

АСТРОФИЗИКА

В. А. Амбарцумян, действ. чл. АН Армянской ССР

О протозвездах

(Представлено 4 IV 1953)

Теория звездных ассоциаций предсказала ряд явлений совершенно нового типа для астрономии. Так, ею были предсказаны: 1) положительность полных энергий О-ассоциаций и происходящий вследствие этого их распад (¹), 2) положительность полных энергий по крайней мере значительной части кратных систем типа Трапедии и, как следствие этого, их распад (²) и 3) положительность полных энергий, а следовательно, и нестационарность большинства О-скоплений (³).

Истекший 1952 г. принес разнообразные подтверждения первых двух из этих предсказаний теории. Среди этих подтверждений следует отметить следующие открытия: а) обнаружение Блаау (⁴) распада ассоциации Персей II (вокруг ζ Персея) и положительности ее полной энергии, б) открытие Б. Е. Маркаряном (⁵) положительности энергии и распада ассоциации Цефей II, в) установление П. П. Паренаго (⁶) положительности энергии кратной системы Трапедии (^{6'} Ориона), г) открытие Блаау распада ассоциации в Ящерице (⁷). Нет оснований сомневаться, что и третье из перечисленных предсказаний, сделанное Маркаряном, будет подтверждено.

Помимо подтверждения основных выводов, сделанных в свое время из теории звездных ассоциаций, получены также подтверждения того понимания наблюдательных данных, на котором эта теория основана.

Так, теория звездных ассоциаций с самого начала (1947—1948 гг.) исходила из предположения, правда, уже тогда довольно хорошо обоснованного методами звездной статистики, что наблюдаемая дисперсия фотометрических модулей расстояния в таких О-ассоциациях, как ассоциация в Лебеде или в Орионе (включая пояс Ориона), обусловлена *дисперсией абсолютных величин* звезд вокруг среднего значения, приписываемого данному спектральному подразделению, а не дисперсией действительных расстояний. Определение спектральных абсолютных величин в группировках горячих гигантов

Лебедя (⁸) и Ориона (⁹), произведенное путем нахождения класса абсолютной яркости по Моргану, привело к резкому уменьшению дисперсии наблюдаемых модулей расстояния звезд в этих ассоциациях. Это показало верность предположения о том, что все звезды этих ассоциаций с точностью до величин порядка радиуса ассоциации находятся на одинаковом от нас расстоянии.

Применение тех же методов определения абсолютных величин к звездам в звездных скоплениях, входящих в ассоциацию Лебедя, показывает, что эти скопления действительно находятся на расстоянии ассоциации, т. е. они на самом деле являются ядрами ассоциации Лебедя, как это впервые принимала теория звездных ассоциаций.

Таким образом, не остается и следа от представления о том, что якобы большая группировка горячих гигантов в Лебеде состоит из звезд проходящей здесь вдоль луча зрения целой спиральной ветви.

Наконец, в ряде близких внешних галактик типа Sc или неправильной формы обнаружены группы голубых звезд, во всех отношениях подобные О-ассоциациям нашей Галактики (¹⁰). Только средние размеры этих групп оказывались примерно в 1,5 раза меньше средних размеров галактических О-ассоциаций. Теперь, после установления поправки Бааде к нульпункту кривой период-светимость для цефеид, исчезло и это расхождение в средних размерах. Более того, исправление этого расхождения рассматривается теперь как доказательство в пользу правильности поправки Бааде.

Таким образом, сам собой напрашивается вывод о том, что *механизм звездообразования во внешних галактиках типа Sc, а также в галактиках иррегулярной формы, в существенном тот же, что и механизм звездообразования в нашей Галактике.*

В связи с таким всесторонним подтверждением развитых ранее представлений об О-ассоциациях встает задача дальнейшего углубления этих представлений и, в частности, вытекающих из этих представлений выводов о протозвездах.

