

(ДТОО «Астрофизический институт им. Фесенкова», Алматы, Республика Казахстан)

СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ cPNB[e] ЗВЕЗДЫ OY GEM В 2001-2012 ГОДАХ

Аннотация. Приводятся спектрофотометрические и фотометрические данные, полученные для cPNB[e] звезды OY Gem за период 2001-2012 гг. на высокогорной обсерватории Ассы-Тургень. В спектре присутствуют интенсивные линии H α , H β , HeI, многочисленные линии FeII, а также запрещенные линии [FeII], [NII], [OI], [OII], [OIII], [SII]. Наблюдаются вариации максимума интенсивности линии H α по отношению к непрерывному спектру. За это время эквивалентная ширина EW линии H α изменялась в пределах $700 \div 955 \text{ \AA}$, яркость в V= $11.^m05 \div 11.^m44$; (B-V)= $0.^m24 \div 0.^m41$; (V-R)= $0.^m70 \div 1.^m26$; (V-I)= $0.^m93 \div 1.^m02$. По нашим измерениям, по-видимому, имеется слабая тенденция изменения эквивалентной ширины EW линии H α с блеском V и показателем цвета (B-V): в среднем при увеличении EW блеск V уменьшается, а показатель (B-V) увеличивается. В результате наших многолетних наблюдений выявлено, что отношение V/R линий H α и H β уменьшаются со временем. Проведен сравнительный анализ с ранее полученными данными.

Ключевые слова: cPNB[e] протопланетарные туманности; индивидуальные объекты – OY Gem.

Тірек создер: cPNB[e] протопланетарлық тұмандықтар, жекешеленген объектілері – OY Gem.

Keywords: cPNB[e] protoplanetary nebulae; individual object – OY Gem.

1. Введение. OY Gem (MWC 162=HD 51585=IRAS 06556+1623) была впервые открыта Мерил-лом и Беруэллом [1], которые нашли водородную и FeII эмиссии в ее спектре, причем водородные линии в 1933 году имели профили типа P Cyg. Алленом и Свингсом [2] она была классифицирована как принадлежащая к немногочисленному классу горячих эмиссионных звезд с сильным инфракрасным избытком и запрещенными линиями высокого возбуждения, напоминающих планетарные туманности (т.е. к типу B[e] звезд). В работе [7] было предложено пересмотреть классификационные критерии для B[e] типа звезд и определить пять классов звезд, которые показывают B[e] феномен. В этой же работе [7] для каждой из этих групп определены первичные и вторичные классификационные критерии, причем критерий наличия B[e] феномена остается тем же, что и ранее используемый для B[e] звезд, впервые введенным в 1976 году Алленом и Свингсом [2]. Согласно этой классификации OY Gem отнесена к группе “cPNB[e] stars” или B[e] типу звезд компактных планетарных туманностей. cPNB[e] – это группа звезд, находящихся в эволюционной фазе маломассивных звезд, которые в будущем станут планетарными туманностями. В работе [3] было отмечено сходство cPNB[e] звезд и

спектрами планетарных туманностей. Оптический спектр многих компактных планетарных туманностей показывает сильные бальмеровские эмиссионные линии и эмиссионные линии FeII, а также запрещенные линии [FeII] и [CaII]. К тому же здесь могут находиться запрещенные линии и более высокоионизованных состояний, таких как [OIII], [SIII], [NeIII]. Многие из этих объектов показывают сильные ИК избытки, что является характерной особенностью B[e] феномена [2].

