

## ПРИЗНАКИ МАГНИТОСФЕРНОЙ АККРЕЦИИ У *VM AND*

Проведен анализ спектральных наблюдений *VM And*, выполненных в АФИФ. Рассмотрены аргументы в пользу магнитосферной аккреции как одного из механизмов переменности звезды.

В работе [1] рассмотрены различия в фотометрическом поведении трех классических переменных типа Тельца (CTTSs) с большой амплитудой колебаний блеска (порядка  $2^m$  или более) – AA Tau, *VM And* и *EN Ser*. У переменной AA Tau изменения показателей цвета слабо коррелируют с колебаниями блеска в фильтре V в отличие от другого крайнего случая – *EN Ser*, у которой наблюдается отчетливая зависимость цвета от блеска. Эти различия в фотометрической активности CTTSs должны быть обусловлены суперпозицией нескольких независимых ме-

ханизмов. Тот или иной вид цветовой диаграммы зависит от относительной эффективности каждого из них. К числу источников переменности CTTSs можно отнести магнитосферную аккрецию, затмения сгустками пыли в диске, пятна на поверхности вращающейся звезды и взаимные покрытия в тесных двойных системах. Пятенная активность и взаимные затмения проявляются в виде циклических (периодических) колебаний блеска. Для затмений пылевыми неоднородностями характерны поглубление звезды в глубоких минимумах и рост величины ее линей-

ной поляризации в процессе ослабления [2]. Магнитосферная аккреция предполагает, что вещество внутреннего диска скользит с ускорением вдоль силовых линий магнитного поля звезды и выпадает на ее поверхность, создавая аккреционные ударные волны. Наблюдательно это проявляется в виде обратного P Cуг профиля эмиссионных линий или голубой асимметрией двухкомпонентного профиля эмиссионных линий, а также дополнительного излучения в континууме [3,4].

По виду диаграмм цвет – звездная величина VM And занимает промежуточное положение между AA Tau и EN Ser. У переменной достаточно отчетливо прослеживается зависимость показателей цвета от изменений блеска в фильтре V – по мере ослабления звезды ее показатели цвета растут, т.е. переменная становится более красной [5–7]. Гринин и др. [5] заподозрили в глубоких минимумах VM And «эффект поголубения» – начиная с некоторого уровня яркости показатель U–V звезды вновь уменьшается. Видимое отсутствие эффекта в других цветах можно объяснить действием (помимо затмений пылевыми неоднородностями) еще какого-то из перечисленных выше механизмов. В модели [2] одновременно с изменениями показателей цвета предполагается также обратная зависимость линейной поляризации переменной от ее блеска. В случае VM And такая зависимость зарегистрирована [5–7] – по мере ослабления степень линейной поляризации звезды растет от 1 до 5% (в V). Таким образом, результаты широкополосных фотометрических и поляриметрических измерений свидетельствуют в пользу затмений пылевыми неоднородностями в случае VM And.

Двойственность VM And пока не зарегистрирована. Амплитуда колебаний блеска, вызванных пятнами на поверхности вращающейся звезды, мала и может быть ответственна лишь за дисперсию точек на графиках. Для выявления еще каких-то источников активности возникла не-

