

Ю. П. ПСКОВСКИЙ

ФУНКЦИИ СВЕТИМОСТИ НОРМАЛЬНЫХ ГАЛАКТИК В ФОТО- И РАДИОДИАПАЗОНАХ

Рассматриваются радиондексы ближайших нормальных галактик. Обнаруживается зависимость между оптической светимостью и радиондексами галактик поздних типов. С помощью подсчетов галактик в объеме 1300 Mpc^3 в окрестностях нашей Галактики определены функции светимости галактик поздних и ранних типов в фотографическом диапазоне. С помощью фотографической функции светимости и радиондексов галактик позднего типа определяется функция радиосветимости нормальных галактик.

Радиондексы нормальных галактик

Внегалактическими источниками слабой радиосветимости являются нормальные галактики, число которых велико, и поэтому их суммарный вклад в радиоизлучение фона заметен. К сожалению, радиоизлучение нормальных галактик так слабо, что его надежно измерили лишь у нескольких близких S и Im -галактик ярче 9^m и пока не обнаружили у нормальных E -галактик. Радиоизлучение более удаленных галактик обнаруживается очень плохо и количественные оценки его ненадежны, что видно из сравнения оценок m_R в метровом диапазоне [1—3]. Удобными характеристиками радиоизлучения нормальных галактик являются их видимые и абсолютные радиовеличины на $\lambda = 1,9 \text{ м}$ (m_R и M_R) и радиондексы $m_R - m_{pg}^0$. В табл. 1 приводятся интегральные фотографические величины галактик ярче 9^m по [4—12], поглощение по [13], радиовеличины по [1—3, 14], истинные модули расстояния по [15—17], определенные по индикаторам расстояния, принадлежности к группам и красным смещениям при $H = 100 \text{ км/сек}$ на Mpc и т. д. (по последним приведены в скобках). Средние радиондексы галактик основных типов сходны с оценками Брауна [18], но Sc -галактики можно подразделить на две группы по радиондексам.

В целом же S - и Im -галактики показывают определенный ход со средней абсолютной интегральной фотографической величиной M_{pg} (рис. 1), который выражается следующей корреляционной формулой:

$$m_R - m_{pg}^0 = 18,7 + 0,9M_{pg}. \quad (1)$$

С помощью этой зависимости можно определить функцию радиосветимости нормальных галактик, если известна фотографическая функ-

NGC (IC)	Тип по [22]	m_{pg}	a_{pg}	m_R	$m_R - m_{pg}^0$	M_{pg}	Литера- тура
5194	ScI	8 ^m ,88	0 ^m ,3	9 ^m ,7	+1 ^m ,1	(-20 ^m ,1)	[1]
6946	ScI (II)	9,67	1,2	9,5	+1,0	-19,8	[2]
253	Sc(* <i>p</i>)	8,1	0,4	9,0	+1,3	-19,8	[1,10]
5236	Sc I—II	8,4	0,5	8,8	+0,9	-19,6	[1]
5457	Sc I	8,20	0,3	9,4	+1,5	-19,5	[1,15]
4945	SBC	(8,8)	1,2	8,7	+1,1	-19,3	[1,16]
(342)	Sc I	8,7	1,7	7,8	+0,8	-19,2	[2,6]
598	Sc II—III	6,19	0,8	7,8	+2,4	-18,9	[2,15]
300	Sc	8,7	0,4	9,9	+1,4	-17,9	[1,7]
2403	Sc III	8,80	0,9	9	1,1	-18,8	[2,15]
55	Im	7,9	0,4	10,9	+3,7	-19,1	[1,8]
БМО	I III—IV	0,6	0,6	3,4	+3,4	-18,4	[1,9]
ММО	I IV	2,8	0,7	5,5	+3,4	-16,7	[1,9]
6822	I IV—V	9,21	0,7	10,7	+3	-15	[2]
(1613)	I V	10,00	0,4	7	+3	-14	[14]
224	Sb I—II	4,33	0,6	5,7	+2,0	-20,5	[2,15]
4258	Sb (<i>t:p</i>)	8,90	0,3	9,8	+1,2	(-19,9)	[1]
4736	Sbp II:	8,91	0,4	10,8	+2,3	(-19,2)	[1]
3031	Sb I—II	7,85	0,6	9,4	+2,2	-18,5	[2,15]
4594	Sab	9,18	0,5	11,3	2,6	-21,1	[1,15]
4526	S0	10,6	0,4	10,0	-0,2	-20,1	[3,15]
4472	E0	9,33	0,4	10,2	1,3	-21,5	[2,15]
221	E2	9,06	0,6	9,7	1,2	-15,7	[1,15]
205	E 5 <i>p</i>	8,89	0,6	10,2	2,0	-15,9	[3,15]
185	E 0 <i>p</i>	10,29	0,6	11	1,8	-14,8	[2,15]
For	Ep	(9,0)	0,4	10	3,7	-11,4	[1]
Sil	Ep	(9,0)	0,4	—	4,6	-9,9	[1]
104	Gc	—	0,6	—	7,2	-8,5	[1,17]
362	Gc	—	0,5	—	4,2	-7,0	[1,17]

