

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 13

МАЙ, 1977

ВЫПУСК 2

СРЕДНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯРКОСТИ И РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ ГАЛАКТИК

М. А. АРАКЕЛЯН

Поступила 3 августа 1976

На основании результатов отождествления радионсточников, выявленных обзором *B2*, с галактиками Каталога галактик и скоплений галактик показано, что относительное количество галактик, имеющих радиоизлучение, возрастает с ростом средней поверхностной яркости. Обнаружена также слабая корреляция между спектральными индексами и поверхностными яркостями.

В сообщении [1] были приведены некоторые статистические данные, свидетельствующие о зависимости относительного количества галактик с эмиссионными линиями от средней поверхностной яркости. Для наблюдательной проверки этого заключения на большом материале был составлен список [2], содержащий примерно 600 галактик, поверхностные яркости которых в системе, близкой к системе Холмберга, не меньше, чем $\bar{B} = 22.0$ с квадратной секунды дуги. При вычислении поверхностных яркостей использовались внешние размеры по Морфологическому каталогу галактик (МКГ) Б. А. Воронцова-Вельяминова и соавторов [3—5] и видимые величины по Каталогу галактик и скоплений галактик (КГСГ) Ф. Цвикки и соавторов [6—11]. Наблюдения галактик из списка [2] показали, что в спектрах половины этих объектов присутствуют эмиссионные линии [12—16]. Поскольку значительную часть объектов списка составляют эллиптические и линзовидные галактики, в спектрах которых эмиссионные линии обычно присутствуют реже, этот результат следует рассматривать как подтверждение сделанного в [1] заключения. Кроме того, среди галактик высокой поверхностной яркости, по сравнению со случайной выборкой, по-видимому, имеется также избыток объектов сейфертовского типа. В настоящей заметке показано существование корреляции между средней поверхностной яркостью галактик и их радиоизлучением.

В работах [17, 18] приведены результаты отождествления с галактиками из КГСГ слабых радиоисточников, обнаруженных в Болонье [19—21] при обзоре неба на частоте 408 $M\mu$ (обзор В2) с предельной плотностью потока 0.2 единицы потока. Поскольку список [2] также основан на видимых величинах по КГСГ, то приведенные в [17, 18] результаты отождествления являются подходящим материалом для поиска корреляции между поверхностными яркостями и радиоизлучением.

1. *Статистика источников радиоизлучения.* Всего в работах [17, 18] со спиральными галактиками отождествлено 25 радиоисточников, а с эллиптическими и линзовидными — 59. При этом, как следует из [17], отождествленные галактики составляют 1 процент объектов, содержащихся в КГСГ. С другой стороны, в двух таблицах* статьи [2] имеется 180 галактик, находящихся в области неба, где производилось отождествление ($21^{\circ}30' < \delta < 40^{\circ}00'$). Поэтому математическое ожидание числа галактик, отождествленных с источниками радиоизлучения в предположении о независимости относительного количества радиоисточников от поверхностной яркости, равно 1.8. Между тем, число отождествленных объектов равно 7. Вероятность подобного отклонения составляет $2 \cdot 10^{-3}$. Это дает основание для заключения, что наблюдаемое отклонение не случайно, и радиоизлучение коррелирует со средней поверхностной яркостью галактик.

Галактики высокой поверхностной яркости, отождествленные с источниками радиоизлучения, перечислены в табл. 1. Первый столбец таблицы содержит обозначение согласно В2, второй — номер по [2] (курсивом обозначен номер галактики Маркарян 421, содержащейся в табл. 1 статьи [2]). В двух последних столбцах приведены поверхностные яркости по [2] и спектральные индексы α , вычисленные по плотностям потока на частотах 408 $M\mu$ и 1415 $M\mu$. Значения α несколько отличаются от величин, приведенных в [17, 18], вычисленных с учетом плотности потока на частоте 4995 $M\mu$. Содержание остальных столбцов очевидно. Следует лишь отметить, что абсолютные величины соответствуют $H = 75 \text{ км сек}^{-1} \text{ Мпс}^{-1}$ и включают поправку за поглощение в Галактике, равную $-0.25 \text{ cosec } |b''|$.

Рассмотрим теперь поверхностные яркости других галактик, отождествленных с источниками радиоизлучения. Из 25 спиральных галактик размеры в МКГ приведены для 23. Одна из них ($1106 + 26 = \text{МКГ } 5-26-62, 63$) является дисковой и поверхностные яркости могут быть вычислены для обоих компонентов. Из 59 эллиптических и линзовидных галактик размеры в МКГ приведены лишь для 27. Поверхностные яркости трех эллипти-

* В табл. 1 статьи [2] приведено 30 галактик высокой поверхностной яркости, являющихся объектами из первых шести списков Маркаряна.

