

КИСЛОРОДНЫЕ ХОЛОДНЫЕ ЗВЕЗДЫ В ОБЛАСТИ ЦЕФЕЯ. НОВЫЕ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ИЗБРАННЫХ ОБЪЕКТОВ ИЗ КАТАЛОГА KP2001

Г.В.ПЕТРОСЯН¹, К.С.ГИГОЯН², Э.КАРАПЕТЯН¹, Г.Р.КОСТАНДЯН²

Поступила 9 марта 2021

Принята к печати 3 мая 2021

Спектры 2.6-м телескопа Бюраканской астрофизической обсерватории (БАО) в диапазоне $\lambda\lambda$ 4000–7250 Å для восьми М гигантов из каталога KP2001 подтверждают их богатую кислородом природу. Рассмотрены особенности спектров этих объектов. Представлены некоторые важные физические параметры из базы данных Gaia EDR3. Используя данные мониторинга ASAS-SN, исследована оптическая переменность.

Ключевые слова: *звезды; обзор; классификация; переменность*

1. *Введение.* Несколько областей Цефея ранее наблюдались в Бюраканской астрофизической обсерватории (БАО, Армения) с помощью 1-м телескопа Шмидта, оснащенного объективной призмой 1°.5. Использовалась эмульсия Kodak I-N, имеющая высокую чувствительность в диапазоне $\lambda\lambda$ 6800–8800 Å. На этих спектральных пластинках звезды класса М очень хорошо выделяются от звезд других классов компактностью и яркостью в ближнем инфракрасном диапазоне. Дальнейшие исследования показали, что выбранные области богаты звездами класса М с максимумом плотности при $\alpha = 23^{\text{h}}32^{\text{m}}.7$ и $\delta = +67^\circ$ (галактические координаты $L = 115^\circ.3617$ и $B = +5^\circ.302$). Эти результаты способствовали конкретным наблюдениям данной области с помощью объективной призмы 4°, которая позволяет классифицировать звезды класса М, используя ту же самую эмульсию. Первые результаты опубликовали Казарян и Петросян [1]. Был создан каталог М-звезд (KP2001) ("М-звезды в области Цефея", SIMBAD Vizier каталог J/other/Arp/44.335). Позднее CCD-спектры среднего разрешения для выборки объектов каталога KP2001 были получены на 1.52-м телескопе Болонской астрономической обсерватории (Италия) в Лойано [2,3], а также на 2.6-м телескопе БАО [4].

В этой статье мы представляем новые CCD-спектры для восьми объектов из каталога KP2001. Для наблюдаемых объектов важные физические параметры рассмотрены с использованием данных Gaia.

ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ ВОСЬМИ КР2001 М-ГИГАНТОВ

КР2001 номер	Дата наблюдений	Номер наблюдений	Время экс. (с)	КР2001 [1] подкласс
13	20.09.2016	SC431005	60	M3
36	-----	SC431017	60	M4
46	25.09.2016	SC432025	180	M5
95	-----	SC433027	600	M3
171	-----	SC433032	180	M5
209	-----	SC433036	240	M7
128	26.09.2016	SC434003	300	M5
257	-----	SC344005	300	M7

2. *Спектроскопия.* Спектры среднего разрешения восьми объектов из каталога КР2001 были получены 20, 25 и 26 сентября 2016г. на 2.6-м телескопе. В табл.1 представлен журнал наблюдений объектов из каталога КР2001. Использовался спектрограф SCORPIO с гризмой №600 и детектором EEV 42-40 CCD размером в 2048×2048 пикселей (размер пикселя 13.5 мкм,

