

**NEWS**

**OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

**PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES**

ISSN 1991-346X

Volume 5, Number 309 (2016), 140 – 145

UDK 524.335

**S.A. Shomshekova, I.V. Reva, L.N. Kondratyeva, A.B. Otebay**

Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan  
[shmshekva-saule@mail.ru](mailto:shmshekva-saule@mail.ru)

**STANDARDIZATION OF THE PHOTOMETRIC SYSTEM  
OF THE 1-METER TELESCOPE  
OF TIEN-SHAN ASTRONOMICAL OBSERVATORY**

**Abstract.** The results of standardization of photometric observations, which are carried out on the eastern 1-meter telescope located on Tien-Shan Astronomical Observatory of Fesenkov Astrophysical Institute, are presented in this paper. The receiver of radiation is CCD camera U9000D9 of Apogee Alta Company and Astrodon filters are used in order to obtain the photometric system, similar to the Johnson – Morgan international system B V R. As a rule, it is not possible to achieve the full identity of the two photometric systems, and an additional procedure is required for transformation of the observational data into the standard international system. In order to solve this problem, photometric observations of ~ 40 standard stars from the Landolt Catalog were carried out. Comparison of observable and catalogue values of star's magnitudes allows calculating the coefficients in the system of the equations, which are used for transformation of observational B V R values into the international Johnson – Morgan system. Then comparison of the calculated of B V R values with those from Catalog shows good agreement and confirms the reliability of suggested equations.

**Keywords:** photometry, standard stars, B V R magnitudes.

УДК 524.335

**С. А. Шомшекова, И. В. Рева, Л.Н. Кондратьева, А.Б. Отебай**

ДТОО «Астрофизический Институт им. Фесенкова», г. Алматы, Казахстан

**СТАНДАРТИЗАЦИЯ ФОТОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
1-МЕТРОВОГО ТЕЛЕСКОПА ТЯНЬ-ШАНСКОЙ  
АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ**

**Аннотация.** В статье приводятся результаты стандартизации фотометрических наблюдений, которые проводятся на восточном 1-метровом телескопе, установленном на Тянь-Шаньской астрономической обсерватории Астрофизического Института им. В.Г. Фесенкова. Приемник излучения - ПЗС камера U9000D9 фирмы Apogee Alta и Astrodon фильтры используются для воссоздания фотометрической системы, близкой к B V R интернациональной системе Джонсона – Моргана. Как правило, полной идентичности двух фотометрических систем достичь не удастся, и требуется дополнительная процедура перевода данных, полученных в процессе наблюдений, в общепринятую интернациональную систему. Для решения проблемы были выполнены фотометрические наблюдения ~ 40 стандартных звезд из Каталога Ландольта. Сравнение наблюдаемых и каталожных значений звездных величин позволяет вычислить коэффициенты в системе уравнений, которые используются для перехода от инструментальных значений B V R величин к интернациональную систему Джонсона – Моргана. Сравнение вычисленных и каталожных значений B V R величин показало хорошее согласие и подтвердило правильность предлагаемых выражений.

**Ключевые слова:** стандартные звезды, фотометрия, B V R величины.

### Введение

В Астрофизическом институте им. В.Г. Фесенкова (АФИФ) проводятся регулярные исследования переменных звезд и галактик с активными ядрами. Фотометрические наблюдения являются одним из главных источников важной информации о поведении и природе этих объектов. Аппаратура, используемая для наблюдений: ПЗС камеры и фильтры создают полосы пропускания, близкие к стандартной B V R системе Джонсона-Моргана. Однако, достичь полного соответствия практически невозможно. Выход состоит в создании системы уравнений, позволяющих перевести наблюдаемые значения звездных величин в интернациональную систему.