ция светимости. Дело сводится к экстраполяции результатов, полученных по близким галактикам на значительно больший объем, для которого уверенно определяется фотографическая функция светимости галактики.

Относительно радиоизлучения E- и S0-галактик имеются две точки зрения [18]. Браун полагает, что радиоизлучение систем со звездным населением чисто II (сферического) типа не обнаружено потому, что оно вообще чрезвычайно слабо. Это подтверждается также отрицательными результатами поисков радиоизлучения шаровых скоплений [1]. Что же касается радиоизлучения ядер спиральных галактик, то в ядрах есть примесь звезд I типа населения, нейтральный водород и обмен газом с диском галактики, т. е. предпосылки для радиоизлучения. Робертс полагает, что радиоизлучение эллиптических галактик, возможно, уже на грани обнаружения радиотелескопами.

В пользу этого, по мнению Робертса, говорит единственный случай обнаружения радиоизлучения от S0-галактики

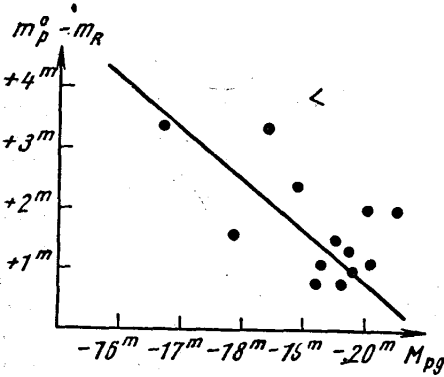


Рис. 1. Зависимость между интегральной фотографической абсолютной величиной нормальных галактик и радиоиндексом $m_R - m_{pg}^0$. Знаком < отмечена NGC 55, фотографическая величина которой, видимо, несколько ослаблена поглощением в этой галактике

NGC 4526 [3]. Но, возможно, это случайное совпадение радиисточника и галактики или сомнительная идентификация (разность по склонению составляет 1°). Возможно, Робертс прав в отношении S0-галактик, у которых им обнаружены следы пыли [19]. Тем не менее радиоизлучение от E- и S0-галактик сейчас нельзя считать твердо установленным.

Фотографические функции светимости галактик поздних и ранних типов

Функция светимости для галактик всех типов в фотографической шкале звездных величин получалась рядом авторов [20—24] для ближайших окрестностей Галактики, но в этом случае оказывался недооцененным яркий конец функции светимости, поскольку ярчайшие галактики слабо представлены в наших окрестностях. Наоборот, когда функция светимости строилась по галактикам скоплений, то недооценивался слабый ее конец. Тот же недостаток получается при построении функции светимости только по галактикам с известными красными смещениями. Соединение воедино результатов первого и второго методов предполагает одинаковый относительный состав и светимость галактик поля и скоплений, что неверно в случае E-галактик. Поэтому для построения функции радиосветимости нормальных галактик мы воспользовались сочетанием первого и третьего методов. В этом случае трудность состоит в том, что неясно, можно ли считать плотность карликовых галактик в наших окрестностях типичной для больших объемов, другими словами, считать распределение карликовых галактик однородным. К счастью, радиоизлучение карликовых галактик резко падает с уменьшением их фотографической интегральной величины и доля, вносимая ими в общее радиоизлучение, незначительна, поэтому неоднородность распределения карликовых галактик изменит функцию радиосветимости мало.