Отождествление спектральных линий OY Gem в оптической и ближней ИК областях проводилось рядом авторов [6,8-15]. Спектральный класс звезды был оценен как B0-B1 по интенсивностям эмиссионных линий H и HeI, по распределению энергии в непрерывном спектре, а также по положению звезды на двухцветной диаграмме U-B, B-V в предположении, что избыток цвета $E(B-V)$ составляет $0.^m5 - 0.^m6$ [5,6,16]. Архиповой [5] была предложена гипотеза, что OY Gem является проэволюционировавшей звездой промежуточной начальной массы, движущейся влево на диаграмме Герцшпрунга-Рессела, возможным протопланетарным объектом. Авторы работы [15] пришли к выводу, что распределение энергии в спектре звезды показывает наличие трех источников излучения: звезда с температурой 28000 К, горячая пыль с $T=1100$ К и холодная пыль с $T=180$ К. Они выполнили оценки следующих звездных параметров: $M^* = 0.62 M_{\odot}$, $L^* = 6190 L_{\odot}$, $\log g = 3.42$, расстояние $D=2.1$ Кпс и скорость потери массы $\Delta M=1.4 \cdot 10^{-8} M_{\odot}/\text{год}$.

2. Наблюдения. Спектральные и фотометрические наблюдения проведены на 1-м телескопе высокогорной обсерватории Ассы-Тургень Астрофизического института Национальной академии наук Республики Казахстан в сентябре 2001 г. – октябре 2012 г.

2.1 Спектрофотометрия. Спектральные наблюдения выполнены с помощью спектрографа UAGS и ПЗС матрицы ST-8 размером 1530 x 1020 пикселей. Размер пикселя 9 x 9 мкм. Обратная дисперсия $0.5 \text{ \AA}/\text{пс}$. Ширина щели $3.''0=3$ пикселя. Исследования спектра OY Gem проводились в основном в области линий H α и H β . Плоское поле для спектрофотометрии получалось от купола, освещаемого обычной лампой накаливания. Редукций за инструментальный контур не проводилось. Эквивалентные ширины эмиссионной линии H α найдены без учета блендирования их линиями поглощения. Время выдержки для исследуемой звезды составляло 30 минут.

2.2 Фотометрия. Фотометрические BVRI данные были получены с помощью ПЗС матрицы ST-7 и исправлены за плоское поле, получаемое от сумеречного неба. В качестве звезд сравнения для OY Gem использовались звезды из каталога [19]: HD 53110 и HD 53588.

Фотометрические и спектральные данные, полученные для OY Gem за период 2001-2012 гг., приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, в процессе наблюдений блеск – объекта в полосе V изменялся в пределах $11.^m05 \div 11.^m44$, а показатели цвета $(B-V)=0.^m24 \div 0.^m41$, $(V-R)=0.^m70 \div 1.^m26$, $(V-I)=0.^m93 \div 1.^m02$.

3. Обсуждение результатов. Немногочисленные UVV фотометрические наблюдения OY Gem собраны в таблице 1 работы Архиповой [5] и представлены несколькими измерениями 1968, 1973, 1987 и 1988 годов. Наши фотометрические BVR наблюдения этой звезды охватывают период с 2002 по 2012 год и приведены в таблице 1. Как видно из таблицы в течение октябрь 2002 – февраль 2003 гг. звезда незначительно изменяла свой блеск и показатели цвета. В декабре 2003 – ноябре 2005 гг. OY Gem показала увеличение блеска в полосе V приблизительно на $0.^m1$ по сравнению с ранее полученными данными. При этом показатель (B-V) остался практически прежним, а показатель (V-R) увеличился приблизительно на $0.^m3$. В это же время наблюдается значительное уменьшение эквивалентных ширин линий H α и H β . Вероятно, такое поведение было связано с увеличением оптической толщи в линиях вследствие сброса оболочки.

Отчетливой корреляции блеска V от показателя цвета (B-V) не наблюдается, как это отмечалось и в работах [15, 20].

На рисунке 1 показаны зависимости эквивалентной ширины линии H α от блеска V и показателя цвета (B-V) по нашим наблюдениям. Как видно, имеется некая тенденция к изменению эквивалентной ширины EW линии H α с блеском V и показателем цвета (B-V): в среднем при увеличении EW блеск V уменьшается, а показатель (B-V) увеличивается.

