

## О ПРИРОДЕ ЗВЕЗД ТИПА Т ТЕЛЬЦА\*

За последние годы повысился интерес астрономов к переменным звездам, показывающим неправильные изменения блеска. Особенно много внимания привлекают переменные карлики, среди которых следует отметить звезды типа Т Тельца и звезды типа UV Кита. Звезды типа Т Тельца интересны тем, что они встречаются группами, образуя ассоциации, в свое время названные нами Т-ассоциациями. Оказалось, что между Т-ассоциациями и О-ассоциациями существует связь, заключающаяся в том, что в некоторых О-ассоциациях содержится значительное число переменных звезд типа Т Тельца, так что они одновременно являются и Т-ассоциациями. Очень большое число звезд типа Т Тельца содержится, например, в ассоциации Ориона, о чем свидетельствуют работы П. П. Паренаго и Аро, в ассоциациях Единорог I и Персей II, исследованных с этой точки зрения Хербигом. Заслуживает, в частности, внимания наличие звезд типа Т Тельца в этой последней ассоциации, которая, согласно Блаау, состоит в основном из группы расходящихся в разные стороны горячих гигантов. Поскольку молодость этой звездной группы можно считать доказанной, это является лишним аргументом в пользу молодости звезд типа Т Тельца.

Нет необходимости повторять все аргументы в пользу молодости звезд типа Т Тельца. Они изложены в наших статьях о звездных ассоциациях. Однако стоит остановиться вкратце на одном возможном альтернативном представлении, согласно которому звезды типа Т Тельца являются обычными карликами, случайно вошедшими в пылевое облако. В работе П. Н. Холопова было впервые показано, что в Т-ассоциации Тельца члены ассоциации расположены небольшими, сравнительно компактными группами, причем плотность некоторых из этих групп столь велика, что превосходит парциальную плотность карликов соответствующих светимостей в окружающем звездном поле. Этот факт противоречит представлению о случайно заходящих в туманность обыкновенных

---

\* Труды IV совещания по вопросам космогонии, 344, М., 1955.

карликах. Впоследствии Хербиг показал, что огромная концентрация звезд типа Т Тельца около S Единорога также свидетельствует против гипотезы, будто звезды типа Т Тельца — обычные звезды общего галактического поля, случайно вошедшие в туманность и изменившие свой спектр благодаря взаимодействию с веществом туманности.

Есть основания считать, что звезды типа Т Тельца — молодые объекты. Многие из них, вероятно, имеют возраст порядка  $10^6$  лет.

Что же касается звезд типа UV Кита, то, как показал Делей, существует большая разница между кинематическими характеристиками этих звезд и нормальными карликами типа М. Это свидетельствует в пользу возможного различия среднего возраста этих двух категорий звезд. Иными словами, не исключено (хотя и не доказано), что звезды типа UV Кита моложе обычных карликов типа М.

*Яркие линии и непрерывная эмиссия в спектрах переменных типа UV Кита и Т Тельца.* Оба класса переменных звезд, о которых идет речь, отличаются тем, что переменность их блеска сопровождается наличием двух бросающихся в глаза спектральных характеристик. В их спектрах наблюдаются яркие линии и эмиссия непрерывного спектра иногда настолько сильная, что все линии поглощения бывают завуалированы.

В наиболее простом и как бы во взаимно разделенном виде эти два явления наблюдаются у некоторых звезд типа UV Кита. Именно поэтому мы останавливаемся столь подробно на этих звездах, хотя основным предметом нашего сообщения являются звезды типа Т Тельца. Звезды типа UV Кита характеризуются сравнительно простым строением кривой блеска. Нормально звезда находится в минимуме и время от времени происходят короткие вспышки, длящиеся всего несколько минут. Во время нормального блеска звезда имеет обычный спектр типа М, на который наложены линии излучения водорода и кальция. Во время вспышки обычный спектр поглощения совершенно заливается яркой непрерывной эмиссией, а линии излучения продолжают быть видимы. Таким образом, явление непрерывной эмиссии у них связано со вспышкой и возрастание блеска звезды происходит большей частью за счет этой непрерывной эмиссии.

