

Л. В. МИРЗОЯН

ЗВЕЗДНЫЕ АССОЦИАЦИИ И ОБЛАСТИ  
ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ

Обсуждаются наблюдательные данные, свидетельствующие в пользу представления о тесной связи областей звездообразования со звездными ассоциациями. Показывается, что области звездообразования являются своеобразными ячейками в ассоциациях, где формируются звезды. Причем, возрасты областей звездообразования в данной ассоциации могут отличаться более, чем на два порядка величины, то есть каждая ассоциация содержит, как правило, разные поколения звезд.

После открытия звездных ассоциаций, как очагов звездообразования в Галактике, в которых в настоящее время продолжается процесс формирования звезд (см., например, [1]), прошло около 40 лет. За это время были получены разнообразные наблюдательные свидетельства в пользу представления о продолжающемся звездообразовании в Галактике, и оно получило всеобщее признание.

В последующем, новые наблюдения, в частности, в радио и инфракрасной областях спектра, позволили обнаружить значительное число меньших по размерам областей, где звездообразование имело место сравнительно недавно. Естественно их называть областями *недавнего* звездообразования.

Для того, чтобы проиллюстрировать разницу между двумя, отмеченными выше, понятиями, приведем один пример. Большая группа ОВ-звезд в Орионе, включая Меч Ориона, Трапецию и всю Туманность Ориона, являются одной ОВ-ассоциацией. В то же время гораздо меньший объем, содержащий инфракрасные звезды IRC1, IRC2 ... и объект Нойгебауера-Беклина (NB) является областью недавнего звездообразования. Линейный диаметр этой области недавнего звездообразования около ста раз меньше, чем линейные размеры всей ассоциации Ориона.

Очевидно, что звездная ассоциация может содержать несколько областей недавнего звездообразования.

В настоящей статье делается попытка показать, что практически все известные области недавнего звездообразования являются составными частями звездных ассоциаций.

Наблюдательной основой для открытия звездных ассоциаций, явилась тенденция звезд типов О—В2 и Т Тельца к группированию. Эти звезды представляют характерное население ассоциаций. Последующие исследования подтвердили эту точку зрения. В настоящее время нет никаких сомнений в том, что все звезды указанных классов входят в состав звездных ассоциаций, а те из них, которые встречаются вдали от ассоциаций, являются «беглецами» из своих материнских систем.

Этот вывод относительно О—В2 звезд подтверждается разнообразными наблюдениями. Например, подробный анализ наблюдений ОВ-ассоциаций в Галактике привел Блау [2] к выводу, что боль-

шинство ОВ-звезд входят в состав современных ассоциаций\*. Вместе с этим, в работе Круз-Гонзалес и др. [4] было показано, что часть (20—30%) звезд спектрального класса О, действительно, является «беглецами» из материнских ассоциаций. Конечно, этот вывод справедлив для ОВ-звезд в целом.

Менее определенно в этом отношении положение в случае звезд типа Т Тельца, составляющих характерное население Т-ассоциаций. В настоящее время практически нет никаких количественных оценок чисел звезд этого типа, наблюдаемых в и вне Т-ассоциаций. Однако, несмотря на эту неопределенность, наблюдаемое распределение сравнительно близких звезд типа Т Тельца дает основание думать, что все они формируются в Т-ассоциациях.

Поэтому следует считать, что генетическая природа связи молодых звезд типов ОВ и Т Тельца со звездными ассоциациями ныне не подлежит сомнению.

Из этого важного факта вытекает, что все молодые объекты, которые генетически связаны со звездами указанных классов, рождаются в звездных ассоциациях. В некоторых случаях эта связь очевидна.

Например, многими исследователями, в частности, Шарилессом [5] было отмечено, что совпадение пространственных распределений НII-областей и ОВ-звезд непосредственно следует из наблюдений. Именно наблюдения показывают, что каждая НII-область возбуждается одной или несколькими ОВ-звездами. Причем, эта связь в большинстве случаев, генетическая. В качестве примера отметим, что определенные Круз-Гонзалес и др. [4] средний радиальный компонент пекулярных скоростей и среднее расстояние от плоскости Галактики для О-звезд, находящихся внутри плотных НII-областей, значительно меньше, чем для О-звезд, расположенных вне НII-областей. Этот наблюдательный факт указывает, что О-звезды, наблюдаемые вне плотных НII-областей, уже вышли из своих «материнских» НII-областей, откуда следует, что НII-области связаны или были связаны, в период своего формирования, с возбуждающими их ОВ-звездами генетически.

