

Л. А. ПАВЛОВА

(ДТОО Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова г. Алматы)

## НАБЛЮДЕНИЯ И МОДЕЛИ ОБОЛОЧЕК МОЛОДЫХ ЗВЕЗД

**Цель.** Исследования современных наблюдений и моделей околозвездных структур молодых звезд.

**Методы.** Сравнение наблюдаемых данных и выбор моделей околозвездных оболочек.

**Результаты.** Обсуждаются современные механизмы и зоны формирования наблюдаемых эмиссионных линий и избытков ИК излучения молодых звезд.

**Ключевые слова.** AeBe звезд Хербига, спектральные и фотометрические методы, околозвездные структуры.

**Тірек сөздері:** Хербиг AeBe жұлдыздары, спектральдық және фотометрлік әдістер, жұлдыз жанындағы құрылымдар.

Главной особенностью AeBe звезд Хербига (AeBeX) является их юность, что определяется присутствием вблизи звезд газа и пыли, сосредоточенных в туманности, оболочке или диске. Как следствие, эти звезды обладают значительной фотометрической и спектральной переменностью, эмиссионными линиями водорода и металлов в их спектрах, большими инфракрасными избытками. Величина ускорения силы тяжести на поверхности этих звезд значительно ниже, чем у звезд Главной Последовательности, что свидетельствует в пользу того, что звезды находятся в стадии продолжающегося сжатия. Данные наблюдений современными методами приводят к посто-янному уточнению эмпирических моделей. Исследования организации околозвездной материи вблизи молодых звезд одна из главных современных задач, поскольку моделирование наблюдаемых данных критически зависит от принятой структуры оболочки, формирование которой связано с магнитными полями. Магнитные поля являются важной составляющей процессов формирования звезд и околозвездных структур. Прямые доказательства присутствия магнитного поля в звездах AeBeX видны в сильных X-лучах, далекой и ближней УФ эмиссии. Для ряда звезд наблюдается периодическая циклическая модуляция не только в оптических эмиссионных линиях, но и в линиях в ультрафиолетовой области дублета Mg II h & k и еще более далекой X-ray эмиссии. В ультрафиолетовой области обнаружены эмиссионные линии высоко ионизованных спещий азота NV and кислорода OVI, появление которых указывает на присутствие неосесимметричного ветра, контролируемого магнитным полем. Около этих типов звезд обнаружены разные структуры: диски – по наблюдениям ИК избытков, неоднородные газовые оболочки – по наличию в спектрах сильных эмиссионных линий разных элементов, полярные выбросы (джеты) – по радио данным, истечение вещества по наблюдениям коротко волновой абсорбции типа P Cyg в профиле эмиссионных линий [1,2]. Изображения окрестности некоторых молодых звезд, полученные методами коронографии и интерферометрии, позволили обнаружить диски вокруг горячих звезд, но на самой ранней стадии эволюции, поскольку их сильное излучение способно за короткий срок рассеять околозвездную среду. Признаки потери масс и аккреционных процессов в Be звездах Хербига видны и в двойных профилях эмиссионных линий с соотношениями пиков  $V < R$  для истечения и  $V > R$  для аккреции. Они показывают свойства, которые часто связаны с магнитной активностью. Такие явления в холодных T Tau звездах подобных Солнцу производятся в горячей хромосфере или короне, где роль магнитосферных явлений велика. Модели магнитосферной аккреции были успешно применены для объяснения переменности и вида эмиссионных профилей не только для холодных T Tau, но и для AeBe звезд Хербига со скоростью аккреции около  $10^{-7}$   $M_{\odot}/\text{год}$  [1].

Наблюдения ряда молодых звезд AeBeX методом измерения поляризации по контуру эмиссионной линии привели к выводу, что газовая эмиссия более компактна, чем пылевая. Моделирование было проведено с учетом свойств пыли и излучающего газа, морфологию диска и механизмы падения или истечения газа. Данные показывают преимущество для модели падения/ истечения и согласуются с присутствием газа во внутреннем диске на радиусе  $0.01a_e$ .