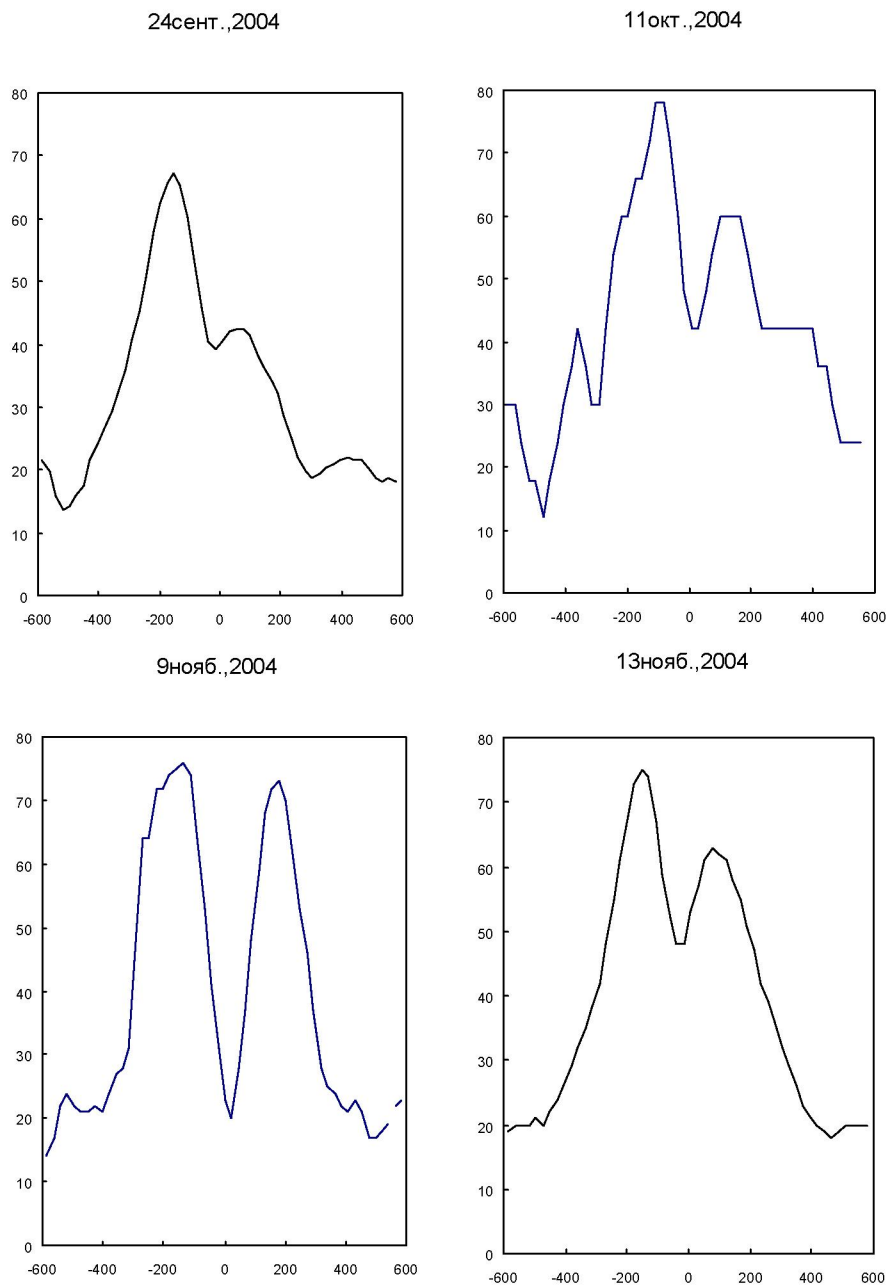
обходимость в дальнейшем изучении свойств VM And другими методами. Спектральные наблюдения VM And ранее проводились лишь эпизодически. В опубликованных материалах переменная демонстрирует преимущественно абсорбционный спектр с эмиссией в H $\alpha$  и (иногда) слабой эмиссией в H $\beta$  и H и K Ca II [9,10]. Профиль линии H $\alpha$  с высокой дисперсией получен всего несколько раз. Исследователи наблюдали VM And в совокупности с другими CTTSs и не ставили цель выявить механизмы активности, возможно, поэтому о переменности в профиле H $\alpha$  не упоминалось [9–12]. Согласно опубликованным материалам для линии H $\alpha$  звезды характерен двойной эмиссионный профиль с глубоким и широким абсорбционным провалом. В двух случаях профиль линии указывает на истечение вещества [9,12] – явление, типичное для CTTSs. В одном красное смещение абсорбционного провала (или голубая асимметрия профиля [11]) свидетельствует в пользу аккреции. Уокер [10] отметил также слабую эмиссию в H $\beta$  (с P Cуг профилем), которая не коррелирует с блеском.

Наблюдения линии H $\alpha$  VM And с одновременной фотометрической привязкой выполнены в АФИФ на 1-м телескопе фирмы «Карл Цейсс Йена» (f=13 м), оснащенный ПЗС матрицей ST-7 «Санта Барбара», и на 0,7-м телескопе АЗТ-8 (f=11,2 м) с матрицей ST-8 «Санта Барбара» (см. таблицу).

Полученные профили линии H $\alpha$  в спектре VM And представлены на рис. 1. На всех спектрах проявляется тенденция к голубой асимметрии профиля. Однако в некоторых случаях (09.11.04) аккреционные признаки сильно ослаблены. Отметим, что ранее незначительная голубая асимметрия у VM And отмечалась лишь однажды [11]. Как упоминалось выше, такой профиль эмиссионной линии свидетельствует о действии магнитосферной аккреции у звезды. Впервые об аккреционных процессах у переменных типа Т Тельца стало известно из наблюдений звезд

Наблюдения VM And 2004 г.

