

УДК: 524.726

О СВЯЗИ РАДИОСВЕТИМОСТЕЙ И ОПТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЯРКОСТЕЙ СПИРАЛЬНЫХ ГАЛАКТИК

В.Г.МАЛУМЯН

Поступила 25 мая 1997

Принята к печати 27 июня 1997

Показано, что радиосветимости спиральных галактик коррелируют с их оптическими поверхностными яркостями. Галактики с высокой поверхностной яркостью в среднем обладают более мощным радиоизлучением. У них отношение радио- и оптических светимостей по сравнению с галактиками более низкой поверхностной яркости также больше.

1. *Введение.* Еще в 1977г. М.А.Аракелян обратил внимание на зависимость между оптической поверхностной яркостью галактик и уровнем их радиоизлучения. Оказалось, что относительно количество галактик, отождествленных с радиоисточниками, возрастает с ростом средней поверхностной яркости [1].

В [2] было показано, что среди галактик с поверхностной яркостью $B < 22^m$ с квадратной секунды дуги в системе [3] объекты, обладающие на частоте 3.66ГГц светимостью больше 10^{23} Вт/Гц, встречаются в несколько раз чаще, чем среди галактик с $B > 22$. Это имеет место как для эллиптических и линзовидных, так и для спиральных и иррегулярных галактик.

В дальнейшем Филлипс и Дисни [4] пришли к выводу, что спиральные галактики из Второго справочного каталога ярких галактик [5], отождествленные с радиоисточниками, по поверхностной яркости превосходят галактики, не являющиеся радиоисточниками. В [4] также было показано, что существует корреляция между отношением радио- и оптических светимостей и поверхностной яркостью спиральных галактик. Объекты с большим отношением радио- и оптических светимостей в среднем обладают высокой поверхностной яркостью.

В последние годы опубликован ряд обзоров радиоизлучения галактик, проведенных с помощью радиотелескопов высокой разрешающей способности и чувствительности [6-11]. Благодаря этому, значительную часть объектов. удалось обнаружить. Для очень многих обнаруженных

галактик измерены и опубликованы радиальные скорости. Все это дает возможность прямого сравнения радиосветимостей и поверхностных яркостей большого количества галактик.

2. *Результаты сравнения.* Согласно некоторым работам (см, например, [12]), мощность радиоизлучения спиральных галактик зависит от морфологического подтипа. Галактики поздних морфологических подтипов по сравнению с ранними, обладают несколько более мощным радиоизлучением. Поэтому для корректного сравнения радиосветимостей и поверхностных яркостей спиральных галактик необходимо проводить его для объектов одних и тех же подтипов или учесть зависимость радиосветимостей от морфологических подтипов галактик. Согласно [13] существует зависимость между морфологическими подтипами и оптической поверхностной яркостью спиральных галактик. Однако в [14] на основании анализа поверхностных яркостей 500 спиральных галактик разных морфологических подтипов из [5] показано, что эта зависимость очень слабая.

В [6,7] приведены результаты наблюдений более 300 спиральных галактик из Пересмотренного каталога Шепли-Эймс [15] на частоте 1.49 ГГц с помощью радиотелескопа VLA с чувствительностью 1мЯн. Благодаря такой высокой чувствительности по крайней мере 94% наблюдавшихся галактик были обнаружены. Для галактик с сравнительно большими угловыми размерами, плотности потоков которых при измерениях на VLA могут быть занижены, в [6,7] даны потоки, измеренные с помощью радиотелескопов со сплошной апертурой.

Среди около 15000 галактик, для которых М.А.Аракелян (не опубликовано) вычислены поверхностные яркости в фотографических лучах, находится 171 спиральная галактика, обнаруженная на VLA. Из них 70 галактик, согласно [15], принадлежат подтипу Sc (включая и галактики с перемычкой).

Для изучения зависимости радиосветимостей от поверхностной яркости, мы разделили объекты подтипа Sc на две примерно равные части, что достигается при поверхностной яркости $B = 24$. Затем сравнивались зависимости логарифмов светимостей L на частоте 1.49 ГГц от поверхностных яркостей отдельно для двух интервалов поверхностных яркостей: $B < 24$ и $B \geq 24$. Поскольку средние радиосветимости галактик коррелируют с их оптическими светимостями [16], сравнение проводилось для объектов одних и тех же абсолютных величин. Светимости на частоте 1.49 ГГц и абсолютные величины ($H = 50\text{км/с Мпк}$) брались из [6,7].

Результаты сравнения Sc галактик для интервалов поверхностных яркостей $B < 24$ и $B \geq 24$ показаны на рис.1, где на горизонтальной оси отложены медианные значения абсолютных величин для интервалов

шириной $\Delta M = 1$, а на вертикальной оси - медианные значения логарифмов радиосветимостей галактик соответствующих абсолютных величин. Прямыми показаны линии регрессий зависимостей $(\lg L)_m \sim M_m$, построенных с учетом весов, равных корням из числа галактик, использованных в каждом интервале.