Что же касается звезд типа Т Тельца, то там, наряду с явлением непрерывной эмиссии и усилением или ослаблением ярких линий, наблюдается также изменение цветовой температуры «нормального» спектра. Эта сложность спектральных явлений сочетается с крайней нерегулярностью кривой блеска, вследствие чего пока не представляется возможным привести в соответствие спектральные явления и изменения блеска.

Чтобы понять природу явления непрерывной эмиссии, наиболее це-

лесообразно рассмотреть те случаи, когда это явление выражено в наиболее резком и наиболее чистом виде. По-видимому, это имеет место во время вспышек звезд типа UV Кита. Быстрота вспышки свидетельствует о том, что в этом случае мы имеем дело не с нагреванием внешних слоев, и предположение о тепловом характере этого излучения должно быть отвергнуто с самого начала. Отсутствие линий поглощения на фоне спектра непрерывной эмиссии свидетельствует о том, что полное количество энергии (как тепловой, так и других видов), содержащейся при нормальном состоянии в каждый данный момент в тех наружных разреженных слоях, откуда непосредственно испускается энергия вспышки, на несколько порядков ниже энергии, испускаемой при вспышке.

Отсюда следует, что энергия вспышки привносится в эти внешние слои из глубоких недр звезды. Но этот процесс переноса, о чем подробно говорилось в нашей работе («Сообщения Бюраканской обсерватории», № 13, 1954), не может происходить посредством обычных механизмов теплопроводности и лучеиспускания. Само явление происходит так, что кажется необходимым допустить, что переносимая энергия сначала находится в какой-то потенциальной, скрытой форме, а затем лишь освобождается с огромной быстротой. По-видимому, при этом происходят процессы типа атомного распада, совершающиеся, однако, не в микроскопических, а в макроскопических масштабах. Количество выделяемой при этом энергии столь велико, что их источники могут быть только во внутренних слоях звезды и должны быть связаны с основными процессами освобождения звездной энергии.

Как упоминалось выше, в звездах типа Т Тельца мы наблюдаем более сложную картину. Наряду с меняющейся по своей интенсивности непрерывной эмиссией, мы наблюдаем также изменения цветовой температуры, влекущие изменения количества получаемого нами излучения. По-настоящему разделение обоих явлений никем не было произведено, и мы имеем здесь благодарную область, где параллельные исследования со щелевым спектрографом, объективной призмой, а также колориметрические наблюдения могли бы дать огромный эффект. Наконец, на указанные изменения двух родов накладываются изменения в интенсивности линий испускания.

Для объяснения этого сложного комплекса явлений следует допустить, как и было сделано в уже цитированной нашей последней работе, что освобождение энергии происходит в различных слоях наружной оболочки звезды. Если энергия освобождается под фотосферными слоями, то мы будем иметь дополнительное температурное излучение и менее резкие изменения блеска, а если она освобождается над фотосферными слоями, то мы должны иметь резкие изменения блеска и усиление непрерывной эмиссии. Интересно, что в некоторых случаях усиление

непрерывной эмиссии у звезд типа Т Тельца происходит внезапно, хотя длительность максимума непрерывной эмиссии может быть велика. В промежуточном случае, когда освобождение энергии происходит в самих фотосферных слоях, мы должны иметь и возрастание температуры и непрерывную эмиссию с накладывающимися на нее линиями поглощения. Очевидно, что в зависимости от глубины процесса будет меняться спектр ярких линий.

Не будем останавливаться здесь подробно на связи явления непрерывной эмиссии со свечением кометообразных туманностей. Относящиеся к этому данные уже изложены в упомянутой нашей работе. Хотелось бы особенно подчеркнуть, что в отдельных случаях значительная часть свечения кометообразной туманности может быть объяснена отражением света переменной звезды, в то время как в других случаях явление отражения света переменной не играет почти никакой роли и свечение туманности следует приписать явлению непрерывной эмиссии, происходящему в результате непосредственного освобождения энергии в самой туманности.

