

## R 136a1: СВЕРХЗВЕЗДА ИЛИ ЗВЕЗДНОЕ СКОПЛЕНИЕ?

Объект высокой светимости R 136a1 в Большом Магеллановом Облаке, в принципе, может быть не одиночной сверхмассивной звездой ( $M \approx 2000 M_{\odot}$ ), а компактным звездным скоплением с коротким временем жизни ( $\sim 10^2 - 10^4$  лет) или кратной иерархической системой из 4-6 очень массивных звезд ( $M_* \sim 300 M_{\odot}$ ).

R 136a1: SUPERSTAR OR STAR CLUSTER?, by *Surdin V. G.* — Highly luminous object R 136a1 in the Large Magellanic Cloud may be, in principle, not a single super-massive star ( $M \approx 2000 M_{\odot}$ ), but a compact cluster with short lifetime ( $\sim 10^2 - 10^4$  yr) or a multiple hierarchical system of 4 - 6 very massive stars ( $M_* \sim 300 M_{\odot}$ ).

Объект R 136 в Большом Магеллановом Облаке не первый год привлекает к себе внимание [1]. Это центральный оптический объект очень молодого звездного скопления NGC 2070, расположенного в центре гигантской эмиссионной туманности Тарантул (30 Dor). R 136 разрешается на три компонента —  $a$ ,  $b$  и  $c$ , разделенные расстояниями в 2 - 3". Самый яркий и голубой из них — R 136a. Этот источник в свою очередь состоит по крайней мере из 8-ми компонент. Три ярчайшие из них удалены друг от друга на 0,10" и 0,48" [2]. Именно они ответственны за ионизацию газа в Тарантуле. Особый интерес для исследователей массивных звезд и молодых звездных скоплений представляет объект R 136a1 — ярчайший из неразрешенных источников в этой группе. Его болометрическая светимость оценивается в  $L = (5-7) \cdot 10^7 L_{\odot}$ . Если это одиночная сверхмассивная звезда, то из соображений равновесия сил гравитации и лучевого давления ее масса (эдингтоновская масса,  $M_E$ ) оценивается в 1500-2000  $M_{\odot}$ . Очевидно, что это нижняя граница массы объекта: возможность сверхкритической светимости мало вероятна.

Свойства объекта R 136a1 противоречивы. С одной стороны, есть признаки сверхмассивной звезды: высокая температура поверхности ( $\geq 6 \cdot 10^4$  K), спектр типа O3 или даже более ранний, мощный звездный ветер ( $\dot{M} = 3 \cdot 10^{-4} M_{\odot}/\text{год}$ ,  $V \approx 4000$  км/с). Однако отсутствие оптической переменности и указания теории на нестационарность сверхмассивных звезд заставляют предполагать сложный состав объекта R 136a1. Наверное, это могла бы быть система из нескольких O-звезд или нормальное скопление, содержащее звезды различных масс. Наиболее просто всё же «сконструировать» такое скопление из  $N$  одинаковых звезд, оптические характеристики которых не противоречат наблюдениям R 136a1. Очевидно, это должны быть звезды, близкие к спектральному классу O3. При этом  $10 \leq N \leq 100$ . Каковы наблюдательные и динамические ограничения на параметры такой звездной системы?

Ограничение возраста следует из размера ( $r = 10$  пс) и скорости расширения ( $v = 25$  км/с) каверны, образованной в межзвездном газе давлением звездного ветра от R 136a [3].  $t_{\min} = r/v = 4 \cdot 10^5$  лет.

Абсолютный верхний предел радиуса источника R 136a1 дают фотографические измерения  $R_0 = 0,1''$  ( $= 0,025$  пс) [4]. Спекл-интерферометрические измерения [5] этой же величины уверенно дают значение  $R_1 = 0,04''$  ( $= 0,01$  пс) и менее уверенно значение  $R_2 = 0,01''$  ( $= 0,0025$  пс).

Учитывая высокую плотность объекта (см. таблицу), можно заключить, что внешние факторы динамической эволюции — приливное влияние со стороны скоплений, облаков и прочее — в данном случае несущественны. Поэтому рассмотрим три основных внутренних динамических фактора: диссипацию скопления в результате

$R$ , угл. сек.	$R$ , пс	$n$ , $M_{\odot}/\text{пс}^3$	$v$ , км/с	$t_{dis}$ , лет ( $N=50$ )
0,1	0,025	$3 \cdot 10^7$	19	$1,3 \cdot 10^4$
0,04	0,01	$5 \cdot 10^8$	30	$3 \cdot 10^3$
0,01	0,0025	$3 \cdot 10^{10}$	60	$4 \cdot 10^2$

звездно-звездной релаксации, взаимные столкновения звезд и потерю массы в форме газа.

Согласно классической звездной динамике [6], время диссипации скопления для  $N \sim 10^2$  составляет

$$t_{dis} = 39 t_{rel} \cong \frac{N}{5} \left( \frac{R^3}{GM} \right)^{1/2},$$

где  $t_{rel}$  — время релаксации,  $N$  — число звезд,  $R$  и  $M$  — радиус и масса скопления.

