

УДК: 524.7—76

ГАЛАКТИКИ МАРКАРЯНА КАК ИСТОЧНИКИ ДАЛЕКОГО ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Р. А. КАНДАЛЯН, А. Р. ПЕТРОСЯН

Поступила 25 февраля 1988

Принята к печати 28 апреля 1988

Создана выборка 235 галактик Маркаряна с тепловым спектром излучения. 173 из них оказались источниками *FIR*-излучения. Из сопоставления *FIR* и оптических свойств этих галактик сделаны следующие выводы: 1) УФ-галактики превосходят нормальные по избытку и цветовой температуре *FIR*, что является результатом высокого темпа звездообразования в них (ТЭО). 2) Ранние спиральные галактики с перемычкой чаще являются источниками *FIR*, чем спирали без перемычки. 3) E—SO/a-галактики Маркаряна по частоте встречаемости *FIR*-излучения и по *FIR*-свойствам не отличаются от других УФ-галактик. 4) В иррегулярных и компактных УФ-галактиках нагрев пыли производится более горячими молодыми звездами. 5) У спиралей в *FIR*-области излучает вся галактика. Если у ранних спиралей с перемычкой последняя является основным местом концентрации ранних звезд и пыли, то у поздних — их распределение более равномерно.

1. *Введение.* В ходе первого Бюраканского спектрального обзора неба было обнаружено 1500 внегалактических объектов с сильным УФ-континуумом [1—3]. Более 80% из них оказались галактиками с сильным УФ-континуумом тепловой природы, обусловленным излучением горячих голубых звезд (см., например, [4]). В настоящее время часть из них считается объектами типа H II-областей [5], галактиками со вспышкой звездообразования в их ядерных областях [6], лайнерами [7]. Наблюдательные данные свидетельствуют о протекании бурных процессов звездообразования в этих галактиках.

Если предположить, что в галактиках инфракрасное излучение имеет тепловую природу (переизлучение УФ-излучения звезд частицами пыли в инфракрасный диапазон, см., например, [8]), то наблюдаемое сильное инфракрасное излучение, аналогично ультрафиолетовому, является проявлением бурного процесса звездообразования в них.

До недавнего времени для подавляющего большинства галактик Маркаряна наблюдения в далекой инфракрасной области спектра (*FIR*) отсутствовали. Благодаря инфракрасному астрономическому спутнику (IRAS) в настоящее время такие наблюдения имеются.

В настоящей работе проводится сопоставление инфракрасных и оптических свойств галактик Маркаряна, в первую очередь спиральных галактик, с тепловым спектром излучения.

2. *Выборка галактик.* С целью многостороннего и корректного исследования инфракрасных и оптических свойств галактик Маркаряна из общего обзора (1500) нами отобраны объекты, удовлетворяющие следующим критериям:

а) Они входят в область обзора IRAS и одновременно являются объектами Уппсальского генерального каталога галактик (UGC) [9].

б) Не классифицированы как сейфертовская галактика, квазар или лацертида.

в) Не являются членами взаимодействующих систем галактик и не обладают сложной ядерной структурой (многоядерные галактики).

Кратко рассмотрим суть каждого критерия.

а) IRAS в течение приблизительно 10 месяцев охватил наблюдениями около 96% неба. Причем большой участок неба — многократно. Галактики и квазары, отождествленные как источники далекого инфракрасного излучения, каталогизированы в работе [10]. Этот каталог создан на основе полного списка точечных источников IRAS [11].

Как отмечено в [10], лишь 54 из 1500 галактик Маркаряна не вошли в поле обзора IRAS.

Как известно, каталог UGC составлен на основе учета размеров больших осей галактик, а не их светимостей. Каталог считается статистически полным для объектов с предельным диаметром 1.0 на голубых Паломарских картах (ПА) [12]. Он также содержит все галактики ярче 14.^m5, независимо от их диаметров.

Согласно [13], наблюдаемое *FIR*-излучение галактики является функцией от наклона галактики к лучу зрения. С другой стороны, существует определенная корреляция между *FIR*-излучением и морфологическим типом галактики [14]. С целью более корректного учета этих факторов и был использован каталог UGC.