### 2. Наблюдения и обработка результатов.

На 1-метровом телескопе системы Ричи-Кретьена (фокусное расстояние 6,5м поле зрения 20'×20') используются ПЗС камера U9000D9 фирмы Apogee Alta и BVR Astrodon фильтры. Угловой масштаб кадра с изображением объектов - 0,38"/пиксель. В программу наблюдений вошли 39 стандартных звезд из Каталога [1]. Были выбраны площадки SA 26, SA 23, GD 61 и GD 64 с достаточно большим положительным склонением, так что во время наблюдений они располагались на зенитном расстоянии, близком к нулю. Основные данные для выбранных звезд приводятся в Таблице 1. Для каждой площадки было получено по 3 кадра в каждом из трех фильтров.

Стандартная предварительная обработка полученных изображений выполнялась с использования файлов Dark, Bias и Flat field. Измерения блеска звезд проводилось с помощью программы Maxim DL 5.

Таблица 1 - Характеристика выбранных звезд – стандартов

№	Обозначения Объекта	$\alpha$	$\delta$	V	B-V	V-R
	1	2	3	4	5	6
1	SA 26-234	06 43 07.334	+44 50 32.75	9.371	+0.583	+0.339
2	SA 26-231	06 42 51.320	+44 51 18.46	10.732	+1.117	+0.599
3	SA 26-150	06 43 37.042	+44 43 20.73	9.506	+1.010	+0.539
4	SA 26-139	06 43 09.275	+44 40 03.79	11.335	+0.838	+0.468
5	SA 26-135	06 42 58.715	+44 38 52.53	9.117	+1.110	+0.583
6	SA 26- 219	06 42 23.097	+44 47 54.40	10.632	+0.509	+0.323
7	SA 26 -60	06 43 41.731	+44 30 45.40	9.542	+0.125	+0.088
8	SA 26 -27	06 42 39.409	+44 31 47.34	10.860	+0.611	+0.375
9	SA 26 - 280	06 44 39.784	+44 48 25.64	11.089	+1.082	+0.579
10	SA 26 - 262	06 44 05.750	+44 47 22.64	13.100	+0.741	+0.430
11	SA 26 - 95	06 45 16.159	+44 32 04.67	11.988	+0.546	+0.326
12	SA 26 - 93	06 45 13.215	+44 30 56.56	11.071	+1.700	+1.378
13	SA 26 - 172	06 44 31.718	+44 34 05.88	9.580	+0.264	+0.144
14	SA 23 - 195	03 43 51.964	+45 10 02.52	12.125	+0.688	+0.421
15	SA 23 - 198	03 43 56.438	+45 09 41.46	11.559	+0.192	+0.133
16	SA 23 - 45	03 44 42.135	+45 04 43.53	9.972	+1.249	+0.663
17	SA 23 - 57	03 44 59.361	+45 03 47.90	10.368	+1.879	+1.169
18	SA 23 - 15	03 44 05.128	+45 06 03.00	10.658	+0.375	+0.202
19	SA 23 - 402	03 44 23.010	+45 23 37.73	9.835	+0.172	+0.110
20	SA 23 - 418	03 44 56.347	+45 18 59.93	11.716	+0.700	+0.407
21	SA 23 - 241	03 44 36.960	+45 17 59.22	12.312	+0.768	+0.458
22	SA 23 - 246	03 44 43.903	+45 18 01.25	11.700	+0.278	+0.154
23	SA 23 - 264	03 45 04.420	+45 17 48.41	10.335	+1.098	+0.591
24	SA 23 - 561	03 44 53.412	+45 30 25.87	10.546	+0.515	+0.287
25	SA 23 - 440	03 45 39.288	+45 28 12.70	12.030	+0.861	+0.493
26	SA 23 - 438	03 45 35.825	+45 24 31.45	13.327	+0.886	+0.511
27	SA 23 - 443	03 45 45.754	+45 25 33.98	10.691	+0.604	+0.368
28	GD 61 A	04 38 41.533	+41 10 51.24	14.420	+0.415	+0.261
29	GD 61 B	04 38 29.122	+41 11 00.48	14.129	+0.317	+0.191
30	GD 61 C	04 38 27.184	+41 10 07.68	13.731	+0.548	+0.344
31	GD 64 A	04 57 25.311	+41 55 30.57	14.438	+0.658	+0.414

