

УДК: 524.314-6

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУППЫ БЫСТРОВРАЩАЮЩИХСЯ А - ЗВЕЗД С ИЗБЫТКОМ ИЗЛУЧЕНИЯ НА IRAS ВОЛНАХ

Дж.Б.ОГАНЕСЯН

Поступила 29 апреля 1997

Принята к печати 7 июля 1997

Анализируются IRAS наблюдения у 13 нормальных и четырех оболочечных А - звезд, с целью обнаружения околозвездного вещества вокруг них. Звезды в основном быстро вращающиеся, пять из них ранее изучались. Путем сравнения наблюдаемых потоков, IUE и наземных, с моделями Курусца в области 0.17-0.9 $\mu$ m, определены параметры звезд ( $T$ ,  $g$  и угловой диаметр), с помощью которых найдены избытки потока в ИК - области сверх фотосферного излучения. ИК - избытки обнаружены у 15 звезд. Сами избытки интерпретируются как тепловая эмиссия пылевых частиц с эффективной температурой в пределах от 70 до 200 К. Эффективный радиус околозвездного диска оценен в пределах от 7 до 400  $R_{\odot}$ .

1. *Введение.* Судя по результатам анализа данных каталога IRAS, ИК - избыток обнаружен почти у 500 объектов [1-4]. Эти объекты могут быть разделены на две категории [5]. У первой, это в основном нормальные звезды типа В, А, F и G, иначе звезды "типа Вега", бедный газом и оптически тонкий для пыли диск интерпретируется как свидетельство существования вокруг них планетарных систем. В дисках объектов второй категории, в основном молодых звезд типа Ве, Т Tauri и Herbig Be/Ae, доминирует газ, пыль оптически толстая.

Среди звезд "типа Вега" особо выделяется  $\beta$ Pic: холодная и горячая пыль в протяженном, простирающемся до 1100 АЕ диске, центральная полость с истекающей и падающей плазмой [6-8]. Еще у одной звезды спектрального типа А, HR 4796 обнаружена околозвездная оболочка с плотностью пыли почти в два раза больше, чем у  $\beta$ Pic [9]. Нахождение плотности пыли в оболочках этих двух молодых звезд в промежутке для двух категорий объектов с ИК - избытком, случайность, закономерный результат эволюционного развития или имеет другое объяснение?

Настоящие исследования посвящены поиску и изучению объектов с характеристиками  $\beta$ Pic. Поиск следует проводить в первую очередь среди оболочечных звезд, как молодых и потенциально могущих иметь околозвездную пыль. С помощью IRAS у А - оболочечных звезд поток и, ассоциируемый только с этой категорией объектов аномальный избыток, детектированы только на 12  $\mu$ m [10]. Однако этого не достаточно для предположения о наличии пыли вокруг этих звезд до тех пор, пока

не будет зарегистрирован избыток также на более длинных волнах. Присутствие одновременно пыли и газа в околозвездной оболочке зарегистрировано только у четырех из полсотни А - звезд с ИК - избытком [11-13]. Наблюдения эпизодически оболочечных деталей у быстровращающихся звезд [14] предполагают целесообразным поиск объектов, подобных  $\beta$ Pic, среди них также.

В настоящей статье проводится анализ IRAS потоков в отношении 17, в основном быстровращающихся и находящихся на относительно высоких галактических широтах, А - звезд, наблюдательные данные для которых приведены в разделе 2. В разделе 3 определены параметры звезд ( $T$ ,  $g$  и угловой диаметр). В разделе 4 интерпретируется ИК - избыток, получены температура, угловой и эффективный диаметр околозвездного диска. В 5 и 6 разделах обсуждаются результаты и делаются выводы.

2. *Данные наблюдений.* Список исследуемых 17 звезд, а также шести ярчайших представителей систем "типа Вега" (отмечены звездочкой) приведены в первом столбце табл.1. В третьем столбце даны скорости вращения звезд согласно [15].