Таблица 1 – H α спектральные данные и BVRI фотометрия для OY Gem

Date	JD 2450000+	EW(H α) Å	V/R	D	V	B-V	V-R	V-I
1	2	3	4	5	6	7	8	9
19.11.2001	2233.438	864.2	0.44	180	–	–	–	–
22.11.2001	2236.420	857.0	0.45	160	–	–	–	–
11.12.2001	2255.335	865.4	0.45	180	–	–	–	–
12.12.2001	2256.311	881.4	0.45	180	–	–	–	–
15.01.2002	2290.185	895.0	0.41	180	–	–	–	–
08.02.2002	2314.262	836.6	0.42	180	–	–	–	–
09.02.2002	2315.195	847.5	0.42	180	–	–	–	–
10.02.2002	2316.263	879.1	0.41	180	–	–	–	–
11.02.2002	2317.278	865.6	0.42	180	–	–	–	–
10.11.2002	2589.465	870.6	0.43	180	11.24	0.34	0.77	–
06.12.2002	2615.406	845.4	0.41	160	11.26	0.30	0.77	–

06.01.2003	2646.269	952.7	0.42	160	11.26	0.34	0.76	–
08.01.2003	2648.276	955.7	0.43	180	11.24	0.35	0.74	–
28.01.2003	2668.208	884.8	0.42	180	11.34	–	0.70	–
01.02.2003	2672.214	893.9	0.40	180	11.27	0.34	0.76	–
03.02.2003	2674.172	929.1	0.41	170	11.25	0.34	0.73	–
27.12.2003	3001.335	753.5	0.38	180	11.15	0.33	1.09	0.96
18.01.2004	3023.242	789.2	0.38	180	11.16	0.32	1.08	0.95
12.11.2004	3322.410	765.0	0.38	180	11.17	0.32	1.10	0.99
13.11.2004	3323.396	703.6	0.39	205	11.05	0.38	0.98	–
28.11.2005	3703.434	831.2	0.40	185	11.25	0.31	1.11	0.99
28.02.2006	3795.144	868.0	0.37	180	11.26	0.36	1.04	1.01
21.12.2006	4091.283	979.1	0.32	185	11.31	0.33	1.17	1.02
14.01.2007	4115.220	–	–	–	11.31	0.24	1.18	1.01
16.03.2007	4176.197	815.5	0.34	205	–	–	–	–
16.03.2007	4176.219	849.2	0.32	185	–	–	–	–
02.02.2008	4499.086	881.6	0.30	205	11.35	0.25	1.16	1.01
02.02.2008	4499.117	834.0	0.30	205	–	–	–	–
04.11.2008	4775.427	810.5	0.28	185	11.30	0.26	1.12	1.00
04.11.2008	4775.442	850.0	0.32	210	–	–	–	–
27.11.2008	4798.358	857.5	0.29	205	11.31	0.24	1.16	1.00
27.11.2008	4798.381	887.3	0.29	185	–	–	–	–
18.10.2009	5123.433	863.1	0.29	185	11.32	0.29	1.15	0.98
21.10.2009	5126.473	858.5	0.29	180	11.36	0.30	1.16	0.99
18.11.2009	5154.373	835.8	0.29	180	11.28	0.32	1.11	0.96
19.11.2009	5155.374	808.9	0.28	205	–	–	–	–
04.11.2010	5505.396	881.1	0.29	185	11.37	0.25	1.17	0.93
30.10.2011	5865.419	848.6	0.29	185	11.28	0.25	1.13	0.94
21.11.2012	6253.392	877.6	0.28	185	11.44	0.41	1.26	1.02

В столбцах таблицы 1 приводятся: 1 - дата наблюдения; 2 - юлианская дата; 3 - эквивалентная ширина EW эмиссионной части линии H α в Å; 4 - отношение V/R максимальных значений интенсивностей голубой и красной компонент линии; 5- расстояние D между пиками голубой и красной компонент линии в км/с; 6–9 - фотометрические наблюдения в системе Джонсона: звездная величина V и показатели цвета (B-V), (V-R) и (V-I); соответственно.