Результаты СО-радионаблюдений оптических НII-областей показывают, что такая же генетическая связь существует между НII-областями и молекулярными облаками.

Этот вопрос подробно был рассмотрен в недавней работе Амбаряна и автора [6]. Здесь приводятся основные результаты этого рассмотрения.

Обширный обзор радионаблюдений оптических НII-областей нашей Галактики в линии СО ( $J=1-0$ ) был выполнен Блитцем и другими [7]. Этот обзор содержит СО-наблюдения 352 НII-областей, 288 из каталога Шарплесса [5], а 64 НII-области—из карт Паломарского атласа неба.

Согласно обзору Блитца и др. [7], 242 из исследованных НII-областей (около 70%) ассоциируются с молекулярными облаками. С учетом того, что в некоторых случаях отождествление СО-источников с отдельными НII-областями не удается из-за наличия нескольких компонентов лучевой скорости, авторы этого обзора считают [7], что около 80% оптических НII-областей ассоциируются с молекулярными облаками.

Можно полагать, что и часть остальных оптических НII-областей

\* Недавно аналогичный результат для молодых горячих звезд типа Вольфа-Райса был получен Лундстремом и Степхольмом [3].

также связана или была связана в период своего формирования с молекулярными облаками. И отсутствие у них СО-излучения является следствием либо неблагоприятных условий радионаблюдений, либо того, что эти HII-области возбуждаются ОВ-звездами, уже вышедшими из своих «материнских» молекулярных облаков (а также первона- чальных HII-областей). Подробный анализ наблюдательных данных, относящихся к HII-областям из обзора [7], подтверждает этот вывод [6].

Как некоторое свидетельство в пользу этого предположения могут быть рассмотрены также результаты радионаблюдений оптических HII-областей.

Обзор радионаблюдений в непрерывном спектре (на частоте 1400 МГц) участков неба, содержащих 168 оптически отождествленных HII-областей из каталога Шарплесса [5] представлен в работе Фелли и Черчилля [8]. Согласно этому обзору только 137 (около 80%) из исследованных HII-областей излучают в радиодиапазоне.

Следовательно, и в этом случае, около 20% исследованных объектов не показали заметного радиоизлучения. Примечательно, что результаты радионаблюдений в непрерывном спектре и в линии СО в большинстве случаев согласуются друг с другом. Именно около 60% радиоспокойных оптических HII-областей из обзора Фелли и Черчилля [8] не имеют ассоциированного СО-радиоизлучения [7].

Заслуживает внимания и тот факт, что согласно [7], 34% радиоспокойных HII-областей из обзора [8] связаны с молекулярными облаками и, наоборот, 13% HII-областей с сильным непрерывным радиоизлучением на 1400 МГц в линии СО «голые».

Поэтому результаты радионаблюдений оптических HII-областей можно рассматривать как определенное свидетельство в пользу существования генетической связи оптических HII-областей с молекулярными облаками.

В пользу этого вывода свидетельствует, например, результат, полученный в работе Уоллера и Сандерса [9], указывающий на тесную связь, существующую между радио HII-областями и гигантскими ( $\geq 30$  пк) молекулярными облаками, в первой галактической квадранте.

Эти наблюдательные свидетельства, в свете генетической связи большинства оптических HII-областей с возбуждающими их ОВ-звездами, в свою очередь, подтверждает ассоциирование молекулярных облаков с ОВ-ассоциациями.

О тесной связи молекулярных облаков со звездными ассоциациями говорит, по-видимому, и результат, полученный Коэном и др. [10] о том, что молекулярные облака в нашей Галактике, согласно СО-радионаблюдениям, расположены в ее спиральных рукавах, то есть имеют одинаковое со звездными ассоциациями пространственное распределение.

Эти результаты позволяют считать, что молекулярные облака являются составной частью звездных ассоциаций.

Как известно, индикаторами областей звездообразования являются космические мазеры  $\text{H}_2\text{O}$  и СО и источники инфракрасного излучения. Их радионаблюдения указывают на то, что все они локализованы в молекулярных облаках и HII-областях, следовательно, в звездных ассоциациях. Известные примеры генетической связи инфракрасных и мазерных источников с областями современного (недавнего) звездообразования обсуждаются, например, в работе Гензеля и Даунса [11].