ческих галактик, перечисленных в табл. 2, хотя они не содержатся в списке [2], также превышают 22.0 с квадратной секунды дуги. Во втором столбце табл. 2 приведены номера галактик по МКГ. Содержания остальных столбцов обеих таблиц совпадают.

Таблица 1

<i>B</i> 2	№	Тип	m_p	z	M_p	S_{105}	\bar{B}	α
0755+37	148	E	14.9	0.0413	-21.7	5.90	22.0	0.71
1101+38	421	E	13.1	0.0308	-22.6	1.15	20.9	0.15
1223+31	365	Sc	10.9	0.0024	-19.3	0.57	22.0	0.70
1753+34	534	E	13.9	0.017	-20.8	0.20	22.0	0.56
2236+35	561	E	15.0	0.0277	-21.0	0.77	21.9	0.61
2240+29	564	S	14.4	0.0254	-21.2	0.23	22.0	0.67
2320+32	583	S	14.5	0.0177	-20.3	0.21	21.5	0.45

Два первых объекта табл. 2 не занесены в список галактик высокой поверхностной яркости, т. к. их галактическая широта меньше 20° , а список покрывает область с $|b''| > 20^\circ$. Третья галактика в список не занесена, т. к. отмечена в КГСГ как двойная. Однако спутник, согласно МКГ, довольно слаб, и объект также мог бы быть отнесен к галактикам высокой поверхностной яркости.

Таблица 2

<i>B</i> 2	МКГ	Тип	m_p	z	M_p	S_{105}	\bar{B}	α
0326+39	7-8-14	E	14.9	0.0243	-21.2	1.90	20.7	0.31
0648+27	5-16-10	E	14.9	0.0409	-22.2	0.27	21.1	0.13
0722+30	5-18-12	E	15.6	0.0191	-19.5	0.38	21.9	0.93

Таким образом, у 10 из 51 галактики, для которой может быть вычислена средняя поверхностная яркость, выполняется условие

$$\bar{B} \leq 22.0.$$

Между тем, как это следует из [1, 2], подобному условию удовлетворяет примерно 4 процента случайно взятых галактик. Следовательно, относительное количество объектов с $\bar{B} \leq 22.0$ среди галактик, отождествленных с источниками радиоизлучения, в 4—5 раз превосходит относительное количество объектов той же поверхностной яркости среди галактик, взятых случайно. Вероятность подобного отклонения порядка 10^{-4} .

Гистограмма распределения средних поверхностных яркостей 51 галактики, отождествленной с источниками радиоизлучения, представлена на рис. 1а. На рис. 1б приведена аналогичная гистограмма [1] для примерно 2000 галактик, взятых случайно. Избыток галактик относительно высокой

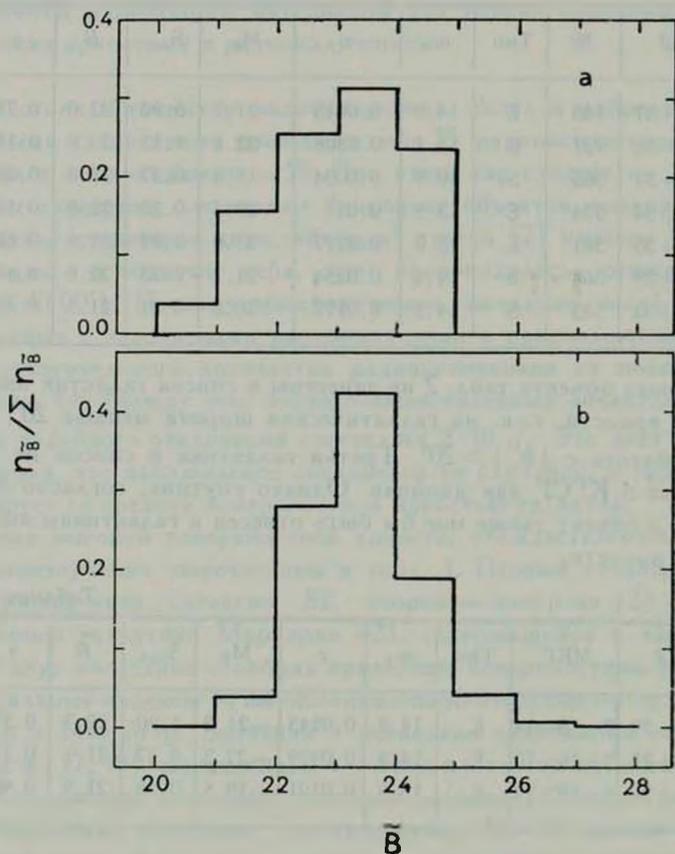


Рис. 1. Гистограммы распределения средних поверхностных яркостей: а—51 галактики, у которой обнаружено радиоизлучение, б—случайной выборки 1918 галактик по данным [1].