В ультрафиолетовой области использованы потоки, измеренные с высокодисперсионных IUE сканов (по два-три скана для каждой звезды). Стандартный процесс редукиции сканов проведен на обсерватории IUE и в центре NASA. В результате, для всех звезд мы имели с шагом 0.05 А абсолютные потоки с систематической относительной и абсолютной ошибкой порядка 1-2% и  $\pm 10\%$ , соответственно. Для увеличения точности абсолютных потоков до (2-3%), применена поправка к стандартной калибровочной кривой, согласно [16].

Данные о потоках в визуальной области взяты из Спектрофотометрического каталога звезд [17]; Каталога спектрофотометрических сканов [18]; Спектрофотометрического каталога ГАИШ [19]. Относительная и абсолютная точность этих данных порядка (~2-3%). Каталоги расположены в порядке приоритетности использования.

В ближней ИК-области использованы данные из: Спектрофотометрия звезд в диапазоне  $\lambda\lambda$  550-900 нм [20]; наблюдения в полосах (1.2-3.8  $\mu\text{m}$ ) [21].

Наблюдаемые потоки на 12, 25, 60 и 100  $\mu\text{m}$  взяты из FSS IRAS (Faint Source Survey) и PSC IRAS (Point Source Catalogue) [22, 23]. Идентификация с источником в FSS и PSC IRAS проводилась в круге диаметром в 2' вокруг координат звезды. Для 16 звезд имеются надежные данные о потоках на 12 и 25  $\mu\text{m}$ , для 2 и 7 звезд также на 60 и 100  $\mu\text{m}$  и на 60  $\mu\text{m}$  соответственно. Неоднократные наблюдения HD 97603 на IRAS волнах не зарегистрировали излучение даже от фотосферы, что

неожиданно для этой довольно яркой звезды.

3. *Физические параметры звезд.* На рис.1 для 16 звезд приведены абсолютные потоки от УФ - до далеких ИК - волн (крестик и крестик в кружке). Неуверенно измеренные IRAS - потоки отмечены в виде крестика в кружке. Из-за отсутствия IRAS - данных у HD 97603, распределение потока в исследуемой области для этой звезды не приводится. Наблюдаемые потоки звезд с  $E(B-V) > 0^m.04$  корректировались за межзвездное поглощение.

Путем сравнения на каждой длине волны  $\lambda$  потоки - наблюдаемый  $F_{(наб)}$  с расчетным  $F_r$  из сетки моделей Курусца [24] для солнечного обилия, значений  $T_{eff}$  от 7500 до 11000K и  $lgg=3.5;4;4.5$ , определены параметры ( $T_e$ ,  $g$ , и ПС.) для всех 17 звезд. В табл. 1 (столбцы 4-6) приведены значения этих параметров, а на рис.1 соответствующие им

Таблица 1

## ПАРАМЕТРЫ ЗВЕЗД И ОКОЛОЗВЕЗДНЫХ ДИСКОВ

HD	SpT	$V \sin i$ км/с	$T_e$ К	$lgg$	$\theta_e$ marcs	$T_e$ К	$\theta_e$ marcs	$R_p$	$lg \tau_p$
9672	A3V	195	8900	4.0	0.33	70	131	400	-3.0421
16970	A2V	195	8800	4.5	0.747	-	-	-	-
14055*	A0Vn	235	9750	4.0	0.496	85	62	124	-3.8862
18978	A5V	125	8500	4.5	0.622	100	21	35	-4.5581
38678	A3V	232	8900	4.0	0.687	200	15	21	-3.833
$\beta$ Pic*	A6V	140	8350	4.0	0.675	95	257	380	-2.5717
50241	A5V	185	7950	4.0	0.91	200	6	6	-4.3974
87696	A7V	168	8250	4.0	0.524	110	18	34	-4.3407
95418*	A1VI	35	9550	4.0	1.1	100	54	49	-4.7605
97603	A4V	175	8400	4.0	1.14	-	-	-	-
102647*	A3V	115	8800	4.0	1.34	110	48	36	-4.4528
103287	A0V	155	9500	4.25	1.07	100	30	28	-4.9006
118232	A4V	160	8150	4.0	0.467	90	28	59	-4.1626
138629	A5V	175	8300	4.0	0.39	75	37	96	-4.1092
139006*	A0V	125	9550	4.0	1.18	120	33	27	-4.5663
148283	A5V	200	8200	4.5	0.29	90	20	67	-4.0653
149630	B9V	280	9950	4.0	0.471	85	33	77	-4.2278
161868	A0V	200	9350	4.5	0.609	73	95	156	-3.9221
Beta*	A0V	15	9700	3.95	3.26	75	239	73	-4.5306
188899	A2VI	110	8900	4.0	0.364	80	32	88	-4.168
203280	A7VI	260	7750	4.0	1.475	200	11	7	-4.3531
210418	A2V	250	9000	4.5	0.7	120	13	19	-4.8154
216956	A3V	85	8500	4.0	2.224	68	300	135	-4.0098