Для получения функции фотографической светимости галактик мы выбрали участок неба в $7,77$ стер, который охватывает северную и экваториальную части неба до $\delta = -25^\circ$, за исключением зоны избегания с $|b| < 10^\circ$ и площадки неба, содержащей скопление в Деве ($\alpha = 12^h - 13^h$, $\delta = -10^\circ - +20^\circ$). В выбранном участке были подсчитаны все галактики ярче 12^m , исправленные за поглощение по [13], расположенные в сферическом секторе радиусом 8 Мпс. Для галактик, у которых красные смещения менее 300 км/сек или же есть данные об индикаторах расстояния по [14, 24], брались оценки расстояния по индикаторам или по принадлежности группам галактик. Для остальных галактик расстояния были взяты по красным смещениям с $H = 100$ км/сек на Мпс. Для небольшого числа галактик, не имеющих данных о красных смещениях и индикаторах и не принадлежащих группам, были взяты оценки по классам светимости ван ден Берга [25]. В сектор подсчетов были включены также наша Галактика и Магеллановы Облака, т. е. все члены Местной группы кроме IC 10. В подсчеты включены также карликовые галактики, отсутствующие в каталоге [11], но относящиеся к близким группам по [26]. Поглощение учитывалось по методу П. П. Паренаго с помощью новой карты поглощений [13]. Следует напомнить, что в [5] и других работах учитывается лишь эффект широты, а поглощение в направлении на галактический полюс не учитывается. Поэтому там оценка M_{pg} на $0,3$ ярче, чем в нашей системе при такой же шкале расстояний.

Галактики до 12^m были взяты из каталога [11], причем интегральные величины галактик брались по [4, 5, 11] (перечислены в порядке предпочтения оценок), старые оценки из [11] редуцировались к системе

[4]. В нашем секторе с радиусом 8 *Mpc* каталог [11] исчерпывает все галактики от -20 до $-17^m,5$, галактики же слабее $-17^m,5$ подсчитывались в том же секторе, но в объеме меньшего радиуса *R*. Вследствие этого подсчеты галактик различной светимости были отнесены к различным объемам и слабые галактики подсчитаны были в довольно небольшом объеме пространства.

Таблица 2

M_{pg}	R_i <i>Mpc</i>	$S + Im$			$E + S0 + I0$			Все типы	
		<i>N</i>	$\lg \varphi(M) \cdot 10^3$		<i>N</i>	$\lg \varphi(M) \cdot 10^3$		$\lg \varphi(M) \cdot 10^3$	
			подсчеты	сглажен- ная		подсчеты	сглажен- ная	подсчет	сглажен- ная
-20^m	8	14	1,04	1,00	—	—	—	1,04	1,05
-19	8	21	1,21	1,15	4	0,49	0,5	1,29	1,25
-18	8	19	1,17	1,35	10	0,89	0,75	1,35	1,50
-17	5	22	1,83	1,60	3	0,97	1,00	1,89	1,70
-16	5	12	1,47	1,90	4	1,09	1,40	1,69	1,70
-15	2,5	18	2,65	2,20	6	2,17	1,75	2,77	2,40
-14	2,5	4	1,99	2,45	—	—	—	—	—
-13	1	4	3,19	2,75	—	—	—	—	—

В табл. 2 приведены результаты подсчетов галактик *N* поздних ($S+Im$) и ранних ($E+S0+S0$) типов с указанием радиусов *R* сферических секторов, в которых велись подсчеты, приведены логарифмы чисел галактик данной светимости $\varphi(M)$ на Mpc^3 , т. е. функции светимости по подсчетам и после сглаживания. Приведена также интегральная функция светимости и ее сглаженный вариант.