б) Невключение в нашу выборку активных галактик продиктовано двумя причинами. Во-первых, аналогичные исследования по выборке активных галактик проведены уже в нескольких работах (см., например, [15]). Во-вторых, природа источника *FIR*-излучения в этих объектах еще не полностью ясна [16, 17], и их совместное с другими галактиками рассмотрение затруднило бы дальнейшую интерпретацию полученных результатов.

в) Оптическое отождествление источников IRAS показало, что среди внегалактических источников *FIR*-излучения доля взаимодействующих

объектов и галактик со сложной ядерной структурой намного выше, чем среди других типов галактик [18]. Среди таких объектов немало маркарьяновских галактик (Марк 171, 273 и др.).

Взаимодействующие галактики и галактики со сложной ядерной структурой трудно морфологически классифицировать, что имеет важное значение для настоящей работы. Кроме того, их инфракрасные свойства хорошо исследованы (см., например, [19]). Исходя из этого, мы решили не включать в нашу выборку все те УФ-галактики, которые в UGC описаны как двойная или тройная система или, по нашим данным, являются таковыми, а также имеют многоядерную структуру [20, 21].

В итоге, отобранная нами выборка содержит 235 галактик Маркарьяна.

3. *Рассмотренные параметры.* Отобранная нами общая выборка разделена на подвыборки по морфологическим типам галактик.

Морфологический тип большинства объектов заимствован из каталога UGC. На основе крупномасштабных снимков галактик Маркарьяна, полученных на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории, а также по аналогичным данным других авторов (в основном, согласно работе [4]) сделаны исправления и добавления к морфологической классификации исследуемых галактик.

Нами определялся морфологический тип тех галактик, которые в [9] описаны как компактные или S, без детальной классификации, или вообще не были классифицированы. Исправлялись также грубые несоответствия. Например, Марк 905 в [9] классифицирована как объект типа S0, а, согласно снимкам 2.6-м телескопа, это классическая SBb-галактика.

В настоящей работе сравниваются оптические и FIR-светимости галактик Маркарьяна. Оптические светимости вычислены на основе фотографических видимых звездных величин Цвикки (m_p), взятых из каталога UGC.

Вычисления FIR-светимостей основаны на оценках инфракрасных потоков, от 42.5 до 122.5 мкм с центром на 82.5 мкм [10]. При вычислении светимостей галактик использованы лучевые скорости, взятые из каталога [22]. Они исправлены за движение Солнца вокруг Галактики. Для постоянной Хаббла принималось значение $H_0 = 75$ км/с Мпк. Для всех FIR-источников вычислено отношение FIR-светимости к оптической. По данным работы [10] для них определены также отношения плотностей потоков на 100 мкм и 60 мкм, так называемый инфракрасный цвет.

С целью исследования влияния наклона галактики на ее инфракрасное и оптическое излучения, вычислены отношения размеров большой оси на малую.

Все числовые параметры приведены в логарифмической форме.

4. *Результаты.* Сопоставление нашей выборки галактик Маркаряна с каталогом внегалактических источников IRAS [10] показало, что из 235 объектов 173 (около 74%) являются источниками FIR-излучения.

Галактики общей выборки по морфологическому типу разделены на группы, содержащие соответственно: а) эллиптические и линзовидные галактики (E—S0/a); б) ранние спирали с перемычкой (SBa—RBbc); в) ранние спирали без перемычки (SAa—SAbc); г) поздние спирали с перемычкой (SBc—SBm); д) поздние спирали без перемычки (SAc—SAm); е) иррегулярные и пекулярные галактики (Irr—Pec); ж) компактные галактики (комп.); з) галактики без определенного морфологического типа.

В табл. 1 для каждой упомянутой группы приведены: общее число галактик в группе; число источников FIR-излучения; частота встречаемости галактик и частота встречаемости источников FIR-излучения в каждой группе.