Этот метод позволяет обнаружить неразрешенные компаньоны около звезд AeBe Хербига, которые могут быть значительно слабее главного. Главный принцип этого метода позволяет измерять спектральные особенности вторых компонент и структуры истечения [3]. Спектрополяриметрические измерения зон магнитосферной активности AeX звезд позволили предположить, что аккреция в этих объектах идет через высоко-широтные каналы под контролем магнитного поля. Предположено, что газ внутреннего диска можно проследить по профилю линии H $\alpha$ , который по магнитосферным каналам соединяется с вращающейся звездной фотосферой. Предполагается простая дипольная геометрия, где линия H $\alpha$  образуется от свободно падающего газа, который течет по магнитно-силовым линиям, соединяя магнитосферу внутреннего диска и звездную поверхность. В сценарии магнитосферной аккреции внутренний диск может вытягиваться хоботом в некоторой точке между звездной поверхностью и радиусом коротации, где материя ускоряется через линии магнитного поля пока не достигнет звезды. Эквивалентная ширина эмиссионной линии H $\alpha$  на уровне 10% интенсивности была использована для оценки скорости аккреции для мало массивных звезд. Анализ данных для более массивных звезд AeX со скоростями вращения ( $v \sin i$ ) больше 150 км/с показал, что они обладают и большими ширинами H $\alpha$  (W10) более 600 км/с. Такие ширины могут быть образованы за счет влияния вращающегося околосредного газа с максимальной скоростью, которая для Кеплеровского вращения локализована во внутреннем диске [4]. Для каждого объекта моделирование наблюдаемых особенностей должно быть индивидуально, поскольку параметры переменности меняются от звезды к звезде.

На рисунке приведена схематическая карта разных областей околосредной оболочки для AeBeX звезд с указанием действия механизмов истечения и аккреции.

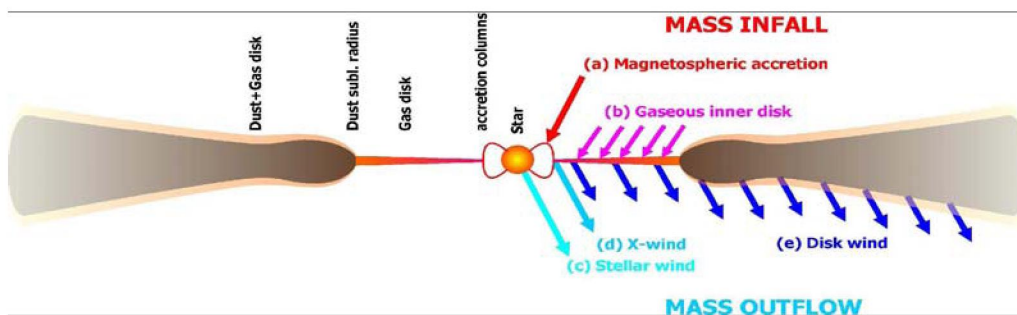


Рисунок 1 – Схема околосредной оболочки AeBe звезд Хербига

Анализ наблюдаемых скоростей эмиссионных линий показывает, что области, где идут процессы истечения и аккреции, расположены на одних и тех же расстояниях вблизи звездной поверхности. Наблюдаемые смены этих механизмов для ряда объектов зависят от изменения оптической толщи, которая может меняться в зависимости от положения вращающейся неоднородной оболочки на луче зрения.

Спектроскопические пространственно разрешенные изображения в L $\alpha$  и узких полосах демонстрируют, что AeX управляют коллимированными биполярными истечениями в процессе ППЭ эволюции и этим похожи на T Tau. Для этих объектов звездные магнитные поля являются главными в проводке аккрецирующего материала на звезду и в коллимации истечения. FUSE дает возможность определить или на звезду еще идет аккреция, или есть увеличение звездной активности, или имеется течение короны диска, тогда FUV избытки и сигнал ЭЛ имеет высокую контрастность над звездной фотосферой. Недавние наблюдения HD100453 и  $\beta$  Pic определили, что звездная активность есть на ранних фазах A-звезд и на ГП и это сопровождается развитием коронального или дискового ветра при приближении к линии нулевого возраста. Однако пока непонятна вероятность связи между дисковым ветром и джетом [5].

