цизчичию иип чропробленностри ичичейризр дечировоер доклады академии наук армянской сср

XXXV

1962

АСТРОФИЗИКА

Г. С. Бадалян

Распределение нейтрального водорода и классических цефеид в Магеллановых Облаках¹

(Представлено академиком АН Армянской ССР В. А. Амбарцумяном 6/IV 1962)

В предыдущих работах (¹⁻³) мы исследовали пространственное распределение классических цефеид и нейтрального водорода и вопрос о возможности генетической связи между ними в нашей Галактике и пришли к выводу о наличии такой связи.

Кроме того, было произведено исследование распределения интенсивностей нейтрального водорода по галактической широте и лучевым скоростям вдоль двух галактических меридианов $l = 50^\circ$ и $l = 90^\circ$. И в этом случае оказалось, что средняя плотность нейтрального водорода в окрестностях цефеид превосходит среднюю плотность нейтрального водорода (⁴).

В настоящей статье выполнено аналогичное исследование для Магеллановых Облаков, и распределение нейтрального водорода сравнивается с распределением горячих гигантов, звезд типа О, В, эмиссионных туманкостей и скоплений.

§ 1. Цефеиды и нейтральный водород в Большом Облаке. Для сравиля видимого распределения нейтрального водорода и классических цефенд в Большом Магеллановом Облаке использовалась карта распределения нейтрального водорода (⁵) и данные о 465 цефеидах (⁶⁻⁹). Распрелеление цефеид относительно нейтрального водорода представлено на фиг. 1. Распределение цефеид по областям с различной интегральной яркостью нейтрального водорода приведено в табл. 1, где I_{μ} — представляет интегральную яркость нейтрального водорода по изофотам, N_{cep} количество цефеид между каждыми двумя последовательными изофотами.

Из рисунка и таблицы ясно видно, что в Большом Магеллановом Облаке пефеиды в основном распределены в уплотненных областях нейтрального водорода.

Для более ясного представления о связи между нейтральным водородом и цефеидами, мы привели в той же таблице площади S — между каждыми двумя последовательными изофотами нейтрального водорода и определили $\frac{N_{cep}}{S}$ —число цефеид на единицу площади для каждой такой такой и Результаты этой работы были доложены на Ростовском пленуме комиссии по

изучению переменных звезд Астрономического совета АН СССР в июне 1959 г.



яркости нейтрального водорода в Большом Облаке.

Таблица 1

Н	S	Ncep	Ncep	N _n	N _n S	NB	N _B S	No	No S
42	8	92	11.25	5	0.62	1	0.12	0	0.00
35	51	116	2.27	92	1.88	16	0.31	8	0.15
28	105	142	1.35	103	0.98	64	0.61	32	0.31
21	190	38	0.20	63	0.33	38	0.20	5	0_03
14	222	61	0.27	81	0.36	36	0.16	5	0.02
7	323	18	0.05	9	0.02	1	0.003	- 1	0.00
-0	_	_		4	-				
	1					1			
	-	465	-	357		156		50	

площади отдельно. Связь распределения цефеид и нейтрального водорода в проекции представлена на фиг. 2.

Затем мы попытались произвести количественное сравнение вышеупомянутых распределений, причем вычислялись средневзвешенные инте-



эмиссионных туманностей и интегральной яркости нейтрального водорода в Большом Облаке. —цефеиды;... О-звезды; ---- В-звезды; ---эмиссионные туманности.

гральные яркости для всех областей между двумя последовательными изофотами нейтрального водорода и для мест, в которых находятся цефеиды. Для нейтрального водорода мы определили среднюю интегральную яркость по следующей формуле:

$$\bar{I}_{\rm H} = \frac{\Sigma I_{\rm H}^2 S}{\Sigma I_{\rm H} S},$$

где I_п-средняя интегральная яркость излучения атомов нейтрального водорода (в единицах 10⁻¹⁶ w/m² стерадиан⁻¹).

Средняя интегральная яркость излучения нейтрального водорода для окрестностей цефеид вычислялась по формуле:

$$\bar{I}_{\rm cep} = \frac{\Sigma I_{\rm H} N_{\rm cep}}{N}, \qquad (2)$$

где N—общее число цефеид, использованных в этой работе (эти данные приведены в табл. 1).

