

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 5, Number 303 (2015), 44 – 48

## THE OBSERVING PHENOMENA OF THE YOUNG STARS ACTIVITY

L. A. Pavlova

Fesenkov Astrophysical Institut, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: lara@aphi.kz

**Key words:** activity young stars, outflows – accretion, emission line profiles of He I (10830Å), H $\alpha$ (6562,8Å) and MgII(2795Å,2802Å), circumstellar structures.

**Abstract.** An analysis of observable active phenomena in the young stars of different masses was made. Investigations of emission line profiles of different chemical elements was carried out in order to study density distribution in the envelopes of the young stars. The lack of inner disk wind signatures in HAEBES, combined with the paucity of detected magnetic fields on these objects, suggests that accretion through large magnetospheres which truncate the disk several stellar radii above the surface is not as common for HAe and late-type HBe stars as it is for CTTSs. Instead, evidence is found for smaller magnetospheres in the maximum red-shifted absorption velocities in our HAEBE sample. For analysis of the mass flows around the young stars and of the properties of the inner circumstellar disks the comparing of the radial velocities of 3 emission line profiles He I 10830, H $\alpha$ (6562,8Å), MgII(2795Å, 2802Å) was executed.

УДК 524.5

## НАБЛЮДАЕМЫЕ ПРИЗНАКИ АКТИВНОСТИ МОЛОДЫХ ЗВЕЗД

Л. А. Павлова

ДТОО Астрофизический институт им. В. Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан

**Ключевые слова:** активность молодых звезд, аккреция и истечение, профили эмиссионных линий – HeI (10830Å), H $\alpha$  (6562,8Å) и MgII (2795Å,2802Å), околозвездные структуры.

**Аннотация.** Проведен анализ наблюдаемых активных явлений в молодых звездах разных масс. Проведены исследования эмиссионных профилей линий разных элементов, для изучения распределения плотности в оболочках молодых звезд. Отсутствие сигнала от ветра от внутреннего диска для звезд AeBeX с комбинацией малым определением магнитных полей в этих объектах, предполагает, что аккреция через большие магнитосферы, которые расположены на нескольких радиусах звезды от ее поверхности не является общим для AeX и поздних BeX звезд в отличие от TТau. Однако находят присутствие малых магнитосфер в максимуме красно смещенных абсорбций в примерах AeBeX. Для анализа потоков масс вокруг молодых звезд и свойств внутреннего околозвездного диска проведено сравнение лучевых скоростей в профилях 3 эмиссионных линий: He I 10830, H $\alpha$  (6562,8Å) и MgII (2795Å,2802Å).

Одним из основных аспектов изучения пути эволюции молодых звезд, находящихся в стадии до Главной Последовательности, является анализ их взаимодействия с окружающей газопылевой средой. К молодым звездам относятся AeBe звезды Хербига (AeBeX) средних масс (2-15  $M_{\odot}$ ) и мало массивные звезды TТau (< 2  $M_{\odot}$ ), оба класса звезд отличаются значительной фотометрической, спектральной и поляризационной переменностью, большим ИК избытком, связь их с

туманностями и молекулярными облаками является свидетельством их молодости. Присутствие газопылевых околозвездных оболочек подтверждается наличием в спектрах звезд эмиссионных линий и значительным ИК избытком. Несмотря на большое сходство наблюдаемых признаков AeBe звезд Хербига и Т Тау звезд, природа явлений различна. Переменность в профилях эмиссионных линий серии Бальмера, связанная с появлением и исчезновением в профиле прямой и обратной абсорбции Р Суг обусловлена физическими процессами истечения или падения вещества на звезду. Характерные времена переменности спектральных особенностей от часов до нескольких дней могут быть связаны с процессами магнитной аккреции вблизи поверхности звезды для этих групп звезд.

Структура газово-пылевой среды и физические процессы в околозвездных оболочках влияют на наблюдаемые фотометрические данные распределения энергии и спектральные данные эмиссионных особенностей молодых звезд. Моделирование данных критически связано с пониманием точной структуры околозвездной среды. Эмиссионные линии и избытки излучения континуума в оптике и ультрафиолете позволяют изучать уровень активности аккреционных процессов в молодых звездах. Избытки излучения в ближней инфракрасной области позволяют определить структуру горячего внутреннего диска, избытки мм и субмм диапазонов позволяют изучать поведение холодной пыли во внешнем диске. Переменность в оптической спектроскопии на шкале сравнимой с периодом звездного вращения интерпретируется в рамках вращательно модулируемой аккреции вдоль линий магнитного поля. Сильные Бальмеровские линии и избытки излучения континуума в ультрафиолете и оптике Т Тау звезд являются основными признаками проявления аккреции вещества диска. Вещество падает на поверхность звезды вдоль линий магнитного поля (МП) от диска, расположенного на нескольких радиусах выше звезды. Этот сценарий магнитосферной аккреции (МА) согласуется со многими наблюдаемыми фотометрическими свойствами и спектральными особенностями в Т Тау звездах. Часто сценарий МА используют и для объяснений аналогичных особенностей в AeBeX звездах [1, 2].

