

О ПЫЛЕВЫХ ОБОЛОЧКАХ ЗВЕЗД ТИПА Т ТЕЛЬЦА

Звезды типа Т Тельца—это звезды, находящиеся на ранних стадиях эволюции [1]. Об этом свидетельствует их расположение в молодых группировках—Т-ассоциациях [2]. С молодостью этих звезд связаны, по-видимому, такие их особенности, как наличие у них ультрафиолетовых [3] и инфракрасных избытков [4], а также линий поглощения с фиолетовой стороны эмиссионных линий [5]. Согласно В. А. Амбарцумяну [6], ряд наблюдаемых особенностей звезд типа Т Тельца объясняется тем, что во внешних областях этих звезд происходит распад сверхплотного дозвездного вещества, сопровождающийся быстрым освобождением значительной энергии.

Наблюдениям звезд типа Т Тельца посвящено много работ. В частности, результаты наблюдений в инфракрасной области спектра указывают на то, что звезды этого типа имеют инфракрасные избытки, обусловленные, вероятно, оболочками, содержащими частицы силикатов [7—10]. Нами сделана попытка определения температуры, размеров, плотностей и масс пылевых оболочек семи звезд типа Т Тельца Т Tau, RY Tau, SU Aur, RW Aur, GW Ori, V 380 Ori, R Mon с использованием результатов фотометрических наблюдений [7, 9, 10] в диапазоне длин волн от 0,36 до 11,0 мкм. Оказалось, что исправленное за межзвездное поглощение распределение интенсивностей излучения в ближней ИК-области (до 3—4 мкм) достаточно хорошо представляется в виде суммы двух планковских распределений. Первое из этих распределений обусловлено излучением самой звезды и соответствует ее эффективной температуре. Второе распределение обусловлено, очевидно, пылевой оболочкой. Полагая, что излучение пыли тепловое, была подобрана соответствующая планковская температура, наиболее полно удовлетворяющая данному распределению. Как видно из рис. 1, инфракрасные избытки в интервале длин волн от 1,0 до 3,5 мкм довольно хорошо удалось объяснить тепловым излучением пылевой оболочки. Из тех же рисунков видно, однако, что в более далекой ИК-области остаются заметные избытки. Эти избытки обусловлены, по всей видимости, наличием второй, более холодной и более массивной и протяженной оболочки. Подбором соответствующих температур вторых оболочек удалось полностью описать наблюдаемые распределения излучения рассмотренных звезд во всем исследованном диапазоне длин волн от 0,36 до 11,0 мкм. Определенные таким образом температуры первых и вторых оболочек приводятся в таблице. Воспользовавшись полученными значениями температур мы оценили $r_{об}$ —радиусы первых оболочек по формуле, приведенной в [11],

$$\frac{r_{об}}{r_{*}} = \left\{ 1 - \left[1 - \frac{5k\tau(6)T_{об}^4 [2 + (m')^2 + (m'')^2 + (2m'm'')]^2}{2h\sigma\tau(5)T^4 m'm''} \right]^2 \right\}^{-1/2}, \quad (1)$$

