

КЛОЧКОВАТАЯ МОДЕЛЬ РАДИОИЗЛУЧАЮЩИХ ОБЛАКОВ РАДИОГАЛАКТИК

В [1] рассмотрена модель радиоисточника, состоящего из отдельных конденсаций. В рамках предложенного В. А. Амбарцумяном представления о радиогалактиках [2] эти конденсации можно считать результатом фрагментации выброшенного из ядра галактики дозвездного вещества. Можно полагать, что эти конденсации являются областями более сильного магнитного поля — намагниченными облачками. Для простоты поле между облачками будем считать равным нулю. Оказывается, что при этом можно сформулировать определенные требования к структуре такого облака.

С этой целью воспользуемся полученными в [3] результатами. Согласно [3] наблюдаемая мощность F^* радиоизлучения галактик, по крайней мере в некоторой фазе, убывает с увеличением расстояния радиоизлучающего облака от ядра радиогалактики следующим образом:

$$F^* \sim r_0^{-2,1}. \quad (1)$$

Зависимость (1) соответствует адиабатическому расширению облака

$$F^* \sim l^{-2,7}, \quad (2)$$

где l — радиус облака, а $\gamma = 2.6$.

С другой стороны, спектральная плотность F радиоизлучения релятивистских электронов и включенных в этот релятивистский газ отдельных намагниченных облачков определяется известной формулой синхротронной теории:

$$F \sim V \cdot H_{\perp}^{\frac{1+2}{2}} K_*, \quad (3)$$

где V — суммарный эффективный объем намагниченных облачков, $H_{\perp}$ — перпендикулярная лучу зрения составляющая магнитного поля, K_* — рассчитанный на единицу объема коэффициент в спектре релятивистских электронов.

Из условия „вмороженности“ магнитных силовых линий имеем

$$H_{\perp} \sim r^{-2}, \quad (4)$$

где r — радиус облачка.

Предположим, что облачка находятся в динамическом равновесии с релятивистским газом

$$P_{\text{газ}} = P_{\text{обл.}} \quad (5)$$

Давление релятивистского газа пропорционально плотности в степени $4/3$:

$$P_{\text{газ}} \sim \rho^{4/3}. \quad (6)$$

Следовательно

$$P_{\text{газ}} \sim l^{-4}. \quad (7)$$

Будем считать, что давление облачков обусловлено только их магнитным полем

$$P_{\text{обл.}} \sim H^2 \sim r^{-4}. \quad (8)$$

Из (7) и (8) следует, что

$$r \sim l. \quad (9)$$

Сравнивая (4) и (9), получаем

$$H \sim l^{-2}. \quad (10)$$

Используя адиабатический инвариант, можно показать, что

$$K_e \sim l^{-1-2}. \quad (11)$$

По формулам (3), (10) и (11) получается

$$F \sim l^{-21}. \quad (12)$$

Такая зависимость спектральной плотности потока радиоизлучения от размеров радиоизлучающего облака, соответствует наблюдаемым данным (2).

Выражение (12) справедливо лишь в том случае, когда не происходит диффузии релятивистских электронов из облака. Коэффициент диффузии D определяется известной формулой

$$D = \frac{1}{3} \lambda v, \quad (13)$$

где λ — длина свободного пробега частиц, v — скорость их движения. Для рассматриваемых здесь релятивистских электронов $v \approx c$.

Пробег λ частиц определяется по формуле

$$\lambda = \frac{1}{\sigma s}, \quad (14)$$

где σ — эффективное поперечное сечение облака, а s — концентрация облачков.

Выражая концентрацию s через полное число облачков S в облаке и радиус облака l , а также полагая $\sigma = 4\pi r^2$, получим:

$$D = \frac{c}{9S} l^3 / r^2. \quad (15)$$

Радиус облака l зависит от возраста радиогалактики t , согласно [4], следующим образом:

$$l = \alpha \left(\frac{E_0}{\rho_0} \right)^{1/3} t^{2/3}, \quad (16)$$

где α — коэффициент порядка единицы, E_0 — полная энергия взрыва, ρ_0 — плотность межгалактической среды.