Развитие моделей магнитосферной аккреции позволяют качественно объяснить спектральные проявления для многих AeBe звезд Хербига, используя магнитосферные модели со скоростью аккреции порядка  $10^{-5}$  Мо/год [3]. 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 могут зависеть от изменения оптической толщи, которая может меняться в зависимости от положения вращающейся неоднородной оболочки на луче зрения. По аналогии с Т Тау звездами, для которых магнитосферы являются признанным фактом и эти области отвечают за ряд наблюдаемых явлений в эмиссионных линиях, которые наблюдаются и у звезд AeBeX.

Недавно Alecian et al. [4] получили спектрофотометрию с высоким разрешением для 70 AeBeX, которые показали сильную чувствительность к Зееман – эффекту и дали возможность найти слабые широтные магнитные поля с несколькими сотням гаусс, в отличие от сильных магнитных полей (килло-гауссы) для Т Тау. Возможно, есть разные механизмы аккреции для переноса околозвездных масс от диска к звезде. Замечено, что скорости истечения молодых звезд коррелируют со скоростями аккреции с кратностью около 0,1. Межзвездные магнитные поля являются важной составляющей в процессах формирования звезд и околозвездных структур. Прямые доказательства присутствия магнитного поля в молодых звездах видны в наблюдениях сильных X-лучах, в спектрах далекой и ближней ультрафиолетовой эмиссии. Наличие ветров обнаружены у многих AeBeX звезд за счет Р Суг профилей в эмиссионных линиях водорода H $\alpha$ , металлов и линий гелия He. Некоторые считают, эти ветра имеют звездную природу, другие относят к дисковому ветру. Однако сильная переменность в эмиссионном профиле H $\alpha$  со сменой от двойного профиля к Р Суг и к единичному профилю есть в некоторых звездах. Эти звезды показывают периодическую циклическую модуляцию не только H $\alpha$  эмиссии, но и дублета магния Mg II и X-ray эмиссии в ультрафиолетовой области. Их спектры в УФ показывают эмиссионные линии высоко ионизованных спейс NV and OVI, которые указывают на присутствие не осе симметричного ветра, контролируемого звездным магнитным полем [5].

У многих молодых звезд наблюдаются быстрые изменения в синем крыле эмиссионных линий, которые относят к переменности звездного ветра. Современные модели, привлекая быстрый и

медленный ветер, объясняют многие наблюдаемые особенности. Признаки потери масс и аккреционных процессов в AeBe звездах Хербига видны и в двойных профилях эмиссионных линий с соотношениями пиков синего и красного  $V < R$  для истечения и  $V > R$  для аккреции. Для ряда объектов переменные эмиссионные профили линии  $H\alpha$  показывают присутствие ветра или комбинацию магнитосферной аккреции + ветра моделей. Для ряда звезд с профилем  $PCyg$  или двойным профилем наблюдается сильная переменность в их абсорбционных компонентах на шкале около 10 мин. При смещении центральной абсорбция в двойном профиле в сторону коротких длин волн указывает на потерю массы, а смещение ее в сторону длинных волн может указывать на обратный процесс – аккрецию. Такие времена переменности спектральных деталей могут быть свидетельством значительной активности и указывать на область формирования. Наблюдаемая переменность эмиссионных линий в оптике часто интерпретируется в рамках переменной аккреции, которая приходит от связи светимости в линии со скоростью аккреции. Однако для многих объектов трудно разделить, когда наблюдаемая переменность связана с аккрецией или истечением, или их комбинацией. Для разделения этих различий переменности от падения или истечения полезен мониторинг  $V\gamma$  эмиссии из ИК серии Бреккета. Эта эмиссия эмпирически коррелирует со скоростью аккреции [6]. Хотя  $H\alpha$  профили часто показывают смещенные компоненты в голубую область, что говорит об истечении, эти абсорбции обычно отсутствуют в профиле  $V\gamma$ . Но в общем профили линии  $V\gamma$  более соответствуют чистому падению, чем профили  $H\alpha$  и других оптических линий.  $V\gamma$  имеет дополнительное преимущество в том, что она меньше страдает от экстинкции основного материала, и это очень важно для молодых более затемненных источников. Некоторые звезды наблюдались и анализировались на подобных инструментах и методиках, были проведены одновременные наблюдения в оптике и ИК эмиссионных линий, что ясно демонстрирует природу профилей линии  $H\alpha$  от ветра, тогда как профили  $V\gamma$  показывают падение вещества. Эти исследования показали корреляцию переменности в оптике и ИК с амплитудой переменности меньше для линии  $V\gamma$ , чем для  $H\alpha$  [7, 8].