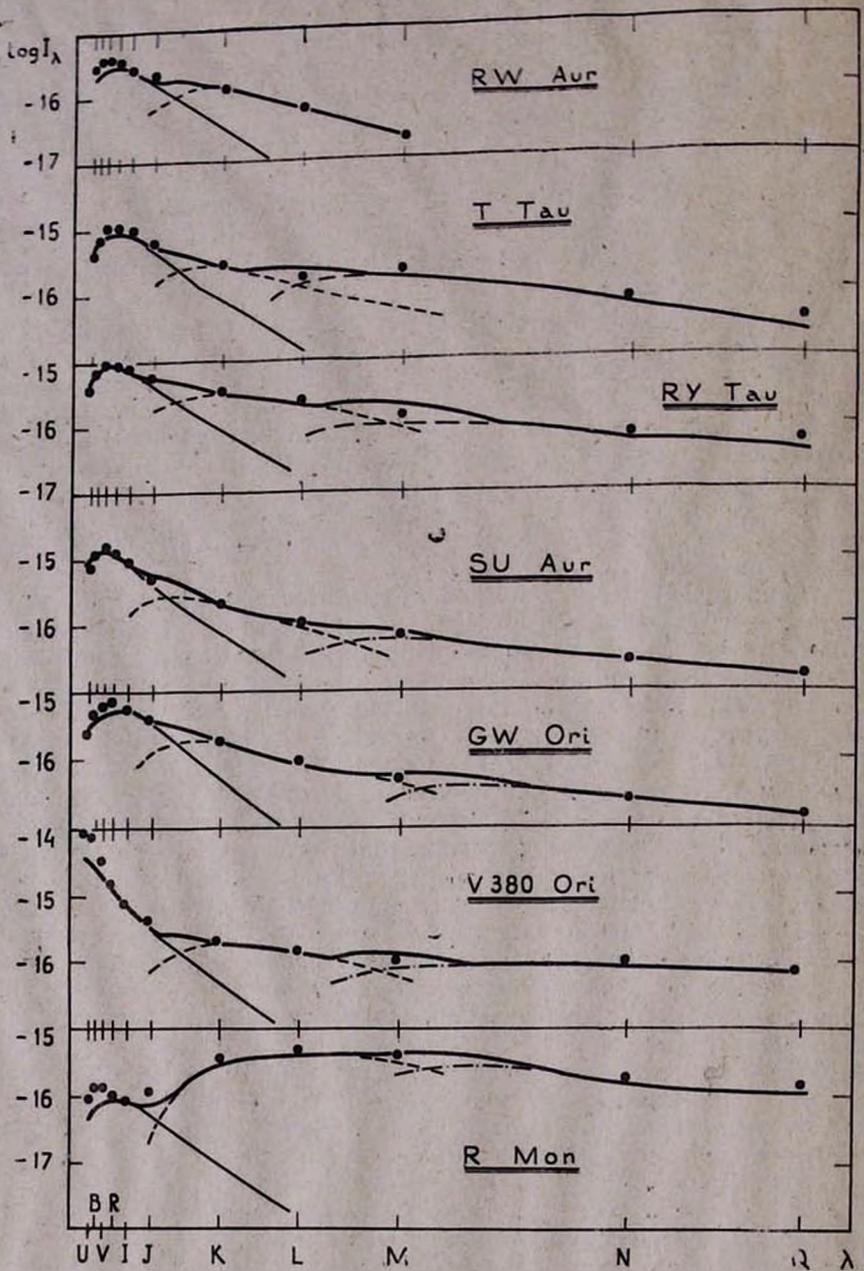


Рис. 1. Зависимость интенсивности излучения от длины волны: ● распределение энергии наблюдаемой звезды; — планковское распределение при эффективной температуре звезды; - - - планковское распределение при эффективной температуре 1-ой оболочки; — · — планковское распределение при эффективной температуре 2-ой оболочки; — — — интегральное излучение звезды и двух ее оболочек.

где $m' = 1.7$ и $m'' = -0.1$ — коэффициенты при действительной и мнимой частях показателя преломления силикатных частиц, $\sigma = 7.15 \cdot 10^{23}$ сек. а (6) и (5) — функции Римана. Вычисленные по этой формуле радиусы оболочек приводятся в таблице. Значения радиусов звезд v_* были рассчитаны по светимостям данных звезд, приведенным Мендосой [4].

Далее были оценены интегральные излучательные поверхности как первых, так и вторых пылевых оболочек по формуле:

$$S = \frac{4\pi R^2 I_\lambda}{\varepsilon B_\lambda(T)}, \quad (2)$$

где R — расстояние от Земли до данной звезды, взятое из [4], I_λ — наблюдаемая спектральная плотность, ε — излучательная способность силикатных пылинок, $B_\lambda(T)$ — планковская функция. При этом значения I_λ и $B_\lambda(T)$ для первых оболочек рассчитывались для длины волны $\lambda = 2.2$ мкм, на которой все наблюдаемое излучение идет от первой оболочки. В случае же второй оболочки принималось $\lambda = 5.0$ мкм по той же причине. При расчете значений S мы полагали, что $\varepsilon = 0.7$. Принимая ориентировочно, что радиус и плотность пылинок равны соответственно $r_n = 10^{-5}$ см и $\rho = 1$ г/см³, мы находим полное число пылинок в оболочке и полную массу M пыли:

$$N = \frac{S}{\pi r_n^2} \quad (3)$$

и

$$M = \frac{4}{3} N \pi r_n^3 \rho. \quad (4)$$

Результаты соответствующих расчетов приведены в таблице и представлены на рис. 2 и 3.