\* - прототипы систем "типа Beta"

теоретические потоки (тонкая линия) из моделей Курусца. Для длин волн  $\lambda > 20 \mu\text{m}$  потоки экстраполированы к абсолютно черному телу с яркостной температурой звезды на  $\lambda = 20 \mu\text{m}$ . Параметры для HD 9672 и HD 148283 определены исключительно на основе IUE - данных. Основное требование процедуры сравнения: среднеквадратичное отклонение средней величины относительной разности  $\delta$  между наблюдаемыми и расчетными потоками:

$$\delta = 2 \times \left[ F_{(\text{набл})} - F. \right] / \left[ F_{(\text{набл})} + F. \right] \quad (1)$$

для визуального (0.36-0.9  $\mu\text{m}$ ) и ультрафиолетового (0.17-0.36  $\mu\text{m}$ ) участков спектра минимальное. ПС - параметр сдвига и представляет собой коэффициент преобразования потока в моделях в поток на Земле и связан с угловым диаметром звезды  $\theta$ , следующим образом:

$$\theta = 2 * 206264806 * \text{sqrt} \left[ \exp(\text{ПС}) / \rho i \right] \text{ (marcs)}. \quad (2)$$

Для корректности процедуры сравнения IUE потоки деградированы в полосе шириной 0.0025  $\mu\text{m}$  для эффективных длин волн  $\lambda$  в соответствии с табуляцией Курусца [24]. Для звезд спектрального типа A2 и позднее, из-за большого числа скачков металлов, потоки на длинах волн короче 1700A не использовались.

В основном имеется хорошее согласие между результатами сравнения для визуального и ультрафиолетового участков спектра. Исследования средних величин  $\delta$  и их среднеквадратичных ошибок в обоих участках не выявили систематических отклонений и модели Курусца хорошо изображают наблюдаемые распределения потока у 15 звезд в области 0.17-0.9  $\mu\text{m}$ , а у HD 9672 и HD 148283 в области 0.17-0.3  $\mu\text{m}$ . Среднеквадратичные отклонения величин  $\delta$  для обоих участков - практически величины одного порядка и не превышают 10%.

Среди исследуемых звезд, четыре оболочечные: две слабо возбужденные - HD 103287 и HD 118232 и две - HD 138629 и HD 148283 средней возбужденности [14]. Ни у одной из них не обнаружены никакие особенности в распределении потока в УФ - области по сравнению с нормальными звездами. Наблюдаемые потоки для этих звезд также хорошо ложатся на теоретическую кривую моделей Курусца.

4. *Интерпретация избытка излучения на IRAS волнах.* Анализ наблюдаемых IRAS потоков в основном проводится путем изучения соответствующих им ИК - цветов, неуверенность порядка 0<sup>а</sup>.14 определения которых сильно ограничивает детектирование слабых источников [1-4]. В этом отношении более перспективен анализ монохроматических IRAS потоков.

Для получения монохроматических потоков на 12, 25, 60 и 100  $\mu\text{m}$

в наблюдаемые потоки необходимо ввести цветовые поправки, учитывающие изменения эффективной длины волны IRAS полосы в зависимости от температуры источника. Эта процедура проведена, используя цветовые температуры и соответствующие им цветовые поправки согласно таблице VI.C.6 в [23].

