

К ВОПРОСУ О ФУНКЦИИ РАДИОСВЕТИМОСТИ РАДИОГАЛАКТИК

Ю. К. МЕЛИК-АЛАВЕРДЯН

Поступила 12 января 1970

На основе наблюдательных данных и некоторых теоретических соображений рассматривается функция радиосветимости радиогалактик. Показано, что эта функция должна отличаться от линейной зависимости (1).

Как было установлено в [1—3] и ряде других работ, функция радиосветимости радиогалактик может быть приближенно представлена следующим выражением:

$$\lg n(M) = aM + b, \quad (1)$$

где $n(M)$ — число радиогалактик данной абсолютной радиовеличины M в единичном интервале абсолютных радиовеличин и в единице объема. Ниже будет сделана попытка уточнить функцию радиосветимости и будет показано, что распределение радиогалактик по абсолютным радиовеличинам отличается от приведенной выше линейной зависимости. Этот вывод следует как из наблюдательных данных, так и из некоторых теоретических соображений.

Обозначим через F мощность радиоизлучения радиогалактики, r — расстояние радиоизлучающего облака от ядра радиогалактики, а через $N(F, r)$ — число радиогалактик в единице объема, имеющих данные r и F . Расстояние r с возрастом радиогалактики увеличивается. С увеличением r определенным образом меняется и мощность радиоизлучения радиогалактики. При этом должно выполняться следующее соотношение:

$$\frac{d}{dF} \left[N(F, r) \frac{dF}{dr} \right] = 0, \quad (2)$$

которое можно представить иначе:

$$\frac{\partial}{\partial F} [N(F, r)] + \frac{dr}{dF} \frac{\partial}{\partial r} \left[N(F, r) \frac{dF}{dr} \right] = 0. \quad (3)$$

Согласно [4], по крайней мере для $2 \cdot 10^4 \leq r \leq 2 \cdot 10^5$ пс имеет место следующая эмпирическая зависимость:

$$\frac{dF}{dr} = -2.1 \frac{F}{r}. \quad (4)$$

Подставляя (4) в (3), получим

$$\frac{r}{2.1} \frac{\partial}{\partial r} \left[N(F, r) \frac{F}{r} \right] - F \frac{\partial}{\partial F} \left[N(F, r) \frac{F}{r} \right] = 0. \quad (5)$$

Обозначим

$$2.1 \ln r = x, \quad (6)$$

$$\ln F = y. \quad (7)$$

В этих обозначениях уравнение (5) преобразуется к виду

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[N(F, r) \frac{F}{r} \right] - \frac{\partial}{\partial y} \left[N(F, r) \frac{F}{r} \right] = 0. \quad (8)$$

Решением уравнения (8) является произвольная функция от аргумента $(x + y)$ или, с учетом (6),

$$N(F, r) \frac{F}{r} = f(r^{2.1} F). \quad (9)$$

Сравнение (8) с эмпирической функцией радиосветимости показывает, что искомое решение должно быть степенной функцией:

$$N(F, r) = C_0 \frac{r}{F} (Fr^{2.1})^C, \quad (10)$$

где C_0 и C — некоторые постоянные.

Таким образом, окончательно имеем

$$N(F, r) = C_0 r^{2.1C+1} F^{C-1}. \quad (11)$$

Функция радиосветимости получается из (11) интегрированием по r от r_{\min} до r_{\max} . За область изменения r примем область, показанную на рис. 1.