Линии бальмеровской серии H α и H β очень сильны. Обе линии имеют двухкомпонентный профиль с центральной абсорбцией. Как для линии H α , так и линии H β красная компонента имеет значительно большую интенсивность по сравнению с синей. В результате наших многолетних наблюдений выявлено, что отношение V/R как для линии H α (рисунок 2), так и для линии H β уменьшаются со временем.

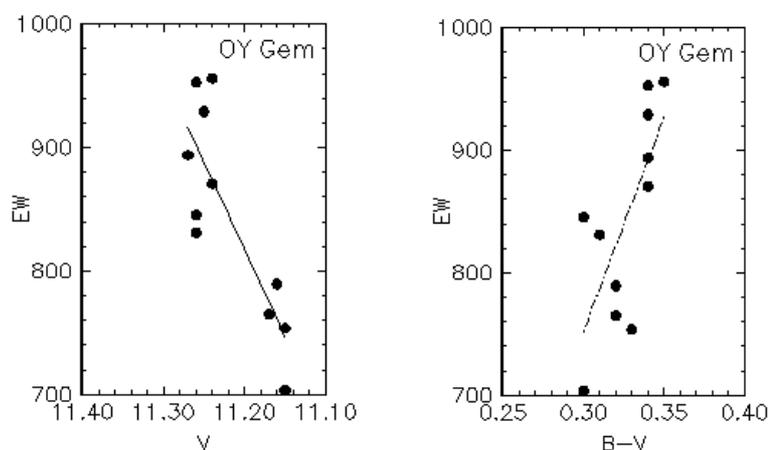


Рисунок 1

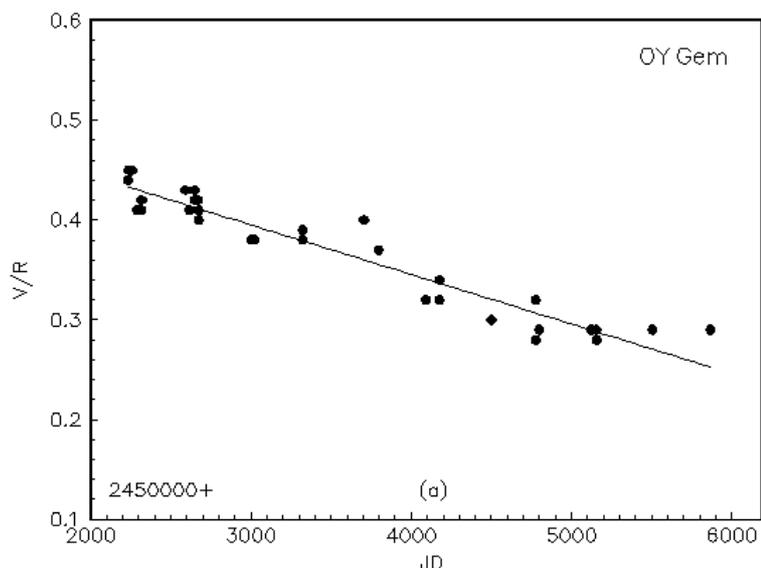


Рисунок 2 – Зависимость отношения V/R для линии H α от времени

К сожалению, даже на столь длительном промежутке времени пока не понятно такое поведение отношения V/R: или это циклический процесс, или переход к однопиковой структуре. Для выяснения этого потребуются дальнейшие наблюдения.

Работа выполнена в рамках республиканской программы 002 «Прикладные исследования в области космической деятельности».