Как видно из рис.1, монохроматические потоки на IRAS волнах у 15 программных звезд имеют избыток сверх фотосферного излучения. Наибольший избыток наблюдается у HD 9672, IRAS потоки HD 16970

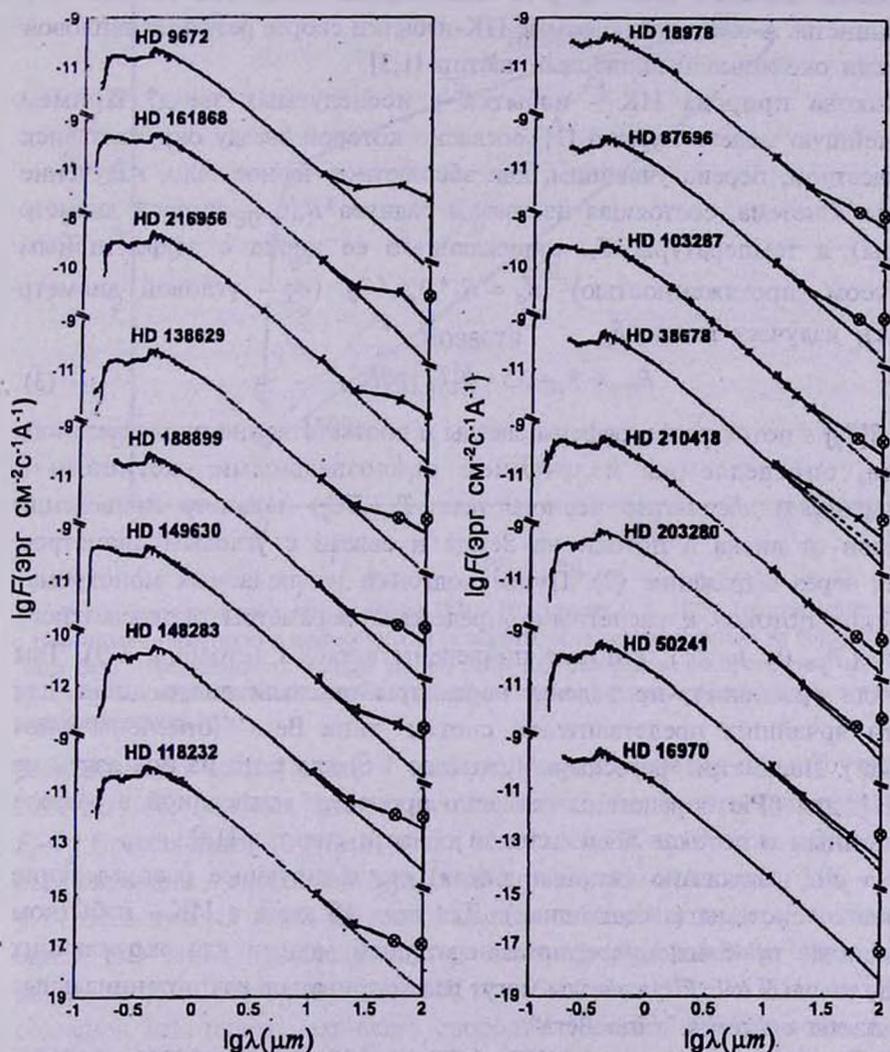


Рис.1 Распределение энергии (эрг  $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}\text{А}^{-1}$ ) в спектре 16 программных звезд. Потoki, наблюдаемые (крестики и крестик в кружке), расчетные (тонкая линия) для звезды и (жирная линия) для системы звезда + диск, (штриховая линия) - степенное распределение потока  $F_{\lambda} \sim \lambda^{-3}$

имеют фотосферное происхождение.

Избыток на IRAS волнах может быть инструментом для детектирования не только пыли, но и газа в околозвездных оболочках (дисках). Если избыток излучения вблизи  $60\mu\text{m}$  и на более длинных волнах однозначно указывает на присутствие пыли, то на  $12$  и  $25\mu\text{m}$  может быть результатом как теплового излучения околозвездной пыли, так и свободно - свободной эмиссии в плазме звездного ветра или околозвездной газовой оболочки [12]. Свидетельства существования ионизованной плазмы у ранних А - звезд [25] предполагают возможным действие механизма свободно - свободной эмиссии также и у А-оболочечных звезд. Тем не менее, у большинства А-звезд наблюдаемые ИК-избытки скорее результат тепловой эмиссии околозвездных твердых частиц [1,3].

