

*А. В. КУСАКИН<sup>1</sup>, А. В. ХРУСЛОВ<sup>2</sup>, Р. И. КОКУМБАЕВА<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ДТОО “Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова” АО НЦКИТ, г. Алматы.  
<sup>2</sup> Институт Астрономии РАН (ИНАСАН), Москва, Россия)

## **ПОИСК И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ ПЕРЕМЕННЫХ НА ТЕЛЕСКОПЕ ZEISS-1000 ТЯНЬ-ШАНСКОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ**

**Аннотация.** На Тянь-Шаньской астрономической обсерватории Астрофизического института им. В.Г. Фесенкова, благодаря использованию модифицированного телескопа Zeiss-1000 и ПЗС-камеры Apogee U9000 D9, началась работа по открытию и исследованию новых переменных звезд в избранных площадках Млечного Пути. Наша работа имеет ряд преимуществ по сравнению с мировыми фотометрическими обзорами, осуществленными на малых инструментах. Возможности наших инструментов позволяют проводить поиск новых переменных в достаточно плотных звездных областях и с яркостью звезд до 20 зв. величины, а также фотометрировать тесные звезд-ные пары с угловым расстоянием между компонентами до 1-2 секунд дуги. Уже найдены и исследованы 20 ранее неизвестных переменных звезд. Планируются дальнейшие исследования по дан-ному направлению.

**Ключевые слова:** фотометрия, переменные звезды.

**Тірек сөздері:** фотометрия, айнымалы жұлдыздар.

### **Введение**

На телескопе Zeiss-1000 Тянь-Шанской астрономической обсерватории АФИФ нами проводится работа по поиску и исследованию переменных звезд. Преимущественно планируется исследовать области с умеренной звездной плотностью вблизи плоскости Галактики (в Млечном Пути).

Следует заметить, что к настоящему времени слабые переменные звезды значительно менее выявлены и исследованы в северных областях Млечного Пути, по сравнению с южными областями. На сегодняшний день в северных областях Млечного Пути выявлены главным образом переменные с достаточно большой амплитудой и предельной звездной величиной до  $16^m$  в фотометрической полосе *B*, большинство из которых были найдены при исследовании фотопластинок. В областях, которые планируется исследовать, а также тех, изучение которых нами уже началось, известны только яркие переменные с блеском до  $13^m$ - $14^m$ . Таким образом, до сих пор многие области Млечного Пути остаются недостаточно изученными, и значительное количество переменных звезд в них и сегодня ещё не выявлено.

За последнее десятилетие различными автоматическими обзорами неба обнаружены десятки тысяч новых переменных. Но такие фотометрические обзоры, как ASAS [1, 2], NSVS [3, 4] и SuperWASP [5, 6] – это обзоры низкого углового разрешения, делавшиеся на малых инструментах, их предельные звездные величины не превышают  $14^m$  (фотометрические полосы *R*, *V*).

Обзоров высокого углового разрешения немного, например, Catalina Surveys [7, 8] и OGLE-III [9], в которых используются достаточно большие инструменты, сравнимые с Zeiss-1000. В Catalina Surveys применялись 1 и 1.5м инструменты, но в этом обзоре из-за больших трудностей при автоматизированной обработке данных избегаются области ближе 10-15 градусов от галактического экватора (плотные звездные облака Млечного Пути). Проект OGLE с телескопом 1.3 м исследовал только центральные области Галактики. Этими обзорами было выявлено несколько десятков тысяч новых переменных. Для большинства обзоров открытие переменности является побочным продуктом, в редких случаях поиск переменных звезд является основной целью обзора (например, в ASAS).

Фотометрия на Zeiss-1000 имеет много преимуществ по сравнению со многими фотометрическими обзорами, сделанными на малых инструментах. Кроме того, существуют интересные наблюдательные задачи, не решенные также и проектами Catalina Surveys и OGLE.

Возможности телескопа Zeiss-1000 с ПЗС-камерой Apogee U9000 D9 позволяют проводить поиск слабых переменных звезд в достаточно плотных областях Млечного Пути. Нами применяется полуавтоматический режим поиска новых переменных с использованием программы MaxIm DL5, в дальнейшем предполагается применение и других поисковых программ. Предполагаемая предельная звездная величина составит  $20^m$  в фильтре *V* Джонсона. Телескоп Zeiss-1000 позволяет достигать высокого углового разрешения и проводить раздельную фотометрию тесных звездных пар с угловым расстоянием между компонентами около 1-2 секунд дуги.

