

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 10

ФЕВРАЛЬ, 1974

ВЫПУСК 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОВ ГАЛАКТИЧЕСКИХ ОСТАТКОВ СВЕРХНОВЫХ ЗВЕЗД

Г. В. АХУНДОВА, О. Х. ГУСЕЙНОВ, Ш. Ю. РАХАМИМОВ

Поступила 7 мая 1973

Пересмотрена 25 ноября 1973

Предлагается метод оценки типа остатков Сверхновых звезд (SNR) по связи их с рассеянными звездными скоплениями и ОВ-ассоциациями. В объеме, ограниченном 2.5 клс, рассмотрено пространственное распределение 32 SNR, что дало возможность определять тип SNR.

В настоящее время с большой уверенностью можно говорить о том, что образование релятивистских звезд сопровождается взрывом Сверхновых звезд (SN) [1, 2]. При этом релятивистские звезды должны находиться в пределах остатков Сверхновых звезд (SNR), так как пространственные скорости пульсаров порядка 100 км/сек [3, 1], время жизни SNR $\sim 4 \cdot 10^4$ лет, а размеры ~ 10 пс. Возможность определить тип релятивистской звезды (нейтронная звезда или черная дыра) в остатке может дать знание массы предсверхновых. С этой точки зрения определение типа и массы SNR является принципиально важным.

Известно, что радиоастрономические методы с большим трудом определяют порядок массы SNR. В то же время для остатков SN, которые находятся в плоскости Галактики (в областях сосредоточения газа и пыли), неизвестно, какая доля массы остатка была выброшена во время взрыва SN, а какая присоединилась в процессе расширения SNR. Поэтому любой другой независимый метод, позволяющий оценить массу SNR, представляет ценность. В настоящей работе мы предлагаем новый подход к этому вопросу.

На основании анализа частоты вспышек Сверхновых в других галактиках известно, что в нашей Галактике, являющейся промежуточной между Sc и Sb типами, частота вспышек составляет 0.04 в год. При этом вспышки II типа в нашей Галактике происходят в два раза чаще, чем вспышки I типа [4—6]. Известно также, что вспышки II типа встречаются только в галактиках со спиральной структурой, а в нашей Галактике — в спиральных рукавах, где находятся горячие звезды [6, 7]. Следовательно, с большой вероятностью можно предположить, что вспышки Сверхновых II типа происходят в пределах ОВ-ассоциаций или рассеянных скоплений. (Однако нельзя забывать, что $\sim 10\%$ ОВ звезд находится вне ассоциаций и скоплений).

Так как средний размер звездных ассоциаций ~ 200 пс, а число их в объеме с радиусом 2.5 клс около 50 [8, 9], можно найти, что отношение суммы сечений областей, занятых ассоциациями и рассеянными звездными скоплениями, к сечению рассматриваемого объема равно 0.08. Поэтому корреляция остатков с ассоциациями и рассеянными скоплениями явилась бы еще одним аргументом в пользу того, что остатки SN произошли в результате вспышек членов этих звездных ассоциаций или рассеянных скоплений. При этом SNR, отождествленные со скоплением горячих звезд (см. ниже), мы связывали с наиболее ранними членами этих скоплений, исходя из данных о зависимости скорости эволюции звезд от их масс и отношения локальной пространственной плотности звезд разных масс. SNR I типа, являющиеся, в основном, продуктами эволюции звезд раннего F и позднего A классов, не должны быть связаны с указанными выше объектами. Такие остатки, в среднем, должны иметь большие z -координаты.

Для сравнения распределения остатков Сверхновых и рассеянных звездных скоплений и ассоциаций нами использованы каталоги [10] и [11]. В дальнейшем для уточнения данных о расстояниях, угловых размерах и z -координатах остатков SN использовался каталог [12]. Следует отметить, что каталог [11] дополнен новейшими данными.