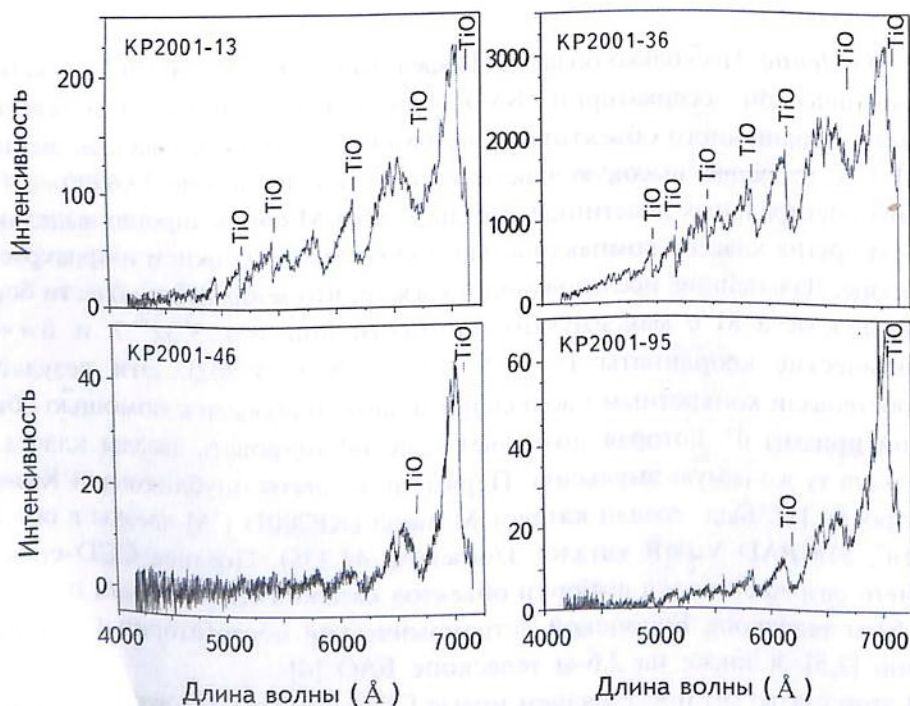


Рис.1. CCD-спектры 2.6-м телескопа в диапазоне $\lambda\lambda 4000 - 7250 \text{ Å}$. Указаны широкие абсорбционные полосы молекулы TiO.

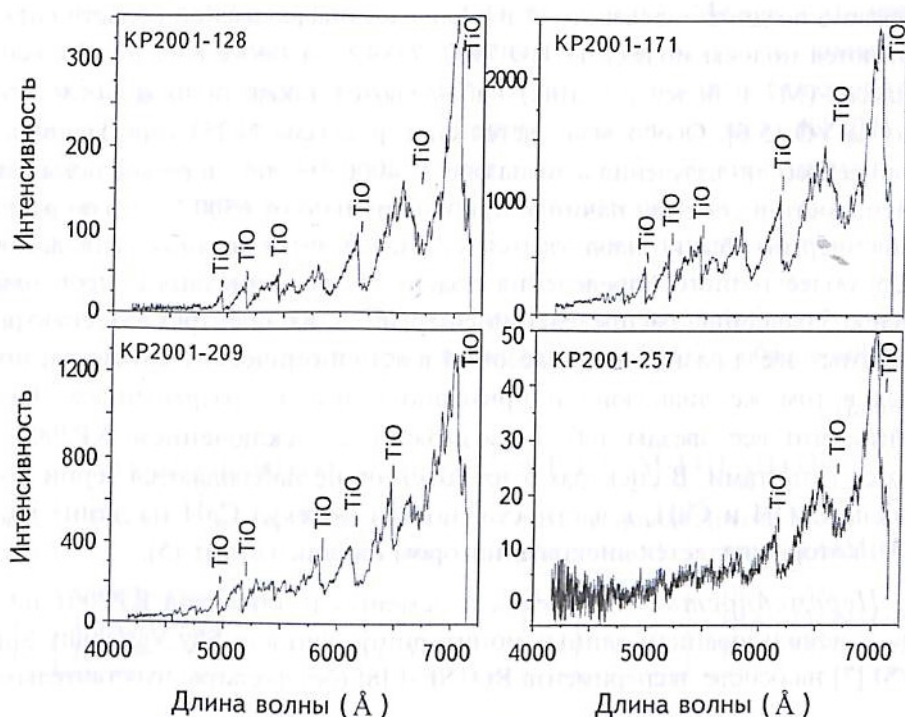


Рис.1. Продолжение

разрешение $\sim 6 \text{ \AA}$, спектральный диапазон $\lambda\lambda 4000-7250 \text{ \AA}$). Обработка наблюдений проводилась с помощью пакета MIDAS-ESO. Отметим, что спектры этих объектов не регистрированы с помощью телескопа LAMOST (Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope).