Пользуясь приведенными выше соотношениями, легко показать, что за время t частица удалится от своего первоначального положения на расстояние L , равное:

$$L = \sqrt{\frac{10c\alpha}{63S} \left(\frac{l}{r} \right)^2 \left(\frac{E_0}{\rho_0} \right)^{1/3} t^{7/3}}. \quad (17)$$

Очевидно, что для выполнения соотношения (12) необходимо, чтобы отношение L/l оставалось много меньше единицы, например $L/l \lesssim 0.1$. Из этого условия получается зависимость между числом облачков S и возрастом t_0 радиогалактики

$$S \gtrsim 4.8 \cdot 10^{11} \alpha^{-1} \left(\frac{l}{r} \right)^2 \left(\frac{E_0}{\rho_0} \right)^{-1/3} t_0^{2/3}. \quad (18)$$

Очевидно также, что суммарный объем облачков не может превышать объем всего облака:

$$Sr^3 \leq l^3. \quad (19)$$

Из двух последних соотношений, принимая $E_0 = 10^{57}$ эрг, а $\rho_0 = 10^{-28}$ г/см³, $\alpha = 1$ и $t_0 = 10^8$ лет, получаем

$$S \gtrsim 5 \cdot 10^{22} \left(\frac{l}{r} \right)^2, \quad (20)$$

а также

$$\frac{l}{r} \gtrsim 5 \cdot 10^2. \quad (21)$$

Можно предположить, что рассматриваемая диффузия релятивистских электронов из облака и является причиной завершения радиоизлучающей стадии радиогалактики. Такое предположение весьма правдоподобно, так как все другие, рассмотренные в [5] процессы, происходящие в радиоизлучающем облаке на поздней стадии, не могут ус-

корить эволюцию по сравнению с адиабатическим расширением. Как показывает анализ наблюдательных данных, такое ускорение эволюции имеет место.

Действительно, рассмотрим галактики обзора [6], имеющие абсолютные радиовеличины $M > -25^m.5$. Все эти 5 галактик перечислены в табл. 1.

Таблица 1

ЗС	z	M	M_0
386	0.0008	-19.4	-15.4
231	0.0013	-19.9	-19.7
272.1	0.0029	-22.0	-19.2
71	0.0038	-22.4	-20.4
270	0.0070	-24.9	-20.8

Из табл. 1 можно видеть, что ни одна из этих галактик не имеет абсолютной визуальной величины M_0 , меньше $-21^m.0$. Хорошо известно, однако, что радиогалактики по своей оптической светимости являются, как правило, галактиками-сверхгигантами. Таким образом, вероятно, среди известных в настоящее время радиоисточников нет радиогалактик с $M > -25^m.5$.

С другой стороны, число N радиогалактик с абсолютной радиовеличиной M в некотором интервале $M_1 - M_2$ можно подсчитать по формуле

$$N = \int_{M_1}^{M_2} n(M) W(M) dM, \quad (22)$$

где $n(M)$ — дифференциальная функция радиосветимости радиогалактик, $W(M)$ — „доступный“ объем.

Функцию радиосветимости радиогалактик возьмем в форме [8]:

$$\lg n(M) = 0.50 M + 7.7. \quad (23)$$

Тогда вместо (22) будем иметь

$$N \approx 0.1 (10^{-0.1 M_2} - 10^{-0.1 M_1}). \quad (24)$$

Для интервала абсолютных радиовеличин от $-25^m.5$ до $-22^m.0$ по формуле (22) должно быть

$$N \approx 40. \quad (25)$$

Таким образом, отсутствие среди известных объектов радиогалактик с $M > -25^m$ свидетельствует об ускорении эволюции радиогалактик на поздних стадиях их развития. Если причина этого заключается в диффузии релятивистских частиц из радиоизлучающего облака, то вместо (20) получается следующая оценка числа облачков в облаке:

$$S = 5 \cdot 10^2 \left(\frac{l}{r} \right)^2. \quad (26)$$

Если принять, согласно [1], что $l/r \sim 10^3$, то полное число облачков в радиоизлучающем облаке составит $\sim 5 \cdot 10^8$.

В заключение приношу благодарность академику В. А. Амбарцумяну за обсуждение работы и полезные замечания.

Patchy model of radioemitting clouds of radiogalaxies. Some properties of radioemitting clouds of radiogalaxies are considered. It is supposed that these clouds consist of separate condensations of the magnetic field.

29 января 1970

Ю. К. МЕЛИК-АЛАВЕРДЯН

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. G. Burbidge, Nature, 216, 1827, 1967.
2. В. А. Амбарцумян, Проблемы эволюции Вселенной, Ереван, 1968.
3. Ю. К. Мелик-Алавердян, ДАН Арм. ССР, 48, 3, 1969.
4. Р. А. Варданян, Ю. К. Мелик-Алавердян, Астрофизика, 4, 4, 1968.
5. Н. С. Кардашев, Астрон. ж., 39, 3, 1962.
6. J. D. Wyndham, Ap. J., 144, 2, 1966.