Таблица 1

ОБЩЕЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЛАКТИК И ИСТОЧНИКОВ FIR

Морфологический тип	Общее число галактик	Число источников FIR	Относительная доля галактик данного типа в выборке	Относительная доля источников FIR в выборке
E — S0/a	49	29	0.208±0.030	0.123±0.023
SAa — SAbc	30	17	0.128±0.023	0.072±0.017
SBa — SBbc	45	41	0.191±0.028	0.174±0.027
SAc — SAm	24	19	0.102±0.021	0.081±0.018
SBc — SBm	41	34	0.174±0.027	0.145±0.025
Irr + Pec	28	20	0.119±0.022	0.085±0.019
Комп.	8	7	0.034±0.012	0.030±0.011
Без классиф.	10	6	0.042±0.013	0.025±0.010

Распределение галактик по основным морфологическим типам (табл. 1) хорошо совпадает с аналогичным распределением ярких ($13^m \leq m_p \leq 14^m$) галактик Маркаряна [23]. [23].

Сравнивая частоты встречаемости источников FIR-излучения среди линзовидных галактик, ранних и поздних спиралей, иррегулярных галактик и компактных объектов, с учетом частот встречаемости галактик этих типов в общей выборке, получаем, что существенной является только разница частот встречаемости источников FIR в ранних спиралях с перемычкой и без нее (уровень достоверности — 95%). Таким образом, ранние спирали с перемычкой чаще являются источниками инфракрасного излучения, чем галактики без перемычки.

Таблица 2

СРЕДНИЕ ПАРАМЕТРЫ ГАЛАКТИК МАРКАРЯНА, ЯВЛЯЮЩИХСЯ ИСТОЧНИКОМ FIR

Морфологический тип	r (Мпк)	$\lg L_B/L_\odot$	$\lg D/d$	$\lg L_{FIR}/L_\odot$	$\lg L_{FIR}/L_B$	$\lg S_{100}/S_{60}$
E-S0/a	70 \pm 9 (29)	9.88 \pm 0.13 (29)	0.16 \pm 0.03 (25)	10.22 \pm 0.18 (22)	0.26 \pm 0.06 (22)	0.24 \pm 0.02 (22)
SAa-SAbc	57 \pm 11 (16)	9.97 \pm 0.15 (16)	0.20 \pm 0.05 (16)	10.04 \pm 0.17 (15)	0.11 \pm 0.08 (15)	0.28 \pm 0.04 (15)
SBa-SBbc	69 \pm 9 (41)	10.19 \pm 0.07 (41)	0.15 \pm 0.02 (41)	10.27 \pm 0.08 (39)	0.15 \pm 0.04 (39)	0.28 \pm 0.02 (39)
SAc-SAm	60 \pm 8 (19)	10.07 \pm 0.12 (19)	0.23 \pm 0.05 (19)	10.33 \pm 0.16 (19)	0.26 \pm 0.06 (19)	0.28 \pm 0.02 (19)
SBc-SBm	52 \pm 4 (34)	9.98 \pm 0.09 (34)	0.20 \pm 0.03 (34)	10.15 \pm 0.10 (34)	0.17 \pm 0.04 (34)	0.31 \pm 0.01 (34)
Irr+Pec	48 \pm 8 (20)	9.94 \pm 0.12 (20)	0.18 \pm 0.03 (18)	10.25 \pm 0.15 (17)	0.22 \pm 0.07 (17)	0.20 \pm 0.03 (17)
Комп.	56 \pm 12 (7)	9.86 \pm 0.20 (7)	0.07 \pm 0.03 (7)	10.01 \pm 0.20 (6)	0.16 \pm 0.11 (6)	0.18 \pm 0.04 (6)
Без классиф.	56 \pm 16 (6)	9.82 \pm 0.24 (6)	0.17 \pm 0.07 (6)	9.79 \pm 0.57 (5)	-0.06 \pm 0.16 (5)	0.27 \pm 0.04 (5)

В табл. 2, 3 приведены средние значения и стандартные отклонения некоторых параметров галактик с далеким инфракрасным излучением и без заметного далекого инфракрасного излучения соответственно. В скобках указано число галактик, по которому определялось среднее значение данного параметра.