На рис.1 представлены CCD-спектры 2.6-м телескопа для восьми объектов из каталога КР2001.

3. Особенности спектров. Исследованию спектров с средней и высокой дисперсией М-звезд (как в оптическом, так и в инфракрасном диапазоне спектра: для гигантов и для карликов) посвящены многочисленные работы. Большое количество работ также посвящено фотометрическому исследованию и переменности М-гигантов, которые обобщены в сборнике публикаций NASA SP-492 [5], где детально рассмотрены характеристики спектров М-гигантов и карликов. Спектральные особенности М-звезд подклассов M0-M10 подробно приводятся в [6].

Из рис.1 видно, что спектры всех наблюдаемых объектов типичны для гигантов класса М с интенсивно выраженными полосами поглощения молекулы TiO на 4761, 4954, 5167, 5448, 5862, 6159, 6700 $\text{\AA}$. Интенсивность этих полос

ослабевает в поздних подклассах М и в близкой инфракрасной области спектра усиливаются полосы молекулы TiO 7100, 7589 Å, а также 8432 Å. В поздних подклассах (М7 и более поздних) наблюдаются также полосы поглощения молекулы VO [5,6]. Особо выделяется спектр звезды №257 (рис.1), показывающий депрессию излучения в диапазоне $\lambda\lambda 4000-6000\text{Å}$, и резкое повышение интенсивности в спектре, начиная приблизительно от 6500 Å. Такое распределение энергии обычно наблюдается в спектрах звезд поздних подклассов М [6]. Для более точного определения подкласса объектов табл.1, необходимо детальное сравнение распределения энергии в их спектрах со спектрами стандартных звезд разных подклассов М в астрономических каталогах, полученных в том же диапазоне и примерно с тем же разрешением. Важно отметить, что все звезды табл.1 (возможно за исключением КР2001 46) являются гигантами. В спектрах этих объектов не наблюдаются серии полос молекулы CaOH и CaH , в частности, полоса молекул CaH на длине волны 6383 Å, которая является дискриминатором карлик/гигант [5].

4. *Переменность.* Оптическая переменность объектов КР2001 исследована с использованием данных мониторинга Northern Sky Variability Survey (NSVS) [7] на основе эксперимента ROTSE-I [8] (без фильтра; чувствительность