поверхностной яркости среди источников радиоизлучения очевиден. Среднее значение поверхностной яркости и ее дисперсия для источников радиоизлучения равны

$$\langle \bar{B} \rangle = 22.9, \quad \sigma^2(\bar{B}) = 0.99,$$

а для галактик, взятых случайно,

$$\langle \bar{B} \rangle = 23.5, \quad \sigma^2(\bar{B}) = 0.94.$$

Поверхностные яркости двух рассмотренных выборок галактик отличаются на уровне значимости 1 процент.

Таким образом, относительное количество источников радиоизлучения возрастает с ростом средней поверхностной яркости галактик.

2. *Статистика спектральных индексов.* Попытаемся теперь выяснить вопрос существования зависимости спектральных индексов от поверхностной яркости. Значения спектрального индекса были вычислены по плотностям потока на 408 $M_{\text{Гц}}$ и 1415 $M_{\text{Гц}}$ во всех случаях, когда соответствующие данные приведены в [17, 18]. Среднее значение спектрального индекса для перечисленных выше 10 галактик с $\bar{B} \leq 22.0$ и дисперсия этой величины равны соответственно

$$\langle \alpha \rangle = 0.52, \quad \sigma^2(\alpha) = 0.067.$$

Для остальных 40 галактик с известными поверхностными яркостями эти величины равны:

$$\langle \alpha \rangle = 0.74, \quad \sigma^2(\alpha) = 0.066.$$

Эти два средних отличаются со статистической значимостью на уровне 2 процентов. Следует, однако, отметить, что это различие может быть отчасти обусловлено неодинаковым морфологическим составом рассмотренных групп. Поэтому рассмотрим эллиптические и спиральные галактики в отдельности. Для 7 эллиптических галактик с $\bar{B} \leq 22.0$ имеем

$$\langle \alpha \rangle = 0.49, \quad \sigma^2(\alpha) = 0.090.$$

Для 19 эллиптических галактик с $\bar{B} > 22.0$

$$\langle \alpha \rangle = 0.67, \quad \sigma^2(\alpha) = 0.080.$$

Аналогичным образом, для 3 спиральных галактик с $\bar{B} \leq 22.0$ имеем

$$\langle \alpha \rangle = 0.61, \quad \sigma^2(\alpha) = 0.019,$$

а для 21 галактики с $\bar{B} > 22.0$

$$\langle \alpha \rangle = 0.81, \quad \sigma^2(\alpha) = 0.048.$$

Как видим, различия между средними спектральными индексами галактик с $B \leq 22.0$ и остальных галактик в обеих морфологических группах сохраняются. Статистическая значимость этих различий невелика, что, по-видимому, обусловлено немногочисленностью выборок галактик, имеющих высокую поверхностную яркость.

На рис. 2 приведены отдельно для эллиптических и спиральных галактик зависимости между спектральными индексами и средними поверхностными яркостями. Прямые линии представляют решения методом наименьших квадратов. Значения коэффициента корреляции в обоих случаях невелики — для эллиптических галактик 0.29 ± 0.18 , для спиральных 0.38 ± 0.17 . Однако существование даже слабой корреляции какого-либо параметра с поверхностной яркостью следует рассматривать как значимое,

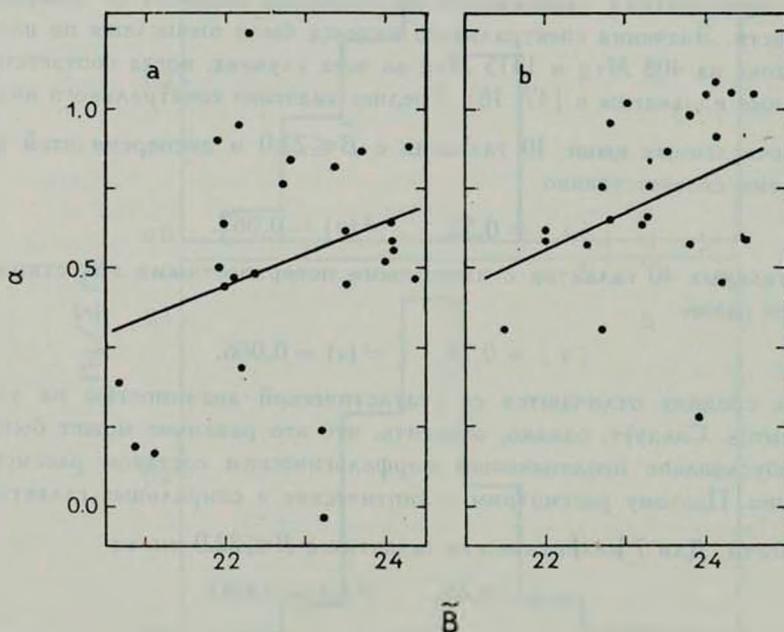


Рис. 2. Зависимость от средней поверхностной яркости спектральных индексов а—эллиптических и линзовидных галактик, б—спиральных галактик.

