

ЗАВИСИМОСТЬ СВЕТИМОСТИ ДВОЙНЫХ РАДИОИСТОЧНИКОВ ОТ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ КОМПОНЕНТАМИ

В. Р. Амирханян

Анализ источников ЗСР каталога позволил сделать вывод, что светимость двойных радиоисточников слабо падает с увеличением расстояния между компонентами. Этот эффект можно объяснить существованием несферической составляющей диаграммы излучения таких объектов.

The analysis of sources of ЗСР catalogue allowed to draw a conclusion, that luminosity of binary radio sources decreases weakly with increasing of the distance between the components. This effect can be explained by the existence of nonspheric component of the emission diagram of such objects.

Основные трудности, на которые наталкивается решение вопроса о зависимости интегральной светимости от расстояния между компонентами двойных радиоисточников, — это селекционные эффекты и незнание модели Вселенной.

Например, влияние селекции отчетливо видно в работе [1], где делается вывод, что у радиогалактик с увеличением расстояния между компонентами растет светимость. Используя параметры источников, приведенные в этой статье,

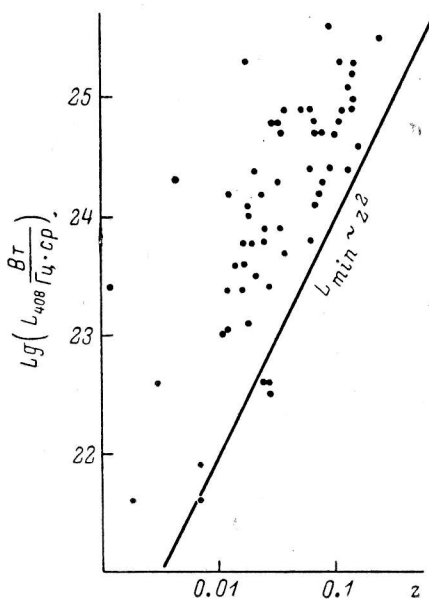


Рис. 1. Зависимость светимости радиоисточников от красного смещения (по данным из работы [1]).

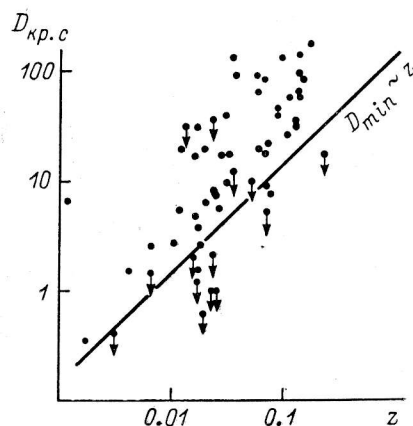


Рис. 2. Зависимость расстояния между компонентами от красного смещения (по данным из работы [1]).

мы построили графики светимость—красное смещение и линейный размер—красное смещение. На рис. 1 и рис. 2 отчетливо видно, что ограничения по минимальному потоку и минимальному угловому размеру привели к селекции по светимости ($\sim z^2$) и по линейному размеру ($\sim z$) и, как следствие, к появлению зависимости L от линейного размера D .

Самый простой способ исключить из рассмотрения модель Вселенной и ослабить селекционные эффекты — это проанализировать $L=f(D)$ для источников с одинаковым красным смещением или, что то же самое, зависимость $S/S_1=f(\Theta/\Theta_1)$. (Здесь, S_1 и Θ_1 — поток и угловой размер одного из источников выборки). Однако крайне ограниченная выборка радиоисточников с одинаковым z не позволяет получить значимый результат столь простым способом. Для преодоления этого барьера предлагается объединить экспериментальные данные по всем z .

Пусть имеется полная выборка двойных радиоисточников с известными угловыми размерами и красными смещениями. Разобьем выборку на группы, в каждой из которых соберем источники с близкими угловыми размерами. Задав вид аппроксимации для каждой группы методом наименьших квадратов, получим зависимость потока от z . В результате имеем систему уравнений

$$S(z, \theta_i) = \varphi_i(z), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

где n — число групп.