Таблица 3

СРЕДНИЕ ПАРАМЕТРЫ ГАЛАКТИК МАРКАРЯНА, НЕ ЯВЛЯЮЩИХСЯ ИСТОЧНИКАМИ FIR

Морфологический тип	r (Мпк)	$\lg L_B/L_\odot$	$\lg D/d$
E—S0/a	59 ± 8 (20)	9.86 ± 0.12 (20)	0.11 ± 0.02 (20)
SAa—SAbc	68 ± 7 (10)	10.03 ± 0.09 (10)	0.30 ± 0.07 (13)
SBa—SBbc	83 ± 16 (4)	10.13 ± 0.10 (4)	0.09 ± 0.06 (4)
SAc—SAm	51 ± 19 (5)	9.33 ± 0.27 (5)	0.41 ± 0.12 (5)
SBc—SBm	63 ± 24 (7)	9.39 ± 0.44 (7)	0.22 ± 0.06 (7)
Irr+Pec	35 ± 12 (7)	8.96 ± 0.36 (7)	0.22 ± 0.09 (8)
Комп.	95 (1)	10.42 (1)	0.26 (1)
Без классиф.	46 ± 15 (4)	9.62 ± 0.41 (4)	0.07 ± 0.02 (4)

На основе данных, приведенных в табл. 2 и 3, проведем сравнение средних значений рассмотренных параметров объектов как между различными морфологическими группами для источников FIR-излучения (табл. 2), так и между одинаковыми группами, содержащими FIR-источники и без них. Как и раньше, будем считать, что разница между двумя средними значениями существенная, если уровень достоверности выше, чем 95%. Следует отметить, что при сравнении средних значений параметров учитывалась неодинаковость числа галактик в отдельных группах.

Сопоставление данных табл. 2, 3 выявляет только следующие существенные различия: 1. Галактики SBa—SBbc, имеющие инфракрасное излучение, в оптических лучах ($\lg L_B$) в среднем более яркие, чем галактики E—S0/a. 2. Оптическая светимость иррегулярных и пекулярных галактик с инфракрасным излучением превосходит таковую для галактик без инфракрасного излучения. 3. Инфракрасный спектральный индекс ($\lg S_{100}/S_{60}$) для иррегулярных и компактных галактик значительно меньше, чем спектральный индекс поздних, а также SBa—SBbc спиралей. Кроме того, спектральный индекс SBc—SBm галактик значительно больше, чем у линзовидных.

Для линзовидных, ранних и поздних спиралей с перемычкой и без нее, а также иррегулярных галактик рассмотрен вопрос о возможной ре-

альности линейных зависимостей типов: $\lg L_B = f(\lg S_{100}/S_{60})$, $\lg L_{FIR} = f(\lg D/d)$, $\lg L_{FIR} = f(\lg S_{100}/S_{60})$, $\lg L_{FIR}/L_D = f(\lg D/d)$, $\lg L_{FIR}/L_B = f(\lg S_{100}/S_{60})$.

Из всех рассмотренных связей реальными оказались следующие.

Для спиральных галактик ранних морфологических типов избыток инфракрасного излучения отрицательно коррелирует с инфракрасным цветом $\lg S_{100}/S_{60}$:

$$\lg L_{FIR}/L_B = -0.98 \lg S_{100}/S_{60} + 0.42, \quad (r = -0.43 \pm 0.26, \quad N = 57),$$

что является следствием существования аналогичной зависимости для ранних спиральных галактик с перемычкой.

Такая же тенденция наблюдается и для поздних спиральных галактик,

$$\lg L_{FIR}/L_B = -1.24 \lg S_{100}/S_{60} + 0.57, \quad (r = -0.45 \pm 0.27, \quad N = 53).$$

Только в этом случае галактики с перемычкой и без нее участвуют в этой зависимости примерно с одинаковым весом.

5. *Дискуссия.* Из 1446 галактик Маркаряна, наблюдаемых IRAS, 635 (~ 44%) оказались источниками далекого инфракрасного излучения [10]. Согласно настоящей выборке процент источников *FIR* около 74%. Такая разница по частоте встречаемости источников *FIR* для галактик Маркаряна, входящих в каталог Нильсона, и общей выборки объектов с УФ-избытком, по всей вероятности, в основном обусловлена тем, что характерное среднее расстояние для галактик нашей выборки (58 ± 12 Мпк) значительно меньше, чем таковое для общей выборки галактик Маркаряна (90 ± 9 Мпк) [22].

