

А. И. ЛЕБЕДИНСКИЙ

ЗВЕЗДНЫЕ АССОЦИАЦИИ

(Представлено академиком О. Ю. Шмидтом 5 III 1952)

Гипотеза о том, что горячие гиганты представляют собою звезды, захватившие диффузную материю (^{1, 2}), дает возможность, во-первых, построить рациональную классификацию открытых скоплений и галактических подсистем, а во-вторых, объяснить особенности ассоциаций горячих звезд.

На рис. 1, взятом из книги В. Беккера (³), схематически изображены диаграммы светимость — спектр основных типов открытых скоплений, перенумерованные от 1 до 4. Около каждой диаграммы, по данным того же источника, указаны типы скоплений и процент их от общего числа наблюдаемых скоплений.

Мы полагаем, что эволюция скоплений протекает в направлении 4—3—2. Наиболее молодые скопления 4 содержат звезды с массами, близкими к максимальной возможной массе молодых звезд (M'_0), равной в силу критерия ограничения массы (⁴) примерно 4—6 M_{\odot} . Эти наиболее массивные молодые звезды наблюдаются как гиганты или как субгиганты типов G и K. Теряя массу в процессе эволюции, они превращаются в звезды нижней половины главной последовательности, и поэтому давно существующие скопления не содержат гигантов и имеют диаграмму 2. По мере того как исчезают гиганты и субгиганты, уменьшается вероятность открытия скоплений. Самых молодых скоплений 4 вообще мало, скоплений 3 значительно больше, чем 4, как в действительности, так и в каталогах, скоплений 2 в действительности подавляющее большинство, но известно их сравнительно мало из-за трудности открытия.

Массы и размеры диффузных туманностей настолько велики, что внутри одной туманности могут захватить массу и стать гигантами все звезды или значительная часть звезд нормального скопления типа 2. В результате такого коллективного захвата образуется скопление типа 1. Дисперсия скоростей звезд в скоплениях мала, и поэтому вероятность коллективного захвата сравнима с вероятностью превращения в гиганта одиночной звезды, вычисленной в (²). Вероятность открытия скоплений горячих гигантов намного больше вероятности открытия нормальных скоплений, и поэтому их около 60%. Для сравнения укажем, что звезд типа В среди самых ярких звезд 30%, а среди звезд до 9^m (в НДС) 30% звезд типов А и В.

Мы уже указывали в (²), что звезда, превратившаяся из карлика в гиганта, приобретает скорость, практически равную скорости захваченной материи. В диффузных туманностях неправильной формы можно выделить области (назовем их *K*-областями), в которых дисперсия скоростей существенно меньше, чем во всей туманности, и не превышает десятков метров в сек. Волокнистая структура туманностей наводит на

мысль, что K -области имеют продолговатые формы или кажутся такими в проекции. Звезды, превратившиеся в гигантов, внутри K -области с размерами порядка парсека могут приблизительно сохранять свое относительное расположение на небе в течение срока 10^7 лет, образуя, например, кратную звезду типа Трапедии Ориона или цепочку горячих звезд.

При столкновениях диффузных туманностей существенная часть энергии их относительного движения необратимо превращается в теплоту; обусловленная этим быстрая диссипация кинетической энергии туманностей обуславливает «стекание» диффузной материи в «потенциальные ямы», т. е. ее концентрацию в областях минимума гравитационного потенциала, како-