Исследования двойных систем среди AeBe звезд Хербига с использованием спектрополяриметрии и данных с высоким пространственным разрешением для определения ориентации дисков у главных компонент. Анализ углов дисков и параметров орбит систем позволил показать возможность формирования дисков в плоскости двойной системы, аналогичная работа была

проделана с данными наблюдаемой и собственной поляризации. Исследования выравненности ориентации поляризации и главных околосветных структур показали, что для ряда объектов можно ожидать такую связь [6,7]. К настоящему времени таким методом получены уникальные наблюдения 70 AeBe звезд Хербига в широкой спектральной области от 3700 Å to 1 μm оптического диапазона для исследования магнитных полей в этих объектах. Кроме того, этот однородный спектральный материал позволяет определить и/или уточнить такие параметры объектов, как скорости вращения, переменность, двойственность, химическое обилие, физические условия и структуру околосветной среды. В таблице 1 приведем уточненные параметры некоторых AeBe звезд Хербига, полученные в работе [8].

Таблица 1 – Уточненные параметры некоторых AeBe звезд Хербига

HD or BD	V	Sp	Av	disk	Vsini	M/Mo	R/Ro	Age Myr
1	2	3	4	5	6	7	8	9
BD-06 1253	10.34	A1e	3.74	D	6.7	2.87	3.00	2.5
BD+41 3731	9.90	B2e	1.06	-	345	5.50	3.8	0.24
BD+46 3471	10.14	A0e	2.25	D	199	5.9	9.7	0.06
BD+61 154	10.51	B8e	3.29	D	112	3.41	2.42	2.2
BD+65 1637	10.83	B2/5e	2.94	D	278	8.11	6.7	0.035
HD 31293	7.03	A0e	0.65	D	116	2.50	2.62	3.7
HD 52721	6.54	B2e	1.28		215	9.1	5.0	0.044
HD 53367	6.97	B0e	3.29		42	16.1	7.1	0.008
HD 200775a	7.34	B3e	2.43	D	26	10.7	10.4	0.016
HD 200775b					59	9.3	8.3	0.016
HD 216629a	9.34	B2/3e	-0.25		179			
HD 216629b		B4e			125			
HD 250550	9.51	B9e	0.68	D	79			
HD 259431	8.71	B6e	2.02	D	83	7.1	8.0	0.059
LkHa 215 A	10.54	B6e	3.25	D	210	5.8	5.9	0.1
LkHa 215 B					12	5.8	5.9	0.1
MWC 1080	11.58	B0e	7.09	D		17.4	7.3	0.0028
VV Ser	11.92	B6/A1	5.35	D	124	4.0	3.1	0.64
HD 163296	6.86	A1e	0.32	D	129	2.23	2.28	5.10

В таблице 1 – 1 столбец – имя объекта, 2 – величина в фильтре V, 3 – спектральный класс, 4 – поглощение Av, 5 – наличие диска, 6 – скорость вращения звезды, 7 – массы звезд, 8 – радиусы звезд, 9 – возраст в миллионах лет.

Данные таблицы 1 показывают, что возраст объектов связан с массой звезд, большей массе соответствует меньший возраст. Это подтверждает идею, что обнаружить диски около горячих звезд можно только на ранней стадии их эволюции.