По нашим данным 59% E—S0/a галактик Маркаряна являются источниками *FIR*-излучения. Это более чем в 5 раз превышает данные для рассмотренных в [14] E—S0 галактик Шепли-Эймс (из 54 E—S0 галактик только 6 (11%) являются источниками *FIR*) и более 2-х раз, для ярких ($B_T < 12^m5$) E—S0 галактик скопления Дева (из 32 E—S0 галактик 9 (28%) являются источниками *FIR*) [24]. На это обстоятельство впервые обращено внимание в работе [22].

Как видно из данных табл. 2, по инфракрасному избытку и светимости галактики E—S0/a не отличаются от маркаряновских галактик других морфологических типов. С другой стороны, так как инфракрасное излучение у этих галактик, в основном, имеет тепловую природу [25], то можно предположить, что повышенная инфракрасная светимость таких объектов определяется наличием повышенного темпа звездообразования, звездного состава и содержанием пыли безотносительно к морфологическому типу. При этом очень важно, что во всех морфологических группах,

как для источников с инфракрасным излучением, так и без него, наклон галактик к лучу зрения в среднем одинаков. На повышенный ТЭО в этих галактиках указывают также наличие мощного УФ-континуума и сильных эмиссионных линий в их спектрах.

В качестве показателя ТЭО можно принимать как избыток инфракрасного излучения $\lg L_{FIR}/L_B$, так и цветовую температуру $\lg S_{100}/S_{60}$. Далекое инфракрасное излучение галактик умеренной активности хорошо представляется двухкомпонентным тепловым излучением пыли с цветовыми температурами 30 К и 80 К [25, 26]. Излучение холодного компонента обусловлено переизлучением ультрафиолетового излучения А—В звезд [27], а более теплого — О—В звезд [8].

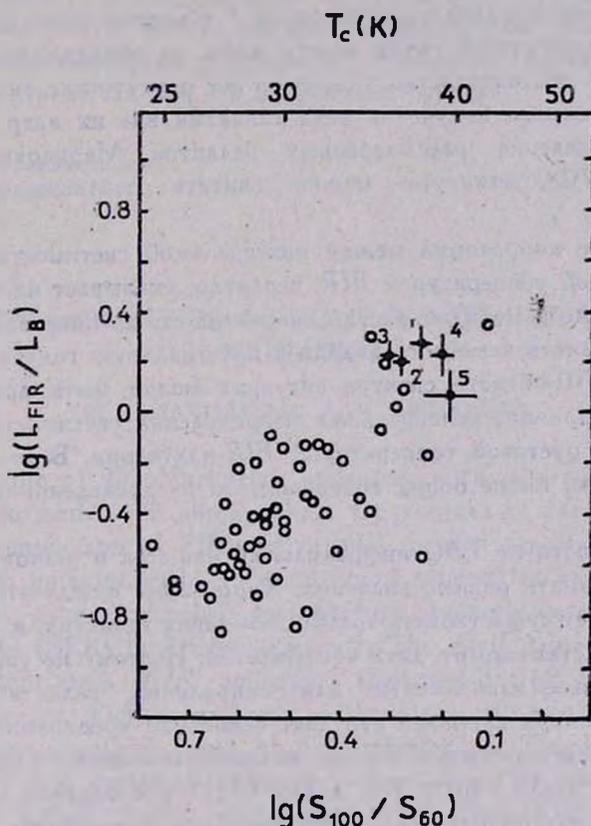


Рис. 1. Зависимость инфракрасного избытка ($\lg L_{FIR} / L_B$) от цветовой температуры T_c (верхняя шкала) и от отношения потоков на 100 мкм и 60 мкм. Кружки — для галактик Шепли-Эймс [14]. Точки — положения УФ-галактик: 1 — ESO/a, 2 — ранние спирали, 3 — поздние спирали, 4 — иррегулярные и 5 — компактные объекты.

На рис. 1 из работы [14] воспроизведена зависимость между инфракрасным избытком и цветовой температурой для нормальных галактик

выборки Шепля-Эймс. Нами там же нанесены положения, занимаемые линзовидными (1), ранними (2), поздними (3) спиральными, а также иррегулярными (4) и компактными (5) галактиками Маркаряна. Видно, что галактики Маркаряна на этой диаграмме, занимают место объектов с повышенным темпом звездообразования. Среди галактик Маркаряна наиболее высокие цветовые температуры характерны для иррегулярных и компактных галактик (см. также [28]). Если учитывать то обстоятельство, что по значению *FIR*-избытка они существенно не отличаются от других типов галактик, то их высокая цветовая температура может быть результатом другой начальной функции масс звездообразования [29, 30].

