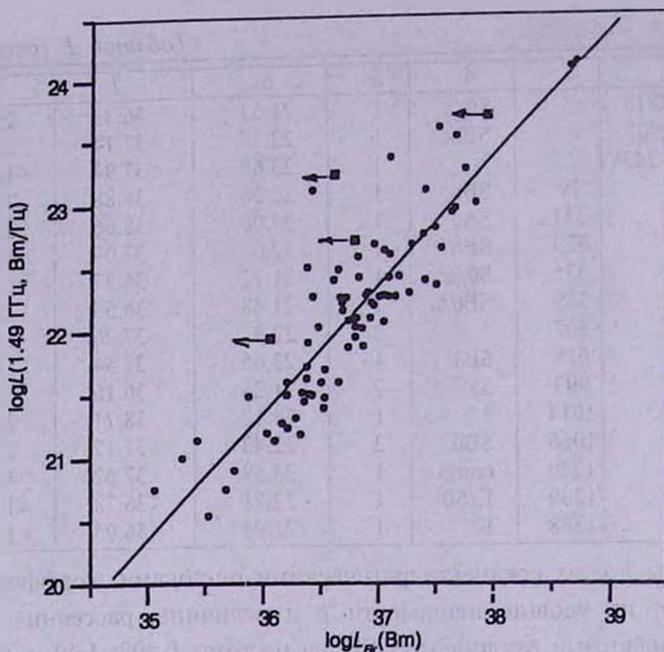


Рис. 1. Зависимость логарифмов монохроматических светимостей на частоте 1.49 ГГц и интегральной светимости в далекой ИК-области сейфертовских галактик. Прямая представляет линию линейной регрессии зависимости (без учета объектов с верхними пределами ИК-светимости). Коэффициент корреляции  $r = 0.89$ , наклон  $m = 1.00 \pm 0.06$ .

Хотя, согласно [27], объекты спектральных типов Sy 1.8 и Sy 1.9 скорее являются галактиками типа Sy 1, Sy 1.2 или Sy 1.5, видимыми с ребра. На частоте 1.49 ГГц для галактик типа Sy 1 - Sy 1.5 и Sy 1.8 - Sy 2, имеем  $m = 1.00 \pm 0.05$ ,  $r = 0.92$  и  $m = 1.02 \pm 0.09$ ,  $r = 0.85$  соответственно. Как видим, у галактик разных сейфертовских спектральных типов в отдельности связи  $\log L_r$  -  $\log L_{IR}$  также линейные.

3. *Учет влияния зависимости светимости галактик от их массы.* Как известно, потоки излучения галактик зависят от их массы. Чем больше масса галактик, тем выше их светимость как в видимой, так и в других интервалах спектра (эффект "богатства"). Из-за этого могут возникнуть искусственные корреляции между светимостями галактик в разных интервалах спектра. С другой стороны, известно, что связь между радио- и ИК-излучением галактик обусловлена главным образом внутренними причинами, на которых мы вкратце остановились во введении настоящей работы.

Для исключения влияния зависимости светимости галактик от их массы на связь  $L_r$  -  $L_{IR}$ , мы исследовали эти связи на перечисленных выше частотах с помощью нормализованных по площади поверхности галактик  $L_r/ab$  и  $L_{IR}/ab$ , где  $a$  и  $b$  линейные размеры больших и малых осей галактик в кпк. Для их определения использовались угловые размеры

больших и малых осей галактик, указанных в NED.

Для 77 сейфертовских галактик (угловые размеры 3 объектов в NED не указаны) после нормализации по площади поверхности параметры зависимости  $\log L_r - \log L_{FR}$  на частоте 1.49 ГГц получаются следующими:  $m = 0.95 \pm 0.06$ ,  $b = -12.84 \pm 2.07$ ,  $r = 0.87$ ,  $p < 0.01\%$ ,  $SD = 0.32$ . Таким образом, после нормализации по площади поверхности для учета влияния зависимости светимости галактик от их массы, параметры связи  $\log L_r - \log L_{FR}$  на частоте 1.49 ГГц практически не меняются. Они мало меняются также на частотах 0.408 и 4.85 ГГц. Нормализованная по площади поверхности зависимость светимостей на 1.49 ГГц и в далекой ИК-области сейфертовских галактик показана на рис.2.

