

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 12

ФЕВРАЛЬ, 1976

ВЫПУСК 1

О ФИЗИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ В ТУМАННОСТЯХ NGC 6888 и S 308

И. Ф. МАЛОВ

Поступила 1 июля 1975

Пересмотрена 10 сентября 1975

На основе модели полый излучающей сферы вычислены параметры туманностей NGC 6888 ($\bar{N}_e = 36.3 \text{ см}^{-2}$, $M = 176 M_\odot$, $t = 5 \cdot 10^4 \text{ лет}$, $V = 57 \text{ км/сек}$) и S 308 ($\bar{N}_e = 6.5 \text{ см}^{-2}$, $M = 150 M_\odot$, $t = 7 \cdot 10^4 \text{ лет}$, $V = 62 \text{ км/сек}$). Отмечается тенденция к уменьшению массы кольцеобразных туманностей с увеличением галактической широты.

1 В [1] была предложена модель туманности NGC 2359 вокруг звезды HD 56925 (WN 5) в виде полый излучающей сферы—оболочки, «нагретой» вытекающим из звезды газом. В настоящей работе эта модель применяется к двум другим кольцеобразным туманностям, связанным со звездами WR: NGC 6888 и S 308. Данные об этих объектах приводятся в табл. 1, составленной на основе работ [2—5]. В дальнейших оценках

Таблица 1

Номер звезды по HD	Тип звезды	α_{1900}	δ_{1900}	l^{II}	b^{II}
50896	WN 5	06 ^h 50 ^m 0	-23°48'	234.8	-10.1
192163	WN 6	20 08.4	38 03	75.5	+ 2.4

Расстояние до звезды (кpc)	Название туманности	Внешний диаметр ($2\theta_2$)°	Внутренний диаметр ($2\theta_1$)°	Температура туманности T (°K)	Радиус туманности r_2 (пс)
1.59	S 308	33'	26'		7.65
2.29	NGC 6888	15'	13'	15000	5

* Для простоты форма туманности предполагалась сферической. В таблице приводятся средние размеры этой сферы, полученные по фотографиям Паломарского атласа.

будут использоваться также данные о радиопотоках от исследуемых туманностей, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

РАДИОПОТОКИ ОТ S 308 [6] И NGC 6888 [6—9]

ν (МГц)	8500	7795	5010	1400	750	318
S 308			1.2±1.4			
NGC 6888	3.2±1.0	4.0±1.2		4.7±1.0	3.9±0.8	2.7±0.4

2. Используя формулу (1) работы [1], по данным табл. 2 оценим среднюю электронную плотность в оболочке (табл. 3). При вычислении N_e в S 308 принималось $T = 10^4$ К, поскольку для аналогичных объектов T имеет тот же порядок (в NGC 2359 $T = 12000$ К [10], а в NGC 6888—15000 К), и, кроме того, из использованной формулы приближенно имеем $N_e \propto T^{1/4}$, т. е. небольшие ошибки в T практически не сказываются на вычисленных значениях N_e .

Формула (2) работы [1] дает возможность вычислить спектры туманностей (см. рис. 1).

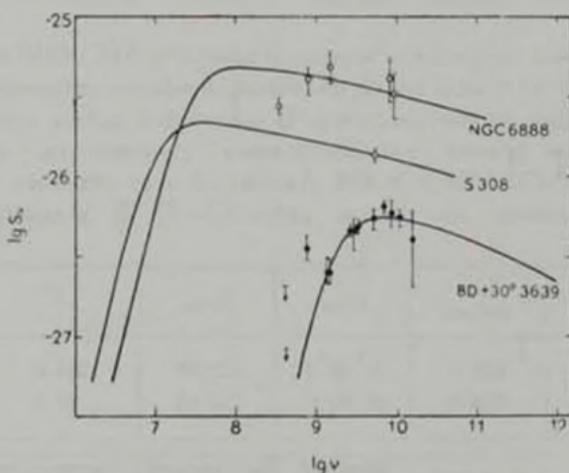


Рис. 1. Спектры исследуемых туманностей в радиодиапазоне.

Используя известные данные о туманностях и посчитанные значения N_e , оценим массу оболочки

$$M = \frac{4}{3} \pi R^3 (n_2^2 - n_1^2) N_e m_H \quad (1)$$

и плотность среды, из которой эта оболочка образовалась

$$N_{\text{H}} = \frac{n_2^2 - n_1^2}{n_2^2} N_e. \quad (2)$$

Полученные значения приведены в табл. 3. Наши оценки массы несколько выше, чем в [7, 11]. Это связано с тем обстоятельством, что в указанных работах при вычислении массы использовались помимо наблюдаемых величин радиопотоков значения N_e из оптических наблюдений волокон ($N_e \sim 100 - 400 \text{ см}^{-3}$), что является неправомерным, поскольку в S 308 и NGC 6888 волокна занимают незначительную часть объема оболочки, и средняя электронная плотность должна быть существенно меньше. В NGC 2359, где кольцо почти сплошное, наша оценка массы и оценка из [11] практически совпадают.