Для разных морфологических типов нами рассмотрены зависимости между величиной наклона галактик и их *FIR*-светимостью, инфракрасным избытком. Существенной связи между ними не обнаружено. По всей вероятности, это обстоятельство указывает на присутствие сильного компонента инфракрасного излучения этих галактик вне их ядер [13]. Равномерное распределение рассмотренных галактик Маркаряна по $s+sd$ и $ds+d$ типам УФ-континуума можно считать подтверждением данного объяснения.

Отсутствие корреляции между интегральной светимостью в голубых лучах и цветовой температурой *FIR*, вероятно, указывает на то, что недавно образовавшиеся молодые звезды, несмотря на их повышенное содержание, не могут иметь заметного вклада в интегральную голубую светимость галактик. В УФ-области спектра ситуация может быть другой. Вероятно, по той же причине интегральная инфракрасная светимость галактик не коррелирует с цветовой температурой *FIR*-излучения. В этом случае может играть роль также общее содержание и распределение пыли в галактиках.

В зависимости от ТЗО инфракрасный избыток и цветовая температура могут принимать разные значения. Корреляция между этими показателями ТЗО будет существовать только для таких галактик, в которых *FIR*-излучение представлено от двух компонентов. Поэтому не удивительно существование такой зависимости для спиральных галактик Маркаряна. Причем, для ранних спиралей это дает основание предположить, что если у галактики есть перемычка, то она является основной областью концентраций ранних звезд и пыли (см. также [31]), а в поздних спиральных галактиках ранние звезды и пыль одинаково распределены как в перемычке, так и в спиральных рукавах галактик.

6. **Заключение.** Таким образом, резюмируя, можно заключить:

1) Независимо от морфологического типа, галактики Маркаряна с тепловым спектром излучения превосходят нормальные галактики по избытку и цветовой температуре далекого инфракрасного излучения. Это яв-

ляется результатом высокого темпа звездообразования в них. Согласно [32, 33], аналогичный результат получен и для галактик Маркаряна со вспышкой звездообразования.

2) Около 59% эллиптических и линзовидных галактик Маркаряна являются источниками *FIR*-излучения. По своим *FIR*-свойствам они не отличаются от УФ-галактик других морфологических типов.

3) Нагрев пыли в иррегулярных и компактных галактиках с УФ-избытком обусловлен более молодыми и горячими звездами. Инфракрасное излучение этих объектов исходит от всей галактики.

4) В спиральных галактиках с УФ-избытком в излучении далекой инфракрасной области спектра играют заметную роль как ядерные, так и внеядерные области. У ранних спиралей с перемычкой молодые звезды и пыль в основном находятся в перемычке. У поздних спиралей они распределены как в перемычке, так и в спиральных рукавах.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