На фиксированном z эта система позволяет, в свою очередь, построить зависимость

$$\frac{S(z, \theta_i)}{S(z, \theta_1)} = f\left(\frac{\theta_i}{\theta_1}\right). \quad (2)$$

Зная (2) на нескольких z и соответствующие ей ошибки, можно получить некоторую среднюю зависимость (2).

Вычислены были проведены со 134 радиоисточниками ЗСР каталога, у которых известны угловые размеры и красные смещения. Экспериментальные данные о параметрах этих источников были почерпнуты в работах [2–5]. Весь диапазон угловых размеров разбит на следующие интервалы: 5–10, 10–20, 20–40, 40–80, 80–160, 160–320 и 320–640".

Зависимость (1) искалась в виде

$$S(z, \theta_i) = a_i (1+z)^{b_i}.$$

Кроме того, вычислялся средний угловой размер источников θ_i в каждом интервале. В результате получена система из семи уравнений. Зависимость (2) искалась в виде

$$\frac{S(z, \theta_i)}{S(z, \theta_1)} = c \left(\frac{\theta_i}{\theta_1}\right)^d$$

на нескольких фиксированных $z=0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1, 1.5$. Ошибки коэффициентов c и d определялись методом Монте-Карло. Для этого к параметрам источников S и θ прибавлялись случайные числа, соответствующие ошибкам измерений, и проводился

0.1	0.115	0.01
0.3	-0.0267	0.01
0.5	-0.148	0.014
0.7	-0.039	0.0165
1	-0.069	0.021
1.5	-0.165	0.032

весь цикл вычислений. Многократные повторения этой операции позволили определить σ_c и σ_d . Коэффициент c на всех z близок к единице. Наибольший интерес представляет коэффициент c , который определяет зависимость $L(D)$. Его значения и ошибки приведены в таблице. Разброс d на разных z очень велик и не согласуется с полученными ошибками. Является ли это следствием заниженных экспериментальных ошибок в определении S и θ или есть реальная зависимость d от z — пока неясно. Усредненная оценка \bar{d} с учетом результатов на всех z определялась из выражений

$$\bar{d} = \sigma_d^2 \sum_{j=1}^N \frac{\Delta z_j d_j}{z_{\max} \sigma_j^2} = -0.024;$$

$$\sigma_d = \sqrt{1 + \sum_{j=1}^N \frac{\Delta z_j}{z_{\max} \sigma_j^2}} = 0.0154.$$

Здесь d_j и σ_j взяты из таблицы, $z_{\max} = 1.5$, $z_0 = 0$, $\Delta z_j = (z_{j+1} - z_{j-1})/2$ — интервал z , соответствующий d_j .

Первый и самый главный вывод из полученного результата: коэффициент d мал, т. е. зависимость светимости радиоисточников от расстояния между компонентами очень слабая. Это может означать, что образование внешних компонент происходит за короткое время, много меньшее времени жизни радиоисточника, и что в процессе его дальнейшей эволюции расстояние между компонентами практически не меняется.

Обращает на себя внимание тот факт, что $d_j < 0$, т. е. зависимость $L(D)$ падающая. Автор сознает, что величина d_j находится на пределе значимости, однако не может удержаться от попытки дать объяснение падающей зависимости $L(D)$, так как шансы на ее реальность сохраняются.

Многочисленные экспериментальные и теоретические исследования, например [6—7], ясно показывают, что двойной радиоисточник — это анизотропная структура, параметры которой зависят от ее ориентации относительно наблюдателя. Видимо, и диаграмма излучения такого объекта не обладает сферической симметрией [8]. Существуют разные мнения об ориентации диаграммы относительно структуры источника.