4. *Учет эффекта селекции.* Важно также выяснить, насколько зависимость между  $L_r - L_{FR}$  подвержена эффекту селекции. Этот эффект связан с тем, что из-за ограниченной чувствительности телескопов на больших расстояниях обнаруживаются только те объекты, светимость которых превосходит предельное значение чувствительности телескопа. По этой причине может возникнуть искусственная связь между исследуемыми параметрами выборок различных объектов, что приводит к повышению коэффициента корреляции.

Для учета эффекта селекции применяются различные способы [28]. Нами использован метод частных (или условных) коэффициентов корреляции [29]. Частный коэффициент корреляции связи

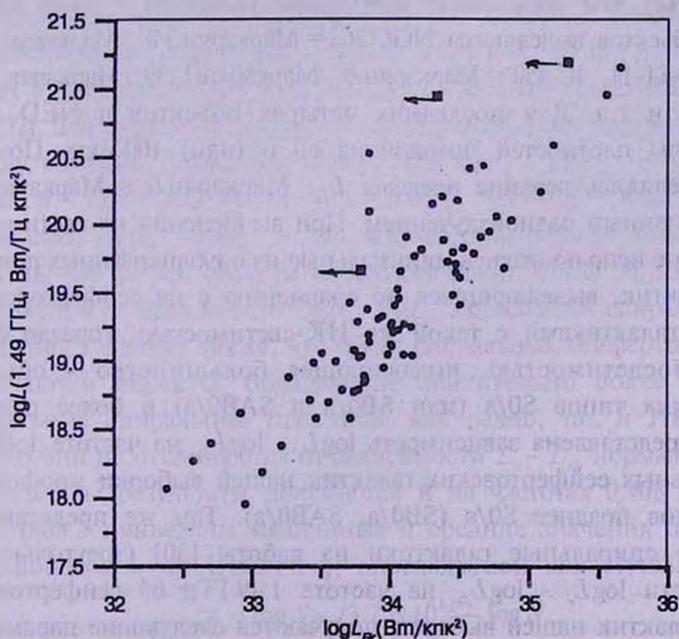


Рис.2. Зависимость нормализованной по площади поверхности  $\log L_r$  от  $\log L_{FR}$  сейфертовских галактик на частоте 1.49 ГГц.

нормализованных по площади поверхности значений  $\log L_r/ab - \log L_{Fr}/ab$  на частоте 1.49 ГГц равен 0.86 с уровнем значимости меньше 0.01%.

Таким образом, после учета эффекта селекции, то есть зависимости  $L_r/ab$  и  $L_{Fr}/ab$  от расстояния, теснота связи радиосветимости на 1.49 ГГц и интегральной светимости в далекой ИК-области для галактик Сейферта не ухудшается. Это имеет место и на частотах 0.408 и 4.85 ГГц.

5. *Сравнение с нормальными спиральными галактиками.* В работе одного из авторов [30] исследуется зависимость радиосветимости на частотах 0.408; 1.49; 2.38; 5.0 и 10.7 ГГц от  $L_{Fr}$  спиральных галактик. Там показано, что существует тесная корреляция между светимостью на перечисленных радиочастотах и ИК-светимостью. Наклоны зависимостей (угловые коэффициенты) на всех частотах меньше единицы, но в пределах ошибок мало отличаются от нее.

Из 61 объекта, использованного в [30], 9-сейфертовские галактики. После их исключения для оставшихся 52 нормальных (не сейфертовских) спиральных галактик на частоте 1.49 ГГц имеем следующие параметры зависимости  $\log L_r - \log L_{Fr}$ ,  $m = 0.97 \pm 0.06$ ,  $r = 0.93$ ,  $p < 0.01\%$ ,  $SD = 0.19$ .

Как видно из сравнения стандартных отклонений в зависимости  $\log L_r - \log L_{Fr}$  на частоте 1.49 ГГц сейфертовских галактик  $SD = 0.33$  (табл.2) и нормальных (не сейфертовских) спиральных галактик  $SD = 0.19$ , галактики Сейферта показывают значительно больший разброс.

Часть галактик Сейферта обладает значительно более высокой радиосветимостью, чем нормальные спиральные галактики с такой же  $L_{Fr}$ . Среди таких объектов выделяются NGC 262 = Маркарян 348, Маркарян 1220, NGC 2110, M8-11-11, IC 450 = Маркарян 6, Маркарян 1239, Маркарян 1388, F 13349 + 2438 и т.д. Для последних четырех объектов в NED даны верхние пределы плотностей потоков на 60 и (или) 100 мкм. Поэтому для них определялись верхние пределы  $L_{Fr}$ . Маркарян 6 и Маркарян 348 обладают переменным радиоизлучением. При вычислении их светимостей в радиодиапазоне использовались минимальные из опубликованных потоков.