В отличие от многих автоматических обзоров, осуществляющих однополосную фотометрию, которая часто не соответствует какому-либо стандартному фильтру (как, например, в обзорах NSVS, SuperWASP, Catalina Surveys), для каждой звезды (за исключением наиболее слабых) планируется получать трёхцветную фотометрию в стандартных *BVR* фильтрах Джонсона. Это позволит иметь больше оснований для классификации переменных, особенно встречающихся иногда сложных случаев, когда нельзя классифицировать переменную только по форме кривой блеска и уже имеющимся данным различных каталогов.

Кроме того, создаётся архив *BVR* изображений звездных полей, который может использоваться в дальнейшем, подобно архивам фотопластинок для исследования переменных звезд, которые могут быть обнаружены позже (медленные переменные, долгопериодические переменные, затменные переменные типа Алголя, затмения которых по времени не совпали с моментами их наблюдения, и т.п.).

### Результаты

На начальном этапе наших исследований найдено 20 ранее не известных переменных звезд. Все обнаруженные переменные звезды попадают в интервал звездных величин  $12^m.9$  –  $19^m.3$ . Для этих звезд получено более 23000 измерений блеска. Информация о переменных приведена в таблице 1. В первом столбце все переменные звезды пронумерованы обозначениями TSHAO-Z1000-VN, где N – порядковый номер переменной по списку. Далее указаны обозначения звезд в каталогах USNO-B1.0 или GSC, а также их координаты. В продолжение таблицы даются типы переменности в системе классификации Общего каталога переменных звезд, ОКПЗ (исключение тип HADS(B), обозначающий переменную типа  $\delta$  Щита с большой амплитудой изменения блеска, High-Amplitude  $\delta$  Scuti Variable, у которой выявлена двойная периодичность), пределы изменения блеска и соответствующая им фотометрическая полоса, период изменения блеска.

Половина выявленных переменных относится к короткопериодическим затменным переменным звездам типа W Большой Медведицы с периодами около одной трети суток, одна – затменная переменная типа  $\beta$  Лиры, одна – вероятная эллипсоидальная переменная. Также найдены и несколько пульсирующих переменных: 5 переменных типа  $\delta$  Щита, две из которых с двойной периодичностью (одна – высокоамплитудная, тип HADS(B), радиальные пульсации, другая – малоамплитудная, тип DSCTC, нерадиальные пульсации), две переменные типа RR Лиры, одна малоамплитудная классическая цефеида (тип DCEPS). Примеры кривых блеска найденных переменных приведены на рисунках 1, 2 и 3.

Точность наблюдений позволяет обнаруживать переменность с малыми амплитудами: наименьшие полные амплитуды у переменных GSC 3678-01412, TSHAO-Z1000-V5 (вероятно тип ELL), и USNO-B1.0 1465-0053628, TSHAO-Z1000-V4 (тип DSCTC),  $0^m.04$  и  $0^m.03$  в полосе V соответственно. При этом у последней звезды найдено наложение двух периодов колебаний, амплитуда каждого из которых приблизительно вдвое меньше результирующей амплитуды.

Таблица – Новые переменные, найденные по ПЗС наблюдениям

TSHAO-Z1000 variable	Обозначение	$\alpha$ (J2000)	$\delta$ (J2000)
1	USNO-B1.0 1465-0053250	01 31 40.42	+56 32 50.2
2	USNO-B1.0 1465-0053466	01 32 05.14	+56 31 01.3
3	USNO-B1.0 1465-0053611	01 32 23.47	+56 31 24.0
4	USNO-B1.0 1465-0053628	01 32 25.82	+56 35 40.0
5	GSC 3678-01412	01 32 27.87	+56 36 19.9
6	USNO-B1.0 1329-0132547	04 44 37.78	+42 54 34.4
7	USNO-B1.0 1328-0132957	04 44 51.42	+42 52 08.2
8	USNO-B1.0 1331-0138788	04 45 04.06	+43 07 24.2
9	USNO-B1.0 1330-0135227	04 45 07.98	+43 00 06.8
10	USNO-B1.0 1330-0135246	04 45 09.20	+43 01 27.6
11	USNO-B1.0 1328-0133356	04 45 19.94	+42 53 09.9
12	USNO-B1.0 1327-0131635	04 45 29.74	+42 45 59.1
13	USNO-B1.0 1328-0133655	04 45 41.06	+42 48 28.3
14	GSC 2901-00409	04 45 51.59	+43 00 13.2
15	USNO-B1.0 1329-0133724	04 45 59.88	+42 54 26.8
16 *	GSC 4347-01515	05 17 37.14	+69 51 47.0
17	USNO-B1.0 1598-0075507	05 18 35.76	+69 48 59.2
18 *	GSC 4084-02032	05 21 39.08	+62 20 18.7
19 *	GSC 4525-00721	06 29 57.66	+76 42 59.7
20	USNO-B1.0 1282-0605605	23 21 35.64	+38 15 24.9