На основании каталога [11] все рассеянные скопления были нанесены на карту в пределах $b = \pm 15^\circ$ вдоль галактической плоскости. На эту же карту были нанесены остатки SN. Рассмотрение этого видимого распределения дает наглядное представление о распределении остатков SN по отношению к спиральным рукавам и к центру Галактики. Связь остатков SN с рассеянными скоплениями и ассоциациями не вызывает сомнений. В направлении на центр Галак-

тики содержится около 50% остатков, но их расстояния, как правило, превышают 3 клс.

Принимая во внимание тот факт, что данные о скоплениях, удаленных на расстояние более чем 2.5 клс, неполны, мы ограничились остатками SN с расстояниями $d \leq 2.5$ клс. Результаты отождествления этих остатков с ассоциациями и рассеянными скоплениями приведены в табл. 1. Во 2—5 столбцах таблицы приводятся данные об остатках Сверхновых: галактические координаты, тип SN, z -координата в пс по [10] и [12] и расстояния в клс.

В 6—10 столбцах таблицы приводятся данные об ассоциациях и рассеянных скоплениях [11], для которых возможна связь с остатками SN. Наличие связи устанавливалось нами по совпадению положения на небе SNR со скоплениями и ассоциациями и по возможному совпадению расстояний до них. При этом в таблице даются пределы расстояний до скоплений и ассоциаций по определению нескольких авторов (7 и 9 столбцы). В 10-м столбце приводится спектральный тип самой ранней звезды главной последовательности данного рассеянного скопления. И, наконец, в 11 и 12 столбцах табл. 1 приведены оцененные нами возможные массы звезды (см. ниже) и тип SNR.

Данные табл. 1 позволяют сделать следующие заключения. Из остатков SN с $d \leq 2.5$ клс 16 отождествляются с рассеянным скоплением или ассоциацией. В восьми случаях из этих шестнадцати SNR отождествлены нами с рассеянными звездными скоплениями, у которых главная последовательность начинается с горячей звезды (O—B3). Возможные массы звезды до вспышки оценивались здесь по самой ранней звезде главной последовательности. Аналогично мы поступали в случаях отождествления остатков SN со звездными ассоциациями. Отметим, что остаток SN № 30 (табл. 1) Вестерлунд отождествил с группой горячих звезд [13].

У 8 из 16 неотожествленных остатков z -координата превышает 100 пс. В этом случае мы считаем, что с большой вероятностью SNR появился в результате вспышки звезды раннего F или позднего A-типа. Поэтому возможная масса звезды до вспышки оценивалась нами как $1.5\text{--}2 M_{\odot}$ (столбец 11) в зависимости от z -координаты.

Если мы проанализируем табл. 1 с точки зрения возможного типа Сверхновых, то окажется, что 14 остатков нужно отнести ко II типу; 2 случая возможного отождествления остатков с ассоциациями также примыкают к нему.

В 7-ми случаях ($M < 2M_{\odot}$) мы относим остатки к I типу. Наконец, в 9-ти случаях, когда оцененная нами масса составляет $\sim 2M_{\odot}$, равновероятны I, и II типы. Таким образом, отношение числа вспы-

№	О с т а т о к			
	Галактические координаты	Тип	z (пс)	d (кпс)
1	2	3	4	5
1	G6.5—0.1	II	—3	1.5—1.7
2	G23.1—0.0		—1	1.0
3	G27.3+0.8		0	2.2—3.2
4	G32.0—4.9		—155÷—240	1.8—2.8
5	G34.6—0.5		— 13÷—19	1.5—2.2
6	G37.6—0.1		— 4÷—55	2.2—3.2
7	G39.7—2.0		— 57÷—85	1.6—2.4
8	G41.9—4.1		— 49÷—75	0.7—1.1
9	G47.6+6.1		214—334	2.0—3.2
10	G49.0—0.3		— 10÷—22	1.9—2.5
11	G74.9—8.6 Cygnus Loop		— 91÷—143	0.6—1.0
12	G78.1+1.8		55—127	1.7—4.0
13	G78.9+3.7		94—130	1.4—2.0
14	G82.2+5.4		107—136	1.1—1.4
15	G89.1+4.7		63—94	0.8—1.1
16	G93.6—0.3		— 8÷—12	1.6—2.4