Нам кажется, что для более ясного понимания процессов, происходящих в звездах типа Т Тельца, крайне важно изучение тех случаев, когда те или иные стороны этих процессов выражены наиболее резко. Иными словами, имеет смысл обратиться к подробному изучению некоторых подтипов этого класса переменных звезд.

Остановимся на четырех разновидностях указанных объектов. Мы не преследуем целей классификации, а выделяем эти разновидности лишь для того, чтобы постараться при помощи более детального изучения понять отдельные стороны рассматриваемого явления.

*Первая разновидность.* Выше мы видели, что у звезд типа UV Кита явление непрерывной эмиссии проявляется с особой силой, причем оно протекает за время очень коротких вспышек, длящихся всего несколько минут. У большей части обычных звезд типа Т Тельца это явление выражено менее резко, но носит характер длительного процесса.

Есть, однако, объекты, у которых весьма длительный, продолжающийся по меньшей мере годами, процесс непрерывной эмиссии весьма резко выражен. Мы имеем в виду объекты разновидности DD Тельца.

У звезды DD Тельца (видимая величина  $+14^m.5$ ) линии поглощения настолько слабы, что Струве и Свингс не наблюдали их совершенно на спектрограммах, полученных щелевым спектрографом. Однако Джой констатирует наличие очень слабых линий поглощения, которые позволяют отнести спектр поглощения к типу dK6e. Оба наблюдателя отмечают интенсивное непрерывное излучение, накладывающееся на линии поглощения, чем и объясняется слабость последних. По Струве и Свингсу, спектр простирается в ультрафиолетовую область, оставаясь доволь-

но интенсивным до 3300Å. Благодаря этому звезда является голубой, несмотря на поздний класс спектра поглощения. По-видимому, излучение в фиолетовой и ультрафиолетовой частях спектра целиком связано с непрерывной эмиссией. Итак, в этом случае непрерывная эмиссия настолько сильна, что мы имеем дело с совершенно измененным распределением энергии по спектру, по крайней мере в коротковолновой части.

У этой звезды протяжение спектра в далекую ультрафиолетовую часть сочетается с большой интенсивностью линий испускания бальмеровской серии. Яркие линии этой серии можно наблюдать до  $H_{14}$ . Кроме того, довольно интенсивна линия нейтрального гелия 4471Å. Наоборот, яркие линии металлов слабы, за исключением сравнительно интенсивных линий H и K ионизованного кальция. Таким образом, степень возбуждения в спектре испускания гораздо больше, чем у большей части обычных звезд типа T Тельца. Можно предположить, что большая яркость ультрафиолетового спектра за  $\lambda 3600$  в известной части вызывается соответствующим рекомбинационным излучением водорода.

Эти совершенно исключительные спектральные особенности сочетаются с тем, что звезда DD Тельца вместе со своим спутником (CZ Тельца), являющимся также звездой типа T Тельца, находится внутри кометообразной туманности B10. Физическая связь между этой парой и туманностью не вызывает сомнения. Однако средний суммарный блеск обеих переменных в среднем на  $7^m$  ниже того блеска, который необходим согласно соотношению Хаббла для освещения этой туманности. На это обратили внимание еще Свингс и Струве; они даже выдвинули предположение, что здесь, вместо отражения, мы имеем дело с флуоресценцией небольших твердых частиц. Однако гораздо проще допустить действие того же механизма непрерывной эмиссии, что приходится делать для ряда других кометообразных туманностей.

Уже после опубликования нашей работы о явлении непрерывной эмиссии появилась статья Хербига по изучению звезд типа T Тельца в ассоциации Единорог I вокруг NGC 2264. В южной части туманности NGC 2264 находится кометообразная деталь, которая в списке Г. А. Шайна и В. Ф. Газе получила номер S 167. В голове этой кометообразной туманности Хербигом обнаружены две звезды со спектрами типа T Тельца, составляющие пару с взаимным расстоянием компонентов всего в  $7''$ . Это звезды  $LH_{\alpha} 61$  и  $LH_{\alpha} 60$ .