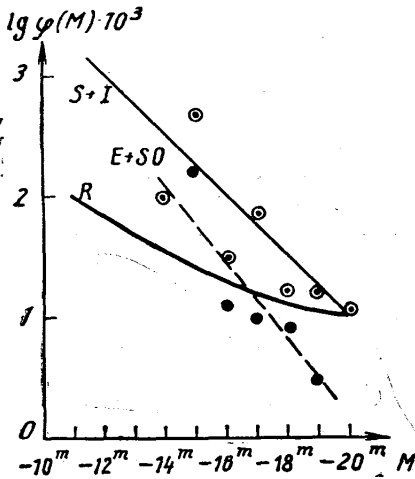


Рис. 2. Функции оптической и радиосветимости нормальных галактик $S+Im$ — спиральные и неправильные галактики, $E+S0$ — галактики ранних типов, R — функция радиосветимости галактик поздних типов

На рис. 2 приведены эти функции светимости и сглаженные их варианты. Поскольку мы вели подсчеты по сравнительно небольшому объему пространства, то для приложения полученных функций светимости к более крупным объемам нужны именно сглаженные функции светимости, в какой-то мере освобожденные от случайных флуктуаций подсчетов.

Сравнивая полученные функции светимости с относительной функцией светимости по [22], мы видим согласие для *S*-галактик ярче $-16^m,5$, но значительное расхождение для более слабых. Оно объясняется различием методики подсчетов, что особенно чувствительно для подсчетов слабых галактик, исчерпанных лишь в небольшом объеме пространства. Кроме того, в подсчеты [22] входили облака галактик богатые объектами типа *Sb*: скопления в Деве и в Большой Медведице.

Интегральная функция светимости галактик, приведенная в последнем столбце табл. 2, в общем сходна с функцией светимости определенной Цвикки [23].

Функция радиосветимости нормальных галактик

С помощью зависимости (1) и графика сглаженной функции фотографической светимости галактик поздних типов нетрудно получить функцию радиосветимости нормальных галактик. Она приводится в табл. 3. Если радиоизлучение галактик ранних типов окажется все же значительным, в эту функцию светимости придется внести некоторые изменения.

Что касается типичности функции радиосветимости нормальных галактик для более обширных областей Метагалактики, то, оставляя в стороне возможные эволюционные эффекты, дело можно свести к проблеме типичности или нетипичности фотографической функции светимости. Относительная функция светимости галактик позднего типа в скоплениях типа Девы и в общем метагалактическом поле одинакова. Различие здесь, видимо, лишь в большой концентрации галактик в скоплениях. Функции же светимости галактик ранних типов довольно индивидуальны для поля и типов скоплений. Например, в скоплении в Деве встречаются сверхгигантские *E*-галактики, а в Волосах Вероники и других скоплениях светимость *E*-галактик нормальная.

Однако именно функция светимости, определенная для общего поля, типична для значительных объемов пространства, потому что скопления занимают в нем сравнительно небольшую часть. Например, подсчеты Эйбелла числа скоплений галактик на квадратный градус до расстояний эквивалентных красному смещению 0,140 дают плотность 0,12 скоплений на квадратный градус [27], это эквивалентно одному скоплению на $2,10^6$ *Mpc*³. Принимая средний диаметр скопления 40 *Mpc* (Эйбелл называет его «радиусом ячейки»), мы получаем, что скопления занимают объем порядка 1%. Избыточная концентрация галактик в скоплении над полем — в сотню раз по ярчайшим объектам — увеличивает фотографическую функцию светимости для среднего объема включающего скопления в два раза. Однако функция радиосветимости возрастает вследствие примеси скоплений меньше, так как скопления, содержащие галактики поздних типов, сравнительно редки (всего несколько процентов общего числа скоплений). Таким образом, найденная нами функция радиосветимости нормальных галактик типична для больших объемов, если не учитывать эволюционных эффектов и доли вносимой эллиптическими галактиками и межгалактической средой.