Таблица 1

Ассоциация		Скопление			M	Тип
Название	d (кпс)	Название	d (кпс)	Sp		
6	7	8	9	10	11	12
Sqr OB1	1.0—1.7	NGC 6514	1.0—1.7	O5	>50	II
		NGC 6530	1.6	O5—O6		
		NGC 6664	1.2	B3	>10	II
		Tr 35	2.5	B2	>12	II
Aql OB1	2.7				~1.5	I
					>20	II
					~2	II
		NGC 6755	1.1—1.8	B0—B2	>14	II
		NGC 6756	1.3—1.6	B3		
					~2	
					1.5	I
Cyg OB2 Cyg OB1 Cyg OB1	1.5 1.1—2.2 1.1—2.2				?	II
					>2	I
		NGC 6910	1.6—2.2	O5	>50	II
					>20	II
					~2	
					~2	
		NGC 7086	1.4—2.6	B2	>12	II

17	G117.3+0.1		+2	0.9	Cas OB5	2.5	NGC 7788 NGC 7790	2.4 0.9	B1 OB	<17	II
18	G119.5+10.0		184-284	1.0-1.6						~ 1.5	I
19	G132.4+2.2	II	52-80	1.4-2.1	Per OB1 Cas OB6	1.5-2.3 2.2-2.4	Stock 6		A2	<15	II
20	G156.4-1.2		-12÷-17	0.6+0.9						~ 2	
21	G160.5+2.8		37-56	0.6-1.1						~ 2	
22	G166.3+2.4		78-123	1.9-2.9						< 2	I
23	G180.0-1.7		-20÷-30	0.7-1.0						~ 2	
24	G189.1+2.9	II	73-100	1.4-2.0	Gem OB1	1.4-1.7	Cr 89	1.3	OB-cA	<16	II
25	G193.3-1.5		-38÷-58	1.4-2.2						~ 2	
26	G205.5+0.2		2-3	0.6-0.9	Mon OB2	1.2-2.1				<20	II
27	G260.4+3.4 Puppis A		-70÷-105	1.2-1.8	Vela OB1	0.8-1.8				?	II
28	G263.4-3.0 Vela X	II	-17÷-28	0.4-0.5						~ 2	II
29	G296.3+10.0		220-330	1.3-1.9						<1.5	I
30	G315.4-2.3	II	-82÷-120	2.0-3.0	[13]	2.5			B1	<14	II
31	G330.0+15.0 Lupus Loop		111-167	0.4-0.6						~ 1.5	I
32	G342.1+0.1		4-5.3	2.1-3.1	Sco OB1	1.0-2.0				<20	II

шек I и II типов по фактическим данным табл. 1 составит 1:2. Этот результат согласуется с ожидаемым отношением, согласно типу нашей Галактики.

В табл. 2 собраны хорошо известные остатки SN с установленными датами вспышки (столбец 3). Остальные столбцы табл. 2 аналогичны таблице 1.

Таблица 2

№	О с т а т о к					Ассоциация		M	Тип
	Галактические координаты	D	Тип	z (лс)	d (кпс)	Название	d (кпс)		
1	G 4.5+6.8 Kepler	1604	I	-1360÷-1470	11.4-12.4			~1.5	I
2	G 117.7-2.1 Cas A	1667	II	- 100÷-103	2.7-2.8	Cas OB2	2.7	<17	II
3	G 120.1+1.4 Tycho	1572	I	121-145	4.9-5.9			< 2	I
4	G 130.7+3.1 3C 58	1181		408	7.5			~1.5	I
5	G 184.6-5.8 Grab	1054	I	- 373÷-202	3.7-2			~1.5	I
6	G 327.6+14.5 PKS 1459	1006	I	709-997	2.8-4			~1.5	I

Один из этих остатков (№ 6 Cas A) уверенно отождествляется с ассоциацией Cas OB1 и несомненно относится ко II типу. Остальные с большой вероятностью можно отнести к I типу. Отметим, что обнаружены были эти вспышки I типа, благодаря их большим z -координатам и, следовательно, наиболее благоприятным условиям наблюдения.