Вычисленная средняя яркость нейтрального водорода в Большом Магеллановом Облаке по формуле (1) получилась равной:

$$\overline{I}_{\rm H}=20.97,$$

а для окрестностей цефеид по форумле (2) получается равной:

$$\bar{I}_{cep} = 29.28.$$

Интересно отметить, что в 1951 году Шепли и Нейл (⁹) открыли 23 классические цефеиды в скоплении NGC 1866, принадлежащем к Большо-

му Магелланову Облаку. В проекции сгущение вышеупомянутых цефеид попадает в область, где, по наблюденным данным, плотность нейтрального водорода мала. Не исключена возможность следующего объяснения этой детали. Можно допустить, что в действительности область скопления NGC 1866 является областью сильного радиоизлучения нейтрального водорода. Поскольку, однако, австралийские исследователи производили наблюдения при ширине главного лепестка диаграммы направленности в 1°, что несколько больше углового размера вышеупомянутого объекта (¹⁰), то єстественно, что даже при большой концентрации цефеид в малом объеме могли получиться низкие интенсивности нейтрального водорода.

Затем на фиг. 1 мы видим наличие области, где, несмотря на значительную плотность нейтрального водорода, цефеиды отсутствуют. Это обстоятельство можно объяснить тем, что мы видим распределение плотности нейтрального водорода в проекции, которая представляет суммарную плотность ряда разных областей (каждая из них в действительности имеет малую плотность), находящихся на различных расстояниях.

§ 2. Нейтральный водород и горячие объекты в Большом Облаке. В настоящей работе мы попытались исследовать распределение в проекции горячих объектов относительно нейтрального водорода. С этой целью мы

использовали 357 эмиссионных туманностей, 156 В- и 50 О-звезд (¹¹⁻¹²). Распределение упомянутых объектов показывает, что они в основном составляют компактные и частично рассеянные группы. Распределние эмиссионных туманностей, О- и В-звезд относительно изофот нейтрального водорода в проекции представлено на фиг. 3. Данные приведены в табл. 1, где N_n -число эмиссионных туманностей, N_B -число В-звезд и N_0 -число О-звезд между каждыми двумя последовательными изофотами, показывают, что распределение звезд типа О и В, а также эмиссионных туман-

интегральной яркости нейтрального водорода в Большом Облаке. "-В-звезды; х-О-звезды; о-эмиссионные туманности,



ностей не коррелируется тесно с распределением нейтрального водорода и цефеидами. Это хорошо видно на фиг. 2. Если некоторые группы этих объектов расположены в тех областях, где межзвездный газ имеет примерно среднюю плотность, то это может быть связано с тем, что мы видим их распределение в проекции, благодаря чему может сильно меняться картина их истинного распределения.

Весьма интересно отметить тот факт, что в самой плотной области нейтрального водорода нет горячих объектов, за исключением четырех эмиссионных туманностей и одной В-звезды.

Между распределением цефеид и горячих объектов также нет корреляции. Цефеиды и горячие гиганты в основном распределены отдельными группами, но частично и смешанными группами. Однако, если в пространстве эти группы разделены, в проекции иногда должно происходить наложение, вследствие чего истинная картина взаимоотношения упомянутых объектов возможно несколько искажается. Из фиг. 1 и 3 видно, что во многих областях, где плотность цефеид очень велика, нет горячих гигантов типа О и В, и наоборот. Такая же тенденция обнаружена в нашей Галактике. (^{13, 14})

summer j

§ 3. Водород и звезды поля в Большом Облаке. Сравним теперь распределение всех звезд с распределением нейтрального водорода.

Для этой цели используем оптические изоплеты Вокулера (^{15, 16}), полученные посредством подсчета звезд до *m* > 14 и поверхностных ярко-



стей. Сравнение показывает, что изоплеты, полученные по подсчетам звезд показывают меньшую концентрацию, чем радиоизофоты, и максимум плотности звезд поля сильно отклонен от максимума плотности нейтрального водорода. Можно сказать, что между распределением плотности во дорода и плотности звезд поля корреляция не является сильной.

Аналогичные сравнения показывают, что поведение изофот суммарных поверхностных яркостей звезд (до $m \ge 14$) в центральной областа Большого Облака также не совпадает с радиоизофотами нейтрального во дорода. Мы попытались произвести сравнение путем определения усредненной интенсивности нейтрального водорода для каждой оптической изо фоты (¹⁶). Полученные результаты представлены на фиг. 4. Они показы-26 вают, что между распределением водорода и звездами поля не имеется сколько-нибудь сильной корреляции.

§ 4. Водород и цефеиды в Малом Облаке. Из наблюденных данных известно, что Малое Облако очень богато нейтральным водородом и классическими цефеидами.

Для исследования использовано 639 классических цефеид и изофоты интенсивностей нейтрального водорода Малого Облака (⁵).

На фиг. 5 четко видно, что классические цефеиды в основном расположены в самых плотных местах нейтрального водорода. Достаточно отметить, что на площади, ограниченной второй по значению плотностью нзофот нейтрального водорода, расположены 473 цефеиды, (фиг. 5), что составляет 76% всех цефеид, а величина занимаемой ими площади составляет примерно 9% общей площади всех изофот.