Современная классификация видов эмиссионных профилей в оптическом диапазоне дает первое представление о характере основных механизмов и структуре оболочек. Линии разных элементов дают возможность исследовать околозвездную структуру и распределение вещества и излучения. Присутствие эмиссионных линий свидетельствует о высокой электронной плотности, разные элементы позволяют представить характер изменения градиента плотности. Так исследование УФ профиля дублета  $MgII$  необычайно полезно для определения эволюционного статуса молодых звезд – это один из критериев спектрального класса и наличия потери массы или аккреции у звезды. С помощью данных IUE спутника были исследованы профили дублета  $Mg II$  (2795A, 2802A) в AeBeX звездах и есть указания на то, что дублет может формироваться в узоре потока ветра и иметь моду периода вращения ветра, который больше звездного периода вращения. Эти линии чувствительны к плотности и могут быть использованы для определения переменности в истечении. Эта линия очень переменна и чувствительна к плотности, что можно использовать для определения переменности плотности в истечении [9].

Исследования морфологии профиля линии  $He I 10830$  для 56 звезд AeBeX дало основание для предположений, что в основном Be звезды Хербига не обладают аккрецией вещества из внутреннего диска в отличие от звезд T Tau, у которых аккреция идет по линии магнитосферы, хотя Ae звезды Хербига часто показывают очевидность для магнитосферной аккреции. Не были найдены в наших примерах узкие синие смещенные абсорбционные особенности, которые типично связаны с ветром внутреннего диска и являются общими свойствами профиля  $He I 10830$  в T Tau.

Диагностика  $He I 10830A$  была успешно использована для изучения структуры внутренней аккреции и области основания истечений для T Tau звезд. Анализ линии  $He I 10830A$  является хорошим следом для истекающего материала благодаря его метастабильному низкому уровню, т.е. если электронная плотность является значительно выше для возбуждения за счет столкновений, то атомы остаются на низком уровне энергии до поглощения фотона. Атомы гелия возбуждаются на низких энергетических уровнях и имеют способность проследивать все скорости протяженного материала. Профили линии  $He I 10830A$  получены по нескольким измерениям, проведена классификация всех профилей: измерены максимумы смещений скорости с синей и красной стороны линии, скорость пика эмиссии и абсорбции и потоки линий относительно континуума. Из

56 объектов выделено 6 категорий: 1 – 18 объектов с профилем PCyg (PC), 2 – 10 объектов с обратным PCyg, (IPC), 3 – 5 объектов чистая абсорбция (A), 4 – 9 объектов с единичным пиком эмиссии (E), 5 – 6 объектов имеют двойной пик эмиссии (DP), 6 – 9 объектов с особенностями (F) [10]. Полезно рассмотреть характер изменений лучевых скоростей эмиссионных линий в разных областях спектра: линии Mg II- 2795A, 2802A в УФ, линии H $\alpha$  в оптике и линии He I 10830A в ИК диапазоне. В таблице описание деталей скоростей профилей эмиссионных линий (4, 5 и 6 колонки) – синий край линии, голубая эмиссия (если она есть), абсорбция типа PCyg, центральная эмиссия линии, красный край линии. Переменные параметры профиля линии H $\alpha$  приведены в колонке 6.