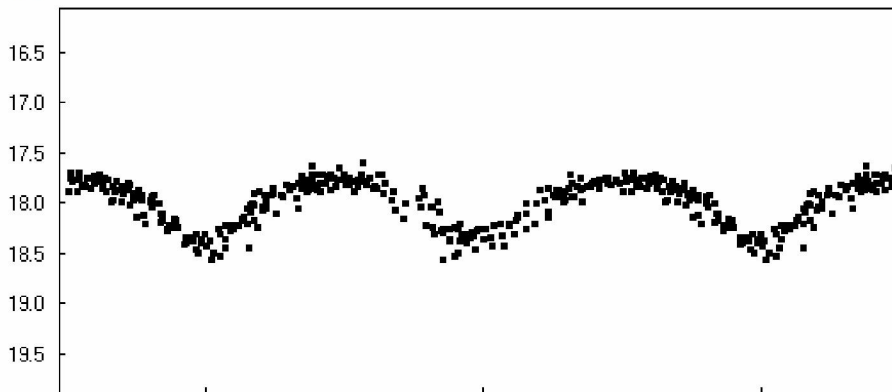
1	DSCT	17.14	17.25	V	0.084299
2	RRC	15.80	16.10	V	0.38113
3	EW	18.65	19.3	V	0.27687
4	DSCTC	12.99	13.02	V	0.067360 / 0.092078
5	ELL:	12.92	12.96	V	0.77205
6	HADS(B)	17.28	17.58	V	0.16189 / 0.12413
7	EW	18.6	19.0	V	0.3268
8	DSCT	17.43	17.56	V	0.091528
9	DSCT	16.56	16.68	V	0.099225
10	EW	17.85	18.15	V	0.37670
11	EW	17.20	17.85	V	0.293613

Окончание Таблицы

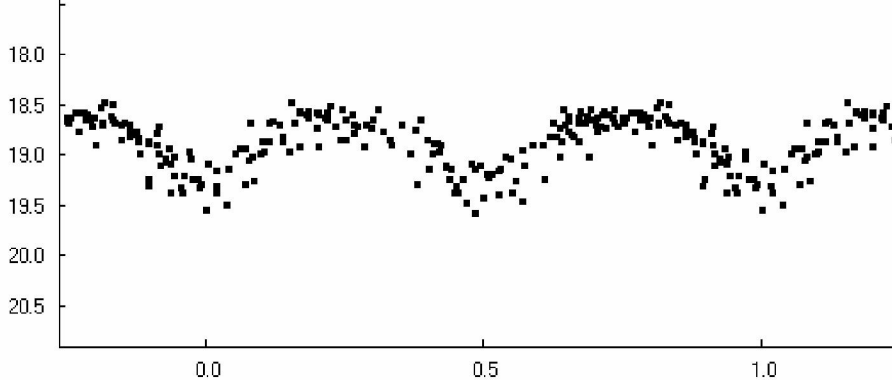
TSHAO-Z1000 variable	Обозначение	$\alpha$ (J2000)	$\delta$ (J2000)	TSHAO-Z1000 variable	Обозначение
12	EW	16.02	16.12	V	0.4670
13	EW	16.74	16.83	V	0.2679
14	DCEPS	13.05	13.17	V	4.2144
15	EW	17.13	17.41	V	0.28424
16 *	EW	12.10	12.42	R	0.623771
17	EW	15.48	15.70	R	0.2830
18 *	RR	14.04	14.72	R	0.465324
19 *	EW	12.69	13.04	R	0.314558
20	EB	15.51	16.23	V	0.424815

