

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 13

МАЙ, 1977

ВЫПУСК 2

«СКРЫТЫЕ МАССЫ» И ДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ЗВЕЗДНЫХ СИСТЕМ

В. А. АНТОНОВ, А. Д. ЧЕРНИН

Поступила 27 февраля 1976

Анализ динамической эволюции звездных систем, содержащих «скрытые массы», показывает, что объекты «скрытой массы» не могли формироваться в единых комплексах с видимым населением галактик.

Хорошо известный вириальный парадокс в скоплениях галактик допускает два решения: либо эти системы нестационарны и распадаются, либо они содержат значительные скрытые массы, способные обеспечить гравитационную связанность и стационарность. В пользу второй возможности приводятся аргументы, которых становится все больше [1—4]. Хотя количественные оценки остаются не слишком надежными, полагают, что масса невидимого вещества в системах галактик может в 3—30 раз превышать массу самих галактик.

Скрытое вещество, если оно действительно существует, собрано, вероятнее всего, почти целиком в компактные объекты — звезды малой, $\geq 0.1 \div 0.03 M_{\odot}$, массы и низкой светимости или холодные сгустки нейтрального водорода [5—8].

Существенно, что видимые звезды и «скрытые» компактные объекты (далее СО) обладают различным пространственным распределением: одни сосредоточены в галактиках, тогда как другие рассеяны по гораздо большему (в 100 или 1000 раз) объему, хотя и концентрируются, по-видимому, вокруг массивных галактик и их групп [2—4]. Принципиальным является следующий вопрос. Образовались ли те и другие вместе, в одном объеме и в едином процессе, или СО с самого начала были пространственно и по времени образования отделены от обычных звезд? Предлагаемый нами ответ на этот вопрос основан на анализе динамической эволюции звездных систем. Мы покажем, что СО представляют собою, по-видимому, особую

популяцию, не связанную генетически с нормальным населением звездных систем.

Согласно известным космогоническим представлениям, звезды не могут возникать изолированно, а образуются целыми комплексами в результате фрагментации массивных газовых облаков. Рассуждая от противного, предположим, что в таких комплексах рождались и звезды, и СО. Вторых должно быть по суммарной массе гораздо больше, чем первых. Дальнейшая эволюция комплексов, каждый из которых гравитационно связан, должна вести к отделению СО и выносу их сначала за пределы комплексов, а затем и галактики в целом. Качественно такая картина возможна (см., например, [8]), если массы СО заметно меньше масс обычных звезд. При этом сначала происходит внутренняя релаксация каждого комплекса, в ходе которой массивные его составляющие, т. е. обычные звезды, оседают к центру комплекса. Затем внешние части комплексов, содержащие преимущественно легкие его составляющие, т. е. СО, отрываются благодаря приливному взаимодействию комплексов друг с другом. Наконец, рассеиваясь на комплексах, освободившиеся СО приобретают скорость, достаточную для выхода за пределы галактики. Эти три процесса протекают, разумеется, параллельно, но скорость каждого последующего ограничена скоростью предыдущего, чему отвечает следующая цепочка неравенств для характерных времен:

$$t_{\text{REL}} < t_{\text{DIS}} < t_{\text{ESC}} < t_0. \quad (1)$$

Здесь

$$t_{\text{REL}} \approx \alpha N_1 (G \rho_1)^{-1/2}, \quad \alpha = 0.1 - 0.03; \quad (2)$$

$$t_{\text{DIS}} \approx (G \rho)^{-1/2} R / R_1, \quad (3)$$

$$t_{\text{ESC}} \approx \beta N (G \rho)^{-1/2}; \quad \beta = 1 - 10; \quad (4)$$

суть соответственно времена внутренней релаксации комплекса [9—11], его разрушения [12] и испарения СО из галактики [9—11]. В этих формулах $t_0 \approx 10$ млрд лет — возраст звездных систем; N_1, ρ_1, R_1 — число СО в комплексе, его плотность и размер; N, ρ, R — число комплексов в галактике, ее плотность и размер в исходном состоянии.