Наличие в больших О-ассоциациях нескольких ядер, т. е. открытых скоплений, систем типа Трапедии и звездных цепочек прямо говорит о существовании в каждой из этих ассоциаций нескольких центров звездообразования. Наличие вне этих тесных групп звезд „поля ассоциации“ свидетельствует о том, что в прошлом могли существовать и другие такие тесные группы, которые, однако, уже распались.

Поэтому можно утверждать, что в больших ассоциациях мы имеем дело с *разновременным* возникновением ряда тесных звездных групп, которые в дальнейшем распадаются.

Так как первоначальный объем каждой группы бывает достаточно мал, можно думать, что она возникает из тела сравнительно малого объема, с поперечными размерами, во всяком случае, мень-

шими 0.1 парсек. Эти предполагаемые, но еще не отождествленные с каким-либо классом известных объектов тела и были названы нами *протозвездами*. Новые данные о звездных ассоциациях лишь подтверждают представление о протозвездах, как телах малого объема и относительно большой плотности.

Но сторонники теории аккреции Хойля больше всего возражают как раз против этого представления, поскольку оно совершенно подрывает их выводы об одновременном образовании всех звезд Галактики в отдаленном от нас прошлом и о том, что все горячие гиганты являются старыми звездами.

Сущность их возражения против протозвезд сводится к следующему:

Если в объеме ассоциации перед началом в ней звездообразования было некоторое количество протозвезд, то система этих протозвезд, занимая объем, равный объему ассоциации, должна была быть неустойчивой по отношению к приливным силам, исходящим из центра Галактики. Таким образом, система протозвезд, давших начало звездной ассоциации, не могла существовать сколько-нибудь долго, и протозвезды незадолго до превращения в звездные группы сами должны были возникнуть из чего-то другого. Таким образом, гипотеза о протозвездах, по мнению сторонников теории аккреции, заменяет трудность объяснения происхождения неустойчивых звездных ассоциаций такую же трудностью объяснения неустойчивой системы протозвезд.

Однако мы покажем, что о системе протозвезд, дающей начало ассоциации, можно предложить гипотезу, согласно которой эта система может существовать продолжительное время, во много раз большее, чем время пребывания отдельной звезды в ассоциации. Эта гипотеза нами излагается только для того, чтобы показать, что, вопреки мнению хойлистов, утверждение о существовании протозвезд сравнительно малого объема само по себе ни к каким новым трудностям не приводит. Что же касается самой предлагаемой гипотезы по существу, то к ней следует относиться как к предположению, которое может и не подтвердиться, поскольку оно не является прямым выводом из наблюдений или непосредственным и однозначным следствием из теории звездных ассоциаций.

Мы допустим, что первоначальная система протозвезд занимала объем с линейным протяжением не в 120 парсек (средняя протяженность О-ассоциаций), а всего лишь с поперечником в 40 парсек. Большие же размеры ассоциации будем считать результатом удаления возникающих звезд от центров их возникновения, которые получаются при превращении протозвезды в звездную группу с положительной полной энергией.

В этих условиях можно предположить, что группа протозвезд первоначально составляла стационарную систему. Так, если возьмем для определенности систему из $N = 100$ протозвезд, каждая из

которых обладает массой порядка $m=600$ масс Солнца, то такая система, обладая общей массой в 60000 масс Солнца и радиусом $R=20$ парсек, будет устойчива по отношению к приливному воздействию центра Галактики.

Мы можем далее сосчитать время релаксации в такой системе, когда под влиянием взаимных сближений устанавливается Максвеллово распределение скоростей ⁽¹¹⁾.

$$T=8,8 \cdot 10^5 \sqrt{\frac{NR^3}{m}} \frac{1}{\lg N - 0.45} \text{ лет.} \quad (1)$$

Подставляя сюда вместо N , m и R принятые их значения найдем:

$$T=1,7 \cdot 10^7 \text{ лет.}$$

Из времени релаксации мы можем сосчитать время, необходимое для распада скопления. Получим срок, продолжительностью около двух миллиардов лет. Таким образом, такая система протозвезд могла бы существовать достаточно долго. Однако следует думать, что продолжительность жизни этой системы ограничена как раз тем явлением, которое нас больше всего интересует, тем, что протозвезды на определенном этапе своего развития превращаются в неустойчивые и распадающиеся звездные группы.