т. к. используемые данные и метод, которым мы вычисляем поверхностные яркости, являются довольно грубыми. Поскольку случайные ошибки уменьшают реальную корреляцию, то в действительности коэффициент корреляции может быть значительно больше полученного значения.

3. *Заключение.* Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что с ростом средней поверхностной яркости галактик возрастает относительное количество объектов, являющихся источниками радиоизлучения. Некоторая корреляция намечается также между средними поверхностными яркостями галактик и спектральными индексами радиисточников. Это означает, что при отождествлении галактик с радиисточниками на больших

частотах зависимость от поверхностной яркости относительного количества галактик, являющихся источниками радиоизлучения, будет еще сильнее.

Выявленные корреляции представляют очевидный интерес, поскольку один из рассмотренных параметров является интегральной оптической характеристикой галактики, а второй — характеристикой радиисточника, локализованного в ядре.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

MEAN SURFACE BRIGHTNESS AND RADIO EMISSION OF GALAXIES

M. A. ARAKELIAN

By the use of the results of identification of radio sources discovered by the Bologna survey with galaxies of the Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies it has been shown that the relative number of galaxies having radio emission increases with mean surface brightness. A weak correlation is found between spectral indices and surface brightness as well.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Аракелян, *Астрофизика*, 10, 507, 1974.
2. М. А. Аракелян, *Сообщ. Бюраканской обс.*, 47, 3, 1975.
3. Б. А. Воронцов-Вельяминов, А. А. Красногорская, *Морфологический каталог галактик*, т. I, М., 1962.
4. Б. А. Воронцов-Вельяминов, В. П. Архипова, *Морфологический каталог галактик*, т. II, М., 1964.
5. Б. А. Воронцов-Вельяминов, В. П. Архипова, *Морфологический каталог галактик*, т. III, М., 1963.
6. F. Zwicky, E. Herzog, P. Wild, *Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies*, I, 1961.
7. F. Zwicky, E. Herzog, *Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies*, II, 1963.
8. F. Zwicky, E. Herzog, *Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies*, III, 1966.
9. F. Zwicky, E. Herzog, *Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies*, IV, 1968.
10. F. Zwicky, M. Karpowicz, C. T. Kowal, *Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies*, V, 1965.
11. F. Zwicky, C. T. Kowal, *Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies*, VI, 1966.
12. М. А. Аракелян, Э. А. Дибай, В. Ф. Есипов, *Астрофизика*, 11, 15, 1975.
13. М. А. Аракелян, Э. А. Дибай, В. Ф. Есипов, *Астрофизика*, 11, 377, 1975.

14. В. Т. Дорошенко, В. Ю. Теребиж, *Астрофизика*, 11, 631, 1975.
15. М. А. Аракелян, Э. А. Дубай, В. Ф. Есипов, *Астрофизика*, 12, 195, 1976.
16. М. А. Аракелян, Э. А. Дубай, В. Ф. Есипов, *Астрофизика*, 12, 683, 1976.
17. R. Fanti, I. Gioia, C. Lari, J. Lequeux, R. Lucas, *Astron. Astrophys.*, 24, 69, 1973.
18. G. Golla, C. Fanti, R. Fanti, I. Gioia, C. Lari, J. Lequeux, R. Lucas, M.-H. Ulrich, *Astron. Astrophys. Suppl.*, 20, 1, 1975.
19. G. Colla, C. Fanti, R. Fanti, A. Ficcara, L. Formiggini, E. Gandolfi, G. Grueff, C. Lari, L. Padrielli, G. Roffi, P. Tomasi, M. Wlgottl, *Astron. Astrophys. Suppl.*, 1, 281, 1970.
20. G. Colla, C. Fanti, R. Fanti, A. Ficcara, L. Formiggini, E. Gandolfi, C. Lari, B. Murano, L. Padrielli, P. Tomasi, *Astron. Astrophys. Suppl.*, 7, 1, 1972.
21. G. Colla, C. Fanti, R. Fanti, A. Ficcara, L. Formiggini, E. Gandolfi, I. Gioia, C. Lari, B. Murano, L. Padrielli, P. Tomasi, *Astron. Astrophys.*, 11, 291, 1973.