

УДК: 524.35:524.86Н

НЕЙТРАЛЬНЫЙ ВОДОРОД ВОКРУГ НЕКОТОРЫХ МОЛОДЫХ  
ОСТАТКОВ СВЕРХНОВЫХ

И. В. ГОСАЧИНСКИЙ, В. К. ХЕРСОНСКИЙ

Поступила 30 июля 1986

Принята к печати 3 ноября 1986

Наблюдения распределения нейтрального водорода вокруг остатков сверхновых G 5.3—1.1 и G 24.7+0.6, выполненные на радиотелескопе РАТАН-600 с разрешением  $2' \times 130' \times 6.3$  км/с, показали, что вокруг этих объектов имеются расширяющиеся оболочки HI диаметром 68 и 128 пк, с массами 640 и  $4.6 \cdot 10^3 M_{\odot}$ . Наиболее вероятным механизмом их образования является истечение звездного ветра за время жизни звезд на главной последовательности. Сделаны оценки масс звезд (17 и  $38 M_{\odot}$ ) и масс газа, сброшенных при взрывах сверхновых.

1. *Введение.* Исследование взаимодействия остатков сверхновых с межзвездной средой представляет большой интерес, поскольку оно помогает выяснить ряд проблем, связанных с эволюцией самих остатков и с их влиянием на динамику межзвездной среды. В этом смысле наибольшего эффекта следует ожидать, разумеется, от старых, наиболее прорволюционировавших остатков сверхновых. Однако в работе [1] на примере остатка сверхновой ЗС 396 мы показали, что по крайней мере некоторые из молодых остатков сверхновых также имеют расширяющиеся оболочки нейтрального газа. Такие оболочки не могут быть связаны непосредственно с ударной волной остатка, так как их динамический возраст намного превышает возраст остатка сверхновой, а также длительность фазы предсверхновой. Следовательно, можно предположить, что такого рода оболочки образуются под действием других факторов, связанных с эволюцией звезды, взрыв которой в дальнейшем привел к образованию остатка сверхновой. Одним из таких факторов, если не самым главным, является звездный ветер.

Как показано в [1], наблюдаемые параметры оболочки HI позволяют сделать ряд важных оценок для звезды и взрыва сверхновой. Поэтому мы предприняли поиск таких оболочек вокруг еще семи молодых остатков

(плерионов) из списка [2]: G 5.3—1.1, G 21.5—0.9, G 24.7+0.6, G 27.8+0.6, G 29.7—0.3, G 74.9+1.2 и G 227.1+1.0. Оказалось, что два из этих объектов имеют отчетливо выраженные оболочки HI с радиальным движением. В настоящей статье подробно рассмотрены результаты наблюдений по этим двум объектам. В остальных пяти случаях сложное распределение газа вокруг остатков, а также неуверенность расстояний до этих объектов не позволяют сделать уверенных заключений о наличии оболочек HI.

2. *Аппаратура и методика наблюдений и обработки.* Наблюдения HI вокруг остатков сверхновых G 5.3—1.1 и G 24.7+0.6 проводились на северном секторе радиотелескопа РАТАН-600. Параметры антенны на волне 21 см и спектральной аппаратуры, методика наблюдений и обработки результатов подробно описаны в работах [3, 4]. Ширина диаграммы направленности антенны составляла  $2' \times 130'$ , эффективная площадь  $850 \text{ м}^2$ , шумовая температура системы — 80 К. Использовался 39-канальный фильтровой спектроанализатор с шириной канала 30 кГц (6.3 км/с). Для каждого объекта были получены по две серии из трех наблюдений со сдвигом настройки спектроанализатора на 3.1 км/с. После осреднения трех записей и сглаживания их на интервале 15 с средний квадрат флуктуаций составлял в спектральных каналах — 0.15 К, в канале непрерывного спектра 0.01 К.

Для выделения деталей распределения излучения HI в окрестности исследуемых объектов на кривых прохождения проводился фон излучения HI. Из-за сравнительно низкой разрешающей способности антенны по склонению поведение деталей в этом направлении контролировалось по изофотам [5, 6], полученным с меньшим угловым разрешением.

3. *Результаты наблюдений.* а) *Остаток сверхновой G 5.3—1.1.* Кривые прохождения, полученные на склонении —  $25^\circ$ , приведены на рис. 1. Верхняя кривая — в канале непрерывного спектра, нижние — в каналах спектрометра. Справа приведены лучевые скорости каждого спектрального канала относительно местного стандарта покоя. Штриховыми линиями обозначен фон излучения Галактики в непрерывном спектре и в линии HI. Штриховкой на кривых прохождения выделены остаток сверхновой G 5.3—1.1 и ближайшие к нему детали линии излучения HI.