Среди галактик, выделяющихся по сравнению с не сейфертовскими спиральными галактиками с такой же ИК-светимостью, гораздо более высокой радиосветимостью, подавляющее большинство - объекты морфологических типов S0/a (или SB0/a и SAB0/a) и более ранних.

На рис.3 представлена зависимость  $\log L_r - \log L_{Fr}$  на частоте 1.49 ГГц для 65 спиральных сейфертовских галактик нашей выборки морфологических подтипов позднее S0/a (SB0/a, SAB0/a). Там же представлены и нормальные спиральные галактики из работы [30] (треугольники). Для зависимости  $\log L_r - \log L_{Fr}$  на частоте 1.49 ГГц 65 сейфертовских спиральных галактик нашей выборки получаются следующие параметры:  $m = 0.99 \pm 0.05$ ,  $r = 0.94$ ,  $p < 0.01\%$ ,  $SD = 0.24$ .

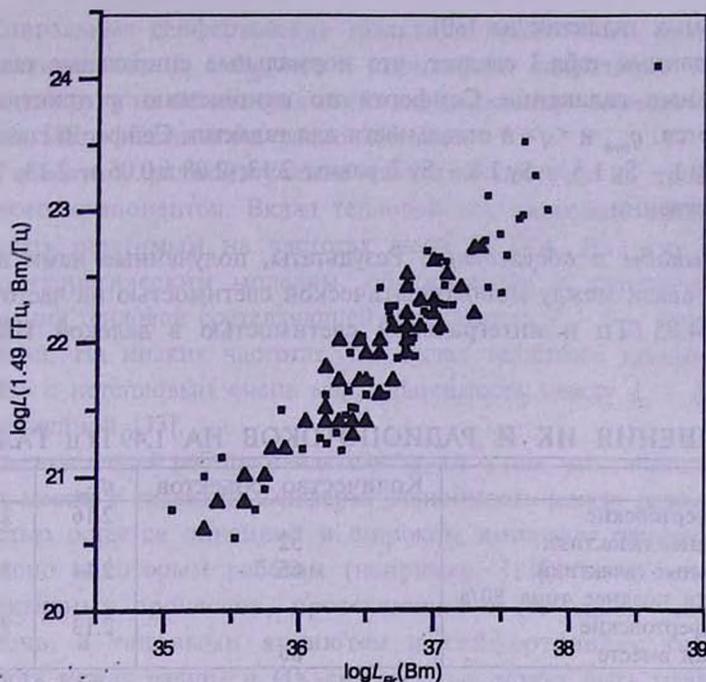


Рис.3. Зависимость  $\log L_r - \log L_{Rr}$  на 1.49 ГГц спиральных галактик Сейферта (квадратики) и нормальных (не сейфертовских) спиральных галактик (треугольники).

Из сравнения рис.1 и 3 следует, что отклонения в зависимости  $\log L_r - \log L_{Rr}$  сейфертовских галактик по сравнению с нормальными спиральными галактиками обусловлены, главным образом, объектами морфологических типов S0/a и более ранних E, S0 и т.д. У очень многих из них в радиодиапазоне обнаружены центральные компактные компоненты [5,31,32]. Для 15 галактик вышеупомянутых морфологических типов, входящих в нашу выборку, параметры зависимости  $\log L_r - \log L_{Rr}$  на частоте 1.49 ГГц равны  $m = 1.01 \pm 0.23$ ,  $r = 0.77$ ,  $p = 0.07\%$ ,  $SD = 0.57$ . Как видно, в этом случае связь между радио- и ИК-светимостями гораздо слабее. Необходимо отметить, что не все объекты морфологических типов S0/a и более ранних отклоняются от зависимости  $\log L_r - \log L_{Rr}$  нормальных спиральных галактик.

Из рис.3 следует также, что среди спиральных сейфертовских галактик встречаются объекты, обладающие значительно более высокой, чем нормальные спиральные галактики, как радио, так и ИК-светимостью. Однако они не отклоняются от зависимости  $L_r - L_{Rr}$  нормальных галактик. Аналогичные результаты получаются и на частотах 0.408 и 4.85 ГГц.