Представляет интерес для будущего сравнения с наблюдениями то обстоятельство, что протозвезды, а следовательно, и возникающие из них группы звезд должны обладать заметными скоростями по отношению друг к другу.

На основании теоремы вириала средняя квадратичная скорость протозвезд по отношению к центру тяжести рассмотренной в нашем примере гипотетической системы равна

$$\sqrt{\overline{v^2}} = 4,63 \cdot 10^{-2} \sqrt{\frac{M}{R}} \text{ км/сек.,} \quad (2)$$

где M — полная масса системы, выраженная в массах Солнца, а R выражено в парсеках, откуда

$$\sqrt{\overline{v^2}} = 2,5 \text{ км/сек.}$$

Хотя иные исходные данные привели бы нас к несколько другим цифрам, мы все же можем отсюда заключить, что относительные скорости различных тесных групп внутри ассоциаций могут достигать нескольких километров в секунду.

В рамках изложенной гипотезы историю звездной ассоциации можно представить себе как последовательное превращение отдельных протозвезд первоначальной системы в распадающиеся группы звезд — скопления, трапеции и цепочки, а также в диффузные туманности.

При распаде рождающихся таким образом звездных групп звезды, их составляющие, получают столь значительные скорости (порядка 10 км/сек.), что, преодолевая притяжение не только других звезд той же группы, но и системы в целом, уходят из ассоциации и входят в общее галактическое звездное поле. Очевидно, что звезды должны приобретать свою кинетическую энергию за счет разности внутренней энергии протозвезды и суммарной внутренней энергии всех возникших из нее звезд.

Таким образом, в каждый данный момент ассоциация состоит из: 1) протозвезд, еще не превратившихся в звезды, 2) тесных звездных групп—скоплений, трапечий и цепочек, 3) диффузной материи и 4) звезд уже распавшихся групп, еще не успевших уйти за пределы ассоциации.

Вследствие происходящего ухода возникающих звезд масса системы в целом со временем уменьшается. Легко показать, что при достаточно медленном уменьшении массы радиус системы будет возрастать, так что

$$MR = \text{Const.} \quad (3)$$

Согласно формуле (2) при этом средняя квадратичная скорость $\sqrt{v^2}$ будет убывать обратно пропорционально радиусу.

Расширение системы может повести к тому, что расстояние между отдельными тесными группами в ассоциации может достигнуть ста парсек и более.

При такой картине время жизни ассоциации может во много раз превосходить промежуток времени, в течение которого звезды уже образовавшейся группы успевают уйти из нее и войти в общее звездное поле Галактики, так как на смену ушедшим звездам одних групп приходят другие. Ассоциация как бы питается звездами за счет дробления протозвезд.

В заключение следует повторить, что изложенная картина представляет собой лишь гипотезу, которая не основана на прямых наблюдениях и не вытекает из теории звездных ассоциаций. Возможно, что она дает лишь отдаленное представление о действительных процессах. Но она показывает, что утверждение о возникновении скоплений и других тесных звездных групп из протозвезд, представляющих собой тела небольшого объема, не наталкивается на затруднения звездно-динамического характера.

Другой возможностью является гипотеза о происхождении всей ассоциации из единого тела, которое сперва дробится на протозвезды, а из последних уже возникают звездные группы. Эту гипотезу легко будет проверить, как только будут получены данные о групповых движениях звезд в ассоциациях.

Сейчас трудно разрешить также вопрос о размерах протозвезд: являются ли они телами, имеющими объем порядка объема глобул

или гораздо меньше? Нам кажется, что дальнейшее изучение ассоциаций и звездных скоплений даст возможность разрешить и этот вопрос.