### USNO-B1.0 1465-0053611

R



V



HJD(min) 2456583.479 + 0.27687 x E

phase

Рис. 1 – Кривые блеска USNO-B1.0 1465-0053611 (TSHAO-Z1000-V3), ил EW, в фильтрах V и R. Самая слабая из найденных переменных

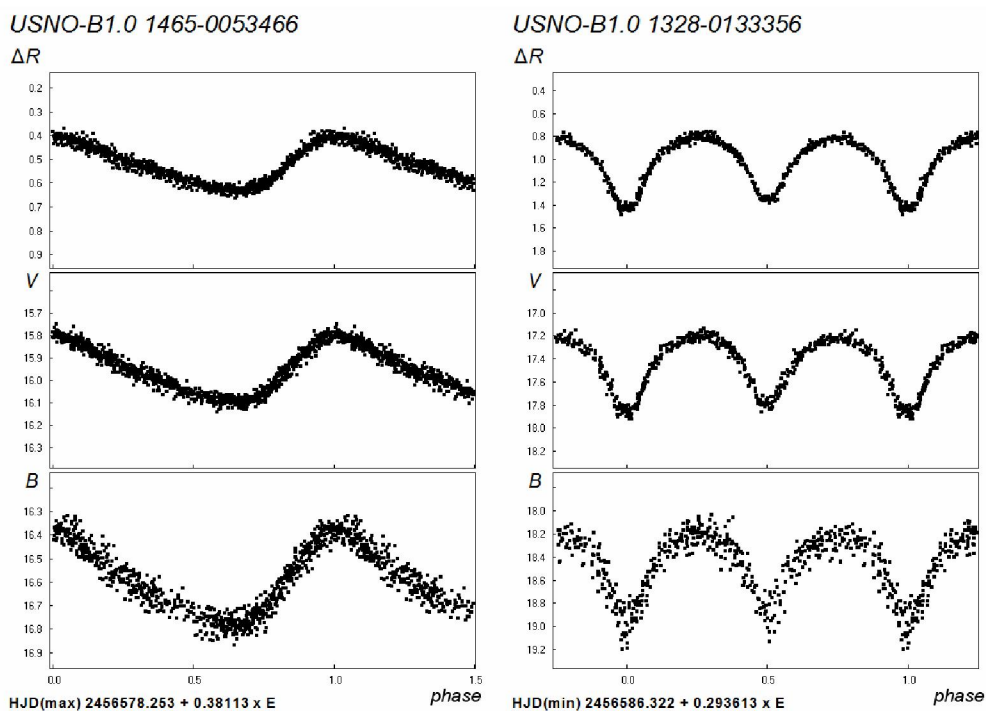


Рис. 2 – Кривые блеска USNO-B1.0 1465-0053466(TSHAO-Z1000-V2), тип RRC, и USNO-B1.0 1328-0133356(TSHAO-Z1000-V11), тип EW, в фильтрах BVR