В табл.3 приведены медианные и средние значения отношений ИК и радиопотоков на 1.49 ГГц  $q$ , определяемой как [19,33]

$$q = \log S_{Rr} / 3.75 \times 10^{12} - \log S_r,$$

для галактик, рассматриваемых в настоящей работе, и для 52 нормальных

спиральных галактик из [30].

Из данных табл.3 следует, что нормальные спиральные галактики и спиральные галактики Сейферта по отношению  $q$  практически не отличаются.  $q_{med}$  и  $\langle q \rangle$  в отдельности для галактик Сейферта спектральных типов Sy 1 - Sy 1.5 и Sy 1.8 - Sy 2 равны 2.13;  $2.08 \pm 0.06$  и 2.13;  $2.05 \pm 0.05$  соответственно.

6. *Выводы и обсуждение.* Результаты, полученные нами на основе анализа связи между монохроматической светимостью на частотах 0.408; 1.49 и 4.85 ГГц и интегральной светимостью в далекой ИК-области

Таблица 3

## ОТНОШЕНИЯ ИК И РАДИОПОТОКОВ НА 1.49 ГГц ГАЛАКТИК

	Количество объектов	$q_{med}$	$\langle q \rangle$
Не сейфертовские спиральные галактики	52	2.16	$2.15 \pm 0.03$
Спиральные галактики Сейферта поздние типа S0/a	65	2.14	2.11 0.03
Все сейфертовские галактики вместе	80	2.13	2.06 0.04

сейфертовских галактик, согласуются со сделанным ранее во многих работах заключением об универсальности связи  $L_r - L_{IR}$  [34-38].

Основные выводы настоящей работы следующие:

1. В широком интервале частот радиоизлучения (по крайней мере в диапазоне 0.408 - 4.85 ГГц) зависимость между радио- и ИК-светимостью галактик Сейферта имеет линейный характер. Теснота связи одинакова на частотах интервала 0.408 - 4.85 ГГц.

2. Для групп объектов спектральных типов Sy 1 - Sy 1.5 и Sy 1.8 - Sy 2 в отдельности зависимость  $L_r - L_{IR}$  на частотах диапазона 0.408 - 4.85 ГГц также линейная.

3. Часть сейфертовских галактик значительно отклоняется от зависимости  $L_r - L_{IR}$  нормальных (не сейфертовских) спиральных галактик. По сравнению с последними, имеющими такую же ИК-светимость, они обладают гораздо более мощным радиоизлучением.

Сейфертовские галактики, сильно отклоняющиеся от нормальной зависимости  $L_r - L_{IR}$ , это главным образом объекты морфологических типов S0/a (включая также SAB0/a и SB0/a), эллиптические, линзовидные и компактные галактики. У подавляющего большинства из них обнаружены центральные компактные радиокомпоненты [5,31,32]. Однако важно подчеркнуть, что не все сейфертовские галактики указанных морфологических типов отклоняются от зависимости  $L_r - L_{IR}$  нормальных галактик.

4. Спиральные сейфертовские галактики практически подчиняются той же зависимости  $L_r - L_{FR}$ , что и нормальные спиральные галактики. Они от последних не отличаются также по отношению потоков излучения в далекой ИК-области и на радиочастотах.

Как известно, радиоизлучение галактик состоит из теплового и нетеплового компонентов. Вклад тепловой составляющей согласно [33] может стать ощутимым на частотах выше 30 ГГц. На этих частотах, согласно теоретическим моделям, обсуждаемым в литературе, из-за преобладания тепловой составляющей зависимость  $L_r - L_{FR}$  будет близка к линейной. На низких частотах, где вклад теплового компонента по сравнению с нетепловым очень мал, зависимость между  $L_r - L_{FR}$  может быть нелинейной [33].

Результаты нашей работы свидетельствуют о том, что такая тенденция не имеет места. У галактик Сейферта зависимость между радио- и ИК-светимостью остается линейной в широком интервале радиочастот.

Согласно некоторым работам (например, [14]), в галактиках, где ролью активных процессов, протекающих в их ядрах, уже нельзя пренебречь, а таковыми являются и сейфертовские галактики, зависимость между радио- и ИК-светимостью может быть нелинейной. Результаты, полученные нами, не говорят в пользу этого предположения.