Характерное время между прямыми (физическими) столкновениями звезд

$$t_{col} = (\sigma n v)^{-1} = \left[ 4\pi r_*^2 \left( 1 + \frac{v_{\infty}^2}{v^2} \right) \frac{3Nv}{4\pi R^3} \right]^{-1} \cong \frac{R}{6r_*} \left( \frac{R^3}{GM} \right)^{-1},$$

где  $r_*$  и  $M_*$  — радиус и масса звезды,  $v = \sqrt{GM/R}$  — характерная скорость звезд в скоплении,  $v_{\infty} = \sqrt{2GM_*/r_*}$  — параболическая скорость на поверхности звезды ( $\sim 10^3$  км/с). В нашем случае всегда  $v_{\infty} > v$ .

Для звезд главной последовательности можно принять  $r_* = R_{\odot} (M_*/M_{\odot})^{1/2}$  [7]. Тогда

$$\frac{t_{dis}}{t_{col}} \cong \frac{Nr_*}{R} < \frac{Nr_* (M_* = 2000 M_{\odot})}{R_2} < 1 \quad \text{при } N < 10^3.$$

Характерное время потери массы в форме газа при сохранении наблюдаемой мощности звездного ветра

$$t_{gas} \cong M_E/M \approx 10^7 \text{ лет.}$$

Таким образом,  $t_{dis} < \min \{ t_{col}, t_{gas} \}$ . Значит доминирующим динамическим процессом при всех правдоподобных значениях  $N$  является процесс звездно-звездной релаксации, приводящий к диссипации скопления.

Вообще говоря, можно построить непротиворечивую модель скопления O-звезд ( $N \sim 50$ ), имитирующую основные наблюдаемые характеристики объекта R 136a1, хотя по своим параметрам (см. таблицу) такое скопление не будет иметь аналогов. Столь высокие пространственные плотности ( $n$ ) и дисперсии скоростей ( $v$ ) звезд, как указывает теория, характерны для ядер шаровых скоплений в период их коллапса. Молодые рассеянные скопления обычно далеки от этого этапа эволюции. К тому же его продолжительность в будущем ( $t_{dis} \sim 10^2 - 10^4$  лет) значительно короче предшествующего этапа эволюции объекта R 136a ( $t_{min} = 4 \cdot 10^5$  лет). Такая ситуация выглядит маловероятной, хотя, в принципе, возможной. Значение  $t_{dis}$  немного увеличится, если предположить, что помимо массивных звезд в скоплении есть значительное количество звезд промежуточной и малой массы. Правда, в этом случае скопление по своим параметрам приблизится к ядрам сейфертовских галактик [8], а неравенство  $t_{dis} < t_{min}$  все равно сохранится.

Наиболее привлекательной многокомпонентной моделью объекта R 136a1, на наш взгляд, выглядит вариант кратной звездной системы с иерархической структурой (2+1, 2+2 и т. п.). Такая система может образоваться в результате эволюции звездного скопления (после диссипации большинства его членов) и, в отличие от скопления, будет обладать большим временем жизни [9]. Система, содержащая 4–6 компонент с индивидуальными массами  $M_* \sim 300 M_{\odot}$ , могла бы объяснить наблюдаемые характеристики объекта R 136a1, не вводя в явное противоречие со звездной динамикой и теорией внутреннего строения звезд.

**Заключение.** Существует две возможности построения многокомпонентной модели объекта R 136a1: 1) компактное скопление нескольких десятков O-звезд и

2) кратная иерархическая система из 4–6 очень массивных звезд ( $M. \sim 300 M_{\odot}$ ). Первая модель обладает малым временем жизни из-за диссипации, вторая – сложной пространственной структурой. Обе модели выглядят в достаточной степени искусственными и требуют дальнейшего изучения возможности устойчивой эволюции сверхмассивных звезд с  $M. \sim 2000 M_{\odot}$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Structure and evolution of the Magellanic Clouds. IAU Symp. N 108/Eds van den Bergh S., de Boer K. S. Dordrecht: Reidel D., 1984. P. 243.
2. Weigelt G., Baier G., Ladebeck R. // ESO Messenger. 1985. № 40. P. 4.
3. Feitzinger J. V., Hanuschik R. W., Schmidt-Kaler Th. // Monthly Notices Roy. Astron. Soc. 1984. V. 211. P. 867.
4. Chu Y.-H., Wolfire M. // Bull. Amer. Astron. Soc. 1983. V. 15. P. 644.
5. Meaburn J., Hebden J. C., Morgan B. L., Vine H. // Monthly Notices Roy. Astron. Soc. 1982. V. 200. P. 1P.
6. Чандрасекар С. Принципы звездной динамики. М.: Изд-во иностр. лит., 1948. С. 72.
7. Де Ягер К. Звезды наибольшей светимости. М.: Мир, 1984. С. 203.
8. Дибай Э. А. // Итоги науки и техники. Сер. Астрономия. М.: ВИНТИ, 1981. Т. 18. С. 58.
9. Аносова Ж. П. // Итоги науки и техники. Сер. Астрономия. М.: ВИНТИ, 1985. Т. 26. С. 68.