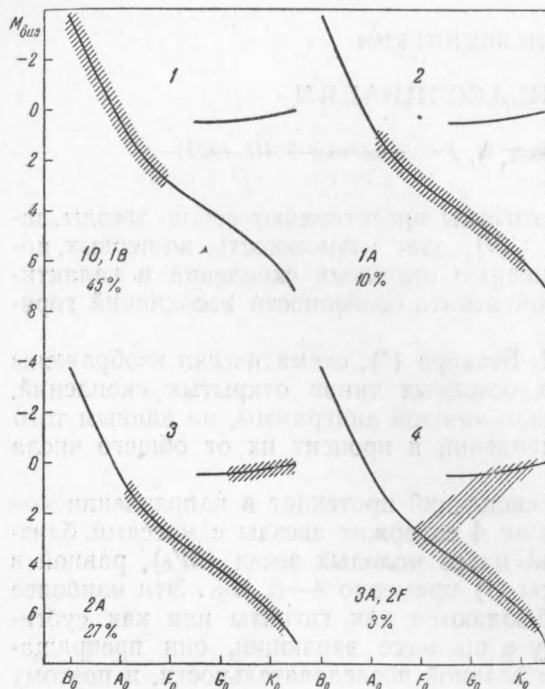


Рис. 1

молодых, так и горячих звезд внутри звездных облаков может быть в десятки раз больше средней. Молодые звезды малозаметны, но зато горячие гиганты резко выделяются на общем звездном фоне. Другими словами, горячие гиганты играют роль краски, которая, присутствуя в ничтожной концентрации, делает видимыми центральные части звездных облаков. Последнее обстоятельство ввело в заблуждение В. А. Амбарцумяна и астрономов Бюраканской обсерватории ⁽⁶⁾, интерпретировавших особенности распределения горячих гигантов как признак их молодости и считающих поэтому, что горячие гиганты непосредственно образуются из дозвездных тел.

Диаметры звездных облаков порядка 200—300 парсеков; область распространения внутри них горячих гигантов меньше и, по видимому, соответствует размерам O -ассоциаций, заключенным в пределах от десятков до сотни парсек. Почти все скопления, цепочки и кратные системы, состоящие из горячих гигантов, также находятся в центральных частях звездных облаков. Корреляция в распределении этих объектов (ядер ассоциаций) и не входящих в ядра горячих гигантов настолько тесная, что присутствие хотя бы одного ядра принято в Бюраканской обсерватории в качестве необходимого условия для признания группы горячих звезд O -ассоциацией.

выми являются центральные части звездных облаков. Как было показано в ⁽⁵⁾, плотность диффузной материи не превышает критического значения, равного в окрестностях Солнца 10^{-22} г/см³. Поэтому в центральных частях звездных облаков приток диффузной материи должен компенсироваться ее превращением в звезды. Последнее осуществляется двумя способами: путем образования молодых звезд, т. е. вследствие гравитационной конденсации диффузной материи, и путем превращения нормальных звезд в массивные гиганты, т. е. захвата диффузной материи звездами.

Общая плотность звезд в звездных облаках максимум в 2—3 раза превышает среднюю плотность звезд, но парциальная плотность как

На снимках (⁷), полученных в линии H_{α} , видно, что в ряде случаев ядра О-ассоциаций располагаются в полостях внутри водородных туманностей. Это означает, что в местах, где уже образовались горячие звезды, диффузная материя исчерпана, а на периферии той же туманности сохранилась. Вблизи ядер О-ассоциаций следует искать молодые звезды, но нельзя отождествлять их с горячими гигантами. Заметим, что массы туманностей, по определениям (⁷), достигают $10^4 M_{\odot}$, т. е. значительно превышают массы заключенных внутри них горячих гигантов. Этим исключается гипотеза о том, что водородные туманности выброшены из горячих звезд и удалены от них давлением радиации.

Выяснение вопроса о происхождении горячих гигантов позволяет ввести рациональную классификацию подсистем звезд первого населения. В соответствии с (⁸), мы разделяем звезды первого населения на две системы: 1) звезды, объединенные в облака, и 2) звезды, не объединенные в облака. Разделение на две системы произведено не по физическим признакам, а по признаку принадлежности к облакам. Признак этот непостоянен, так как облака и не входящие в них звезды находятся в «диссоциативном» равновесии, при котором совершаются процессы диссипации звезд из облаков и захваты облаками не входивших в них звезд. Различие между системами первой и второй, дающее удобную возможность их раздельного наблюдения, заключается лишь в том, что звезды первой системы имеют значительно меньшие средние скорости по отношению к диффузной материи, и поэтому среди них гораздо больше гигантов, чем среди звезд второй системы, но и в первой системе гиганты составляют лишь малую примесь.