Весьма молодыми объектами, связанными с процессами звездообразования, являются кометарные туманности, фуоры и объекты Херби-га-Аро. Результаты наблюдений этих «экзотических» объектов свидетельствуют об их принадлежности к звездным ассоциациям.

Амбарцумян [12], первый обратив внимание на необычайные свойства кометарных туманностей, указал, что во всех известных случаях они находятся в генетической связи со звездами типа Т Тельца или родственными объектами. В дальнейшем эта точка зрения стала общепринятой.

В настоящее время не подлежит сомнению вывод о том, что фуоры—объекты, переживающие поярчение блеска типа поярчения FU Орiona, представляют одну из эволюционных фаз в жизни звезд типа Т Тельца, по-видимому, сравнительно высокой светимости [13, 14].

Генетическая связь существует также между объектами Херби-га-Аро и звездами типа Т Тельца [15]. Наиболее веским свидетельством в пользу такой связи являются собственные движения некоторых из них. Анализ собственных движений, выполненный Хербигом и Джонсом [16, 17] показал, например, что объекты HH 1 и HH 2 были выброшены из звезды типа Т Тельца Коэна-Шварца, а объект HH 39—из звезды R Моп. Аналогичный пример был найден Мундтом и др. [18], показавшими, что объект HH 32С находится в противоположной стороне от звезды типа Т Тельца AS 353А, относительно объектов HH 32А и HH 32В. Причем, доплеровские смещения линий в спектрах этих объектов указывают на их выброс из указанной звезды. В последнее время обнаружены новые примеры таких выбросов (см. [19] и литературу к ней).

Важными индикаторами процесса звездообразования можно считать также кратные звезды типа Трапеции. Новые наблюдательные данные подтверждают [20, 21] представление, развитое Амбарцумяном [22] более тридцати лет назад, о том, что эти кратные системы звезд представляют собой весьма молодое население звездных ассоциаций. Возраст этих систем в зависимости от знака полной энергии не превышает по порядку величины  $10^5$ — $10^6$  лет, а в некоторых случаях даже меньше.

Системы типа Трапеции встречаются, как правило, в звездных ассоциациях, среди очень молодых звезд типов О—В или Т Тельца. Среди старых звезд, то есть вне ассоциаций, реальные системы типа Трапеции практически не имеются [20, 21].

Уже в первых исследованиях звездных ассоциаций была выявлена важная особенность их строения: содержать одно или несколько ядер в виде открытых звездных скоплений или систем типа Трапеции (см., например, [23, 24]). В согласии с этим Блаау [2] показал, что более одной трети ОВ-ассоциаций содержит, по крайней мере, две подгруппы.

Новые наблюдения позволяют расширить это представление о строении ОВ-ассоциаций. В настоящее время имеются наблюдательные основания для допущения, что таких ядер—в виде отдельных областей звездообразования ассоциация может иметь обычно несколько, причем дисперсия возрастов подсистем такого типа может быть довольно большой, иногда, возможно, более двух порядков величины (от  $10^4$  до нескольких  $10^6$  лет).

Поэтому следует допустить, что процесс формирования звезд в отдельной взятой ассоциации продолжается довольно долго, в течение десятков миллионов лет. В результате, в составе ассоциации наблюдаются группы звезд разных поколений (см., например, [25]).

Таким образом, рассмотренные выше наблюдательные данные находят в согласии с представлением о том, что области звездообразования являются ядрами—ячейками звездных ассоциаций, где формируются звезды. Следовательно, можно допустить, что все области звездообразования являются составными частями современных звездных ассоциаций.

10 սույա 1986 շ.

Լ. Վ. ՄԻՐԶՅԱՆ

ԱՍՏՂԱՍՓՏՈՒԹՆԵՐԸ ԵՎ ԱՍՏՂԱՌԱԶԱՑՄԱՆ ՏԻՐՈՒՅԹՆԵՐԸ

Քննարկվում են աստղասփյուռների հետ աստղառաջացման տիրույթների սերտ կապի օգտին վկայող դիտողական տվյալները: Յույց է տրվում, որ HII—տիրույթների, մոլեկուլային ամպերի, ինֆրակարմիր ու մազերային աղբյուրների և աստղառաջացման հետ կապված այլ օբյեկտների (գիսավորած և միգամածություններ, ֆուտրներ, Հերբիգ—Հարոյի օբյեկտներ և այլն) օպտիկական, ինֆրակարմիր և ռադիոդիտումները, ընդհանրապես, համաձայնություն մեջ են այն պատկերացման հետ, որ աստղառաջացման տիրույթները յուրօրինակ բջիջներ են աստղասփյուռներում, որտեղ ձևավորվում են աստղերը: Տվյալ աստղասփյուռում գտնվող աստղառաջացման տիրույթների հասակները կարող են տարբերվել ավելի քան երկու կարգով, այսինքն, յուրաքանչյուր աստղասփյուռ պարունակում է, որպես կանոն, աստղերի տարբեր սերունդներ:

L. V. MIRZOYAN

STELLAR ASSOCIATION AND REGIONS OF STAR FORMATION

The observational data in favour of close relation of star formation regions with stellar associations are discussed. It is shown that the existing data on optical, infrared and radio observations of HII—regions, molecular clouds, infrared and maser sources and other objects (cometary nebulae, fuors, Herbig—Haro objects etc) associated with star formation regions are, on the whole, in agreement with the idea that star formation regions represent some kind of cells in stellar associations where the stars are formed. The ages of star formation regions in a given association can differ by more than two orders of magnitude, that is, every association contains, as a rule, different generations of stars.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 V. A. Ambartsumian, IAU Transactions, Vol. VIII. University Press, Cambridge, 1954, p. 665.
- 2 A. Blaauw, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 2, 213, 1964.
- 3 L. Lundström, B. Stenholm, Astron. Astrophys., Suppl. Ser. 58, 163, 1984.

4. C. Cruz-Consalez, E. Reclllas - Cruz, R. Costero, M. Peimbert, S. Torres - Peimbert. *Rev. Mexicana Astron. Astrophys.*, 1, 211, 1974.
5. S. Sharpless. *Astrophys. J. Suppl.*, Ser. 4, 257, 1959.
6. Л. В. Мирзоян, В. В. Амбарян. *Астрофизика*, 24, 257, 1986.
7. L. Blitz, M. Fich A. A. Stark, *Regions of Recent Star Formation*, eds R. S. Roger, P. E. Dewdney, Reidel, Dordrecht - Boston - London, 1982, p. 209.
8. M. Fell, E. Churchwell, *Astron. Astrophys. Suppl.*, Ser. 5, 369, 1972.
9. W. H. Waller, D. B. Sanders, *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 96, 797, 1984.
10. R. S. Cohen. *H. Cong. T. M. Thaddeus*, *Astrophys. J.*, 230, l. 53, 1980.
11. R. Gerzel, D. Downes, *Regions of Recent Star Formation*, eds. R. S. Roger, P. E. Dewdney, Reidel, Dordrecht - Boston - London, 1982, p. 251.
12. V. A. Ambartsumian, *Les Particules Solides dans les Astres*, Cointe - Liege, 1955, p. 458.
13. В. А. Амбарцумян, *Астрофизика*, 7, 557, 1971.
14. G. H. Herbig. *Astrophys. J.*, 217, 693, 1977.
15. В. А. Амбарцумян, *Сообщ. Бюраканской обс.*, 13, 1954.
16. G. H. Herbig, B. F. Jones, *Astron. J.*, 86, 1232, 1981.
17. B. F. Jones, G. H. Herbig. *Astron. J.*, 87, 1223, 1982.
18. R. Mundt, J. Stocke, H. S. Stockman, *Astrophys. J.*, 265, L71, 1983.
19. R. Schwartz, B. F. Jones. *Astron. J.*, 89, 1735, 1984.
20. Л. В. Мирзоян, Г. Н. Салуквадзе, *Астрофизика*, 21, 399, 1984.
21. L. V. Mirzoyan, G. N. Salukvadze, *Astrophys. Sp. Sci.*, 110, 153, 1985.
22. В. А. Амбарцумян, *Сообщ. Бюраканской обс.*, 15, 1954.
23. В. А. Амбарцумян, Б. Е. Маркарян, *Сообщ. Бюраканской обс.*, 2, 1949.
24. В. А. Амбарцумян, *Вестник АН СССР*, 11, 45, 1957.
25. V. A. Ambartsumian, L. V. Mirzoyan. *Birth and Evolution of Massive Stars and Stellar Groups*, eds. W. Boland, H. van Woerden, Reidel, Dordrecht - Boston - Lancaster - Tokyo, 1985, p. 67.