Бюраканская астрофизическая  
обсерватория им. В.А.Амбарцумяна,  
Армения

## ON THE RELATIONSHIP OF INFRARED AND RADIO EMISSION OF SEYFERT GALAXIES

V.H.MALUMYAN, V.G.PANAJYAN

The dependence of monochromatic luminosity at frequencies 0.408; 1.49 and 4.85 GHz and integral luminosity in the far infrared range of seyfert galaxies has been investigated. Dependences are linear and have the same tightness at all radio frequencies. The part of seyfert galaxies of the morphological types S0/a, E, S0 are much more radio luminous than spiral galaxies of the same FIR luminosity. Most of them reveal compact central radio components. The spiral seyfert galaxies follow the same radio - FIR correlation as non-seyfert normal spiral galaxies. It is shown, that the relationship between radio and FIR luminosities among seyfert galaxies of spectral types Sy 1 and Sy 2 separately are linear as well.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *M.D.Bicay et al.*, *Astrophys. J., Suppl. Ser.*, **98**, 369, 1995.
2. *H.M.Sopp, P.Alexander*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **251**, 14p, 1991.
3. *B.Rush, M.A.Malkan, R.A.Edelson*, *Astrophys. J.*, **473**, 130, 1996.
4. *S.A.Baum et al.*, *Astrophys. J.*, **419**, 553, 1993.
5. *A.L.Roy et al.*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **301**, 1019, 1998.
6. *Р.А.Кандалян, А.Т.Каллоглян*, *Астрофизика*, **41**, 349, 1998.
7. *Р.А.Кандалян, А.Т.Каллоглян*, *Астрофизика*, **41**, 599, 1998.
8. *Р.А.Кандалян*, *Астрофизика*, **39**, 327, 1996.
9. *Р.А.Кандалян*, *Астрофизика*, **39**, 417, 1996.
10. *Р.А.Кандалян*, *Астрофизика*, **37**, 383, 1994.
11. *C.Xu et al.*, *Astron. Astrophys.*, **282**, 19, 1994.
12. *U.Lisenfield et al.*, *Astron. Astrophys.*, **306**, 677, 1996.
13. *J.M.Jioia et al.*, *Astron. Astrophys.*, **116**, 164, 1982.
14. *S.Niklas*, *MPIFR, prepr.*, N 686, 1996.
15. *D.Sanders, J.F.Mirabel*, *Astrophys. J.*, **298**, L31, 1985.
16. *R.P.Norris et al.*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **234**, 773, 1988.
17. *A.S.Wilson*, *Astron. Astrophys.*, **206**, 41, 1988.
18. *В.А.Липовецкий, С.Н.Неизвестный, О.М.Неизвестная*, *Сообщ. спец. астрофиз. обсерв.*, **55**, 5, 1987.
19. *G.Helou et al.*, *Astrophys. J.*, **298**, L7, 1985.
20. *J.J.Condon*, *Astrophys. J., Suppl. Ser.*, **65**, 485, 1987.
21. *J.J.Condon, Q.F.Yin*, *Astrophys. J., Suppl. Ser.*, **65**, 543, 1987.
22. *F.P.Israel, J.M.van der Hulst*, *Astron. J.*, **88**, 1736, 1983.
23. *J.M.Jioia, L.Gregorini*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **41**, 329, 1980.
24. *J.J.Harnet*, *Austr. J., Phys.*, **35**, 321, 1982.
25. *J.Pfleiderer*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **28**, 313, 1977.
26. *R.Sramek*, *Astron. J.*, **80**, 771, 1975.
27. *R.Mailino, C.H.Rieke*, *Astrophys. J.*, **454**, 95, 1995.
28. *F.Verter*, *Astrophys. J.*, **402**, 141, 1993.
29. *В.Иванова и др.*, *Математическая статистика. Высшая школа. М.* 1975.
30. *В.Г.Малумян*, *Астрофизика*, **43**, 33, 2000.
31. *R.Morganti et al.*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **137**, 457, 1999.
32. *N.M.Nagar et al.*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **120**, 209, 1999.
33. *J.J.Condon*, *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, **30**, 575, 1992.
34. *R.Price, N.Duric*, *Astrophys. J.*, **401**, 81, 1992.
35. *G.Helou, M.D.Bicay*, *Astrophys. J.*, **415**, 93, 1993.
36. *C.Xu et al.*, *Astron. Astrophys.*, **285**, 19, 1994.
37. *S.Niklas et al.*, *Astron. Astrophys.*, **293**, 56, 1995.
38. *H.Volk*, *Astron. Astrophys.*, **218**, 67, 1989.