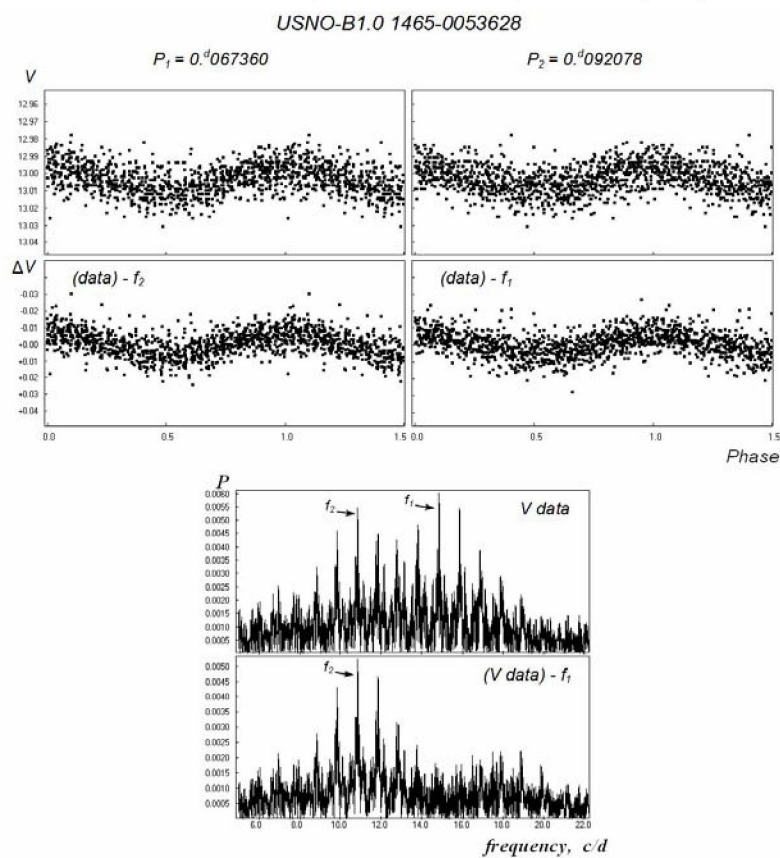


Рисунок 3 – Кривые блеска USNO B1.0 1465-0053628(TSHAO-Z1000-V4), переменной типа DSCTC с двойной периодичностью, в фильтре V. Вверху – по исходным данным, внизу – одно из колебаний исключено. Ниже приведены спектры мощности при анализе исходных данных (вверху), и при исключенном основном колебании (внизу)

## Наблюдательные задачи

Рассмотрим несколько наблюдательных задач, решение которых возможно с использованием телескопа Zeiss-1000.

Ряд типов переменных звезд встречается только вблизи плоскости Галактики. Особый интерес представляет выявление классических цефеид, в связи с тем, что они важны для решения проблемы шкалы расстояний, для звездной эволюции и для исследований в области кинематики звездных населений Галактики. В частности, нами была обнаружена классическая цефеида GSC 2901-00409 (TSHAO-Z1000-V14), относящаяся к довольно редкому типу малоамплитудных цефеид, похожих на Полярную звезду, имеющую почти синусоидальную кривую блеска с периодом 4.2144 суток. Трехцветная BVR фотометрия показывает здесь явное увеличение амплитуды с уменьшением длины волны, являющееся следствием характерного для пульсирующих переменных, в частности, для цефеид, изменения показателя цвета с фазой периода, благодаря чему её и удалось правильно классифицировать как цефеиду. В случае одноцветной фотометрии, из-за недостатка данных эта звезда была бы классифицирована, скорее всего, как вероятная переменная типа ВУ Дракона, переменность которой вызвана наличием пятен на ее поверхности, что на самом деле не соответствовало бы ее природе.

Поиск пульсирующих переменных с двойной и множественной периодичностью также представляет значительный интерес. Для их исследования особенно важно получить достаточно большое количество однородных наблюдений. Большое число таких переменных было выявлено в последнее время с использованием автоматических обзоров, но, как уже говорилось, во многих из них избегаются области Млечного Пути.

## GSC 2901-00409

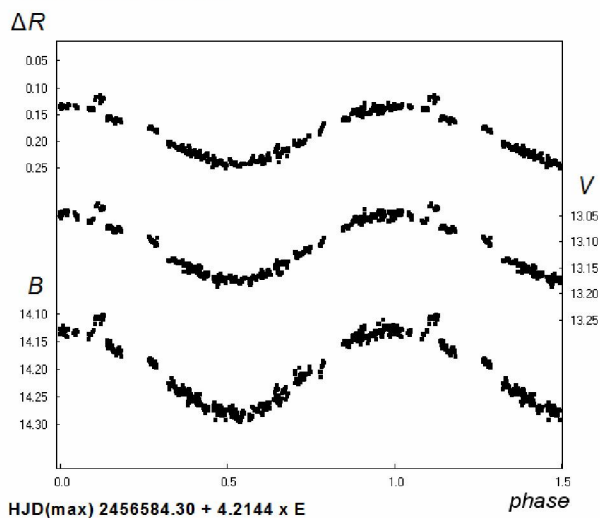


Рис. 4 – Кривые блеска GSC 2901-00409 (TSHAO-Z1000-V14) в фильтрах BVR

Два найденных нами случая двойной периодичности относятся к звездам типа  $\delta$  Щита. Примером малоамплитудной переменной типа  $\delta$  Щита с нерадиальными пульсациями является USNO-B1.0 1465-0053628(TSHAO-Z1000-V4), см. рис. 3. Высокоамплитудной звездой  $\delta$  Щита, пульсирующей радиально, является USNO-B1.0 1329-0132547 (TSHAO-Z1000-V6), см. рис. 6. Отношение периодов последней звезды  $P_0/P_1 = 0.7668$  характерно для радиально пульсирующих HADS звезд с двойной периодичностью, и указывает на то, что это пульсации основной моды и первого обертона [10]. Особенный же интерес представляет поиск таких достаточно редких переменных, как классические цефеиды с двойной периодичностью.

