

## **НАБЛЮДАЕМЫЕ ОСОБЕННОСТИ СРЕДЫ ОКОЛОЗВЕЗДНЫХ ОБОЛОЧЕК МОЛОДЫХ ЗВЕЗД**

На примере четырех звезд AeBe Хербига в области Единорога исследуются свойства околозвездной среды. Из анализа фотометрических, поляризационных и спектральных данных обсуждаются проблемы организации околозвездного вещества вблизи молодых звезд.

Околозвездная газово-пылевая среда вблизи молодых звезд умеренных масс (5–15  $M_{\odot}$ ) – AeBe Хербига – проявляет себя в характере поглощения и излучения на газе и пылевых частицах, в распределении вещества в виде сферических или дисковых оболочек, в заметно увеличенной по-

ляризации света звезды по сравнению со звездами поля, избыточным инфракрасным и микроволновым излучением. Химический состав пылевой среды определяется по абсорбционным полосам по всему спектру; в настоящее время установлено, что в состав пыли входят аморфные сили-

каты, частицы графита и РАН – полициклические ароматические гидрокарбонаты. Такой состав пыли хорошо удовлетворяет усредненным наблюдаемым параметрам межзвездной экстинкции, однако она может быть отличной в околозвездных оболочках, где плотность среды больше и излучение звезды не только ионизует, но и способно испарять и плавить пыль [1].

Наибольшую проблему вызывает распределение околозвездного вещества, которое может быть или сферически-симметричным, или собранным в вытянутые образования в форме диска. Интерпретация наблюдаемых данных критически зависит от того, какое распределение выбрано и как расположен объект на луче зрения. В пользу дискового распределения среды свидетельствуют в первую очередь оптические аналоги – кометарные туманности, структура которых предполагает наличие диска, коллимирующего оптические джеты, которые и определяют кометарную форму. Двугорбые профили эмиссионных линий и данные истинной поляризации излучения тоже свидетельствуют в пользу дисковых оболочек. Современные изображения объектов, полученные в инфракрасном и радиодиапазонах, позволяют более точно и достаточно близко к звезде моделировать распределение вещества. Вид эмиссионного профиля определяется полем скоростей в оболочке, оптической толщиной, полем излучения звезды и оболочки. В настоящее время для объяснения характерных изменений профиля привлекают механизмы, связанные с процессами вращения, истечения и аккреции (или падения вещества), которые являются нестационарными в AeBeX звездах и оболочках. Считается, что если линии образуются в одном слое, то их профили подобны, а линии разных потенциалов ионизации несут информацию о состоянии оболочки на разных расстояниях от звезды. Одновременные исследования переменности эмиссионных профилей водородных и других линий, образующихся в хромосфере и оболочке, совместно с переменностью блеска и поляризацией излучения звезд помогают в изучении состояния и распределения вещества в околозвездных оболочках [2,3]. Недавние наблюдения поляризации в линии H $\alpha$  позволили предположить различие для в механизмах аккреции Ae и Be звезд Хербига: для первых – это магнитосферная, для вторых – дисковая аккреция [4]. Воз-

можность существования дисковых образований вблизи ранних звезд большой светимости подтверждают Be - звезды, вблизи которых имеются газопылевые диски.

Для исследования свойств оболочек наблюдаемые фотометрические и поляризационные параметры в первую очередь исправляют от параметров межзвездного поглощения и межзвездной поляризации. Закон поглощения для Mon R1 был получен нами по звездам ранних спектральных типов по данным многоцветной фотометрии работы [2]. На основе наших спектральных и поляризационных данных и данных фотометрии других авторов [5–7] проведем исследование околозвездных оболочек отдельных звезд в ассоциации Mon R1: VY Mon, LkH $\alpha$  215 и HD 259431, и MWC 137, расположенной вблизи этой области. В табл. 1 представлены нормированные и абсолютные законы поглощения  $A_p(\lambda)$  и  $A(\lambda)$ . Наблюдаемые фотометрические данные были исправлены в соответствии с величиной избытка цвета каждого объекта,  $m_1(\lambda)$  – исправленные фотометрические величины для VY Mon (3 даты),  $m_2(\lambda)$  – тоже для LkH $\alpha$  215,  $m_3(\lambda)$  – для HD 259431,  $m_4(\lambda)$  – для MWC137. На величину избытка цвета E $_v$ -v большое влияние оказывает точность спектральной классификации, однако для выбранных объектов существует большой разброс в ее оценке. Так, для VY Mon оценка спектрального типа колеблется от O9 до A4 [7,8], для этих крайних случаев величина E $_v$ -v меняется соответственно от 2 до 1,65 звездных величины, что при определенном значении  $R=3.7$  даст оценку в различии общего поглощения от  $7^m,4$  до  $6^m,1$ .