Бюраканская астрофизическая обсерватория
Академии наук Армянской ССР

Վ. Ն. ՀԱՍՏԻՍԻԱՆ

Նախաաստղերի մասին

Աստղասփյուռների տեսութիւնը նախագուշակել է, որ աստղասփյուռները, ինչպես նաև տրապեցիայի տիպի րադիալատիկ աստղերի զգալի մասը և Օ-տիպի աստղապաշտերի մեծամասնութիւնը ներկայացնում են իրենցից այնպիսի աստղային սիստեմներ, որոնց լրիվ էներգիաները դրական են: Հետագա ուսումնասիրութիւններն ամբողջական հաստատել են այդ սիստեմների էներգիաների դրական լինելը:

Նոր տվյալները աստղասփյուռների լայնացման մասին ապացուցում են նաև այն տեսակետը, որ աստղասփյուռների կազմում գոյութիւն ունեցող տարրեր նեղ աստղախմբեր՝ աստղակույտեր, տրապեցիաներ և աստղաշթաներ առաջանում են առանձին ամբողջական մարմինների՝ նախաաստղերի տրոհման հետևանքով:

Հարց է ծագում, թե ինչպես են կապված իրար հետ տարրեր այն նախաաստղեր, որոնք սկիզբ են տալիս տվյալ աստղասփյուռի տարրեր նեղ աստղախմբերին:

Կարելի է ենթադրել, որ նախաաստղերը, որոնց հետ կապված է տվյալ աստղասփյուռի առաջացումը, կազմում են սկզբից մի ստացիոնար սիստեմ, որը կայուն է Գալիլեական կենտրոնի կողմից ազդող մակրոթալային ուժերի նկատմամբ: Այդ սիստեմը կարող է րադկացած լինել րադիալիկ նախաաստղերից (մինչև հարյուր): Նախաաստղերը հաջորդաբար վեր են ածվում աստղախմբերի, որոնք ստանում են դրական էներգիա ի հաշիվ նախաստղի էներգիայի և ցրվում Գալիլեական տարածութեան մեջ: Այստեղից երևում է, որ թեև ամեն մի աստղախմբի ցրման տեղութիւնը կարճատև է (մի քանի միլիոն տարի), աստղասփյուռը կարող է գոյութիւն ունենալ հաւատաշատ նախաաստղի ասած «սնվում է» աստղերով ի հաշիվ նախաաստղերի թվի նվազման: Այս պատկերը չի հիմնված անմիջական դիտումների վրա և չի ներկայացնում իրենց աստղասփյուռների տեսութեան անխուսափելի հետևութիւնը: Նա ցույց է տալիս միայն, որ Հոյլի տեսութեան կողմնակիցների պնդումները, թե իբր նախաաստղերի փառափարը հակասում է աստղային դինամիկայի դրույթներին, անհիմն է:

ЛИТЕРАТУРА — Դ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

¹ В. А. Амбарцумян, *Астрономический журнал*, 26, 8, 1949. ² В. А. Амбарцумян и Б. Е. Маркарян, *Сообщения Бюраканской обсерватории*, 2, 12, 1949. ³ Б. Е. Маркарян, *Сообщения Бюраканской обсерватории*, 5, 31—32, 1950. ⁴ Блаау, *BAN* № 433, 1952. ⁵ В. А. Амбарцумян, Вводный доклад на симпозиуме по эволюции звезд, стр. 15, издание АН СССР, М., 1952. ⁶ П. П. Паренаго, *Астрономический циркуляр* № 135, стр. 6—7, Казань, 1953. ⁷ Oort, *Expanding motions in groups of early-type stars*. Доклад на Римском симпозиуме по эволюции звезд, Рим, 1952. ⁸ Ромэн, *Aph. Journ.*, 114, 492, 1951. ⁹ Шарплес, *Aph. Journ.*, 116, 251, 1952. ¹⁰ Г. Х. Шийн и В. Ф. Газе, *Известия Крымской астрофизической обсерватории*, 9, 13, 1952. ¹¹ Вывод приведенных здесь формул можно найти в изложении нашей теории разрушения открытых звездных скоплений, данном в книге: Чандрасекар, *Принципы звездной динамики*, стр. 206—216, М., 1948.