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Merrill P.W., Burwell C.G. // *Astrophys. J.* – 1933. – Vol. 78. – P. 87.
- 2 Allen D.A., Swings J.P. // *Astron.&Astrophys.* – 1976. – Vol. 47. – P. 293.
- 3 Swings J.P., Andrillat Y. // *Astron.&Astrophys.* – 1979. – Vol. 74. – P. 85.
- 4 Kurchakov A.V., Rspaev F.K. // *Astronomy and Astrophysical Transactions.* – August 2005. – Vol. 24, № 4. – P. 317.
- 5 Архипова В.П. // Письма в АЖ. – 1989. – Т. 15. – С. 925.
- 6 Andrillat Y., Houziaux L. // *Mem. Soc. Roy. Sci. Liege. Ser. VI.* – 1973. – Vol. 5. – P. 377.
- 7 Lamers H.J.G.L.M., Zickgraf F.-J., Winter D.de, et al. // *A&A.* – 1998. – V. 340. – P. 117.
- 8 Allen D.A. // *MNRAS.* – 1973. – Vol. 161. – P. 145.
- 9 Архипова В.П. // АЖ. – 1962. – Т. 39. – С. 363.
- 10 Beals C.S. // *Publ. DAO.* – 1951. – Vol. 9. – P. 1.
- 11 Houziaux L., et al. // *IAU Symp.* – 98. – In: Jaschek M. And Groth H.L. (eds.). – 1982. – P. 427.
- 12 Ciatti F., d’Odorico S., Mammano A. // *Astron.&Astrophys.* – 1974. – Vol. 34. – P. 181.
- 13 Andrillat Y., Swings J.P. // *Astrophys. J.* – 1976. – Vol. 204. – L123.
- 14 Klutz M., Swings J.P. // *Astron.&Astrophys.* – 1977. – Vol. 56. – P. 143.
- 15 Архипова В.П., Иконникова Н.П. // Письма в АЖ. – 1992. – Т. 18. – С. 1018.
- 16 Архипова В.П., Ипатов А.П. // Письма в АЖ. 1982. – Т. 8. – С. 554.
- 17 Beals C.S., Hatcher R.D. // *Cont. Dom. Obs. Ottawa.* – 1948. – Vol. 2, N. 1.
- 18 Jaschek C., Andrillat Y., Jaschek M. // *Astron.&Astrophys.Suppl.* – 1996. – Vol. 117. – P. 281.
- 19 Корнилов В.Г., Миронов А.В., и др. // Труды ГАИШ. – 1991. – Т. 63. – 400 с.
- 20 Курчаков А.В., Рспаев Ф.К. HD 200775: Результаты и анализ спектральных измерений линии H α // *Известия НАН РК.* – 1911. – № 4. – С. 27.

REFERENCES

- 1 Merrill P.W., Burwell C.G. *Astrophys. J.* **1933.** 78, 87.
- 2 Allen D.A., Swings J.P. *Astron.&Astrophys.* **1976.** 47, 293.
- 3 Swings J.P., Andrillat Y. *Astron.&Astrophys.* **1979.** 74, 85.
- 4 Kurchakov A.V., Rspaev F.K. *Astronomy and Astrophysical Transactions.* **August 2005.** 24, 317.
 1. 5 Arkhipova V.P. *Pis'ma v AZh.* **1989.** 15, 925 (in Russ.).
 - 6 Andrillat Y., Houziaux L. *Mem.Soc.Roy.Sci. Liege. Ser.VI.* **1973.** 5, 377.
 - 7 Lamers H.J.G.L.M., Zickgraf F.-J., Winter D.de, et al. *A&A.* **1998.** 340, 117.
- 8 Allen D.A. *MNRAS.* **1973.** 161, 145.
- 9 Arkhipova V.P. *AZh.* **1962.** 39, 363 (in Russ.).