Полученные распределения включают суммарное влияние звездного излучения и околозвездных оболочек. По исправленным показателям цвета можно оценить тип звезды, однако переменность блеска у VY Mon такова, что эти показатели для разных дат соответствуют классам - B2, O9 и A0. Известно, что пылевая составляющая наибольшим образом проявляет себя в излучении в инфракрасной области спектра, переменность параметров отражает изменение степени ее нагрева звездой. Это может происходить при изменении внутренней яркости звезды, связанной с ее активностью, или при возможном приближении или удалении неоднородного вещества оболочки вблизи звезды. В зависимости от

Таблица 1

	U	B	V	R	I	J	H	K	L	N
$A_n(\lambda)$	2.00	1.00	0.00	-1.00	-2.20	-2.70	-3.20	-3.50	-3.60	-3.70
$A(\lambda)$	5.70	4.70	3.70	2.70	1.50	1.00	0.50	0.20	0.10	0.01
$m_1(\lambda)$	5.23	6.05	6.28	6.13	6.82		5.13	4.34	2.94	0.42
	4.15	5.27	5.68	5.68	6.43		5.23	4.44	5.93	0.20
	5.51	6.27	6.30		7.67	7.20	5.90	4.70	3.10	
$m_2(\lambda)$	7.42	7.99	8.11	8.14	8.40	7.33	6.74	5.94	4.00	
	6.89	7.57	7.77	8.05	8.43	7.76	7.33	6.76	5.75	4.00
	6.97	7.64	7.83	8.10	8.49	7.76	7.33	6.76	5.75	
$m_3(\lambda)$	6.20	7.13	7.25	7.16	7.32		6.40	5.40	4.43	1.83
	6.16	7.08	7.22	7.32	7.50		6.47	5.68	4.31	1.39
$m_4(\lambda)$	5.74	7.36	7.40	8.50	8.23	7.42	6.88	6.17	4.95	2.18
	6.12	7.59	7.61			7.42	7.23	6.36	4.98	2.40

Таблица 2

	<i>MWC137</i>	<i>VYMon</i>	<i>Lk H<math>\alpha</math> 215</i>	<i>HD259431</i>
<i>Sp</i>	<i>B0-B2ep</i>	<i>O9-B8-A4e</i>	<i>B7-B8e</i>	<i>B1-B6e</i>
<i>Av, r</i>	4 <sup>m</sup> 5, 900пк	8 <sup>m</sup> 0 900пк	2 <sup>m</sup> 5, 900пк	1 <sup>m</sup> 6, 900пк
<i>P%</i> , $\theta_0$	6.56%, 162о	10%, 10о	1.43%, 80о	1.08%, 106о
$\Delta P$ , $\Delta\theta$	1.68 % 10о	2.2% 10о	0.63%, 15о	0.65%, 19о
<i>Pin%</i> , $\theta_{oin}$	4.46%, 62о	10.3%, 22о	2.33%, 80о	2.09%, 93о
<i>W(H<math>\alpha</math>)</i>	300A	25,9A	28,7A	52,9A
<i>L*</i>	29900	>1200	573	5950
<i>L(IR)</i>	639	1100	108	310
<i>L*(NIR)</i>	173.1	>300	41.6	110.2

того, насколько близко к звезде может подходить вещество, наблюдаемые параметры могут значительно меняться. Три механизма – вращение оболочки, истечение и аккреция влияют на нагрев и динамику околосредной среды и могут вызывать пульсационный характер изменений наблюдаемых параметров. В частности, это видно в поведении эквивалентных ширин и характере изменений профиля эмиссионной линии  $H\alpha$  в разные моменты времени [9,10].

В табл. 2 приведены данные для центральных звезд и их оболочек, полученные в ИК и более длинноволновых областях [2,3,6,7,11,12,13].

Следует отметить, что величины эквивалентных ширин и светимостей носят переменный характер, что связано, скорее всего, с неоднородной вращающейся оболочкой, имеющей форму диска. Зона оболочки вблизи звезды, где пыль не может существовать, заполнена ионизованным газом, который и создает эмиссионные линии. То, что мы видим в спектрах, и фотосферные линии поглощения подтверждают относительную зюсть диска.