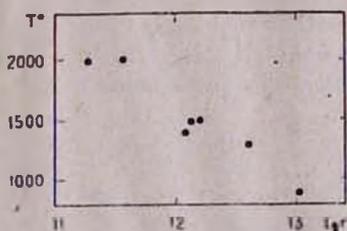


Рис. 2. Зависимость температуры первых оболочек от радиуса оболочек

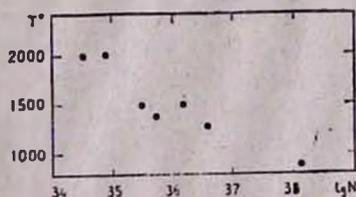


Рис. 3. Зависимость температуры первых оболочек от количества пылинок в ней

Как выяснилось, имеются довольно четкие корреляции между некоторыми из определенных нами параметров первых, более горячих оболочек рассмотренных звезд. На рис. 2 приводится диаграмма температура оболочки — радиус оболочки. На рис. 3 — диаграмма температура оболочки — количество пылинок в оболочке. На рис. 4 — диаграмма радиус оболочки — количество пылинок в оболочке.

Из рис. 2 и 3 видно, что как количество пыли в оболочке, так и ее радиус уменьшаются с увеличением температуры. Уменьшение температуры оболочки с увеличением радиуса (рис. 2) вполне понятно.

Ведь инфракрасное излучение оболочки обусловлено, как известно, переизлучением пылью части излучения самой звезды. Чем больше радиус оболочки, тем меньшая часть излучения звезды идет на нагрев пыли и тем меньше, следовательно, должна быть температура оболочки. Уменьшение количества пыли с увеличением температуры оболочки (рис. 3) также понятно. Эта зависимость обусловлена, по-видимому, испарением пылинок—процессом, происходящим более интенсивно в более горячих оболочках.

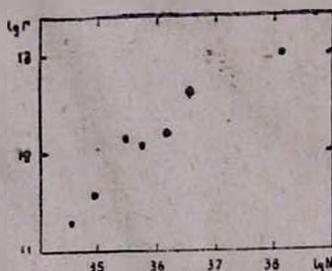


Рис. 4. Зависимость радиуса первых оболочек от количества пыли в ней.

Из рис. 4 следует, что количество пыли увеличивается с увеличением радиуса оболочки. Эта зависимость, на первый взгляд, кажется несколько странной. Исходя из того предположения, что пыль образуется на поверхности звезды и, удаляясь от нее, постепенно испаряется, следовало бы ожидать обратной зависимости, а именно, уменьшения количества пыли с удалением от звезды. Мы же видим, что при расширении оболочки количество пыли в ней увеличивается. Очевидно, что при тех плотностях, которые имеются в этих оболочках, о конденсации пыли не может быть и речи. Остается допустить, что в удаляющихся от звезд оболочках образование пыли продолжается в результате каких-то иных процессов. Возможно, что это происходит в результате деления сверхплотного дозвездного вещества.

Как видно из таблицы, масса пылевой материи во вторых, более холодных оболочках рассмотренных звезд приблизительно на два порядка превышает массу первых, горячих оболочек. Вероятно, вторые оболочки образуются при постепенном накоплении выбрасываемой из звезд пыли в их более далеких окрестностях. Из соотношения пылевых масс вторых и первых оболочек следует, что в течение стадии Т Тельца происходит около 100 дискретных выбросов пыли. Если принять длительность стадии Т Тельца 10^6 , то рекуррентный выброс пылевой оболочки происходит у этих звезд в среднем раз в 10^4 лет. Исходя из того, что близкие к звезде горячие оболочки наблюдаются у всех рассмотренных звезд, следует, что время существования этих оболочек порядка 10^4 лет.

В заключение отметим, что, хотя в данной работе использована двухоболочечная модель, не исключено, что в действительности может иметь место более сложное распределение плотности и температур пыли вокруг звезд. В этом случае следует говорить не о дискретных выбросах пыли, а, возможно, о непрерывном ее истечении.