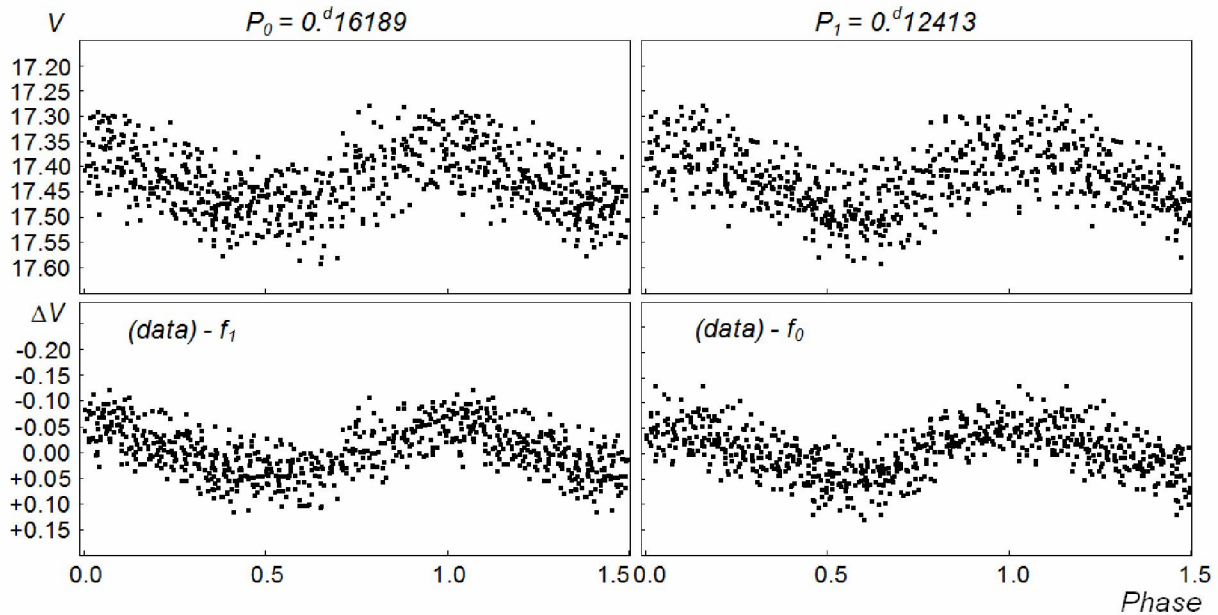


Рис. 5 – Кривые блеска USNO-B1.0 1329-0132547(TSHAO-Z1000-V6), переменной типа HADS(B), в фильтре V. Вверху – по исходным данным, внизу – одно из колебаний исключено

Низкое угловое разрешение ряда фотометрических обзоров неба (NSVS, SuperWASP, ASAS) часто приводит к тому, что вместо отдельной фотометрии двух близко расположенных звезд (на угловых расстояниях меньше 10-15 угловых секунд) имеет место измерение суммарного блеска пары. Если одна из таких звезд оказывается переменной, то выяснить, какая из двух (или нескольких) звезд меняет свой блеск невозможно без дополнительных наблюдений. Проблема идентификации подобных переменных возникает как при открытии переменности по данным фотометрического обзора, так и при включении уже известных переменных в ОКПЗ, когда его сотрудникам приходится выполнять работу вместо первооткрывателя. Довольно много таких пар содержится в Международном регистре переменных звезд VSX (Американская ассоциация наблюдателей переменных звезд, AAVSO, США), [11], и проблема их идентификации остаётся нерешенной, а пока идентификация переменной звезды не проведена, она не может быть включена в ОКПЗ [12].

Поэтому одной из интересных задач для телескопа Zeiss-1000 может быть идентификация переменных звезд, находящихся в таких тесных визуальных парах. Разрешение метровых телескопов Тянь-Шанской астрономической обсерватории АФИФ позволяет решить большинство таких задач. Результаты подобных исследований будут непосредственно учитываться Общим каталогом переменных звезд. Такую программу мы уже начали осуществлять. Три звезды из приведённых в Таблице переменных (обозначены звёздочкой) найдены по данным архива NSVS в 2005 году одним из авторов (А. Хруслов), но они не были опубликованы, так как без дополнительных наблюдений на телескопе с хорошим разрешением нельзя было установить, какая из звезд пары переменна. На рисунке 6 приведена кривая блеска одной из этих звезд, GSC 4084-02032 (TSHAO-Z1000-V18), переменной типа RR Лиры: внизу – данные обзора NSVS, вверху – ПЗС наблюдения на Zeiss-1000. Хорошо заметно, что в данных обзора NSVS при измерении суммарного блеска амплитуда сильно занижена.