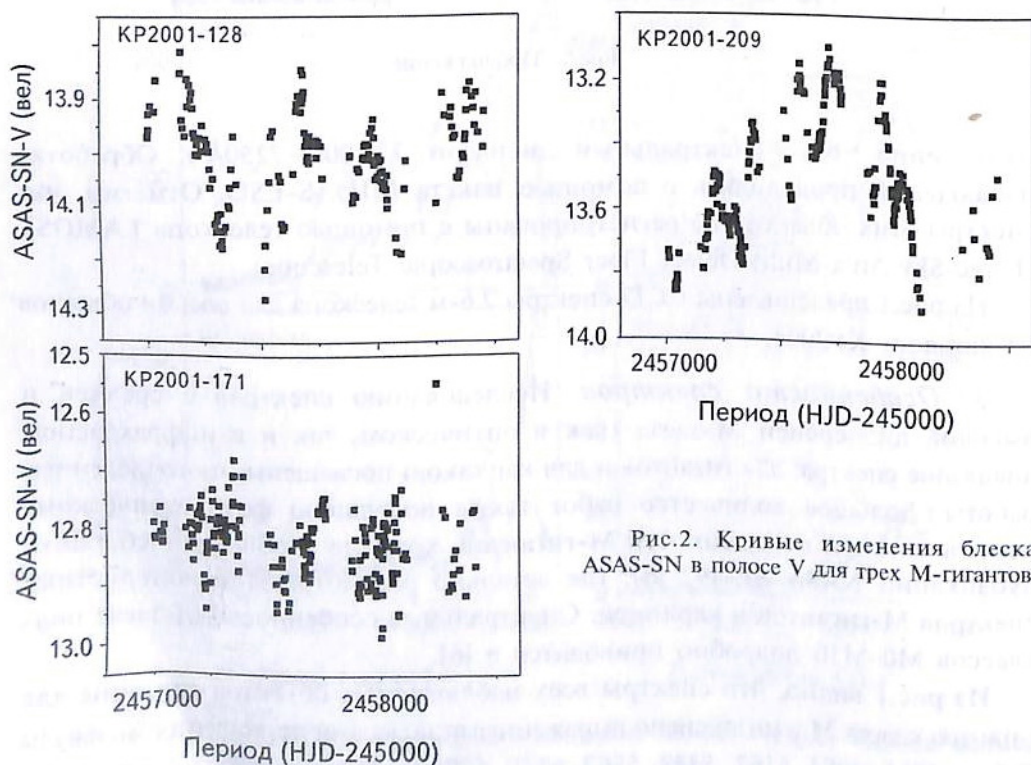


Рис.2. Кривые изменения блеска ASAS-SN в полосе V для трех М-гигантов.

в R-диапазоне, TH7899M 2K×2K CCD приемник). Между тем, многие объекты каталога KP2001 не представлены в архиве NSVS, поскольку они слабее, чем предел обнаружения NSVS ($15^m.5$). Трудности возникают также при анализе кривых блеска для некоторого количества звезд KP2001, что связано с короткой базой NSVS (менее 1 года) [7]. Важно отметить, что объекты каталога KP2001 не имеют записей в базе данных Catalina Sky Survey (CSS) [9], которая более глубокая, чем NSVS. Была также проверена переменность восьми наблюдаемых KP2001 М-гигантов в базе данных All-Sky Automated Survey for Supernovae [10,11] (ASAS-SN). Проект ASAS-SN - оптический мониторинг всего неба с фотометрической глубиной $V=17^m$, обеспечивающий

Таблица 2

ASAS-SN ДАННЫЕ ДЛЯ ТРЕХ KP2001 М-ГИГАНТОВ

KP2001 номер	ASAS-SN номер	Средняя V величина	Класс перем.	Период (дни)	Другие ассоц. в базе данных SIMBAD
171	J234026.89+655206.9	12.82	SR	413	IRAS 23381+6535
209	J234618.50+664927.4	13.50	L		IRAS 23439+6632
128	J233059.36+683632.7	14.00	SR	687	IRAS 23287+6819

также и классификацию переменности. В базе данных мониторинга ASAS-SN было зарегистрировано только три из восьми объектов, рассмотренных в табл.1. Два из них (№128 и 171) уже классифицированы как переменные SR на основе записей NSVS (см. табл.1 статьи [7]).

В табл.2 представлены ASAS-SN данные о переменности для трех М-гигантов из каталога KP2001.

На рис.2 представлены ASAS-SN кривые блеска в полосе V для трех М-гигантов.

Таблица 3

GAIA EDR3 ДАННЫЕ ДЛЯ ВОСЬМИ KP2001 М-ГИГАНТОВ

KP2001 номер	Gaia G (вел.)	$BP-RP$ цвет (вел.)	T_{eff} (К)	RV (км/с)	Расстояние (пс.)	M (G) (вел.)
13	12.71	4.15	3287	-73.44	4529	-2.30
36	13.29	4.93	3293		4515	-1.70
46	14.49	1.39			638	+4.49
95	12.18	3.57	3421		5484	-3.15
128	11.96	4.87	3325		2811	-1.45
171	10.34	3.97	3289	-73.36	1134	-1.71
209	10.28	4.91	3297	-31.10	2257	-2.18
257	11.87	4.95	3325		1766	-0.32

5. *Данные Gaia.* Для получения абсолютных звездных величин восьми наблюдаемых объектов, были использованы фотометрические данные каталога Gaia Early Data Release 3 (Gaia EDR3 [12]) и оценки расстояний, полученных Байлер-Джонсом и др. [13]. В этом каталоге для восьми объектов мы рассмотрели первые геометрические расстояния, где используется параллакс вместе с априорными расстояниями, зависящими от направления. Абсолютные величины в полосе G оценивались с помощью обычного уравнения:

$$M(G) = G - 5 \log r + 5 - A(G). \quad (1)$$

В табл.3 представлены некоторые важные данные восьми KP2001 М-гигантов из каталога Gaia EDR3.