Թափա

| Յքա | Sp | T ₁ °K | T ₂ °K | r ₀₆ /r _☉ | r ₀ սմ | N ₁ | M ₁ /M _☉ | M ₂ /M _☉ |
|-----------|--------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Կ Կա | K1 4840°K | 1500 | 700 | 2,35 | 6,0 · 10 ²¹ | 2,0 · 10 ³⁵ | 3,2 · 10 ⁻¹³ | 1,7 · 10 ⁻¹¹ |
| ԿԿ Կա | K1 4840°K | 1400 | 600 | 2,92 | 4,2 · 10 ²¹ | 5,2 · 10 ³⁵ | 6,1 · 10 ⁻¹³ | 1,6 · 10 ⁻¹¹ |
| ՅՏԱ Ար | G2 5500°K | 2000 | 6,0 | 1,47 | 3,2 · 10 ²¹ | 8,2 · 10 ³⁴ | 9,6 · 10 ⁻¹⁴ | 1,2 · 10 ⁻¹¹ |
| ԿԿԿ Ար | K1 4840°K | 2000 | — | 1,14 | 2,2 · 10 ²¹ | 3,4 · 10 ³⁴ | 4,0 · 10 ⁻¹⁴ | — |
| ԿԿԿ Օր | K2 4460°K | 1500 | 500 | 1,97 | 8,0 · 10 ²¹ | 1,4 · 10 ³⁴ | 1,7 · 10 ⁻¹² | 4,3 · 10 ⁻¹⁰ |
| ԿԿ 380 Օր | A2 9000°K | 1300 | 500 | 17,1 | 2,4 · 10 ²¹ | 3,8 · 10 ³⁴ | 4,4 · 10 ⁻¹² | 2,1 · 10 ⁻¹⁰ |
| ԿԿ Մո | K1 4840°K | 900 | 500 | 3,45 | 3,1 · 10 ²¹ | 1,4 · 10 ³⁵ | 1,6 · 10 ⁻¹⁰ | 3,4 · 10 ⁻⁹ |

Երևանի աստրոֆիզիկական աստղադիտարան
Երևանի պետական համալսարան

Յոս. Կ. ՄԵԼԻԿ-ԱԼԱՎԵՐԴԻԱՆ, Գ. Կ. ԿՈՎՄԱՍՅԱՆ

Կ ԿԻՊԱ Կ ԿԵԼՅԱ ԿԻՊԱ ԿԵԼՅԱ ԿԵԼՅԱ ԿԵԼՅԱ ԿԵԼՅԱ

Ա մ փ ո փ ու մ

Որոշված են Կ Կիպի տիպի 7 աստղի փոշային թաղանթների հատկանիշները: Յուրյց է տրված, որ այդ թաղանթների չափերի, զանգվածների և նրանց ջերմաստիճանների միջև կոպ կա: Փոշու քանակը թաղանթներում և թաղանթների չափերը աճում են նրանց ջերմաստիճանների նվազման հետ: Ընդ որում, աստղից հեռանալու հետ թաղանթների զանգվածները մեծանում են: Վերջինը թույլ չի տալիս բացատրել փոշու առաջացումը աստղի մթնոլորտում դադի կոնդենսացման պատճառով:

YU. K. MELIK-ALAVERDIAN, G. H. TOVMASSIAN

ON THE DUST SHELLS OF T TAU TYPE STARS

Summary

The parameters of dust shells of seven T Tau type stars are determined. It is shown, that there are definite correlations between masses, sizes and temperatures of dust shells (see Fig. 2-4). The more is the

content of dust grains in the shells and the larger the diameters of shells, the less are their temperatures. Except, the masses of the shells increase with increasing of their distances from stars, which reject the possibility of formation of dust in the atmospheres of stars by condensation from gas.

ЛИТЕРАТУРА

1. G. H. Herbig, *Ap. J.*, 217, 693, 1977.
2. В. А. Амбарцумян, *АЖ*, 26, 3, 1949.
3. G. Haro, G. Herbig, *ТТВ*, 12, 1955.
4. E. Mendoza, *Ap. J.*, 143, 1010, 1966.
5. R. F. Sanford, *PASP*, 59, 134, 1947.
6. В. А. Амбарцумян, *Сообщ. Бюраканской обс.*, 13, 3, 1954.
7. E. Mendoza, *Ap. J.*, 151, 977, 1968.
8. M. Cohen, *MN*, 191, 499, 1980.
9. M. Cohen, *MN*, 161, 97, 1973.
10. F. C. Gillett, W. A. Stein, *Ap. J.*, 164, 77, 1971.
11. Л. М. Шульман, *Переменные звезды*, 19, № 6, (144), 549, 1975.