GSC 4084-02032

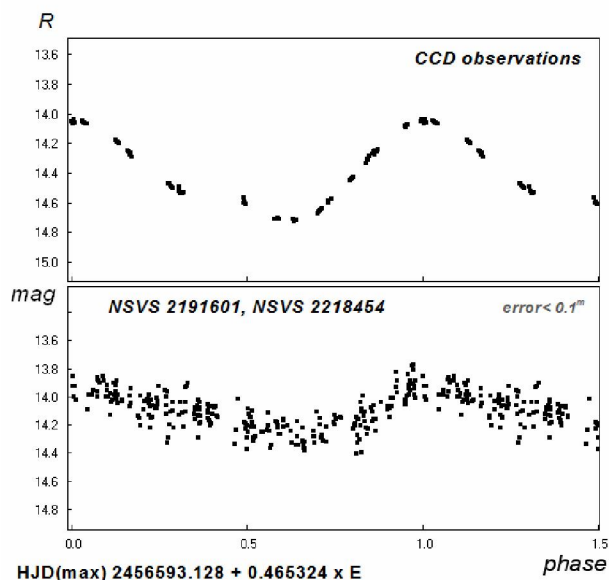


Рис. 6 – Кривые блеска GSC 4084-02032 (TSHAO-Z1000-V18), переменной типа RR Лиры, в фильтре V (вверху) и по данным обзора NSVS (внизу)

ЛИТЕРАТУРА

- 1 <http://www.astrouw.edu.pl/asas/?page=aasc>
- 2 Pojmanski, G. The All Sky Automated Survey. Catalog of Variable Stars. I. 0<sup>h</sup> - 6<sup>h</sup> Quarter of the Southern Hemisphere // *Acta Astron.* – 2002. – V.52. – P.397-427.
- 3 <http://skydot.lanl.gov/nsvs/nsvs.php>
- 4 Wozniak, P.R., Vestrand, W.T., Akerlof, C.W., et al. Northern Sky Variability Survey: Public Data Release // *Astron. J.* – 2004. – V.127. – P.2436-2449.
5. <http://wasp.cerit-sc.cz/form>
6. Butters, O.W., West, R.G., Anderson, D.R., et al. The first WASP public data release // *Astron. and Astrophys.* – 2010. – V.520. – L10.
- 7 [http://numuku.cacr.caltech.edu/cgi-bin/getcssconedb\\_release\\_img.cgi](http://numuku.cacr.caltech.edu/cgi-bin/getcssconedb_release_img.cgi).
- 8 Drake, A.J., Djorgovski, S.G., Mahabal, A., et al. First Results from the Catalina Real-Time Transient Survey // *Astrophys. J.* – 2009. – V.696. – P.870-884.
- 9 Udalski, A., Szymanski, M.K., Soszynski I. and Poleski, R. The Optical Gravitational Lensing Experiment. Final Reductions of the OGLE-III Data // *Acta Astron.* – 2008. – V. 58. – P.69-87.
- 10 Petersen, J.O., Christensen-Dalsgaard, J. Pulsation models of  $\delta$  Scuti variables. I. The high-amplitude double-mode stars // *Astron. and Astrophys.* – 1996. – V. 312. – P.463-474.
- 11 <http://www.aavso.org/vsx/index.php?view=search.top>.
- 12 Samus, N.N., Durevich, O.V., Kazarovets, E V., Kireeva, N.N., Pastukhova E.N., et al. General Catalogue of Variable Stars // Centre de Donnees Astronomiques de Strasbourg, B/gcvs. – 2007-2012.
13. Хруслов А.В., Кусакин А.В. USNO-B1.0 1329-0132547, новая бимодальная переменная типа  $\delta$  Щита с большой амплитудой // *Переменные Звезды* – 2014. – V.34. – № 1.