Поскольку в Малом Облаке обнаружено много звездных скоплений, (^{17, 18}) эмиссионных туманностей и эмиссионных звезд, мы попытались распределение этих объектов также сравнить с распределением цефеид и нейтрального водорода. Соответствующие данные об этих объектах приведены в табл. 2.

Соотношение плотности интенсивности нейтрального водорода и плотностей вышеупомянутых объектов представлены на фиг. 6.

Кривые показывают (фиг. 6), что с возрастанием плотности нейтрального водорода очень сильно возрастает и плотность цефеид, а между распределением цефеид и нейтрального водорода, с одной стороны, и эмиссионными туманностями, скоплениями и эмиссионными звездами, — с другой, почти нет корреляции (фиг. 6).

Путем вычислений по формулам (1) и (2) для Малого Облака мы получили:

$$\bar{I}_{\rm H} = 24.76,$$

 $\bar{I}_{\rm cep} = 43.87.$

Из этих данных следует, что концентрация цефеид в области максимальной плотности нейтрального водорода в Малом Облаке значительно больше, чем в Большом Облаке.

Таблица 2

49	19	197	10.36	6	0.31	17	0.88	8	0.42
42	46	276	6.00	67	1.45	29	0.63	28	0.61
35	56	85	1.52	16	0.28	27	0.46	15	0.25
28	83	53	0.63	17	0.20	16	0.19	8	0.09
21	107	14	0.13	4	0.04	6	0.06	5	0.05
14	137	3	0.02	2	0.01	5	0.04	-	
7	318	4	0.01	1	0.003	9	0.03		
0	-	- 11	-	-		5	-	1	_
	-	639		115		114		65	- 1

00 - 80. фир 5. Распределение цефенл в проекции относительно изофот интегральной яркости



Для исследования связи между распределением плотности нейтрального водорода и плотности звездного поля мы воспользовались изоплетами, полученными по звездным подсчетам до m = 16 из работ Вокулера



Фиг 6. Соотношение плотностей цефеид, эмиссионных туманностей и звездных скоплений на единицу поверхности и интенсивностей нейтрального водорода в Малом Облаке. — цефеиды; — — — звездные скопления; — . — . — Эмиссионные туманности; эмиссионные звезды.

(19). Из сравнения изоплет и радиоизофот ясно видно, что контуры радиоизофот сильно смещены относительно оптических изоплет: Радиоизофоты

распространяются в сторону востока, а изоплеты звездного поля—с севера-востока на юго-запад. Из фиг. 7 также видно, что распределение плотности нейтрального водорода



Фиг 7. Соотношение плогности нейтрального водорода и плотности звездного поля (m>16) в Малом Облаке. очень слабо коррелируется с распределением звезд.

§ 5. Распределение водорода и длины периодов цефеид. Поскольку эволюция классических цефеид каким-то образом должна быть связана сравнить распределение нейтрального

29

с длиной их периода, целесообразно сравнить распределение нейтрального водорода и цефеид, в зависимости от длины периода. Для этого цефеиды Малого и Большого Облака были подразделены на группы по логарифму периода и были выведены средние арифметические значения логарифма периода и интегральные яркости нейтрального водорода каждой группы. Оказалось, что в Большом Облаке распределение периодов цефеид не коррелируется с плотностью водорода в их окрестностях. Это видно из данных, приведенных в табл. 3.

Между тем в Малом Облаке с возрастанием периода увеличивается средняя интенсивность водорода (фиг. 8).

Исходя из того, что образование классических цефеид может происходить в самой плотной области нейтрального водорода, можно предполагать, что цефеиды, имеющие большой период, более молоды, чем цефеиды, имеющие малый период. *Выводы*. 1. Результаты сравнения

		Таблица З
log P	Ī _H	N _{cep}
0.00-0.30	16.0	3
0.30-0.50	27.0	68
0.50-0.70	24.5	181
0.70 - 0.90	32.1	83
0.90-1.10	32.0	43
1.10 - 1.30	29.0	29
1.301.50	24.5	23
1.50 - 1.70	22.5	12

распределения в проекции нейтрального водорода и классических цефеид дают основание полагать, что про-

исхождение цефеид в нашей Галактике и Магеллановых Облаках связано с наличием нейтрального водорода; и в этих звездных системах действует один и тот же механизм образования классических цефеид.



Фиг. 8. Распределение периодов цефенд относительно интенсивпостей нейтрального водорода в Малом Облаке.