Массивные звезды типа О образуются в тех случаях, когда захвачена большая масса. Если захвачена масса меньшая, то получается звезда типа В или А. Захват меньшей массы более вероятен и чаще случается на значительных расстояниях от галактической плоскости. Поэтому звезды типа А образуют менее уплотненную подсистему, чем В или О, и это ошибочно интерпретируется как тенденция к равномерному распределению.

Звезды типов О и В, постепенно теряя массу, становятся звездами типа А и далее медленно эволюционируют вдоль главной последовательности. С другой стороны, молодые звезды, теряя массу, опускаются на главную последовательность, как это видно на основании интерпретации диаграмм открытых скоплений. Следовательно, среди звезд типов А, F и G есть звезды, переживавшие временную стадию горячего гиганта, и есть такие, которые гигантами никогда не были. Одни от других могут отличаться свойствами, не зависящими от массы, например, химическим составом, скоростью вращения и т. п. Этим объясняется разделение главной последовательности на две ветви и распадение звезд по дисперсии скоростей на две системы, а не на множество подсистем. Этим же мы объясняем различие скоростей вращения звезд в Плеядах и в Гиадах и разделение звезд типа А по скоростям вращения на две группы со средними экваториальными скоростями 50 и 150 км/сек.

Массы звезд, возникающих из диффузной материи в результате ее гравитационной конденсации, ограничены в силу установленного нами критерия (⁴) верхней границей $4-6 M_{\odot}$. Массы гигантов типов G и K не превышают этой границы, но наиболее холодные и яркие красные гиганты имеют существенно большие массы. Некоторые типы таких звезд мы склонны рассматривать как звезды, находящиеся в стадии превращения из карлика в горячего гиганта. Дело в том, что при захвате диффузной материи мелкая пыль отталкивается от звезды давлением радиации и может образовать непрозрачную пылевую оболочку; эта оболочка неустойчива, но сохраняется в течение всего процесса захвата, т. е. порядка 10^6 лет. Таким образом мы объясняем наличие красных гигантов в О-ассоциациях и их отсутствие в открытых скоплениях типа 1, где

диффузная материя была сразу исчерпана в процессе коллективного захвата.

Относительно звезд второго населения мы предполагаем, что они возникли в центральных частях Галактики и вынесены на ее периферию в результате процесса расширения системы шаровых скоплений, обусловленного взаимными возмущениями этих массивных тел. При таком происхождении звезды второго населения, во-первых, должны образовывать почти сферические невращающиеся подсистемы, а во-вторых, могут иметь особенности химического состава. Вполне возможно, что процентное содержание пыли в составе диффузной материи несколько больше в центральных частях Галактики. В этом случае звезды второго населения могут иметь большую примесь тяжелых элементов, нежели звезды первого населения, а вследствие этого большую непрозрачность составляющего их газа и меньшую светимость при той же массе. Такое предположение, в частности, объясняет, почему экстраполированные кривые период — светимость для коротко- и для долгопериодических Цефеид расходятся примерно на $0^m,5$ ⁽⁹⁾. Дело в том, что период при ядерных источниках энергии зависит только от массы и среднего молекулярного веса μ ; большая примесь тяжелых элементов у звезд второго населения практически не изменяет μ , но существенно увеличивает коэффициент непрозрачности и уменьшает светимость звезды.

Ленинградский государственный
педагогический институт
им. А. И. Герцена

Поступило
5 III 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. И. Лебединский, ДАН, 79, № 1, 41 (1951). ² Л. Э. Гуревич и А. И. Лебединский, ДАН, 83, № 6 (1952). ³ W. Becker, Sterne u. Sternsysteme, Dresden u. Leipzig, 1950, стр. 154. ⁴ А. И. Лебединский, ДАН, 79, № 3, 415 (1951). ⁵ А. И. Лебединский, ДАН, 84, № 2 (1952). ⁶ Сообщ. Бюраканск. обс., вв. 1—9 (1949—1951). ⁷ Г. А. Шайн и В. Ф. Газе, Изв. Крымск. обс., 6, 3 (1951); 7, 87 (1951). ⁸ А. И. Лебединский, ДАН, 84, № 1 (1952). ⁹ Б. В. Кукаркин, Исследование строения и развития звездных систем, 1949, стр. 32.