Параметры профилей эмиссионных линий He I 10830, H $\alpha$  и MgII по данным [9-13]

| Object ID           | Sp | Тип проф | V HeI HeI              | V H $\alpha$                    | V H $\alpha$                 | V UV         | vsini km/s | log $\Delta M / M_{\odot}$ yr- | Det $\theta$ disk |
|---------------------|----|----------|------------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------|------------|--------------------------------|-------------------|
| 1                   | 2  | 3        | 4                      | 5                               | 6                            | 7            | 8          | 9                              | 10                |
| AB Aur              | A0 | PCyg     | -175,a-90<br>e185,405  | -320 e-265,<br>a-205 +64<br>300 | -320,a-280,<br>0, +300       | -190<br>MgII | 116        | -6.85                          | Y<br>30,79        |
| BD+61 154           | B8 | PCyg     | -350,-145,<br>e+25,300 | -520,-180<br>+5. 480            | -520,e-425,-250<br>+5, 580   |              | 112        | _                              | Y                 |
| HD 144432           | A7 | PCyg     | -325,-175,<br>e10,240  | -310,-164<br>+41,343            |                              |              | 79         | <-7.22                         | Y                 |
| HD 163296           | A1 | PCyg     | -355,-80,<br>e180,450  | -296,-91<br>+60,400             | -430,e-296,a-91<br>+33, 380  | -380<br>MgII | 129        | -7.16<br>-7.52                 | Y<br>135          |
| HD 190073           | A1 | PCyg     | -480, -320<br>e-30,180 |                                 |                              | -600<br>MgII | 4          | -5.0_                          | Y                 |
| HD 250550           | B8 | PCyg     | -490,-275,<br>e120,455 | -540,-410<br>+52, 500           |                              | -600<br>MgII | 79         | -7.80                          | Y<br>90           |
| MWC 758<br>HD36112  | A5 | PCyg     | -360,-60,<br>e145,415  | -365 e-174<br>A-119 +23<br>374  | -365 e-142 a-82<br>+55 374   |              | 54         | -6.05                          | Y                 |
| MWC 863<br>HD150193 | A1 | PCyg     | -330,-105,<br>e35,330  | -400 e-261<br>a-188+22<br>+350  |                              | -190<br>MgII | 108        | -6.12                          | Y                 |
| V380 Ori            | B9 | PCyg     | -220,-220,<br>e5, 245. | -360,e44<br>380                 |                              |              | 7          | -5.60                          | Y                 |
| VY Mon              | B8 | PCyg     | -445,-140,<br>e90,340  | -420 -250<br>+68 +237           | -434 e-310a-105<br>+150 +571 |              |            | -3.10<br>-4.22                 | Y<br>85           |

В таблице 1 1-ый ст. – имя объекта, 2 – спектральный тип, 3 – тип профиля He I 10830, 4 – скорости деталей профиля в км/с, 5 – скорости деталей профиля в км/с линии H $\alpha$ , 6 – другие данные для линии H $\alpha$ , 7 – скорости линии в УФ, 8 – скорости вращения, 9 – темп аккреции, 10 – присутствие диска и его позиционный угол.

Предполагается, что аккреция в T Тау идет через большие магнитосферы, которые расположены на нескольких радиусах звезды от ее поверхности. Для звезд AeVeX в комбинации малым определением магнитных полей находят присутствие малых магнитосфер по максимуму красно смещенных абсорбций линии He I 10830A. Эти скорости в среднем малая часть скорости ускользания, чем в T Тау, что говорит об аккреции близко к звезде. Маленькие магнитосферы и очевидность для граничных слоев аккреции в VeX звездах могут объяснять менее общие проявления красно смещенной абсорбции в звездах AeVeX. Вероятно, малые магнитосферы могут быть менее эффективны для течения аккреционных потоков по сравнению с T Тау магнитосферами. Может существовать и другой механизм аккреции для AeVe звезд Хербига, кроме магнитосферной аккреции.

Работа выполнена в рамках гранта №0075/ГФ4.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Meeus et. al.* ISO spectroscopy of circumstellar dust in 14 HERBIG //A&A.- 2001.-V.365.-P.476.  
[2] Muzerolle J. et.al. Magnetospheres and disk accretion in Herbig Ae/Be stars *Astrophys.J* - 2004.-V. 617.-P. 406-417.  
[3] *Millan-Gabet et.al* The circumstellar environments of Young stars at AU scales// arXiv:astro-ph/06-3554.  
[4] *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.  
[5] *Montmerle T.* What can X-rays tell us about accretion, mass loss and magnetic fields in young stars? // «Star-disk Interaction in Young Stars». Proceedings IAU Symposium 2007 № 243. Ed. J. Bouvier& I. Appenzeller.  
[6] Eisner J.A., Rieke G.H., et.al. Time-monitoring observations of **Br $\gamma$**  emission from young stars// *MNRAS* 2015. V.447. P.202.  
[7] Mendigutia I., Calvet N., Montesinos B., et.al. Accretion rates and accretion tracers of Herbig Ae/Be stars //A&A. 2011. V.535.P.99  
[8] Pogodin et al// *AN*.2012 V.333.P.594.  
[9] Grady C.A. et.al The  $\beta$  Pictoris phenomenon among Herbig AeBe stars//A&ASS. 1996.V.120.P.157.  
[10] Wilson Cauley P., Johns –Krull C.M. Diagnosing Mass Flows around Herbig AeBe stars using HeI 10830 line// *Ap.J*.2014.V.797.P.112.  
[11] Finkenzeller U., Mundt R. The Herbig AeBe stars associated with nebulosity//A&ASS.V.55.P.109.  
[12] Павлова Л.А. Спектральная активность молодых звезд// Известия МОН РК серия физ-мат 2009.№4. С.72  
[13] Mendigut'ia I., Accretion-related properties of Herbig Ae/Be stars Comparison with T Tauris arXiv:1205.4734V1