№	Обозначения Объекта	$\alpha$	$\delta$	V	B-V	V-R
	1	2	3	4	5	6
32	GD 64 B	04 57 18.332	+41 55 28.12	13.923	+0.700	+0.443
33	GD 64 C	04 57 21.370	+41 54 23.70	12.915	+0.625	+0.406
34	GD 64 D	04 57 08.313	+41 55 12.86	12.799	+0.595	+0.370
35	GD 64 E	04 57 26.257	+41 55 52.18	11.531	+0.239	+0.144
36	GD 64 F	04 57 28.704	+41 55 50.45	12.195	+1.819	+1.082

В столбцах Таблицы даны: 1- обозначение объекта по Каталогу [1], 2- прямое восхождение объекта, 3- склонение объекта, 4 – звездная величина в фильтре V, 5 – значения B-V, 6- значения V-R.

Полученные результаты – значения блеска, усредненные по измерениям 3-х кадров, приведены в таблице 2. На их основе построены графики (Рис.1 и Рис. 2), которые показывают соотношения между инструментальными и каталожными значениями показателей цвета (B-V) и (V-R). Разброс точек характеризует ошибки измерений.

Таблица 2 – Результаты фотометрических наблюдений выбранных стандартных звезд

№	Обозначения объекта	B	V	R	B <sub>0</sub>	V <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>
	1	2	3	4	5	6	7
1	SA 26-234	9,976	9,497	9,264	9,954	9,371	9,032
2	SA 26-231	11,852	10,745	10,174	11,849	10,732	10,133
3	SA 26-150	10,525	9,595	9,217	10,516	9,506	8,967
4	SA 26-139	12,182	11,339	10,884	12,173	11,335	10,867
5	SA 26-135	10,206	9,256	8,903	10,227	9,117	8,534
6	SA 26- 219	11,141	10,632	10,309	11,141	10,632	10,309
7	SA 26 -60	9,709	9,718	9,711	9,667	9,542	9,454
8	SA 26 -27	11,471	10,86	10,485	11,471	10,86	10,485
9	SA 26 - 280	12,136	11,056	10,51	12,171	11,089	10,528
10	SA 26 - 262	13,841	13,1	12,67	13,841	13,1	12,67
11	SA 26 - 95	12,476	11,787	11,459	12,534	11,988	11,662
12	SA 26 - 93	12,733	10,939	9,715	12,771	11,071	9,693
13	SA 26 - 172	9,844	9,58	9,436	9,844	9,58	9,436
14	SA 23 - 195	12,794	12,112	11,674	12,813	12,125	11,704
15	SA 23 - 198	11,751	11,532	11,381	11,751	11,559	11,426
16	SA 23 - 45	11,182	10,058	9,678	11,221	9,972	9,309
17	SA 23 - 57	12,217	10,411	9,631	12,247	10,368	9,199
18	SA 23 - 15	11,033	10,658	10,456	11,033	10,658	10,456
19	SA 23 - 402	10,037	9,912	9,689	10,007	9,835	9,725
20	SA 23 - 418	12,435	11,684	11,177	12,416	11,716	11,309
21	SA 23 - 241	13,094	12,269	11,712	13,08	12,312	11,854
22	SA 23 - 246	11,996	11,655	11,392	11,978	11,7	11,546
23	SA 23 - 264	11,433	10,335	9,744	11,433	10,335	9,744
24	SA 23 - 561	11,069	10,577	10,258	11,061	10,546	10,259
25	SA 23 - 440	12,904	12,026	11,45	12,891	12,03	11,537
26	SA 23 - 438	14,248	13,334	12,722	14,213	13,327	12,816
27	SA 23 - 443	11,295	10,691	10,323	11,295	10,691	10,323
28	SA 23 - 264	11,419	10,377	9,977	11,433	10,335	9,744
29	SA 23 - 418	12,416	11,716	11,309	12,416	11,716	11,309
30	GD 61 A	14,863	14,435	14,158	14,835	14,42	14,159
31	GD 61 B	14,46	14,099	13,897	14,446	14,129	13,938
32	GD 61 C	14,279	13,731	13,387	14,279	13,731	13,387
33	GD 64 A	15,089	14,446	14,047	15,096	14,438	14,024
34	GD 64 B	14,625	13,918	13,491	14,623	13,923	13,48
35	GD 64 C	13,547	12,918	12,52	13,55	12,915	12,509
36	GD 64 D	13,38	12,797	12,435	13,394	12,799	12,429
37	GD 64 E	14,047	12,206	11,163	14,014	12,195	11,113
38	GD 64 F	11,77	11,531	11,387	11,77	11,531	11,387