2. Из полученных результатов вытекает, что в Магеллановых Облаках классические цефеиды избегают районов, где расположены звезды типа О, В и эмиссионные туманности. Следовательно, эти объекты не коррелируются и с распределением плотностей нейтрального водорода. Аналогичная тенденция обнаружена и в нашей Галактике.

3. В Малом Облаке сравнение распределений плотности всех звезд до m = 16 и нейтрального водорода показало, что между ними почти нет корреляции. Такая же картина получается и для Большого Облака.

4. Полученные результаты показывают, что особенно в Малом Магеллановом Облаке между распределением интенсивностей нейтрального водорода и логарифмами периода цефеид имеется определенная связь, которая также говорит в пользу того, что цефеиды образуются в уплотненных местах нейтрального ьодорода.

Таким образом, связь между цефеидами и нейтральным водородом. особенно в Большом и Малом Облаках, представляет весьма большой интерес с точки зрения космогонии, связь между ними несомненно носит генетический характер.

В заключение считаю приятным долгом выразить глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну за ценные замечания.

Бюраканская астрофизическая обсерватория Академии наук Армянской ССР

Z. U. ԲԱԴ։։ L3uъ

Չեզոք ջրածնի և կլասիկական ցեֆեիդների բաշխվածությունը Մագելանյան Անպերում

Նախորդ աշխատություններում ստացված արդյունջները բերել են այն հետևության, որ ալակտիկայում չնգոր ջրածնի և ցեֆեիդների միջև անկասկած գոյություն ունի գենևտիկ **y**шцı

Ներկա աշխատությունում ննտաղոտված է ջրածնի և ցեֆեիդների բաշխվածությունը Մադեյանյան Ամպերում։ Հետապոտված է նաև ջերմ օբյեկտների խտության բաշխվածություն» ջրածնի և ցեֆեիդների բաշխվածության նկատմամբ։

Արդյունըները ցույց են տալիս, որ Մագելանի Մեծ և Փորը Ամպերում ցեֆեիդները բայխորված են գլխավորապես ջրածնի խիտ տիրույթներում և նրանց խտությունների բաշխվածունյան միջև ստացվում է ուժեղ կոռելլացիա, իսկ ջերմ օբլեկտների և ջրածնի բաշխվածունյան միջև դրեթև կոռելյացիա չի ստացվում (նկ. 2 և 6)։

Փոքը Ամպի ցեֆեիդների պարբերաշրջանի և ջրածնի խտության բաշխվածության միջև ստացվում է որոշակի կապ։ Այստեղից կարելի է կռանել, որ երկար պարթերություն ունեցող ցեֆեիղներն ավելի հրիտասարդ են քան կարճ պարբերություն ունեցողները։

Հրածնի և ցեֆեիդների խտությունների բաշխվածությունները ինչպես Մեր զալակտիկայում, այնպես էլ Մադելանյան ամպերում մեծ Տետաքրքրություն են ներկայացնում կոսմոդոնիայի տեսակետից, որ նրանց միջև եղած առնչությունը դենևտիկ է, և ցեֆեիդների առաջացան մեխանիզմը տվյալ աստղային սիստեմներում Տավանաբար միանման են։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ Г. С. Бадалян, Сообщение Бюраканской Обс., вып. 17, 1959. ² Г. С. Бадалян. ДАН АрмССР, XXVII, № 1 (1958). ³ Г.С. Бадалян, ДАН АрмССР, XXVII, № 3 (1958). 4 Г. С. Бадалян, ДАН АрмССР, ХХХІП, N 4 (1961). 5 Д. Керр, Ж. Хандман, Б. Робинсон, Austral, J. Phys., 7, 2, 297, 1954. ⁶ Н. С. 439, 1940. ⁷ Н. В. 921, 1. 1952. ^в Х. Шепли, Киббен Нейл А. J. 55, 249, 1951. ⁹ Н. А. 90, 1, 1933. ¹⁰ С. Гаскойн. Problems of the Magellanic, Clouds, 26, 23, 1955. ¹¹ B. Баскомб. Problems of the Ma gellanic, Clouds, 26, 16, 1955. 12 Ж. Хениз, Ар. J., suppl., 22, 1956. 13 Б. Е. Маркарян. Трулы Второго совещания по вопросам космогонии, М., 1956. 14 Л. Граттон. А. Рэнгеле, П. З., 11, 5, 95, 352, 1958. 15 Ж. Вокулёр, А. J., 60, 4, 126, 1955. ¹⁶ Ж. Вокулёр, А. J., 62, 2, 69, 1957. ¹⁷ Е. Крон, Р. А, S. P., 68, 125, 1956. ¹⁸ Е. Линоси. М. N. 118, 2, 172, 1958. 19 Ж. Вокулёр, А. J., 60, 219, 1955.