6. *Заключение.* Спектры 2.6-м телескопа БАО в диапазоне $\lambda\lambda 4000 - 7250 \text{ \AA}$ для восьми М-гигантов из каталога KP2001 подтверждают их богатую кислородом природу. Рассмотрены особенности спектров этих объектов. Представлены некоторые важные физические характеристики этих гигантов из баз данных Gaia EDR3 и ASAS-SN.

В этой работе использовались данные миссии Gaia Европейского Космического Агентства (ESA) (<https://cosmos.esa.int/gaia/>), обработанные консорциумом обработки и анализа данных Gaia (DPAC, <https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/dpac.consortium/>).

¹ Ереванский государственный университет, Армения,
e-mail: e.karapetyan@ysu.am

² НАН РА Бюраканская астрофизическая обсерватория
им. В.А.Амбарцумяна, Армения, e-mail: kgigoyan@bao.sci.am

OXYGEN RICH COOL STARS IN THE CEPHEUS REGION. NEW SPECTROSCOPIC OBSERVATIONS OF SELECTED OBJECTS FROM KP2001 CATALOGUE

G.V.PETROSYAN¹, K.S.GIGOYAN², E.KARAPETYAN¹,
G.R.KOSTANDYAN²

2.6 m telescope spectra Byurakan Astrophysical Observatory (BAO) in the range $\lambda\lambda 4000 - 7250 \text{ \AA}$ for eight M giants from catalogue KP2001 confirm oxygen-rich nature for all of them. The characteristic spectral features are considered for observed objects. Some important physical parameters are presented

from the Gaia EDR3 data base. Optical variability are investigated using ASAS-SN monitoring data.

Keywords: *stars: surveys: classification: variability*

ЛИТЕРАТУРА

1. М.А.Казарян, Г.В.Петросян, *Астрофизика*, **44**, 413, 2001, (*Astrophysics*, **44**, 335, 2001).
2. C.Rossi, S.Gaudenzi, G.V.Petrosyan et al., *Astrophysics*, **52**, 523, 2009.
3. G.V.Petrosyan, C.Rossi, S.Gaudenzi et al., *Astrophysics*, **58**, 503, 2015.
4. Г.В.Петросян, *Астрофизика*, **56**, 459, 2013, (*Astrophysics*, **56**, 421, 2013).
5. H.R.Johnson, F.R.Querci, "The M-Type Stars", NASA SP-492, 1986.
6. R.O.Gray, C.J.Corbally, "Stellar Spectral Classssification", Princeton University Press, 2009.
7. Г.В.Петросян, *Астрофизика*, **61**, 65, 2018, (*Astrophysics*, **61**, 50, 2018).
8. P.R.Wozniak, W.T.Vestrand, C.W.Akerlof et al., *Astron. J.*, **127**, 2436, 2004.
9. A.J.Drake, M.J.Graham, S.G.Djorgovski et al., *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **213**, 9, 2014.
10. C.S.Kochanek, B.J.Shappee, K.Z.Stanek et al., *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **129**, 1, 2017.
11. T.Jayasinghe, C.S.Kochanek, K.Z.Stanek et al., *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **477**, 3145, 2018.
12. A.G.A.Brown, A.Vallenari, T.Prusti et al., *Astron. Astrophys.*, (2021, accepted).
13. C.A.K.Bailer-Jones, J.Rybizki, M.Fouestneau et al., *Astron. J.*, (accepted), arXiv 2012.05220.