В то время как у большей части звезд типа T Тельца, обнаруженных Хербигом в рассматриваемой ассоциации, эмиссионный спектр водорода ограничивается первыми несколькими линиями серии Бальмера, у  $LH_{\alpha} 61$  мы наблюдаем яркие линии этой серии по крайней мере до  $H_{11}$ . В этом отношении у  $LH_{\alpha} 61$  имеется сходство с DD Тельца. Однако наиболее поразительно, что непрерывный спектр  $LH_{\alpha} 61$  далеко прости-

рается в ультрафиолетовую часть спектра. Таким образом, наряду с вхождением в кометообразную туманность и наряду с двойственностью, спектр  $\text{LN}_\alpha 61$  также свидетельствует о глубоком сходстве со звездой DD Тельца.

Следует вместе с тем отметить, что, по-видимому, имеется различие в абсолютных величинах обеих звезд. Хотя в обоих случаях звезды расположены в областях, где много темной материи, поглощение нельзя считать большим, так как коротковолновая часть спектра мало ослаблена. Если, пренебрегая поглощением, мы попытаемся оценить абсолютные величины, то получим для DD Тельца  $+9^m$ , а для  $\text{LN}_\alpha 61 +6^m$ .

Резкое проявление у этих звезд ряда свойств, присущих звездам типа Т Тельца, и предполагаемое постоянное присутствие непрерывной эмиссии заставляют думать, что данная разновидность является одним из крайних состояний звезд типа Т Тельца. Поскольку мы считаем, что звезды типа Т Тельца отличаются от других карликов по причине своей молодости, следует думать, что рассматриваемая разновидность составляет группу особенно молодых объектов этого типа.

*Вторая разновидность.* Это объекты Хербига — Аро, представляющие собой слабые звезды, окруженные туманностями очень малого диаметра. Спектр этих небольших туманностей напоминает спектр небольшой газовой туманности — оболочка, окружающей звезду Т Тельца. Дело в том, что, помимо кометообразной туманности, находящейся около Т Тельца, эта звезда окружена газовой туманностью очень небольшого радиуса, имеющей весьма своеобразный спектр. Туманности в объектах Хербига-Аро имеют, однако, гораздо большие протяжения и гораздо большую яркость в сравнении со своими центральными звездами. Самое интересное то, что в спектре этих туманностей содержатся запрещенные яркие линии, соответствующие невысокой степени ионизации. Абсолютная величина центральных звезд этих объектов около  $+9^m$ , т. е. примерно совпадает с абсолютной величиной DD Тельца. Наконец, несмотря на свою низкую абсолютную величину, ядра этих объектов являются, по данным Аро, голубыми звездами подобно DD Тельца. То, что эти объекты очень редки (даже в ассоциации Ориона) и что, несмотря на свою редкость, три из них расположены в виде короткой цепочки, длиной в  $5'$ , прямо говорит о их крайней молодости. Было бы весьма интересно обнаружить подобные объекты вне ассоциации Ориона, например в других близких О- и Т-ассоциациях.

*Третья разновидность.* Как показал Аро, в районе туманности Ориона мы имеем заметное число так называемых быстрых переменных звезд. Оставаясь обычно в состоянии нормального блеска, эти звезды по временам испытывают вспышки, весьма напоминающие вспышки звезд типа

UV Кита. Однако звезды типа UV Кита имеют абсолютные величины, нормальные для карликов типа M5e-M6e, т. е. между  $+13$  и  $+17^m$ . Между тем абсолютная величина быстрых переменных в районе туманности Ориона порядка  $+8^m.5$ . Разница здесь настолько велика, что, по-видимому, нельзя отождествлять эти два вида объектов.