В столбцах Таблицы 2 даны: 1- обозначения объекта по каталогу [1], 2,3,4 – B,V,R величины, полученные из наблюдений; 5,6,7 – значения B,V,R по Каталогу [1].

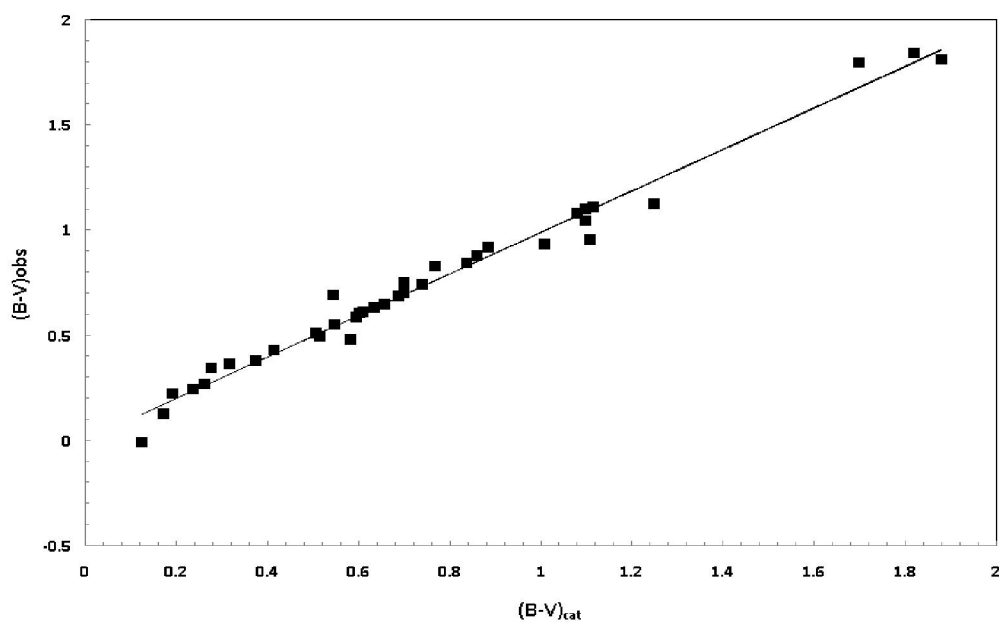


Рисунок 1 - Диаграмма показателей цвета (B-V) для инструментальной (ось Y) и стандартной (ось X) фотометрических систем