Согласно [7], расстояние до остатка сверхновой G 5.3—1.1 составляет 5 кпк. В соответствии с моделью дифференциального галактического вращения [8] газ на этом расстоянии и на этой долготе должен иметь лучевую скорость  $+18.5 \text{ км/с}$ . Заметим, что следы линии поглощения, видимые на наших кривых прохождения на лучевых скоростях от  $+5.7$  до  $+14.4 \text{ км/с}$ , подтверждают указанное выше расстояние до этого источника. Других наблюдений линии поглощения HI в этом источнике не производилось.

Выделенные на рис. 1 облака Н I в диапазоне лучевых скоростей от  $+12.0$  до  $+31.0$  км/с, находящиеся в непосредственной близости от источника G 5.3—1.1 по прямому восхождению, имеют зависимость координаты от лучевой скорости, характерную для оболочки Н I с крупномасштабным радиальным движением. Результаты обзора [5] на долготах от  $4.5$  до  $6^\circ$  в общем подтверждают это предположение, хотя угловые размеры оболочки слишком малы для уверенного ее выделения с угловым разрешением антенны, использованной в этом обзоре.

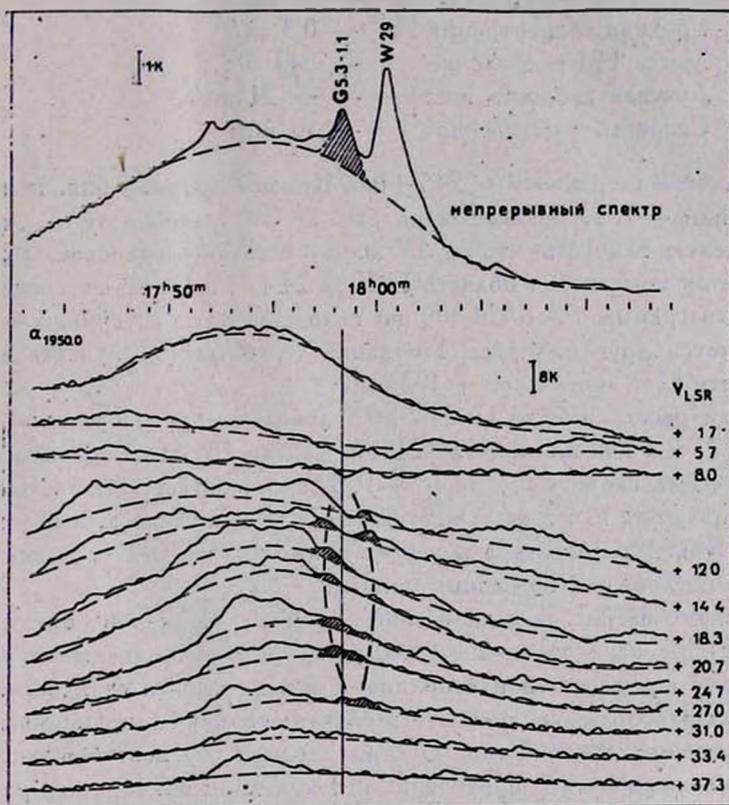


Рис. 1. Кривые прохождения области остатка сверхновой G 5.3—1.1. Верхняя кривая — в канале непрерывного спектра, лучевые скорости каналов спектрометра указаны справа. Выделено излучение остатка сверхновой и ближайших к нему облаков Н I. Штриховые кривые — фон излучения Галактики.

Средняя лучевая скорость этой оболочки составляет около 21 км/с, что прекрасно согласуется с лучевой скоростью газа, который должен находиться в непосредственной близости от остатка сверхновой G 5.3—1.1 со-





относящихся к классу плерионов, не превышает нескольких единиц на  $10^4$  лет [2]. Это связано, по-видимому, с уменьшением активности нейтронной звезды в центре остатка. В этом случае наиболее важным фактором, инициирующим расширение оболочки H I, является звездный ветер, воздействующий на межзвездный газ за время жизни звезды на главной последовательности [10]. В конце своей эволюции звезда могла вспыхнуть как сверхновая, что привело к образованию внутри старой оболочки H I молодого остатка сверхновой.