С другой стороны, есть, по-видимому, разница и в продолжительности вспышки. У быстрых переменных, обнаруженных в районе туманности Ориона, продолжительность вспышки в несколько раз больше, чем у звезд типа UV Кита, достигая нескольких десятков минут. Мы уже не говорим о том, что быстрые переменные, обнаруженные Аро, входят в состав ассоциации Ориона и в какой-то мере связаны с туманностью Ориона, в то время как известные нам звезды типа UV Кита находятся в непосредственных окрестностях Солнца, т. е. не входят ни в одну из известных O- или T-ассоциаций и не связаны с какой-либо диффузной туманностью.

Как показывает пример быстрой переменной № 8, спектр которой был снят Аро во время вспышки при помощи объективной призмы на камере Шмидта, возрастание блеска происходит почти исключительно за счет непрерывного спектра. Сопоставляя это с быстротой изменения блеска, мы должны и здесь констатировать, что имеем дело не с температурным излучением. Поэтому очень вероятно, что и в этом случае возрастание блеска обусловлено неожиданным появлением сильной непрерывной эмиссии. С другой стороны, абсолютные величины и наличие интенсивной линии  $H_{\alpha}$  у части этих переменных сближает их с обычными звездами типа T Тельца, встречающимися в Орионе.

Хотя амплитуды наблюдаемых вспышек быстрых переменных меньше амплитуд некоторых вспышек у звезд типа UV Кита, тем не менее абсолютные масштабы явления в этом случае гораздо больше, чем можно увидеть, рассматривая изменения блеска, выраженные не в звездных величинах, а в интенсивностях.

Параллелизм между явлениями в звездах типа UV Кита и в быстрых переменных туманности Ориона — очевидное доказательство того, что изменения блеска переменных туманности Ориона вовсе не связаны с воздействием внешней среды, т. е. окружающей туманности, а есть проявление, характерное для определенного этапа жизни соответствующих звезд. Нам кажется, что дальнейшее изучение быстрых переменных в Орионе и в других ассоциациях должно принести много новых интересных результатов.

*Четвертая разновидность.* Она представлена пока только одним объектом — звездой BD + 67°922, расположенной в Драконе. Яркие линии в спектре этой звезды были обнаружены впервые Янсен и Высоцким в 1943 г. Некоторые спектральные наблюдения были выполнены в obser-

ватории Макдональд (в 1952 г.). В самое последнее время удалось произвести некоторые наблюдения в Бюраканской обсерватории, где и в дальнейшем параллельно будут вестись колориметрические, фотометрические, спектральные и поляриметрические наблюдения этой звезды. Остановимся на особенностях этой звезды несколько подробнее.

1. Звезда BD + 67°922 находится на галактической широте  $41^\circ$  и не входит ни в одну из обнаруженных до сих пор звездных ассоциаций.

2. Яркие линии водорода в спектре этой звезды достигают значительной интенсивности; на снимках, полученных с объективной призмой в Бюракане, можно проследить бальмеровскую серию в эмиссии до  $H_\xi$  включительно. На наших спектрограммах хорошо видна также линия  $\lambda 4026$  гелия, а в 1952 г. в обсерватории Макдональд наблюдалась, кроме этой линии, еще весьма слабая линия излучения  $\lambda 4389$ .

3. Спектр поглощения принадлежит типу dG7. Однако в 1952 г. появилась сильная непрерывная эмиссия, вуалирующая линии поглощения. Непрерывная эмиссия простирается далеко в ультрафиолетовую часть спектра до  $\lambda 3300$ . На спектрах, полученных в Бюракане осенью 1954 г., видны следы некоторых линий поглощения. Так как снимки сделаны с объективной призмой, то это свидетельствует о том, что линии не так уже слабы. Поэтому нужно считать, что непрерывная эмиссия сравнительно ослабела. Таким образом, и в отношении непрерывной эмиссии и в отношении ярких линий эта звезда весьма сходна с DD Тельца. Более того, колориметрическое сравнение ультрафиолетовой и синей частей спектра показало, что в 1952 г. соотношение яркостей этих двух частей спектра соответствовало звезде класса V3, в то время как распределение энергии в видимой части соответствует классу G, т. е. находится в согласии со спектром поглощения. На спектрах, полученных Л. В. Мирзояном в Бюракане в сентябре 1954 г., ультрафиолетовая область продолжает быть интенсивной.