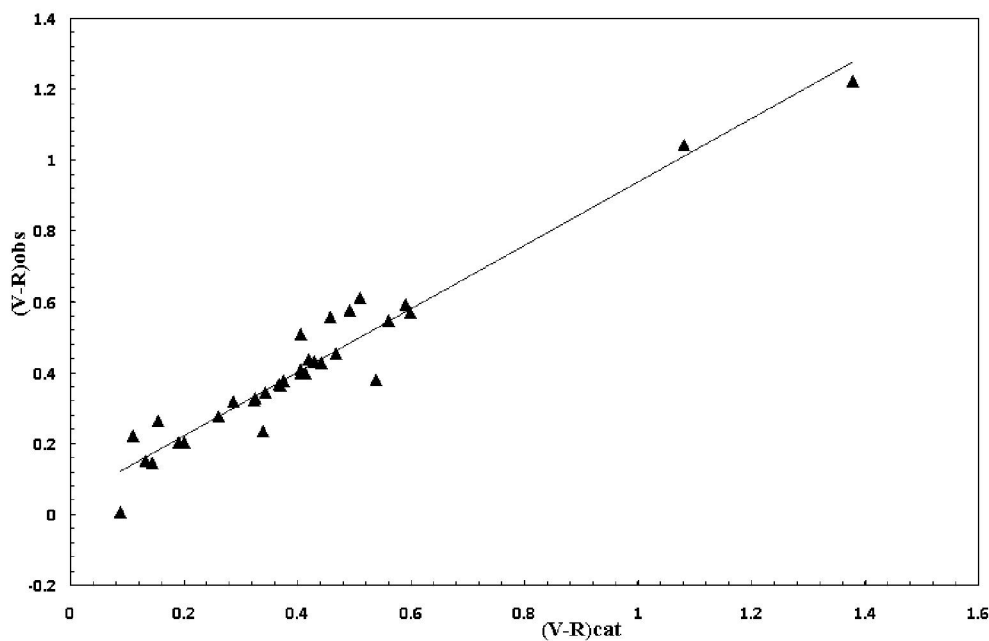


Рисунок 2 - Диаграмма показателей цвета (V-R) для инструментальной (ось Y) и стандартной (ось X) фотометрических систем

Используя метод наименьших квадратов, мы записали следующие системы уравнений:

$$\begin{aligned} \sum (B-V)_{cat} &= a \sum (B-V)_{obs} + b \cdot N \\ \sum (B-V)_{cat} \cdot (B-V)_{obs} &= a \sum (B-V)_{obs}^2 + b \sum (B-V)_{obs} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \sum (V-R)_{cat} &= a_1 \cdot \sum (V-R)_{obs} + b_1 \cdot N \\ \sum (V-R)_{cat} \cdot (V-R)_{obs} &= a_1 \cdot \sum (V-R)_{obs}^2 + b_1 \cdot \sum (V-R)_{obs} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \sum (V_{cat} - V_{obs}) &= a_2 \cdot \sum (B - V)_{obs} + b_2 \cdot N \\ \sum (V_{cat} - V_{obs}) \cdot (B - V)_{cat} &= a_2 \cdot \sum (B - V)^2_{cat} + b_2 \cdot \sum (B - V)_{cat} \end{aligned} \quad (3)$$

где  $(B - V)_{cat}$  и  $(V - R)_{cat}$  - значения из каталога,  $(B - V)_{obs}$  и  $(V - R)_{obs}$  - значения, полученные из наблюдений,  $N$  - количество используемых звезд,  $a, a_1, a_2$  и  $b, b_1, b_2$  - коэффициенты, которые необходимо определить.

Решая приведенные системы уравнений, получаем необходимые коэффициенты и следующие выражения для перехода от инструментальной системы к стандартной:

$$\begin{aligned} (B - V)_{calc} &= 0.9943 \cdot (B - V)_{obs} + 0.0116 - 0.0512 \cdot \sec Z \\ (V - R)_{calc} &= 1.0495 \cdot (V - R)_{obs} - 0.0218 - 0.0881 \cdot \sec Z \\ V_{calc} &= V_{obs} - 0.0050 \cdot (B - V)_{calc} - 0.0117 - 0.2627 \cdot \sec Z \\ B_{calc} &= V_{calc} + (B - V)_{calc} \\ R_{calc} &= V_{calc} - (V - R)_{calc} \end{aligned} \quad (4)$$