Автор считает, и именно с этих позиций будет проводиться дальнейшее рассмотрение, что диаграмма излучения двойного радиоисточника имеет два максимума, ориентированных в противоположных направлениях и совпадающих с большой осью источника.

Пусть D_0 — истинное расстояние между внешними компонентами радиоисточника, L_0 — его истинная светимость в направлении большой оси, α — угол между лучом зрения и большой осью источника. Изменение α от нуля до $\pi/2$ будет сопровождаться увеличением видимого расстояния между компонентами D и уменьшением видимой светимости L . Для ансамбля двойных радиоисточников, любая пространственная ориентация которых равновероятна, это должно привести к отрицательной регрессии между L и D , даже если L_0 и D_0 независимы.

Проверим вышеизложенное предположение. Для этого сгенерируем каталог радиоисточников, параметры которых подчиняются следующим распределениям:

$$\varphi(L) \sim L_0^{-\gamma} dL_0 \text{ в диапазоне } L_1 - L_\alpha; \quad (3)$$

$$\psi(D_0) \sim D_0^{-\delta} dD_0 \text{ в диапазоне } D_1 - D_\alpha; \quad (4)$$

$$\varepsilon(\alpha) = \sin \alpha d\alpha \text{ в диапазоне } 0 - \pi/2. \quad (5)$$

Последнее выражение получено в предположении равновероятной пространственной ориентации источников. Вычисления проведены для $\gamma=2.5$ и $\delta=0.6$.

Каждый объект каталога характеризуется тремя случайными независимыми числами L_0 , D_0 и α . Далее вычисляются видимые параметры всех источников каталога

$$D = D_0 \sin \alpha.$$

Чтобы найти видимую светимость, надо задать форму диаграммы излучения радиоисточников, так как объективная информация о ней в настоящее время отсутствует. Выбор пал на простейшую диаграмму

$$A(\alpha) = \cos \alpha. \quad (6)$$

Тогда $L = L_0 \cos \alpha$.

Регрессия $L(D)$ искалась в том же виде, что и функция (2):

$$L \sim D^d.$$

Было сгенерировано 25 каталогов по 100 объектов в каждом, что позволило вычислить d и его ошибку:

$$d = -0.05 \pm 0.01.$$

Эта величина неплохо согласуется с регрессией, полученной из эксперимента (рис. 3). Контрольный расчет с $L = L_0$, т. е. со сферически симметричной диаграммой излучения, дал

$$d = 0.007 \pm 0.01.$$

Тем самым подтверждается появление слабой падающей зависимости $L(D)$, если двойной радиоисточник имеет несферическую диаграмму излучения, максимумы которой ориентированы вдоль большой оси.

Еще одним аргументом в пользу реальности несферической диаграммы излучения было бы уплощение функции светимости. Этот результат легко получить преобразованием истинной функции светимости (3) в видимую с учетом (5) и (6). Тогда, если $L > L_1$, то

$$\varphi(L) \sim \frac{(\gamma - 1)(L^{-\gamma} - L_1^{-\gamma})}{\gamma(L_1^{1-\gamma} - L_2^{1-\gamma})}.$$

Если же $L < L_1$, то

$$\varphi(L) \sim \frac{(\gamma - 1)(L_1^{-\gamma} - L_2^{-\gamma})}{\gamma(L_1^{1-\gamma} - L_2^{1-\gamma})} = \text{const.}$$

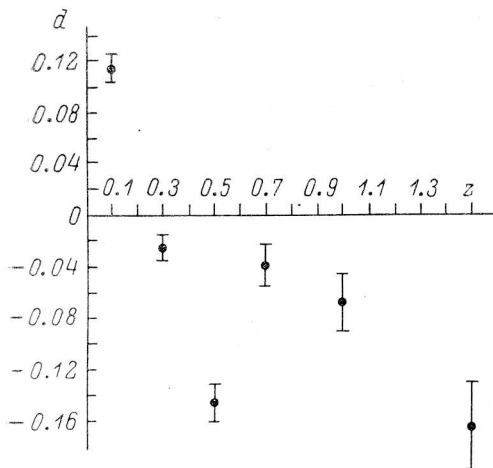


Рис. 3. Коэффициент d и его ошибки.