Какова природа ИК - избытка у исследуемых звезд? Примем простейшую модель Аумана [1], согласно которой звезду окружает диск с веществом, переизлучающим, как абсолютное черное тело, излучение звезды. Система, состоящая из звезды радиуса  $R_*$  ( $\theta_*$  - угловой диаметр звезды) и температуры  $T_*$ , окружающего ее диска с эффективным радиусом (протяженностью)  $R_d = R_* \cdot \theta_d / \theta_*$  ( $\theta_d$  - угловой диаметр диска), излучает поток  $F_{\text{sys}}$

$$F_{\text{sys}} = F_* + 0.5 \cdot B[T_d] \cdot \text{PC}_d \quad (3)$$

$F_*$  и  $B[T_*]$  - поток от фотосферы звезды и соответственно околозвездного диска, определяемый излучением околозвездными частицами с температурой абсолютно черного тела  $T_d$ . ( $\text{PC}_d$ ) параметр приведения потоков от диска в потоки на Земле и связан с угловым диаметром диска через выражение (2). Путем подгонки наблюдаемых монохроматических потоков к расчетным определены параметры околозвездного диска ( $T_d$ ,  $\theta_d$  и  $R_d$ ), которые приведены в табл.1 (столбцы 7-9). Там же, для сравнения, приведены параметры околозвездного диска для шести ярчайших представителей систем "типа Вега" (отмечены звездочкой). Параметры фотосферы (столбцы 4-6) для пяти из них взяты из [26,27], для  $\beta\text{Pic}$  определены согласно процедуре, описанной в разделе 3 и данным о потоках в визуальной области спектра [18].

На рис.1 показано (жирная линия) результирующее распределение потока от системы (звезды+диск). Для всех 15 звезд с ИК - избытком применимо приближение однотемпературной модели для окружающих звезду твердых частиц, а звезды могут рассматриваться как потенциальные кандидаты системы "типа Вега".

Только для семи звезд (HD 9672, 16970, 38678, 50241, 149630, 161868 и 216956) имеются надежные измерения потока на  $60\mu\text{m}$ , а для первой и последней также на  $100\mu\text{m}$ . Для остальных 9 исследуемых звезд

IRAS каталоги дают верхний предел потока на  $60\mu\text{m}$ . Следовательно, для шести звезд определены "точные", а для остальных девяти звезд только нижняя и верхняя граница значений температуры и протяженности околозвездного диска.

Проектуем ИК- цвета исследуемых звезд на цветовой диаграмме [12]-[25] против [12]-[60] рис.2. На этой диаграмме звезды "типа Вега"