Для определения границ этой области были использованы данные, приведенные в [5], относительно расстояний радиоизлучающих облаков от соответствующих радиогалактик. Несколько радиогалактик из [5] показаны на рис. 1. Для остальных радиогалактик из [5] при-

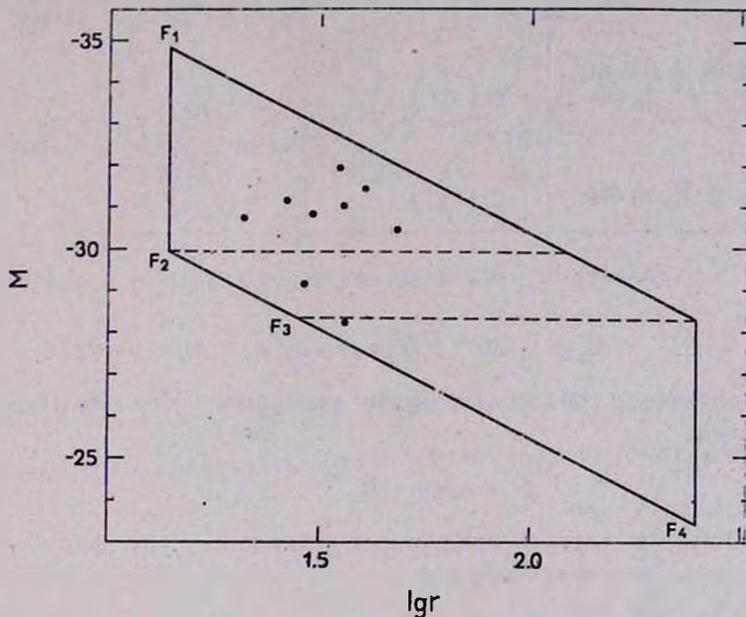


Рис. 1.

ходится учитывать влияние наблюдательной селекции. Анализ эффекта наблюдательной селекции выполнен в [4]. С учетом этого анализа получается:

$$M \leq 5.25 \lg r - 36, \tag{12}$$

$$M \geq 5.25 \lg r - 41, \tag{13}$$

$$\lg r \leq 2, 4. \tag{14}$$

Очевидно, что расстояние r не может быть меньше размеров радиогалактики r_0 :

$$r > r_0. \tag{15}$$

Все указанные выше предельные значения r приводятся в табл. 1.

Таблица 1

M	r_{\min}	r_{\max}
$M_1 \rightarrow M_2$	r_0	$r_0 \left(\frac{F}{F_1} \right)^{-\frac{1}{2,1}}$
$M_2 \rightarrow M_3$	$r_0 \left(\frac{F}{F_2} \right)^{-\frac{1}{2,1}}$	$r_0 \left(\frac{F}{F_1} \right)^{-\frac{1}{2,1}}$
$M_3 \rightarrow M_4$	$r_0 \left(\frac{F}{F_2} \right)^{-\frac{1}{2,1}}$	$r_0 \left(\frac{F_4}{F_2} \right)^{-\frac{1}{2,1}}$

где

$$M_1 = -35^m, \quad M_2 = -30^m, \quad M_3 = -28^m, \quad M_4 = -23^m, \quad (16)$$

а $F_1 + F_4$ связаны с соответствующими значениями $M_1 + M_4$ известным соотношением:

$$F = \text{const} \cdot 10^{-0,6M}. \quad (17)$$

Для указанных в табл. 1 предельных значений r по формуле (11) получаем после интегрирования по r :

$$N(F) \approx \begin{cases} \text{const} \cdot F^{C-1} \left[1 - \left(\frac{F}{F_1} \right)^{\frac{2,1C+2}{2,1}} \right] & \text{при } M_1 \leq M \leq M_2 \\ \text{const} \cdot F^{C-1} \left[\left(\frac{F}{F_2} \right)^{\frac{-2,1C+2}{2,1}} - \left(\frac{F}{F_1} \right)^{\frac{-2,1C+2}{2,1}} \right] & \text{при } M_2 \leq M \leq M_3 \\ \text{const} \cdot F^{C-1} \left[\left(\frac{F}{F_2} \right)^{\frac{-2,1C+2}{2,1}} - \left(\frac{F_4}{F_2} \right)^{\frac{-2,1C+2}{2,1}} \right] & \text{при } M_3 \leq M \leq M_4 \end{cases} \quad (18)$$