Большой разброс в данных поляризации  $\Delta P$  и  $\Delta\theta$  отражает изменение плотностной структуры

в оболочке, вызванной динамикой среды. Большие изменения  $W(H\alpha)$ , почти в 2 раза у *MWC137* и *Lk H $\alpha$  215*, могут быть свидетельством изменений размеров примыкающей к звезде газовой области (беспылевой) из-за звездного ветра. Приведенные в табл. 2 величины светимостей в разных диапазонах выражены в величине светимости Солнца. Морфологически две пары объектов сходны между собой – *VYMon* и *MWC137*, *Lk H $\alpha$  215* и *HD259431*, что позволяет сравнить свойства и структуру оболочек, если считать, что пары центральных звезд близких спектральных типов. Размеры беспылевой зоны пропорциональны в первом приближении светимости звезды ( $L^{1/2}$ ). Наибольшая светимость звезды в ближком ИК-диапазоне  $L^*(NIR)$  у *VY Mon*, затем *MWC137*, что может свидетельствовать в пользу большей молодости *VY Mon* за счет меньшей зоны пыли, выметенной лучистым давлением молодой звезды. Приведенные в работе [12] оценки возраста для второй пары звезд *Lk H $\alpha$  215* и *HD259431* 0.30 и 0.09Муг подтверждают этот вывод.

Работа выполнена в рамках проекта ПФИ, шифр  $\Phi$ -0351.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Weingartner J.C., Drain B.T.* Dust grain-size distributions and extinction in MW, LMC and SMC // *Ap.J.* 2001. V.548.P.296.

2. *Hamann F., Persson S.E.* Emission –line studies of Young stars // *Ap.J.* 1992. V.394.P.628-642.

3. *Jain S.K., Bhatt H.C.* Study of variability of the polarization in Herbig Ae/Be stars // *Astron. and Astroph. Suppl. Ser.* 1995. V.111.P.399-40.

4. *Vink J.S., Drew J.S., Harries T.J. et. al.* Probing the circumstellar structures of Ttau and Herbig stars // *MNRAS* 2005. V.359.P.1049.

5. *Herbst W., Miller D.P., Warner W., Herzog A.* The multicolor photometry of stars in R-association // *Astron.J.* 1982. V.87.P.98-121.

6. *Hillenbrand L.A., Strom S.E., Vrba F.J., Keene J.* Herbig AeBe stars: intermediate mass stars surrounded by massive circumstellar accretion disks // *Ap.J.* 1992. V.397.P.613-643.

7. *Cohen M., Kuhl L.* Observational studies of pre-main-sequence evolution // *Ap.J. suppl. Ser.* 1979. V.41.P.743-843.

8. *Mora A., Merin B., Solano E. et. al.* Classification and vsini of Vega-type and PMS stars // *Astron. and Astroph.* 2001. V.378.P.116.

9. *Kondratyeva L.N.* Spectral variations of stars // *Astron. and Astrophys. Transactions.* 2005. V.24. P.291.

10. *Pavlova L.A., Kondratyeva L.N., Valiullin R.R.* Spectral variations of AeBe Herbig stars in the Mon R1 // *Astron. and Astrophys. Transactions.* 2005. V.24.P.307.

11. *Henning Th. e. a.* Infrared imaging and millimeter continuum mapping of Herbig AeBe and FU Orionis stars // *Astron. and Astroph.* 1998. V.336. P.565-586.

12. *Hernandes J., Calvet N., Briceno C., Hartmann L., Berlind P.* Spectral analysis and classification of Herbig AeBe stars // *Astron.J.* 2004. V.127.P.1682.

13. *Casey S.C., Harper D.A.* VY Mon and IC446: far – infrared and submillimeter images // *Ap.J.* 1990. V.362.P.663-673.

14. *Павлова Л.А.* Галактические магнитные поля и околозвездные структуры // *Известия НАН РК. Серия физ.-мат.* 2005. №4. С.58-62.

15. *Eisner J.A., Lane B.F., Hillenbrand L.A. et. al.* Resolved inner disk around Herbig AeBe stars // *Ap.J.* 2004. V.613.P.1049.

## Резюме

Единорог шоғыры аймағындағы 4 Ae/Be Хербиг жұлдыздарының жұлдыз маңындағы ортасының қасиеттері зерттеледі. Фотометрлік, үйкелу және спектрлік мәліметтердің талдауынан жас жұлдыздар маңындағы жұлдыздардың жұлдыз маңындағы заттың пайда болуының мәселелері талқыланады.

## Summary

On an example of four AeBe Herbig stars in the Mon R1 region the properties of interstellar matter are studied. On the analysis of the photometric, polarimetric and spectral data the problems of organization of circumstellar matter near the young stars are discussed

*Астрофизический институт  
им. В.Г. Фесенкова МОН РК,  
г. Алматы*

*Поступила 25.04.06г.*