Если $0.03 < R < 1$ Мпс, а масса галактики (вместе с СО) $\sim 10^{12} - 10^{13} M_\odot$, то при массах отдельных СО $\sim 0.1 - 0.03 M_\odot$ цепочка (1) совместна, когда

$$N_1 < t_0^2 G \rho_1^{1/2} / \alpha < 10^7, \quad (5)$$

$$N < t_0 (G \rho)^{1/2} / \beta < 300. \quad (6)$$

Но второе из этих требований противоречит первому, ибо из него следует, что комплексы должны быть массивными, $N_1 > 3 \cdot 10^6$. К этому нужно добавить, что по мере разрушения комплексов время t_{ESC} увеличивается и противоречивость цепочки (1), и без того характеризующая расхождением в несколько порядков, еще более возрастает.

Мы видим, что сегрегация звезд и СО вследствие различия их масс с выносом, скажем, половины или более легких СО за пределы протогалактики, оказывается невозможной. Противоположный вывод, сделанный в [8] в предположении, что комплексы являются шаровыми скоплениями, ошибочен, так как в [8] в качестве t_{REL} была взята заниженная величина $\sim 10^9$ лет, верная лишь для самых плотных центральных областей шаровых скоплений [13]; в действительности для заметного разделения звезд внутри комплекса требуется, чтобы релаксация охватила весь его объем. Кроме того, принятая в [8] оценка для $t_{\text{ESC}} \sim 10^9$ лет также занижена и противоречит стандартной формуле (4).

Итак, предполагаемое пространственное распределение скрытой массы не может быть достигнуто, если объекты обоих типов — обычные звезды и СО — составляли когда-либо единые комплексы. Скорее всего, таких комплексов в действительности не существовало и скрытые массы еще на газовой фазе были распределены в формирующихся системах галактик по гораздо большим объемам, чем то вещество, из которого возникли звезды первого поколения. (Некоторые независимые космогонические соображения на этот счет см. в [5, 14]). Компактные объекты скрытой массы, будь они обнаружены прямыми наблюдениями, стали бы в этом смысле населением III звездных систем.

Ленинградский государственный
университет

Физико-технический институт
им. А. Ф. Иоффе АН СССР

“HIDDEN MASSES” AND DYNAMICAL EVOLUTION OF STELLAR SYSTEM

V. A. ANTONOV, A. D. CHERNIN

An analysis of the dynamical evolution of stellar systems with considerable amount of “hidden masses” shows that compact objects of “hidden masses” cannot originate from common complexes with the visible population of stellar systems.

ЛИТЕРАТУРА

1. H. J. Rood, *Ap. J.*, 188, 451, 1974.
2. J. Einasto, A. Kaasik, E. Saar, *Nature*, 250, 309, 1974.
3. J. Einasto, A. Kaasik, E. Saar, A. D. Chernin, *Nature*, 252, 111, 1974.
4. J. P. Ostriker, P. J. E. Peebles, A. Yahil, *Ap. J.*, 193, L1, 1974.
5. А. Д. Чернин, Я. Эйнасто, Э. Саар, Препринт Тартуской обс., № 4, 1974.
6. Б. В. Кумберг, И. Д. Новиков, Препринт ИКИ, № 122, 1974.
7. J. Tarter, J. Silk, *Q. J. RAS*, 15, 122, 1974.
8. W. McD. Napier, B. N. G. Guthrie, *M. N.*, 170, 7, 1975.
9. С. Чандрасскар, Принципы звездной динамики, ИЛ, М., 1948, стр. 206.
10. Л. Э. Гуревич, Б. Ю. Левин, *ДАН СССР*, 70, 65, 1950.
11. L. Spitzer, R. Harm, *Ap. J.*, 127, 544, 1958.
12. P. W. Hodge, R. W. Michie, *A. J.*, 74, 587, 1969.
13. J. P. Ostriker, L. Spitzer, R. A. Chevalier, *Ap. J.*, 176, L51, 1972.
14. В. А. Антонов, А. Д. Чернин, *Письма АЖ*, 1, 18, 1975.