Переходя к абсолютным радиовеличинам M , получим рассчитанную на единичный интеграл абсолютных радиовеличин функцию радиосветимости радиогалактик:

$$\lg n(M) =$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} \text{const} - 0.4 Mc + \lg \left[1 - 10^{\frac{0.4(2.1C+2)}{2.1}(M-M_1)} \right] \text{ при } M_1 \leq M \leq M_2 \\ \text{const} - 0.4 Mc + \lg \left[10^{\frac{0.4(2.1C+2)}{2.1}(M-M_2)} - 10^{\frac{0.4(2.1C+2)}{2.1}(M-M_1)} \right] \\ \text{при } M_2 \leq M \leq M_3 \\ \text{const} - 0.4 Mc + \lg \left[10^{\frac{0.4(C+2)}{2.1}(M-M_3)} - 10^{\frac{0.4(2.1C+2)}{2.1}(M_1-M_2)} \right] \\ \text{при } M_3 \leq M \leq M_4 \end{array} \right. \quad (19)$$

Подставляя в (19) численные значения (16), получаем:

$$\lg n(M) =$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} \text{const} - 0.4 cM + \lg [1 + 10^{0.19(2.1C+2)(M+35)}] \text{ при } M_1 \leq M \leq M_2 \\ \text{const} - 0.4 cM + \lg [10^{0.19(2.1C+2)(M+30)} - 10^{0.19(2.1C+2)(M+35)}] \\ \text{при } M_2 \leq M \leq M_3 \\ \text{const} - 0.4 cM + \lg [10^{0.19(C+2)(M+30)} - 10^{1.25(2.1C+2)}] \\ \text{при } M_3 \leq M \leq M_4 \end{array} \right. \quad (20)$$

Согласно [4] постоянная C равна $-1,25$. Зависимость (20) при этом значении постоянной C показана на рис. 2. Для сравнения на этом же рисунке приводится прямая линия — функция радиосветимости радиогалактик, полученная в [3].

Рассмотрим теперь имеющиеся наблюдательные данные.

Для построения функции радиосветимости радиогалактик в [3] были использованы данные, которые приводятся в табл. 2 настоящей работы. Из сравнения табл. 2 с формулой (20) можно видеть, что наблюдаемая функция радиосветимости при $M = -33^m$ дает изгиб, предсказываемый выражением (20). Для самых ярких радиогалактик, то есть для $M = -34^m$, напротив, значение $\lg n(M)$, согласно табл. 2, больше, чем должно быть даже по формуле (1). Это объясняется, по-видимому, тем, что на самых ранних стадиях радиогалактики не подчиняются эволюционному закону (4). Радиосветимость может вначале убывать медленнее и какое-то время возрастать.

Что касается слабых радиогалактик, то на первый взгляд кажется, что их концентрация противоречит распределению (20). Однако

есть одно неучитываемое обстоятельство, которое может разрешить это кажущееся противоречие.

Действительно, как известно, при построении функции радиосветимости подсчитывается число радиогалактик в некотором „доступном“ объеме, зависящем от абсолютной радиовеличины. При этом

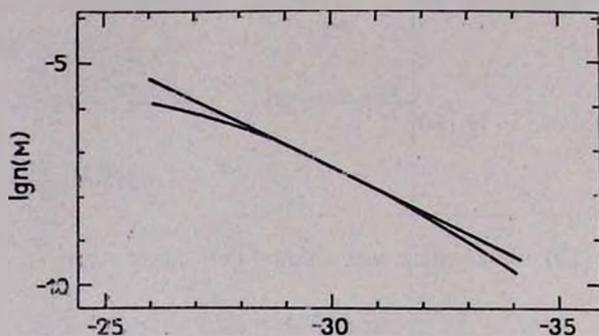


Рис. 2.

сильные и слабые радиогалактики оказываются в неодинаковых условиях: концентрация галактик в сверхскоплении более заметна при подсчетах абсолютно слабых радиогалактик.