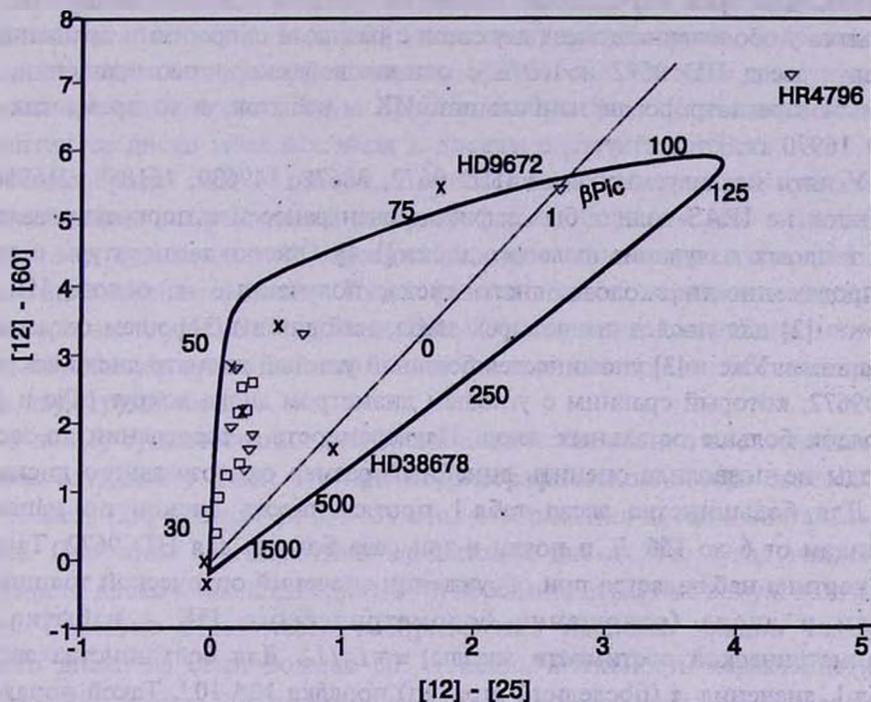


Рис.2. Диаграмма цветовых индексов [12] - [60] против [12] - [25]. Программные звезды с уверенными (крестики) и неуверенными (квадраты) измерениями потока на  $60\mu\text{m}$ , системы "типа Вега" (треугольники). Тонкая линия, цвета для степенного распределения излучения  $F_{\nu} \sim \nu^{-\alpha}$  с указаниями значений индекса  $\alpha$ . Жирная линия изображает цвета черного тела для указанных температур.

располагаются вдоль петли с температурой абсолютно черного тела от 2000 до 30К (жирная линия), вдоль линии степенного распределения  $F_{\nu} \sim \nu^{-\alpha}$  (тонкая линия) группируются объекты с ИК-избытком, обусловленным свободно - свободной эмиссией ионизованной плазмы. ИК - цвета у 14 исследуемых звезд близки к цветам систем "типа Вега" и только у одной HD 38678 - подходят под степенное распределение. Однако, как видно из рис.1, наблюдаемый ИК - избыток у HD 38678 может быть объяснен действием механизма свободно - свободной эмиссии только частично, и полностью излучением абсолютно черного тела с  $T_{\text{eff}}=200\text{K}$  (жирная линия).

5. *Обсуждение.* Из 17 исследуемых на IRAS-волнах звезд у одной не зарегистрированы потоки, у одной нет избытка, шесть однозначно и девять вероятно окружены околозвездным пылевым диском. Для 15 звезд применимо приближение изотермального околозвездного пылевого диска и распределение ИК - избытка может быть представлено излучением абсолютно черного тела с одной единственной температурой от 70 до 120K и 200K для трех случаев. Не отмечены различия в поведении ИК - избытка у оболочечных звезд и у звезд с разными скоростями вращения. У двух звезд HD 9672 и 16970 с одинаковой скоростью вращения, у первой зарегистрирован наибольший ИК - избыток, в то время как у HD 16970 он отсутствует.

У пяти исследуемых звезд (HD 9672, 38678, 149630, 161868, 216956) избыток на IRAS-волнах был зафиксирован ранее и интерпретировался как тепловое излучение пылевого диска [1-4]. Оценки температуры пыли и протяженности околозвездного диска, полученные на основе ИК - цветов [2] для последних четырех звезд, находятся в хорошем согласии с нашими. Уже в [3] упоминается большой угловой диаметр диска вокруг HD9672, который сравним с угловым диаметром диска вокруг  $\beta$ Pic и на порядок больше остальных звезд. Неуверенность в расстоянии до этой звезды не позволила оценить линейный размер околозвездного диска.