В рамках такого предположения можно по наблюдаемым параметрам оболочек H I оценить мощность истечения звездного ветра, а следовательно, и спектральный класс звезд. При этом будем предполагать, что перед взрывом звезда эволюционировала как нормальный гигант главной последовательности. Согласно [11], требуемая мощность ветра,  $P_*$ , и возраст оболочки,  $t_0$  (в единицах  $10^6$  лет), связаны с наблюдаемой скоростью расширения оболочки,  $V_0$  (км/с), и ее радиусом,  $R_S$  (пк) следующими соотношениями:

$$P_* = \frac{1}{2} \dot{M}_0 V_0^2 = 6.78 \cdot 10^{-7} n_0 R_S^2 V_0^3, \quad (1)$$

$$t_0 = 0.59 R_S / V_0, \quad (2)$$

где  $\dot{M}_0$  — скорость потери массы (в единицах  $10^{-6} M_\odot/\text{год}$ ),  $V_0$  — скорость истечения звездного ветра (в единицах  $10^3$  км/с),  $n_0$  — невозмущенная концентрация межзвездного газа в области распространения ударной волны. Последнюю величину можно оценить, считая, что оболочка H I содержит весь газ, существовавший в объеме с радиусом  $R_S$  до начала истечения. Ниже приведены результаты оценок для этих двух объектов.

*G 5.3—1.1.* Расчет по формулам (1) и (2) дает следующие значения:  $P_* = 0.19$ ,  $t_0 = 2.0$ . Согласно [12], такую мощность звездного ветра может обеспечить звезда главной последовательности спектрального класса O6.5 с массой  $\approx 20 M_\odot$  и скоростью потери массы  $\approx 1.2 \cdot 10^{-7} M_\odot/\text{год}$ . За время  $\sim 2 \cdot 10^6$  лет она может потерять не более  $1 M_\odot$ . Если принять, что масса нейтронной звезды в центре остатка составляет  $\approx 2 M_\odot$ , то легко определить массу звезды, сброшенную при взрыве —  $17 M_\odot$ .

*G 24.7+0.6.* Аналогичные оценки для этого объекта приводят к следующим значениям:  $P_* = 2.55$ ,  $t_0 = 3.0$ . В данном случае масса звезды оказывается несколько большей —  $43 M_\odot$ . Потеря массы за счет звездного ветра составляет  $9 \cdot 10^{-7} M_\odot/\text{год}$ , а за все время жизни звезды порядка  $3 M_\odot$ . Следовательно, масса, сброшенная при взрыве сверхновой, может составлять порядка  $38 M_\odot$ .

Приведенные оценки показывают, что наблюдения нейтрального водорода вокруг молодых остатков вспышек сверхновых позволяют оценить важные эволюционные параметры звезд. Поэтому дальнейшие наблюдения такого рода представляют большой интерес.

Специальная астрофизическая  
обсерватория АН СССР

## NEUTRAL HYDROGEN AROUND SOME YOUNG SUPER NOVA REMNANTS

I. V. GOSACHINSKIJ, V. K. KHERSONSKIJ

HI observations around super nova remnants G5.3—1.1 and G24.7+ +0.6 were made with the RATAN-600 radio telescope with resolution of  $2' \times 130' \times 6.3$  km/s. Expanding HI shells were found around these objects with diameters about 68 and 128 pc and HI masses about  $40$  and  $4.6 \cdot 10^3 M_{\odot}$ . The most probable nature of these shells is stellar wind outflow from the stars during their evolution on the main sequence. The estimates of stellar masses were made ( $17$  and  $38 M_{\odot}$ ) and of gas masses ejected during super nova explosions.

### ЛИТЕРАТУРА

1. И. В. Госачинский, В. К. Херсонский, Астрон. ж., 64, № 2, 1987.
2. К. W. Weiler, Observatory, 103, 85, 1983.
3. А. П. Венгер, И. В. Госачинский, В. Г. Грачев, Н. Ф. Рыжков, Изв. САО АН СССР, 14, 118, 1981.
4. А. П. Венгер, А. Г. Гасанов, Ю. Д. Рудзь, Г. Н. Ильин, Н. Ф. Рыжков, А. А. Туз, Препр. ЛФ САО АН СССР, № 8, 1, 1984.
5. F. J. Kerr, Austral. J. Phys. Astrophys. Suppl. Ser., 9, 1, 1969.
6. G. Westerhout, Maryland-Green Bank Galactic 21-cm Line Survey, Second edition, Univ. Maryland, 1969.
7. D. K. Milne, Austral. J. Phys., 32, 83, 1979.
8. W. S. Burton, M. A. Gordon, Astron. and Astrophys., 63, 7, 1978.
9. D. Downes, T. L. Wilson, J. Biegling, J. Wink, Astron. and Astrophys. Suppl. Ser., 40, 379, 1980.
10. F. C. Bruhweiler, T. R. Gull, M. Kafatos, S. Sofia, Astrophys. J., 238, L27, 1980.
11. R. Weaver, R. McCray, J. Castor, P. Shapto, R. Moore, Astrophys. J., 218, 377, 1977.
12. M. Felly, N. Panagia, Astron. and Astrophys., 101, 424, 1981.