REFERENCES

- 1 <http://www.astrouw.edu.pl/asas/?page=aasc>
- 2 Pojmanski, G. *Acta Astron.*, **2002**, 52, 397-427.
- 3 <http://skydot.lanl.gov/nsvs/nsvs.php>
- 4 Wozniak, P.R., Vestrand, W.T., Akerlof, C.W., et al. *Astron. J.*, **2004**, 127, 2436-2449.
- 5 <http://wasp.cerit-sc.cz/form>
- 6 Butters, O.W., West, R.G., Anderson, D.R., et al. *Astron. and Astrophys.*, **2010**, 520, L10.
- 7 [http://numuku.cacr.caltech.edu/cgi-bin/getcssconedb\\_release\\_img.cgi](http://numuku.cacr.caltech.edu/cgi-bin/getcssconedb_release_img.cgi).
- 8 Drake, A.J., Djorgovski, S.G., Mahabal, A., et al. *Astrophys. J.*, **2009**, 696, 870-884.
- 9 Udalski, A., Szymanski, M.K., Soszynski I. and Poleski, R. *Acta Astron.*, **2008**, 58, 69-87.
- 10 Petersen, J.O., Christensen-Dalsgaard, J. *Astron. and Astrophys.*, **1996**, 312, 463-474.
11. <http://www.aavso.org/vsx/index.php?view=search.top>
12. Samus, N.N., Durevich, O.V., Kazarovets, E V., Kireeva, N.N., Pastukhova E.N., et al. *General Catalogue of Variable Stars, Centre de Donnees Astronomiques de Strasbourg, B/gcvs*, **2007-2012**,
13. Khruslov, A.V., Kusakin, A.V., *Perem. Zvezdy*, **2014**, 34, № 1.



**Резюме**

*А. В. КУСАКИН<sup>1</sup>, А. В. ХРУСЛОВ<sup>2</sup>, Р. И. ҚОҚЫМБАЕВА<sup>1</sup>*

(Жетекші ғылыми қызметкер, кіші ғылыми қызметкер, ғылыми қызметкер  
<sup>1</sup>«В.Г.Фесенков атындағы Астрофизика институты» ЕЖПС. Алматы қ.  
<sup>2</sup>РГА Астрономия институты (ИНАСАН) Мәскеу қ., Ресей)

**ТЯНЬ-ШАНЬ АСТРОНОМИЯЛЫҚ ОБСЕРВАТОРИЯСЫ  
ZEISS-1000 ТЕЛЕСКОБЫНДА ЖАҢА АЙНЫМАЛЫ ЖҰЛДЫЗДАРДЫ  
ІЗДЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ**

В. Г. Фесенков атындағы Астрофизика институты Тянь-Шань астрономиялық обсерваториясында жаңартылған Zeiss-1000 телескопы және Apogee U900 D9 ПЗС камерасын қолдану барысында Құс Жолының таңдалған бөліктеріндегі жаңа айнымалы жұлдыздарды ашу мен зерттеу басталып кетті. Біздің жұмыс шағын құрал-саймандармен жүзеге асатын әлемдік фотометрлік шолулармен салыстырғанда көптеген басымдықтарға ие. Біздің құрал-саймандар тығыздығы айтарлықтай жұлдызды аймақтардан жаңа айнымалы жұлдыздар іздеуге, сондай-ақ компоненттер арасындағы бұрыштық қашықтығы 1-2 сек дозалық жақын орналасқан жұлдыздар жұбын фотометрлуге де мүмкіндік береді. Қазіргі кезде бұрын белгісіз болып келген 20 айнымалы жұлдыз табылып зерттелді. Осы бағыт бойынша әрі қарай зерттеулер жүргізу жоспарлануда.

**Тірек сөздер:** фотометрия, айнымалы жұлдыздар.

**Summary**

*A. V. Kusakin, A. V. Khruslov, R. I. Kokumbaeva*

**DISCOVERY AND STUDY OF NEW VARIABLE STARS USING  
THE ZEISS -1000 TELESCOPE OF THE TIEN-SHAN  
ASTRONOMICAL OBSERVATORY**

We received the first results (see table) sent for publication in the journal of Variable stars, supported by the Institute of astronomy (INASAN), P.K. Sternberg State Astronomical Institute (SAI) and Astronet project online. Observations of the USNO-B1.0 1329-0132547 (TSHAO-Z1000-V6) were published in the article [13].

**Keywords:** photometry, variable stars.

*Поступила 2014 г.*