Для большинства звезд табл.1 протяженность дисков по нашим оценкам от 6 до 156  $R_*$  и почти в три раза больше для HD 9672. Такая же картина наблюдается при обсуждении значений оптической толщины пыли в диске (отношение болометрического ИК - избытка к болометрической светимости звезды)  $\tau = L_p/L_*$ . Для большинства звезд табл.1, значения  $\tau$  (последний столбец) порядка  $10^{-4}$ - $10^{-5}$ . Такой порядок величины оптической толщины околозвездных дисков характерен для звезд "типа Вега" и наблюдается у 25% нормальных A - звезд [28]. Оптическая толщина пыли у HD 9672, а также у  $\beta$ Pic, HD 98800 и HR 4796 порядка  $10^{-3}$ , что соответствует промежуточным значениям  $\tau$ , в последовательности от систем "типа Вега" ( $\tau \sim 10^{-5}$ ) к звездам перед главной последовательностью и с истечением вещества ( $\tau \sim 10^{-2}$ ). Молодость HR 4796 предполагает, что околозвездная пыль вокруг нее остаток протозвездного вещества [9]. Эта гипотеза пока не может быть распространена на HD 9672 и  $\beta$ Pic, так как нет свидетельств, что они также молоды как HR 4796. Однако это направление размышлений перспективно и проскальзывает из примера HD 98800, известной ранее как система "типа Вега/ $\beta$ Pic", с одним из наиболее протяженных пылевых дисков и рассматриваемая сегодня как T Тац дисковая система с слабыми линиями [5].

Как видно из рис.2, между ИК - цветовыми индексами HD 9672,

$\beta$ Pic и HR 4796 и остальными звездами табл.1 имеются различия. Звезды "типа Вега" (квадраты) в основном сконцентрированы в области с малыми значениями индекса цвета [12]-[25], в то время как у HD 9672,  $\beta$ Pic и HR 4796 (крестики) они намного больше. Это имеет место и у индекса цвета [12] - [60]. Подобие IRAS цветовых индексов, оптической толщины пыли и протяженности диска этих трех звезд, с одной стороны, и отличие параметров диска как от систем "типа Вега", так и молодых звезд с истечением вещества, с другой, позволяет предположить, что околозвездные диски этих звезд, во-первых, физически подобны, во-вторых, вероятно, занимают некоторую промежуточную фазу в эволюционном развитии от диска молодых звезд к дискам систем "типа Вега".

Разнообразие ИК - цветов, протяженностей дисков обусловлено разнообразием излучательной площади диска: большие ИК- излишки возникают при тепловой эмиссии большого количества пыли, т.е. у более протяженного диска. Тогда, резкий скачок параметров дисков при переходе от HD 9672,  $\beta$ Pic и HR 4796 к звездам "типа Вега" может быть обусловлен существенным изменением количества вещества вокруг этих двух групп звезд.

В пользу существования дисперсии количества пыли в околозвездных дисках служит тот факт, что при коронографическом обзоре более 100 А - К звезд [29] только у  $\beta$ Pic получены изображения диска в визуальных лучах. При этом благоприятная ориентация диска  $\beta$ Pic (угол наклона плоскости диска к наблюдателю  $i \sim 60^\circ$ ), вероятно, играет не самую важную роль. Согласно вероятности распределения наклона, наклон только одного диска из семи больше  $60^\circ$  и исключительность характеристик диска  $\beta$ Pic может быть объяснена большим количеством вещества, рассеивающим оптические лучи и позволяющим наблюдать диск непосредственно. В пользу этого свидетельствует также, что для большинства звезд верхний предел поверхностной яркости диска в визуальных лучах на 2-3 величины слабее, чем у  $\beta$ Pic.

6. *Выводы.* Установлено наличие инфракрасных избытков у 15 звезд типа А. В предположении о тепловой природе этих избытков, найдены эффективные температура пыли и протяженности газо-пылевых дисков, окружающих эти звезды. Отсутствие селективного поглощения в УФ - области предполагает, что ИК - избыток вызван частицами намного большего размера межзвездной пыли. Эти звезды могут быть отнесены к вероятным кандидатам в протопланетарные системы.

Считаю своим долгом поблагодарить сотрудника NASA М. Переза за содействие в получении и обработке архивных записей IUE.

## INVESTIGATION OF THE GROUP OF RAPID ROTATING A - TYPE STARS WITH INFRARED EXCESS

J.B.OHANESYAN

With the purpose of detection circumstellar matter around 13 normal and four shell A - type stars, data of their IRAS observations are analysed. In general the stars are rapid rotating, five of them were studied earlier. By comparison of IUE and ground observable fluxes with Kurucz models the parameters of stars ( $T_e$ ,  $g$ , and angular diameter) have been determined by means of which the excess of IR-fluxes over photosphere radiation are found. The IR-excess is found for 15 stars. The excess are interpreted as thermal emission of dusty particles with effective temperature from 70 up to 200K. The effective radius of circumstellar disks are estimated from 7 up to 400  $R_s$ .