Работа выполнена по проекту грантового финансирования 0174/ГФ Комитет науки МОН РК.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Muzerolle J. et al. Magnetospheres and disk accretion in Herbig Ae/Be stars *Astrophys.J* – 2004. – V. 617. – P. 406-417.
- 2 Ben R. Oppenheimer et al. The solar-system-scale disk around AB Aur // arXiv:0803.3629v1 [astro-ph] 25 Mar 2008.
- 3 Millan-Gabet et al. The circumstellar environments of Young stars at AU scales // arXiv:astro-ph/06-3554.
- 4 Harrington D.M., Kuhn J.L. . Spectropolarimetry of H $\alpha$  line in Herbig AeBe stars. // *Ap.J.L.*, – 2007. – V.667. – L.89.
- 5 Mendigutia I., Calvet N., Montesinos B., A. Mora A., J. Muzerolle J., Eiroa C. et al. Accretion rates and accretion tracers of Herbig AeBe stars // arXiv: 1109. 3288v1.
- 6 Grady C.A. – 2010, *ApJ*, 719, 1565.
- 7 Wheelwright I H.E., Vink J.S., Oudmaier R.D., and Drew J.E. On the alignment between the circumstellar disks and orbital planes of Herbig Ae/Be binary systems // *A&A* – 2011. – V.532A. – P.854.
- 8 Maheswar G., Manoj P., Bhatt H.C. Circumstellar disks around Herbig Ae/Be stars: Polarization, outflows and binary orbits // *Astron. and Astroph.* – 2002. – V.387. – P 1003.
- 9 Alecian E., Wade G.A., Catala C. et al. A high-resolution spectropolarimetric survey of Herbig Ae/Be stars . I. Observations and measurements // *MNRAS.* – 2013. – V.429. – P.1001.

## REFERENCES

- 1 Muzerolle J. et.al. *Astrophys.J.*, **2004**. – V. 617. – P. 406-417.
- 2 Ben R. Oppenheimer et.al. *arXiv: 0803.3629,v1 [astro-ph]* 25 Mar. – **2008**.
- 3 Millan-Gabet et.al. *arXiv: astro-ph. 06-3554*.
- 4 Harrington D.M., Kuhn J.L., *Ap.J.L.*, **2007**. – V.667, L 89.
- 5 Mendigutia I., Calvet N., Montesinos B., A. Mora A., J. Muzerolle J., Eiroa C. et.al. *arXiv: 1109. 3288, v1*.
- 6 Grady C.A. **2010**, *ApJ*, 719, 1565.
- 7 Wheelwright1 H.E., Vink2 J.S., Oudmaijer1 R.D., and Drew3 J.E. *A&A*, 2011, v.532A, P.854
- 8 Maheswar G., Manoj P., Bhatt H.C. *Astron. and Astroph.*, **2002**, V.387, P 1003
- 9 Alecian E., Wade G.A., Catala C. et.al. *MNRAS*, **2013**. – V.429. – .P.1001.

## Резюме

Л. А. Павлова

(«В. Г. Фесенков атындағы Астрофизика институты» ЕЖШС, Алматы қ.)

## БАҚЫЛАУЛАР ЖӘНЕ ЖАС ЖҰЛДЫЗДАР ҚАБЫҒЫ ҮЛГІЛЕРІ

**Мақсаты:** жас жұлдыздардың жұлдыз жанындағы құрылымын заманауи бақылау мен модельдерін зерттеу.

**Әдістер:** бақыланған мәліметтерді салыстыру және жұлдыз жанындағы қабық моделін таңдау.

**Нәтижелер:** жас жұлдыздардың ИҚ сәулелену молшылығы және бақыланатын эмиссиялық сызықтардың қалыптасу аймағы мен заманауи механизмдері талқыланады.

**Тірек сөздер:** Хербиг AeBe жұлдыздары, спектральдық және фотометрлік әдістер, жұлдыз жанындағы құрылымдар.

## Summary

**Aims.** The revive of modern observations and model of circumstellar structures of the young stars.

**Methods.** Comparison observing data and circumstellar environments models select.

**Results.** The modern mechanisms and zone formations emission lines and IR excess radiation of young stars are consideration.

**Key words.** AeBe Herbig stars, observations data, model, circumstellar structures.