MARKARIAN GALAXIES AS SOURCES OF FAR INFRARED RADIATION

R. A. KANDALIAN, A. R. PETROSIAN

The sample of 235 Markarian galaxies with thermal emission-like spectrum is formed. 173 among them are sources of far infrared emission. The comparison of *FIR* and optical properties of these galaxies shows: 1) The galaxies with *UV* continuum exceed the normal ones either in infrared excess or color temperature, being a result of high star formation rate (*SFR*) in *UV*-galaxies. 2) The early type of barred spirals more often show *FIR* emission, than non-barred spirals. 3) The *FIR* properties of E-S0/a galaxies with *UV* continuum are not different from those of other types of *UV*-galaxies. 4) The heat of dust in the irregular and compact galaxies is due to hotter and young stars than in the other types of galaxies. 5) The *FIR* emission of spiral galaxies comes from the whole galaxy. In the case of early type of barred spiral stars and dust are concentrated in the barred region, while in the late type of barred spirals the distribution of stars and dust is more uniform.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Е. Маркарян, *Астрофизика*, 3, 55, 1967; 5, 433, 581, 1969.
2. Б. Е. Маркарян, В. А. Липовецкий, *Астрофизика*, 7, 571, 1971; 8, 155, 1972; 9, 487, 1973; 10, 307, 1974; 12, 389 657, 1976.
3. Б. Е. Маркарян, В. А. Липовецкий, Дж. А. Степанян, *Астрофизика*, 13, 225, 397, 1977; 15, 201, 363, 549, 1979; 17, 619, 1981.
4. J. P. Huchra, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 35, 171, 1977.
5. H. B. French, *Astrophys. J.*, 240, 41, 1980.
6. V. A. Balzano, *Astrophys. J.*, 268, 602, 1983.
7. T. M. Heckman, *Astron. and Astrophys.*, 87, 152, 1980.
8. C. G. Wynn-Williams, *Ann. Rev. Astron. and Astrophys.*, 20, 587, 1982.
9. P. Nilson, *Uppsala General Catalogue of Galaxies*, Uppsala, *Observ. Ann.*, 6, 1973.
10. G. J. Lonsdale, G. Helou, J. C. Good, W. Rice, *Catalogued Galaxies and Quasars Observed in IRAS Survey*, Pasadena, JPL, 1985.
11. The IRAS Point Source Catalog, Prepared by the Joint IRAS Science Working Group, Washington, D. C., US, Govt. Printing Office, 1985.
12. T. X. Thuan, P. O. Seltzer, *Astrophys. J.*, 231, 680, 1979.
13. D. Burstein, M. J. Lebofsky, *Steward Obserw. preps.* No. 596, 1986.
14. T. de Jong, P. E. Clegg, B. T. Soifer, M. Rowan-Robinson, H. J. Habing, J. R. Houck, H. H. Aumann, E. Raymond, *Astrophys. J.*, 278, L67, 1984.
15. J. M. Rodriguez-Espinoza, R. J. Rudy, B. Jones, *Astrophys. J.*, 312, 555, 1987.
16. G. K. Miley, G. Neugebauer, B. T. Soifer, *Astrophys. J.*, 293, L11, 1985.
17. J. M. Rodriguez-Espinoza, R. J. Rudy, B. Jones, *Astrophys. J.*, 309, 76, 1986.
18. R. D. Joseph, in „Light on Dark Matter“, ed. F. P. Israel, Reidel, Dordrecht, 1986, p. 447.
19. K. J. Fricke, W. Kollatschny, in „Light on Dark Matter“, ed. F. P. Israel, Reidel, Dordrecht, 1985, p. 441.
20. А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 14, 68, 1978.
21. Ю. П. Коровяковский, А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 17, 231, 1981.
22. J. M. Mazzarella, V. A. Balzano, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 62, 751, 1986.
23. М. М. Йывевэр, *Астрофизика*, 24, 25, 1986.
24. T. de Jong, in „Spectral Evolution of Galaxies“, eds. C. Chiosi, A. Renzini, Reidel, Dordrecht, 1986, p. 111.
25. K. Sekiguchi, *Astrophys. J.*, 316, 145, 1987.
26. C. J. Lonsdale-Persson, G. Helou, *Astrophys. J.*, 314, 513, 1987.
27. M. Jura, *Astrophys. J.*, 254, 70, 1982.
28. D. Kunth, F. Sevre, in „Star-Forming Dwarf Galaxies and Related Objects“, eds. D. Kunth, T. X. Thuan, J. Than Thanh Van, Paris, ed. Frontieres, 1986, p. 331.
29. R. Terlevich, in „Star-Forming Dwarf Galaxies and Related Objects“, eds. D. Kunth, T. X. Thuan, J. Thanh Van, Paris, ed. Frontieres, 1986, p. 395.
30. A. Campbell, Center for Astrophys. prep. No. 2398, 1986.
31. T. G. Hawarden, R. D. Joseph, S. K. Leggett, C. M. Mountain, R. Wade, in „Extragalactic Infrared Astronomy“, ed. P. M. Gondhalekar, Raterford Appleton Laboratory, 1985, p. 13.
32. L. K. Deutsch, S. P. Willner, *Astrophys. J.*, 306, L11, 1986.
33. L. K. Deutsch, S. P. Willner, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 63, 803, 1987.