4. Самой удивительной особенностью этой звезды является наличие в ее спектре, наряду с непрерывной эмиссией, яркой линии  $\lambda 4686$  ионизованного гелия. Линии, соответствующие столь высокому возбуждению и притом столь интенсивные у звезд типа T Тельца, ни в одном другом случае не наблюдались. На всех снимках Л. В. Мирзояна эта линия бросается в глаза, являясь одной из наиболее интенсивных.

5. Как было установлено А. С. Шаровым в Институте им. П. К. Штернберга по московским пластинкам, блеск этой звезды испытывает неправильные изменения с амплитудой до двух величин. Переменность звезды подтверждена Бадаляном на основании снимков, полученных в Бюракане в сентябре и октябре 1954 г. Кроме того, на карте атласа Франклин-Адамса на снимке, полученном в 1908 г., звезда гораздо сла-



бее, чем на сентябрьских снимках 1954г. Таким образом, она является переменной звездой.

6. В связи с различными попытками объяснения явления непрерывной эмиссии интересно изучить степень ее поляризации. В отношении звезды  $BD + 67^{\circ}922$  такое поляриметрическое изучение возможно. Предварительные фотоэлектрические определения поляризации на 40-сантиметровом рефлекторе в течение четырех разных ночей показали, что излучение звезды не показывает большой поляризации. Вследствие слабости звезды точность наблюдений невелика и пока можно с уверенностью говорить о верхнем пределе порядка 2%.

7. Как упоминалось выше, галактическая широта этой звезды  $b = 41^{\circ}$  галактическая же долгота равна  $66^{\circ}.5$ . Иными словами, звезда имеет почти точно галактическую долготу апекса движения Солнца по отношению к быстролетящим звездам, т. е. при вращении Солнца вокруг центра Галактики оно движется в направлении этой галактической долготы. В связи с этим чрезвычайно интересно, что лучевая скорость звезды по линиям поглощения равна — 138 км/сек, а по линиям излучения — 145 км/сек (Маунт Вилсон). В данном случае, как и у других звезд типа Т Тельца, существует разница между лучевыми скоростями, определенными по линиям поглощения и линиям излучения, что создает неуверенность в том, чему равна настоящая скорость звезды по лучу зрения. Но имея в виду, что в случае обычных звезд типа Т Тельца оба значения лежат в пределах нескольких десятков километров и сами звезды принадлежат к плоским подсистемам, можно думать, что разница между действительной скоростью звезды и средним значением, полученным по линиям излучения и поглощения, не превосходит двух-трех десятков километров. Это обстоятельство вместе с большой галактической широтой делает до некоторой степени вероятным, что звезда  $BD + 67^{\circ}922$  имеет действительно большую скорость приближения к нам, т. е. входит в сферическую составляющую населения Галактики.

8. Положение звезды  $BD + 67^{\circ}922$  в пределах точности соответствует координатам радиозвезды 16.02 списка Райля. Имея в виду, что в пределах двух-трех градусов вокруг этой звезды нет ни одной яркой галактики или какого-либо другого особенного объекта, можно предложить отождествить указанный дискретный источник радиоизлучения с  $BD + 67^{\circ}922$ .

Все сделанные выше выводы нуждаются еще в проверке. Однако совершенно очевидно, что здесь мы имеем дело с исключительно важным объектом, который, благодаря своему блеску (десятая величина), вполне доступен для всестороннего изучения.

Согласно представлениям, развитым в нашей предыдущей работе, в звездах типа Т Тельца мы имеем дело со случаем, когда процессы осво-

бождения внутризвездной энергии происходят не только во внутренних слоях звезды, но и в ее атмосфере и даже, иногда, в окружающем звезду пространстве. Факты, нами приведенные, свидетельствуют о том, что дальнейшее изучение перечисленных выше и аналогичных им разновидностей переменных звезд типа Т Тельца должно привести к интересным выводам о физике процессов освобождения внутризвездной энергии.