### ЛИТЕРАТУРА

1. *H.H.Aumann*, Publ. Astron. Soc. Pacif., **97**, 885, 1985.
2. *J.Cote*, Astron. Astrophys., **181**, 77, 1987.
3. *H.J.Walker, R.R.Wolstencroft*, Publ. Astron. Soc. Pacif., **100**, 1509, 1988.
4. *R.D.Oudmaijer, W.E.C.J.van der Veen, L.B.F.M.Waters, N.R.Trams, C.Waelkens, E.Engelsman*, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., **96**, 625, 1992.
5. *P.Artymowicz*, Stockholm Observ. Preprint №66, 1996.
6. *Y.Kondo, F.C.Bruhweiler*, Astrophys.J., **193**, L1, 1985.
7. *L.M.Hobbs, A.M.Lagrange-Henri, R.Ferlet, A.Vidal-Madjar, D.E.Welty*, Astrophys.J., **334**, L41, 1988.
8. *D.Mouillet, A.M.Lagrange*, Astron. Astrophys., **297**, 175, 1995.
9. *M.Jura, B.Zuckerman, E.E.Becklin, R.C.Smith*, Astrophys.J., **418**, L37, 1993.
10. *M.Jaschek, C.Jaschek, D.Egret*, Astron. Astrophys., **158**, 325, 1986.
11. *A.M.Lagrange-Henri, H.Beust, R.Ferlet, L.M.Hobbs, A.Vidal-Madjar*, Astron. Astrophys., **227**, L13, 1990.
12. *K.-P.Cheng, C.A.Grady, F.C.Bruhweiler*, Astrophys.J., **366**, L87, 1991.
13. *C.A.Grady, J.M.S.Silvis*, Astrophys.J., **404**, L61, 1993.
14. *C.Jaschek, Y.Jaschek, A.Andrillat*, Astron. Astrophys., **72**, 505, 1988.
15. *A.Uesugi, I.Fukuda*, Revised Cat. St. Rot. Vel. Department of Astr., Kyoto Univ., Kyoto, Japan, 1982.
16. *R.C.Bohlin*, Space Telescope Institute, Pr.ser. N1008, 1996.
17. *А.В.Харитонов, В.М.Терешенко, Л.Н.Князев*, Спектрофотометрический

- каталог звезд. Наука, Алма-Ата, 1988, с.478.
18. *M. Breger*, *Astrophys.J. Suppl. Ser.*, **32**, 7, 1976.
  19. *И.Б.Волошина, И.Н.Глушневa, В.Т.Дорошенко и др.*, Спектрофотометрия ярких звезд, Наука, М., 1982, с.256.
  20. *Н.С.Комаров, В.А.Позигун, С.И.Белик и др.*, Спектрофотометрия звезд в диапазоне  $\lambda\lambda$  550-900нм. Киев. Наук. думка. 1983, с.312.
  21. *Catalog of Infrared Observations*, NASA RP 1294, 1993.
  22. *M.Moshir et al.*, Explanatory Supplement to the IRAS Faint Source Survey (Pasadena: JPL), 1989.
  23. IRAS Explanatory Supplement to the Catalogs and Atlases, Eds. *C.A.Beichman et al.*, Point Source Catalogue, 1985.
  24. *R.L.Kurucz*, *Astrophys.J. Suppl. Ser.*, **40**, 1, 1979.
  25. *F.C.Bruhweiler, CA.Grady, W.A.Chiu*, *Astrophys.J.*, **340**, 1038, 1989.
  26. *M.L.Malagnini, C.Morossi*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **85**, 1015, 1990.
  27. *И.Н.Глушневa*, *Астрон.ж.*, **62**, 1132, 1985.
  28. *Н.Н.Aumann*, *Astron.J.*, **96**, 1415, 1988.
  29. *B.A.Smith, J.M.Fountain, R.J.Terrile*, *Astron. Astrophys.*, **261**, 415, 1992