Таблица 2

M	$\lg n(M)$
-26	-5.5
-27	-5.6
-28	-6.3
-29	-6.8
-30	-7.3
-31	-7.8
-32	-8.3
-33	-8.3
-34	-8.8

Оценку этого эффекта можно дать следующим образом. Предельное красное смещение z_{\max} , от которого зависит величина „доступного“ объема, определяется по формуле

$$\lg z_{\max} = 0.2(M - m + 43, 01), \quad (21)$$

где m можно считать равным 9.

Таким образом, $z_{\max} = 0.04$ для $M = -27^m$, а $z_{\max} = 0.02$ для $M = -26^m$. Если размеры сверхскопления достигают 50 Мпс, то доля занимаемого сверхскоплением объема внутри „доступного“ объема составляет 0.03 для $M = -27^m$ и 0.25 для $M = -26^m$. Если принять, что концентрация галактик в сверхскоплении на порядок выше средней, то $n(M)$ окажется за счет сверхскопления завышенным в 1.3 раза для $M = -27^m$ и в 3.3 раза для $M = -26^m$.

Следовательно, наблюдательные данные свидетельствуют в пользу приведенных выше теоретических соображений.

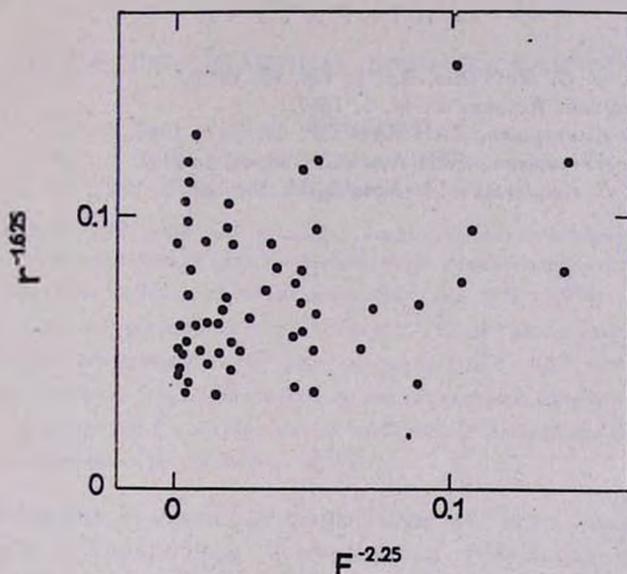


Рис. 3.

Для дальнейшего уточнения функции радиосветимости необходимо выяснить характер эволюции радиогалактик на самой ранней их стадии. Это ясно и из рис. 3, где показано распределение радиогалактик на плоскости $[r^{-1.625}, F^{-2.25}]$. Очевидно, что согласно (11) это распределение в области, свободной от селекции, должно быть равномерным. Однако отчетливо проявляется сгущение к наибольшим значениям F . Это вполне согласуется с высказанным выше предположением о замедленности темпа эволюции на ранней радиогалактической стадии.

В заключение приношу благодарность академику В. А. Амбарцумяну за помощь и обсуждение.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

ABOUT FUNCTION OF RADIOLUMINOSITY OF THE
RADIOGALAXIES

Yu. K. MELIK-ALAVERDIAN

The function of radioluminosity of radiogalaxies are shown on the ground of observational data and some theoretical considerations. It's has been shown that this function must differ from linear dependence (1).

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. R. C. Rosder, G. C. Mc Vittie, *Ap. J.*, 138, 15, 1963.
2. Г. Б. Шоломицкий, *Астрон. ж.*, 44, 5, 1967.
3. Ю. К. Мелик-Алавердян, *ДАН АрмССР*, 46, № 5, 1966.
4. Ю. К. Мелик-Алавердян, *ДАН АрмССР*, 48, № 3, 1969.
5. G. McDonald, S. Kenderdine, A. Neville, *M. N.*, 138, 3, 1968.