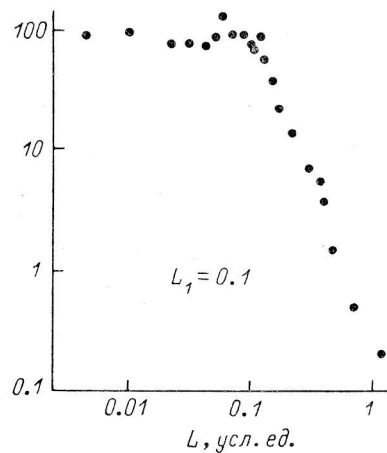


Рис. 4. Видимая функция светимости источников искусственного каталога.

т. е. на светимостях меньше L_1 видимая функция светимости сохраняет постоянную величину. В подтверждение этого результата на рис. 4 приведена видимая функция светимости источников искусственного каталога. Как и предполагалось, на $L < L_1$ функция резко уплощается.

Такая форма кривой хорошо согласуется с экспериментальными данными. Так, в работе [9] приводится функция светимости радиоисточников на частоте 178 МГц, которая уплощается на уровнях светимости 10^{21-22} Вт/(Гц·ср). На этом же уровне уплощается функция радиосветимости сейфертовских галактик [10] на частоте 1400 МГц. Возможно, $L \sim 10^{21}$ Вт/(Гц·ср), близка к минимальной светимости радиоисточников.

Выводы. 1. Светимость двойных радиоисточников практически не зависит от расстояния между их внешними компонентами.

2. Намечающееся слабое падение светимости с увеличением расстояния между компонентами может быть объяснено наличием несферической составляющей диаграммы излучения, которая имеет два максимума, направленные в противоположных направлениях и совпадающих с большой осью радиоисточника.

Литература

1. A relationship between luminosity and the separation of region of enhanced emission in weak radio galaxies / M. Birkinshaw, R. Laing, P. Scheuer. — Mon. Not. R. astron. Soc., 1978, 185, p. 39—43.
2. Macdonald G. N., Kenderline S., Ann C. Neville. Observations of the structure of radio sources in the 3C catalogue. I. — Mon. Not. R. Astron. Soc., 1968, 138, p. 259—311.
3. Mackey C. D. Observations of the structure of radio sources in the 3C catalogue. II. — Mon. Not. R. astron. Soc., 1969, 145, p. 31—65.

4. K e l l e r m a n K. I., P a u l i n y - T o t h I. I. K., W i l l i a m s P. J. S. The spectra of radio sources in the revised 3C catalogue. — *Astron. J.*, 1969, 157, p. 1—34.
5. J e n k i n s C. J., P o o l e y G. G., R i l e y J. M. Observations of 104 extragalactic radio sources with the Cambridge 5-km telescope at 5 GHz. — *Mem. R. Astr. Soc.*, 1977, 84, p. 64—99.
6. S a i k i a D. J. Extended radio jets and compact cores in quasars. — *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 1984, 208, p. 234—238.
7. К о м б е р г Б. В. Об эволюции радиокомпонент сильных радиосточников. Препринт № 19 ИПМ АН СССР, 1974.
8. O r r M. J., B r o w n e I. W. A. Relativistic beaming and quasar statistics. — *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 1982, 200, p. 1067—1080.
9. H o e r n e r S. v o n. Radio sources counts and cosmology. — *Astrophys. J.*, 1973, 186, p. 741—765.
10. К а н д а л я н Р. А. Функция радиосветимости сейфертовских галактик. — *Астрофизика*, 1982, 18, с. 580—588.

Поступила в редакцию 23.09.84