REFERENCES

- [1] *Meeus et. al.* ISO spectroscopy of circumstellar dust in 14 HERBIG //A&A.- 2001.-V.365.-P.476.  
[2] Muzerolle J. et.al. Magnetospheres and disk accretion in Herbig Ae/Be stars *Astrophys.J* - 2004.-V. 617.-P. 406-417.  
[3] *Millan-Gabet et.al* The circumstellar environments of Young stars at AU scales// arXiv:astro-ph/06-3554.  
[4] *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.  
[5] *Montmerle T.* What can X-rays tell us about accretion, mass loss and magnetic fields in young stars? // «Star-disk Interaction in Young Stars». Proceedings IAU Symposium 2007 № 243. Ed. J. Bouvier& I. Appenzeller.  
[6] Eisner J.A., Rieke G.H., et.al. Time-monitoring observations of **Br $\gamma$**  emission from young stars// *MNRAS* 2015. V.447. P.202.  
[7] Mendigutia I., Calvet N., Montesinos B., et.al. Accretion rates and accretion tracers of Herbig Ae/Be stars //A&A. 2011. V.535.P.99  
[8] Pogodin et al// *AN*.2012 V.333.P.594.  
[9] Grady C.A. et.al The  $\beta$  Pictoris phenomenon among Herbig AeBe stars//A&ASS. 1996.V.120.P.157.  
[10] Wilson Cauley P., Johns –Krull C.M. Diagnosing Mass Flows around Herbig AeBe stars using HeI 10830 line// *Ap.J*.2014.V.797.P.112.  
[11] Finkenzeller U., Mundt R. The Herbig AeBe stars associated with nebulosity//A&ASS.V.55.P.109.  
[12] Pavlova L.A. Spectral activity of young stars // *Izvestiya MON RK physic-mathematical series* 2009.№4. P.72  
[13] Mendigut'ia I., Accretion-related properties of Herbig Ae/Be stars Comparison with T Tauris arXiv:1205.4734V1

ЖАС ЖҰЛДЫЗДАР БЕЛСЕНДІЛІГІНІҢ БАҚЫЛАНУ БЕЛГІЛЕРІ

Л. А. Павлова

«В. Г. Фесенков атындағы Астрофизика институты» ЕЖШС, Алматы, Қазақстан

**Тірек сөздер:** жас жұлдыздар белсенділігі, аккреция және ағу, HeI (10830A), H $\alpha$ (6562,8A) және MgII (2795A,2802A) эмиссия сызықтарының профилдері, жұлдыз маңындағы құрылымдар.

**Аннотация.** Әртүрлі массадағы жас жұлдыздарда бақыланатын белсенді көріністердің талдауы жүргізілді. Жас жұлдыздар қабықтарында тығыздықтың таралуын зерттеу үшін әртүрлі элементтер сызығының эмиссия профилдерінің зерттеулері жүргізілді. Ішкі дисктен желден сигналдың болмауы осы нысандарда магнитті өрістің анықталуы комбинациясымен AeBeX жұлдыздары үшін оның бетінен жұлдыздардың бірнеше радиусында орналасқан үлкен магнитосфералар арқылы аккреция TТау айырмашылығы AeX және кеш BeX жұлдыздар үшін жалпы болып табылмайтындығы болжанады. Дегенмен AeBeX мысалдарында ассорбциялар қызыл жылжу максимумында кіші магнитосфералар қатысуын табады. Жас жұлдыздар маңындағы массалар ағымдарының және ішкі жұлдыз маңындағы дискі қасиеттерінің талдауы үшін 3 эмиссиялық сызық профилдерінде сәуле жылдамдықтарының салыстырылуы жүргізілді: He I 10830, H $\alpha$ (6562,8A) және MgII(2795A,2802A).

Поступила 15.15.2015 г.