Отметим, что еще для 18 более далеких остатков, не вошедших в табл. 1, мы можем оценить их возможный тип. При этом принималось во внимание, наряду с z -координатами остатков, их расположение относительно спиральных рукавов, обрисовываемых звездными скоплениями на карте. Итак, остатки SN G289.1-0.4; G290.1-0.8; G291.0-0.1; G355.2+0.1; G357-0.1; G359.4-0.1; G5.3-1.1; G78.6+1.0; G79.8+1.2 отнесены нами ко II типу, а остатки G166.2+4.3; G261.9+5.5; G292.0+1.8; G309.6+1.7; G309.7+1.8; G53.7-2.2; G74.9+1.2; G322.3-1.2; G78.3+2.5 - к I типу.

Следует отметить, что для остатков SN из табл. 1, 2 тип SNR был известен и определен другими методами. Наблюдаемое совпадение (за исключением случая Cygnus Loop) еще раз подтверждает, что предложенный метод дает уверенное определение типа SNR.

Примечание при корректуре. Недавно одним из авторов было показано, что к состоянию предколлапса звезды приходят, в основном, с массами $\sim 2-3 M_{\odot}$, поэтому результатом коллапса почти всегда является НЗ (О. Х. Гусейнов, Цирк. ШАО, № 12, 1973). Анализ эволюции SNR показывает, что во всех остатках есть активные источники — пульсары (П. Р. Амнуэль, О. Х. Гусейнов, *Astron. Astrophys.*, 30, 1974). Во время вспышек SN обоих типов выбрасывается малая масса, поэтому результаты этой работы следует интерпретировать так: большая масса SNR II типа, в основном, является результатом присоединения межзвездной материи.

Шемахинская астрофизическая
обсерватория

THE DETERMINATION OF THE TYPES OF THE GALACTIC SUPERNOVAE REMNANTS (SNR)

G. V. AKHUNDOVA, O. KH. GUSEINOV, SH. Y. RAKHAMIMOV

A method of estimating of the type of SNR in their connection with open clusters and OB-associations is suggested. In the volume limited 2.5 kpc the space distribution of 32 SNR is considered. It gives us an opportunity to determine the type of SNR.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. О. Х. Гусейнов, Ф. К. Касумов, *Астрон. ж.*, 50, 1166, 1973.
2. Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков, *Теория тяготения и эволюции звезд*, Наука, М., 1971.
3. K. R. Lang, *Ap. J.*, 164, 248, 1971.
4. И. С. Шкловский, *Сверхновые звезды*, Наука, М., 1966.
5. Б. В. Кукаркин, *Астрофизика*, 1, 465, 1965.
6. G. Tamman, *Astron. Astrophys.*, 8, 458, 1970.
7. И. С. Шкловский, *Астрон. ж.*, 37, 369, 1960.
8. Б. Е. Маркарян, *ДАН Арм.ССР*, 15, 13, 1952.
9. Л. В. Мирзоян, Сб. „Проблемы современной космогонии“, Наука, М., 1972.
10. D. K. Milne, *Austr. J. Phys.*, 23, 425, 1970.
11. G. Alter, I. Ruprecht, V. Vonysek, *Catalogue of Star Clusters and Associations*, Prague, 1958.
12. S. A. Ilovatsky, Ch. Ryter, *Astron. Astrophys.*, 15, 224, 1971.
13. B. E. Westerlund, *A. J.*, 74, No. 7, 1969.