Дата	JD	Разрешение, A/px	Фотометрия			Телескоп
			B	V	R	
24.09.04	245 3271.39	0.576	14.10	12.95	11.95	0,7-м
11.10.04	245 3288.28	0.495	13.95	12.65	11.56	1-м
09.11.04	245 3317.21	0.493	13.41	12.25	11.38	1-м
13.11.04	245 3321.20	0.493	14.35	13.17	12.34	1-м

Профиль линии  $H\alpha$  в спектре переменной VM And

типа YY Ori – подкласса CTTSs с явным признаком аккреции в виде обратного P Cyg профиля эмиссионных линий. Несмотря на то, что действие механизма магнитосферной аккреции в настоящее время предполагается для всех CTTSs, явные свидетельства в пользу этого (в частности, профили с голубой асимметрией или обратный P Cyg профиль) у большинства переменных данного класса пока не зарегистрированы. Наиболее отчетливо аккреционные процессы проявились в случае переменной AA Tau. Для нее

проведены широкомасштабные спектральные и фотометрические исследования, которые показали устойчивую голубую асимметрию в эмиссионных линиях спектра, переменность в профилях и ее корреляцию с колебаниями блеска. В случае VM And профили  $H\alpha$  получены в период среднего уровня яркости звезды. Блеск переменной менялся в пределах  $1^m$ . Казалось бы, можно заподозрить, что признаки магнитосферной аккреции более отчетливы в слабом состоянии звезды (см. таблицу). Но уверенно судить

о корреляции такого рода еще рано из-за сильного влияния затмений неоднородностями околозвездного диска [1].

Итак, у CTTS BM And в линии H $\alpha$  проявились признаки магнитосферной аккреции (голубая асимметрия ее профиля), которые характерны для наиболее молодых объектов класса – звезд типа YY Ori. Однако по сравнению, например, с AA Tau это явление у BM And менее выражено из-за более ощутимого вклада механизма затмений пылевыми неоднородностями.

Автор признательна Л.Н.Кондратьевой и Ф.К.Рспаеву за содействие в получении спектральных и фотометрических данных для BM And.

*Работа выполнена в рамках ПФИ, шифр Ф-0351.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рудь М.В. Вероятная природа активности переменных звезд типа Т Тельца // Известия НАН РК. Серия физ.-мат. 2004. № 4. С. 53-56.
2. Гринин В.П. О происхождении голубой эмиссии, наблюдаемой в глубоких минимумах молодых неправильных переменных звезд // Письма в АЖ. 1988. Т. 14, № 1. С. 65-69.
3. Bouvier J., Chelli A., Allain S. et al. Magnetospheric accretion onto the T Tauri star AA Tau. I. Constraints from multisite spectrophotometric monitoring // Astron. and Astrophys. 1999. V. 349, N1. P. 619-635.
4. Bouvier J., Grankin K.N., Alencar S.H.P. et al. Eclipses by circumstellar material in the T Tauri star AA Tau. II. Evidence for non-stationary magnetospheric accretion // Astron. and Astrophys. 2003. V. 409, N1. P. 169-192.
5. Grinin V.H., Kolotilov E.A., Rostopchina A. Dust around young stars. Photopolarimetric observations of the T Tauri star BM And // Astron. and Astrophys. Suppl. Ser. 1995. V. 112, N 3. P. 457-473.
6. Кардополов В.И., Рспаев Ф.К. Переменность линейной поляризации BM Андромеды // Астрон. ж. 1990. Т. 67, вып. 6. С. 1253-1260.
7. Рудь М.В. Поведение переменной BM Андромеды в континууме // Вестник КазГУ. Серия физическая. 2000. № 1. С. 37-41.
8. Bouvier J., Cabrit S., Fernandez M. et al. COYOTES I: the photometric variability and rotational evolution of T Tauri stars // Astron. and Astrophys. 1993. V. 272, N1. P. 176-206.
9. Schneeberger T.J., Worden S.P., Wilkerson M.S. High-resolution line profiles of T Tauri stars // Astrophys. J. Suppl. Ser. 1979. V. 41, N3. P. 369-389.
10. Walker M.F. Simultaneous spectroscopic and photometric observations of BM Andromedae // P.A.S.P. 1980. V. 92. P. 66-71.
11. Fernandez M., Ortiz E., Eiroa C., Miranda L.F. H $\alpha$  emission from pre-main stars // Astron. and Astrophys. Suppl. Ser. 1995. V. 114, N 3. P. 439-464.
12. Mundt R., Giampapa M.S. Observations of rapid line profile variability in the spectra of T Tauri stars // Astrophys. J. 1982. V. 256, N1. P. 156-167.

#### Резюме

В.Г.Фесенков атындағы Астрофизика институтында орындалған BM And жұлдызының спектрлік бақылауларына талдау жасалған. Жұлдыз айнымалылығының механизмдерінің біреуі ретінде магнитосфералық аккрециясының пайдасына сай дәлелдер қарастырылады.

#### Summary

The analysis of produced in APF spectral observations of BM And is made. The arguments in favour of magnetospheric accretion, as the one of star variability origins, is discussed.

*Астрофизический институт*

*им.В.Г.Фесенкова МОН РК,*

*г. Алматы*

*Поступила 10 апреля 2006 г.*