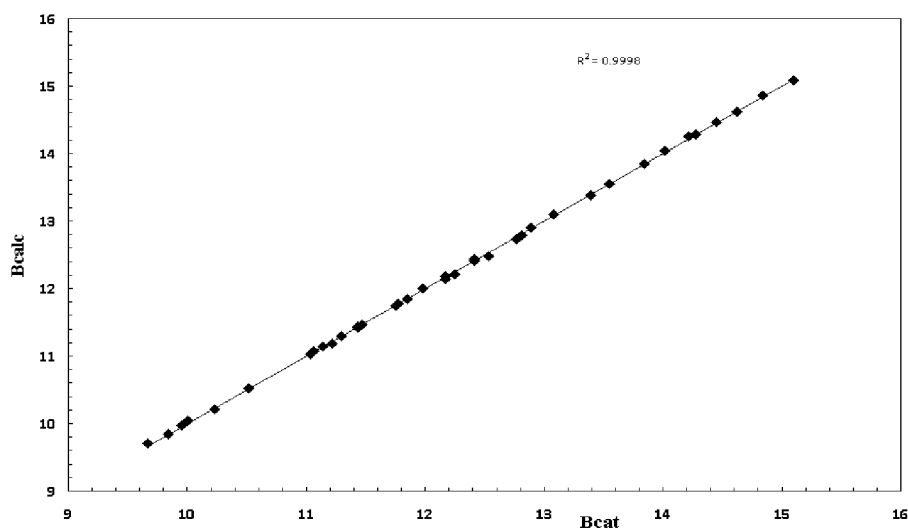


Рисунок 3 – Сравнение расчетных значений B - величин с данными Каталога [1]

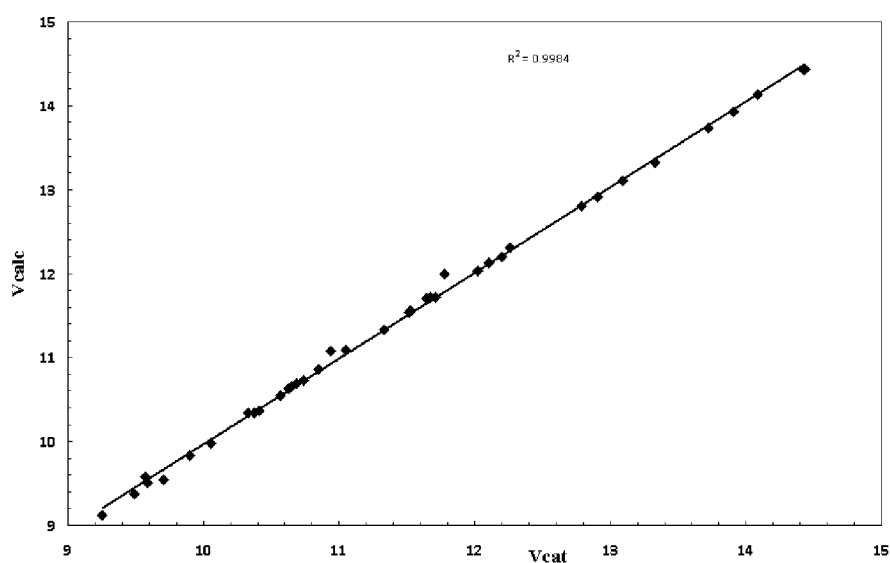


Рисунок 4 - Сравнение расчетных значений V- величин с данными Каталога [1]

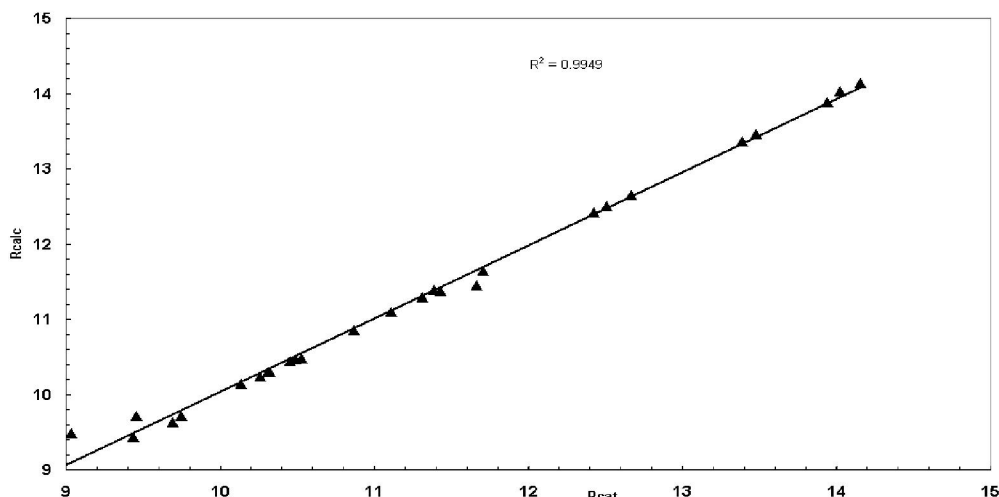


Рисунок 5 - Сравнение расчетных значений R- величин с данными Каталога [1]

Для того, чтобы учесть степень поглощения излучения в земной атмосфере, мы использовали коэффициенты прозрачности, приведенные в работе Миронова и др [2]. Результаты сравнения  $B V R$  величин, вычисленных по формулам (4) с данными из Каталога [1] представлены на Рис. 3-5.