Из рис.1 следует, что средние радиосветимости S_c галактик с $B < 24$

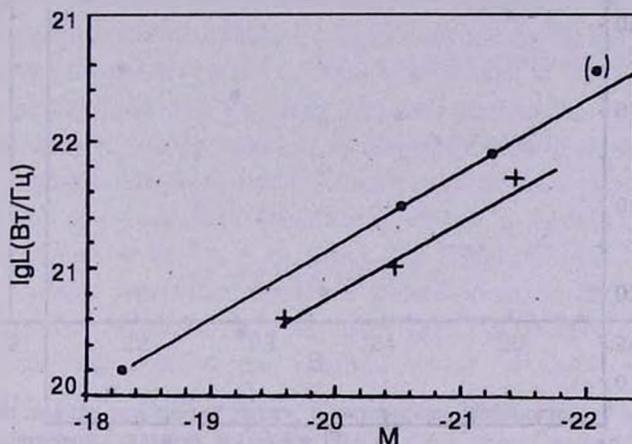


Рис.1. Сравнение радиосветимостей галактик из обзоров [6,7] в интервалах поверхностных яркостей $B < 24$ (точки) и $B \geq 24$ (крестики). В скобках указана точка, где количество использованных объектов меньше пяти. Прямые представляют линии регрессий зависимостей $(\lg L)_m \sim M_m$.

в два с половиной раза выше по сравнению со светимостями галактик с $B \geq 24$ этого же подтипа.

Сравнение радиосветимостей всех 171 спиральной галактики разных подтипов из [6,7] для тех же интервалов поверхностных яркостей показывает, что галактики с $B < 24$ по радиосветимости почти в два раза превосходят галактики с $B \geq 24$. Такое сравнение корректно, так как относительные количества галактик разных морфологических подтипов в выборках объектов с $B < 24$ и $B \geq 24$ практически одинаковы.

В [8] приведены результаты наблюдений 88 Sbc (согласно [5]) галактик на частоте 1.47 ГГц также с помощью VLA. Из сравнения радиосветимостей 60 Sbc галактик из [8] в интервалах $B < 24$ и $B \geq 24$ следует, что галактики в интервале $B \geq 24$ по радиосветимости в среднем, примерно, в два раза уступают Sbc галактикам, имеющим $B < 24$.

Аналогичные сравнения проводились для спиральных галактик (всех подтипов вместе взятых) из обзоров [9,10] на 1.4 ГГц и [11] на 2.7 ГГц для интервалов поверхностных яркостей $B < 23.5$ и $B \geq 23.5$. (Такое, немного отличающееся от предыдущих случаев, разделение на интервалы вызвано стремлением иметь примерно одинаковое количество объектов

в обоих интервалах). Во всех трех случаях галактики с $B < 23.5$ по радиосветимости в 1.6-2 раза превосходят галактики с $B \geq 23.5$.

Как уже отмечалось, отношения радио- и оптических светимостей спиральных галактик также зависят от поверхностных яркостей. Для Sc галактик из [6,7] эта зависимость представлена на рис.2, где на

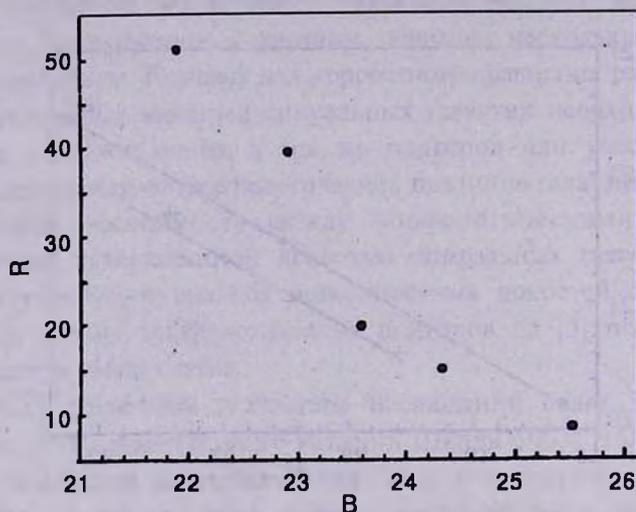


Рис.2 Зависимость отношений радио- и оптических светимостей от поверхностной яркости для Sc галактик из [6,7].