- 10 Beals C.S. *Publ. DAO*. **1951**. 9, 1.
 11 Houziaux L., et al. *IAU Symp. 98. In: Jaschek M. And Groth H.L. (eds.)*. **1982**. 427.
 12 Ciatti F., d'Odorico S., Mammano A. *Astron. & Astrophys.* **1974**. 34, 181.
 13 Andrillat Y., Swings J.P. *Astrophys. J.* **1976**. 204, L123.
 14 Klutz M., Swings J.P. *Astron. & Astrophys.* **1977**. 56, 143.
 15 Arkhipova V.P., Ikonnikova N.P. *Pis'ma v AZh.* **1992**. 18, 1018 (in Russ.).
 16 Arkhipova V.P., Ipatov A.P. *Pis'ma v AZh.* **1982**. 8, 554 (in Russ.).
 17 Beals C.S., Hatcher R.D. *Cont. Dom. Obs. Ottawa*. **1948**. 2, N.1.
 18 Jaschek C., Andrillat Y., Jaschek M. *Astron. & Astrophys. Suppl.* **1996**. 117, 281
 19 Kornilov V.G., Mironov A.V., et al. *Trudy GAISh.* **1991**. 63, 400P (in Russ.).
 20 Andreev A.V., Kurchakov A.V., Rspaev F.K. *Izvestija NAN RK*, **1911**. N.4, 27 (in Russ.).

Резюме

А. В. Курчаков, Ф. К. Рыспаев

(«Фесенков атындағы Астрофизика институты» ЕЖШС, Алматы, Қазақстан Республикасы)

2001–2012 ЖЫЛДАР АРАЛЫҒЫНДА ОУ GEM cPNB[e] ЖҰЛДЫЗЫН СПЕКТРЛІК ЖӘНЕ ФОТОМЕТРЛІК БАҚЫЛАУ

Мақалада Ассы-Түрген жоғары биік таулы обсерваториясында 2001–2012 жылдар аралығында ОУ Gem cPNB[e] жұлдызы үшін алынған спектрфотометрлік және фотометрлік мағлұматтар келтірілді. Спектрде H α , H β және HeI, әрі көпсандық FeII қарқынды сызықтары қатысады. Үзіліссіз спектрге қатысты H α сызығының қарқындылық вариациялары байқалады. Бұл уақытта H α сызығының баламалы ені 700 ÷ 955 Å маңында, жа-рықтылығы V= 11.^m05 ÷ 11.^m44, түс көрсеткіші (B-V)= 0.^m24 ÷ 0.^m41; (V-R)= 0.^m70 ÷ 1.^m26; (V-I)= 0.^m93 ÷ 1.^m02 болып жұлдыздық шамасы өзгерді. H α сызығында баламалы енінің жұлдыздың (B-V) түс көрсеткішінің және V жарықтылығының анық корреляциялары болады. Біздің көпжылдық бақылау мәліметтердің нәтижесінде H α және H β сызықтарының V/R қатынасы уақыт бойынша азаятындығы анықталады. Бұрынырақта алынған мәліметтермен салыстырмалы талдау жасалды.

Тірек сөздер: cPNB[e] протопланетарлық тұмандықтар, ОУ Gem – жекешеленген объектілері.

Summary

A. V. Andreev, A. V. Kurchakov, F. K. Rspaev

(D TOO «Fesenkov Astrophysical Institute», Almaty, Republic of Kazakhstan)

PHOTOMETRIC AND SPECTRAL OBSERVATIONS OF cPNB[e] ЗВЕЗДЫ OY GEM IN
2001–2012

In the paper the spectrophotometric and photometric data, received for cPNB[e] OY Gem star during 2001- 2012 years at highmounting Assy-Turgen observatory are given. In spectra the H α , H β , HeI, numerous FeII intensity lines and forbidden [FeII], [NII], [OI], [OII], [OIII], [SII] lines are presented. The variety of H α lines intensity relatively to continuum is observed. For this time the H α line equivalent width EW is changed in the limits 700 \div 955 \AA , the brightness in range V= 11.^m05 \div 11.^m44; (B-V)= 0.^m24 \div 0.^m41; (V-R)= 0.^m70 \div 1.^m26; (V-I)= 0.^m93 \div 1.^m02. On our measurements there are the weak correlation's of H α line equivalent width EW with star's brightness V and colour index (B-V): on the average at the increasing of EW the V is decreased and (B-V) color index is increased. In process of our many years observations it was discovered that the relation V/R of H α and H β lines is decreased with time. The compared analysis with earlier received data is made.

Keywords: cPNB[e] protoplanetary nebulae; individual object – OY Gem.

Поступила 2.09.2013г.