Намечается тенденция к уменьшению M и N_{H} с увеличением $|b''|$ (у NGC 2359 $b'' = -0.1$). Этого следовало ожидать, поскольку плотность газа падает с увеличением Z — координаты.

Таблица 3

ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТУМАННОСТЕЙ

Название туманности	N_e (см^{-3})	Масса туманности (M/M_\odot)	N_{H} (см^{-3})	t (лет)	V (км/сек)
S 308	6.5	150	3.3	$7 \cdot 10^4$	62
NGC 6888	36.3	176	13	$5 \cdot 10^4$	57
NGC 2359 [11]	156	340	50	$6 \cdot 10^4$	42

3. В работе [1] из закона сохранения энергии для оболочки получены выражения для зависимости радиуса туманности и скорости ее расширения от времени, из которых можно вычислить возраст туманности и скорость ее расширения в настоящее время:

$$t = 3.27 \cdot 10^3 \left(\frac{r_2^2 N_{\text{H}}}{|M| V_2^2} \right)^{1.3}. \quad (3)$$

$$V = 180 \left(\frac{|M| V_2^2}{r_2^2 N_{\text{H}}} \right)^{0.7}. \quad (4)$$

Здесь r_2 выражено в пс , M — в $M_\odot/\text{год}$, t — в годах, V и V_2 — в км/сек .

Туманности, по-видимому, наблюдаются вокруг звезд, из которых происходит наиболее интенсивное истечение вещества⁰. Поэтому мы примем

⁰ Звезды HD 50896 и HD 192163 относятся к самым высокотемпературным звездам WR ($T_e > 10^5 \text{ K}$) [14].

$|M| = 10^{-5} M_{\odot}/\text{год}$ и $V_{\infty} = 1000$ км/сек. При этом получаются значения t и V , приведенные в табл. 3. Из этой таблицы следует, что все исследованные туманности имеют возраст и скорость расширения одного порядка.

4. Все рассмотренные нами туманности связаны со звездами WN. Как следует из [2], единственной известной звездой WC, вокруг которой наблюдается подобная туманность, является звезда BD+30°3639 (WC 8). Существует много оптических и радионаблюдений этой туманности [12], которые позволяют оценить ее физические параметры. Используя формулу (1) работы [1] и соотношение (для $\tau \gg 1$):

$$S = \frac{2\pi k T v^2}{c^2} b_2^2 \quad (5)$$

при $R = 3.35$ клс, $\theta_2 = 3''$, $\theta_1 = 0$, получим $T = 7400$ К и $N_e = 1.21 \cdot 10^4$ см $^{-3}$ (соответствующий спектр показан на рисунке). Масса туманности оказывается равной $0.142 M_{\odot}$. Из приведенных данных следует, что туманность вокруг звезды BD+30°3639 по своим параметрам резко отличается от кольцеобразных туманностей вокруг звезд WN и близка к обычным планетарным туманностям [13].

Для ответа на вопрос о том, почему вокруг звезд WC не наблюдается таких же туманностей, как вокруг звезд WN, необходимо тщательно исследовать среду в окрестности большего числа звезд WR. Решение этого вопроса приблизит нас к пониманию причин различия звезд WN и WC.

Физический институт
им. П. Н. Лебедева АН СССР

ON THE PHYSICAL CONDITIONS IN NGC 6888 AND S 308

I. F. MALOV

The model of the spherical radiating envelope is adopted and the parameters of NGC 6888 ($N_e = 36.3$ см $^{-3}$, $M = 176 M_{\odot}$, $t = 5 \cdot 10$ years, $V = 57$ км/сек) and S 308 ($N_e = 6.5$ см $^{-3}$, $M = 150 M_{\odot}$, $t = 7 \cdot 10^4$ years, $K = 62$ км/сек) are calculated.

It is pointed out that the mass of ring nebulae decreases with the increase of the galactic latitude.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Ф. Малов, В. С. Артюх, В. М. Малфасса, *Астрофизика*, 11, 609, 1975.
2. A. B. Underhill, *Ann. Rev. Astr. Astrophys.*, No 6, 1968.
3. L. F. Smith, *M. N.*, 138, 109, 1968.
4. L. F. Smith, *M. N.*, 141, 317, 1968.
5. R. A. R. Parker, *Ap. J.*, 139, 493, 1964.
6. H. M. Johnson, *Ap. J.*, 167, 491, 1971.
7. H. M. Johnson, D. E. Hoeg, *Ap. J.*, 142, 1033, 1965.
8. Т. А. Лозинская, *Астрон. ж.*, 47, 122, 1970.
9. Y. Terzian, *A. J.*, 75, 1155, 1970.
10. Т. А. Лозинская, В. Ф. Есипов, *Астрон. ж.*, 48, 449, 1971.
11. L. F. Smith, R. A. Butcher, *Austral J. Phys.*, 23 203, 1970.
12. L. A. Higgs, *National Research Council of Canada, P. A. B. 1, No. 1, 1971.*
13. Г. А. Гурвадян, *Планетарные туманности*, Физматгиз, М., 1962.
14. *Явления нестационарности и звездная эволюция*. Наука, М., 1974.