горизонтальной оси отложены медианные значения поверхностных яркостей для интервалов единичной ширины, а по вертикальной оси - медианные значения отношений радио- и оптических светимостей галактик соответствующих поверхностных яркостей. Отношения радио- и оптических светимостей вычислялись как

$$R = S \times 10^{\frac{m-12.5}{2.5}},$$

где S - плотность потока радиоизлучения в миллиЯнских на какой - нибудь частоте, m - видимая звездная величина, исправленная за поглощение. При вычислении R для Sc галактик использовались потоки на частоте 1.49 ГГц и звездные величины B_T , приведенные в [6,7]. На рис.3 представлена аналогичная зависимость для спиральных галактик всех подтипов из обзора [9]. При определении R в этом случае использованы величины B_T^0 из [5].

3. *Обсуждение.* Из проведенного анализа, следует, что как мощности радиоизлучения, так и отношения радио - и оптических светимостей спиральных галактик коррелируют с их оптическими поверхностными яркостями. Галактики с высокой поверхностной яркостью

обладают в среднем большей мощностью радиоизлучения и большим отношением радио- и оптических светимостей.

Как известно, спиральные галактики являющиеся членами пар галактик, по радиосветимости и отношению радио - и оптических светимостей в 2-2.5 раза превосходят изолированные одиночные галактики

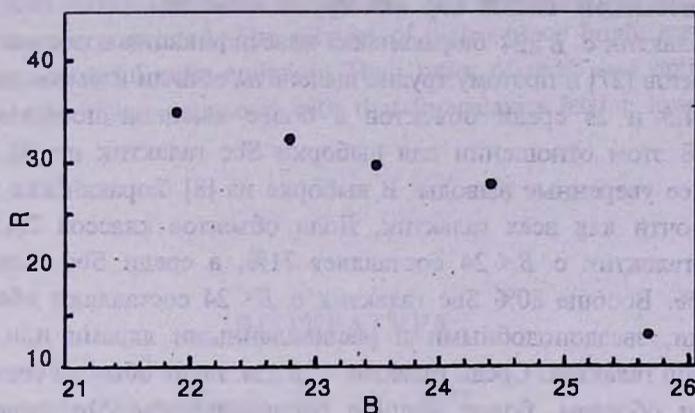


Рис.3. Зависимость отношений радио- и оптических светимостей от поверхностной яркости для спиральных галактик из обзора [9].

[17-19]. По этим параметрам члены групп галактик также превосходят одиночные галактики, но уступают членам пар [20]. С другой стороны результаты работы [21] свидетельствуют, что спиральные члены пар галактик в среднем обладают несколько более высокой поверхностной яркостью, чем одиночные галактики.

Согласно [22] спиральные галактики с диффузными, звездообразными и расщепленными ядрами обладают в 2.5-3 раза большей радиосветимостью по сравнению с галактиками, не имеющими таких ядер.

В связи с этим интересно выяснить, не обусловлена ли зависимость между радиосветимостью и поверхностной яркостью спиральных галактик избытком членов пар и групп галактик, а также галактик с звездообразными, диффузными и расщепленными ядрами (центральные части таких галактик, согласно бюраканской классификации, оцениваются баллами 4,5,2 и 2s) среди галактик с более высокой поверхностной яркостью.

Попробуем ответить на этот вопрос в случае Sc галактик из [6,7], которые использовались нами для сравнения радиосветимостей этих объектов в интервалах поверхностных яркостей $B < 24$ и $B \geq 24$. Среди галактик с $B < 24$ члены пар галактик из каталога Караченцева [23] составляют всего 13%. Среди объектов с $B \geq 24$ их доля 9%. Члены пар из каталога Петерсона [24] среди объектов с $B < 24$ составляют 8%, а среди галактик с $B \geq 24$ - 15%. Члены групп галактик из [25] среди галак-

тик с $B < 24$ - 45%, а среди галактик с более низкими поверхностными яркостями - 41%. Доля одиночных галактик из каталога [26] среди галактик из [6-7], использованных нами, составляет 21% среди объектов с $B < 24$ и 25% среди объектов с $B \geq 24$.

Как видим, превосходство в радиосветимости галактик с $B < 24$ нельзя объяснить избытком членов пар или групп галактик.

Из 32 галактик с $B \geq 24$ бюраканская классификация известна только для 16 объектов [27] и поэтому трудно выяснить, есть ли избыток галактик классов 2,4,5 и 2s среди объектов с более высокой поверхностной яркостью. В этом отношении для выборки Sbc галактик из [8] можно сделать более уверенные выводы. В выборке из [8] бюраканские классы известны почти для всех галактик. Доля объектов классов 2,4,5 и 2s среди Sbc галактик с $B < 24$ составляет 71%, а среди Sbc галактик с $B \geq 24$ - 83%. Вообще 80% Sbc галактик с $B < 24$ составляют объекты с диффузными, звездopodobными и расщепленными ядрами или члены пар или групп галактик. Среди галактик с $B \geq 24$ такие объекты составляют 89%. Таким образом, более мощное радиоизлучение Sbc галактик с поверхностной яркостью $B < 24$, по сравнению с Sbc галактиками с $B \geq 24$, не является результатом избытка галактик с оценками центральных частей 2,4,5 и 2s или членов пар и групп галактик.