#### Заключение

В данной работе получены коэффициенты и уравнения для стандартизации фотометрической системы 1-метрового телескопа ТШАО. Сравнение вычисленных значений  $B V R$  величин с данными из Каталога Ландольта показывают хорошее согласие результатов для фильтра  $B$  и удовлетворительное – для фильтров  $V$  и  $R$ . Используемые нами показатели прозрачности атмосферы  $P_\lambda$  были получены в 80-х годах и нуждаются в обновлении. Однако, учитывая тот факт, что наблюдения объектов и соответствующих стандартов проводятся на одинаковых зенитных расстояниях, значение  $P_\lambda$  слабо влияет на конечные результаты.

Работа выполнена по проекту N 0073/ПЦФ-15-МОН

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Landolt, A.U. UBVR photometric standard stars around the sky at +50 deg declination, *ApJ*, vol.146, 2013, p. 131.  
 [2] Миронов А.В. Прецизионная фотометрия. Практические основы прецизионной фотометрии и спектрофотометрии звезд. Москва, МГУ. 1997, 152 с.

#### REFERENCES

- [1] Landolt, A.U. UBVR photometric standard stars around the sky at +50 deg declination, *ApJ*, vol.. 146, 2013, p. 131.  
 [2] Mironov A.V. Precision photometry. Practical bases of precision photometry and spectrophotometry of stars, Moscow, MSU, 1997, 152 P.

**С.А. Шәмшекова, И.В. Рева, Л.Н. Кондратьева, А.Б. Өтебай**

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

#### ТЯНЬ-ШАНЬ АСТРОНОМИЯЛЫҚ ОБСЕРВАТОРИЯСЫНДАҒЫ 1-МЕТРЛІК ТЕЛЕСКОПҚА АРНАЛҒАН ФОТОМЕТРЛІК ЖҮЙЕНІ СТАНДАРТТАУ

**Аннотация.** Мақалада, В.Г. Фесенков атындағы Астрофизика институтының Тянь-Шань астрономиялық бақылау базасында орналасқан 1 м телескопқа (шығыс) құралдық жүйеден стандарттық жүйеге ауысу теңдеуі табылған. Сәулелік қабылдағыш – халықаралық Джонсон-Морганның  $B V R$  жүйесіне жақын, фотометрлік жүйені құруға U9000D9 фирмасының Arcee Alta ПЗС камерасы және Astrodon сүзгілері қолданылды. Бақылау нәтижесінде алынған мәліметтерді заң бойынша бірыңғай қабылданған халықаралық жалпы жүйеге келтіруге толық сәйкес екі фотометрлік жүйеге қол жеткізу мүмкін емес, сондықтан мәліметтерді ауыстырудың қосымша тәртіпті жұмыстарын жүргізуді талап етеді. Мәселені шешу үшін, Ландольт каталогынан ~ 40 жуық стандарт жұлдыздарына бақылау жүргізілді. Бақыланған және каталогтан алынған жұлдыздық шамалар мәндерін салыстыру теңдеулер жүйесінің коэффициенттерін табуға мүмкіндік береді, оларды  $B V R$  шамаларының құралдық мәндерін халықаралық Джонсон-Морган жүйесіне ауыстыруға пайдаланылады. Есептеуден алынған және каталогтың  $B V R$  шамаларының мәндерін салыстыру жақсы сәйкестікті тудырды және ұсынылған теңдеулердің дұрыстығын дәлелдеді.

**Түйін сөздер:** стандартты жұлдыздар, фотометрия,  $B V R$  шамалары.