Средняя интегральная абсолютная радиосветимость 1 *Mpc*³ вследствие радиоизлучения галактик поздних типов получается согласно табл. 3 порядка -16^m или несколько больше, если учесть радиоизлучение скоплений и эллиптических галактик. Предварительная грубая оценка радиосветимости одного *Mpc*³ пространства вследствие радиоизлучения радиогалактик (полагая их $M_R \sim 30$ и исходя из того, что на площадке в 0,6 площади небесной сферы насчитывается 200 радиоисточников до $m_R = 9^m,6$) дает всего -11^m . Таким образом, радиоизлучение нормальных галактик вносит основную долю в наблюдаемый радиофон Метагалактики.

Таблица 3

M_R	$\lg \varphi(M) \cdot 10^3$
-20^m	1,00
-19	1,05
-18	1,10
-17	1,20
-16	1,30
-15	1,40
-14	1,55
-13	1,7
-12	1,9
-11	2,0

ЛИТЕРАТУРА

1. Mills B. Y. Handbuch d. Phys., 52, 237, 1959. Перевод: сб. «Строение звездных систем». ИЛ, 1962, стр. 310.
2. Brown R. H., Hazard C. Monthly Notices, 122, 479, 1961; 123, 279, 1961.
3. Leslie P. Observatory, 80, 216, 1960.
4. Holmberg E. Med. Lund Observatory Ser., II, No. 136, 1958.
5. Humason M. L., Mayall N. U., Sandage A. R. Astron. J., 61, 97, 1956.
6. Dieter M. H. Astron. J., 67, 313, 1962.
7. Vaucouleurs G. de Page J. Astrophys. J., 136, 107, 1962.
8. Vaucouleurs G. de. Astrophys. J., 133, 405, 1961.
9. Vaucouleurs G. de. Astrophys. J., 131, 574, 1960; 137, 363, 1963.
10. Whitford A. E. Astrophys. J., 83, 424, 1936.
11. Shapley H., Ames A. Harv. Ann., 88, No. 2, 1930.
12. Shapley H. Proc. Nat., Acad. of Sci. USA, 25, 565, 1939.
13. Шаров А. С. «Астрономический журнал», 40, 900, 1963.
14. Heeschen D. S. Publ. Nat. Radio Astron. Obs., 1, No. 9, 1961.
15. Sandage A. R. Problems of Extra-Galactic Research; I. A. U. Symposium No. 15, G. C. McVittie McMillan, N. Y., 1962, p. 359.
16. Vaucouleurs G. de. Problems of Extra-Galactic Research. N. Y., 1962, p. 3.
17. Sawyer-Hogg H. Handbuch d. Phys., 52, 1959. Перевод: Сб. «Строение звездных систем». ИЛ, 1962, стр. 166.
18. Brown R. H. Problems of Extra-Galactic Research, ed. G. C. McVittie McMillan, N. Y., 1962, p. 79.
19. Roberts M. Astron. J., 65, 457, 1960.
20. Hubble E. Realm of the Nebulae, Yale Univ. Press, 1936.
21. Holmberg E. Medd. Lund Obs., Ser. 11, No. 128, 1950.
22. Van den Bergh S. Zeitschrift f. Astrophys., 53, 219, 1961.
23. Zwicky F. Morphological Astronomy, Springer Verlag, 1957.
24. Псковский Ю. П. «Астрономический журнал», 38, 521, 656, 1033, 1961; 40, 385, 1963.
25. Van den Bergh S. Astrophys. J., 131, 215, 558, 1960.
26. Van den Bergh S. Publ. Observ. Dunlap, 2, No. 6, 1960.
27. Abell G. O. Astrophys. J. Suppl., 3, No. 31, 1958.

Поступила в редакцию
6. 11 1963 г.

Кафедра
астрофизики