То же самое можно сказать о выборке спиральных галактик всех морфологических подтипов из [6,7]. В этой выборке среди галактик с $B < 24$ примерно 80% объектов, а среди галактик с $B \geq 24$ - 70% объектов входят в состав пар и групп галактик или принадлежат к бюраканским классам 2,4,5 и 2s. Эта разница слишком малая, чтобы объяснить повышенное радиоизлучение галактик, имеющих $B < 24$.

Учет галактик с активными ядрами (галактик Сейферта и Маркаряна, лайнеров и т.д.), многие из которых принадлежат к классам 2,4,5 и 2s или являются членами пар и групп галактик, также показывает, что их избытком среди галактик с высокой поверхностной яркостью нельзя объяснить повышенное радиоизлучение последних.

Таким образом, повышенное радиоизлучение спиральных галактик с высокой оптической поверхностной яркостью не может быть полностью обусловлено избытком среди них галактик с активными ядрами, членов пар и групп галактик и галактик бюраканских классов 2,4,5 и 2s.

ON RELATIONSHIP BETWEEN RADIO LUMINOSITY AND OPTICAL SURFACE BRIGHTNESS OF SPIRAL GALAXIES

V.H.MALUMIAN

It has been shown that radio luminosities and optical surface brightness of spiral galaxies are correlated. The galaxies of high surface brightness have on average more powerful radio emission. Their ratios of radio and optical luminosities are also higher compared with that for galaxies having lower surface brightness.

ЛИТЕРАТУРА

1. *М.А.Аракелян*, *Астрофизика*, **13**, 245, 1977.
2. *В.Г.Малумян*, *Астрофизика*, **16**, 657, 1980.
3. *М.А.Аракелян*, *Сообщ. Бюраканской обсерватории*, **47**, 3, 1975.
4. *S.Phillips, M.Disney*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **205**, 563, 1983.
5. *G.deVaucouleurs, A.DeVaucouleurs, H.Corwin*, *Second Reference Catalogue of Bright Galaxies*. University of Texas. Austin, 1976.
6. *J.J.Condon*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **65**, 485, 1987.
7. *J.J.Condon, Q.F.Yin, D.Burstein*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **65**, 543, 1987.
8. *E.Hummel, A.Pedlar, J.M.van der Hulst, R.Davies*, *Astron, Astrophys. Suppl. Ser.*, **60**, 293, 1985.
9. *E.Hummel*, *Astron, Astrophys. Suppl. Ser.*, **41**, 151, 1980.
10. *J.Pfleiderer*, *Astron, Astrophys. Suppl. Ser.*, **28**, 313, 1977.
11. *J.Pfleiderer, C.Durst, K.H.Gebler*, *Mon. Notic. Roy. Astron, Soc.*, **192**, 635, 1980.
12. *G.Gavazzi, A.Cocito, P.Vettolani*, *Astrophys. J.*, **305**, L15, 1986.
13. *В.Е.Маркарян, Дж.А.Степанян*, *Астрофизика*, **13**, 627, 1977.
14. *M.Disney, S.Phillips*, *Mon. Notic. Roy. Astron, Soc.*, **216**, 53, 1985.
15. *A.Sandage, G.A.Tamman*, *A Revised Shapley - Ames Catalog of Bright Galaxies*. Carnegie Institution of Washington, 1981.
16. *T.Hummel*, *Astron, Astrophys.*, **93**, 93, 1981.
17. *D.R.Altshuler, С.А.Pantoja*, *Astron, J.*, **89**, 1531, 1984.
18. *В.Г.Малумян*, *Астрофизика*, **25**, 19, 1986.
19. *В.Г.Малумян*, *Астрофизика*, **30**, 223, 1989.
20. *В.Г.Малумян*, *Астрофизика*, **26**, 311, 1987.
21. *М.А.Аракелян, А.П.Магтесян*, *Астрофизика*, **17**, 53, 1981.
22. *В.Г.Малумян*, *Астрофизика*, **31**, 241, 1989.

23. *И.Д.Караченцев*, Двойные галактики. М., 1987.
24. *S.Peterson*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **40**, 527, 1979.
25. *M.J.Geller, J.P.Huchra*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **52**, 61, 1983.
26. *В.Е.Караченцева*, *Сообщ. Спец. астрофиз. обс. АН СССР*, **8**, 3, 1973.
27. Классификация центральных частей 711 галактик. *Сообщ. Бюраканской обс.*, **47**, 43, 1975.