

УДК 521.95

**К. Х. Йулдошев¹, Ш. А. Эгамбердиев¹, М. М. Муминов²,
Ю. И. Процюк³, Е. Рельке⁴, В. Н. Андрук⁵**

¹Астрономический институт АН Республики Узбекистан
ул. Астрономическая 33, Ташкент, 100052
q.astrin@gmail.com

²Андижанский государственный университет Республики Узбекистан
ул. Университетская 129, Андижан, Республика Узбекистан, 170100
muminov_mm@mail.ru

³Научно-исследовательский институт «Николаевская астрономическая обсерватория»
МОН Украины
ул. Обсерваторная 1, Николаев, Украина, 54030
yuri@nao.nikolaev.ua

⁴Обсерватория Вальтера Хоманна
ул. Валнейер 159, Эссен, Германия, 45133
helena_relke@yahoo.com

⁵Главная астрономическая обсерватория Национальной академии наук Украины
ул. Академика Заболотного 27, Киев, Украина, 03143
andruk@mao.kiev.ua

Каталог экваториальных координат и В-величин звезд Китабской части программы ФОН

Завершены работы по обработке пластинок Китабской части программы ФОН. Обработано 1963 пластинки. Создан каталог экваториальных координат α , δ и В-величин для 13413268 звезд и галактик до $V = 17.5^m$ на эпоху 1984.97 г. Оцифровка астронегативов осуществлялась с помощью сканера Epson Expression 10000XL, режим сканирования — 1200 dpi, размер пластинок — 30 × 30 см, или 13000 × 13000 пкл. Координаты звезд и галактик получены в системе каталога «Tycho-2», В-величины — в системе фотоэлектрических стандартов. Внутренняя точность каталога для всех объектов составляет $\sigma_{\alpha} = 0.23''$ и $\sigma_{\delta} = 0.15''$ (для звезд в интервале $V = 5^m \dots 14^m$ ошибки равны $\sigma_{\alpha} = 0.085''$ и $\sigma_{\delta} = 0.054''$) для экваториальных координат и звездных В-величин соответственно. Сходимость вычисленных нами и опорных положений составляет $\sigma_{\alpha} = 0.042''$, а сходимость фотоэлектрических В-величин равна $\sigma_V = 0.16^m$. Ошибки координат по отношению к каталогу UCAC-4 равны $\sigma_{\alpha} = 0.26''$ (отождествилось 9 892 697, или 73.75 % звезд и галактик).

КАТАЛОГ ЕКВАТОРИАЛЬНИХ КООРДИНАТ ТА В-ВЕЛИЧИН ЗІР КИТАБСЬКОЇ ЧАСТИНИ ПРОГРАМИ ФОН, Йулдошев К. Х., Егамбердієв Ш. А., Мумінов М. М., Процюк Ю. І., Рельке О., Андрук В. М. — Завершено роботи з обробки платівок Китабської частини програми ФОН. Оброблено 1963 платівки. Створено каталог екваторіальних координат , та В-величин для 13413268 зір і галактик до $B = 17.5^m$ на епоху 1984.97 р. Оцифрування астронегативів виконано з допомогою сканера Epson Expression 10000XL, режим сканування — 1200 dpi, розмір платівок — 30 30 см, або 13000 13000 пкл. Координати зір та галактик отримано в системі каталогу «Тучо-2», В-величини — в системі фотоелектричних стандартів. Внутрішня точність каталога для всіх об'єктів становить $\sigma_{\alpha} = 0.23''$ та $\sigma_B = 0.15^m$ (для зірок в інтервалі $B = 5^m \dots 14^m$ похибки дорівнюють $\sigma_{\alpha} = 0.085''$ та $\sigma_B = 0.054^m$) для екваторіальних координат і зоряних В-величин відповідно. Узгодженість обчислених нами координат з опорною системою становить $\sigma_{\alpha} = 0.042''$, а сходимість з фотоелектричними зоряними В-величинами дорівнює $\sigma_B = 0.16^m$. Похибки відносно каталога UCAC-4 складають $\sigma_{\alpha} = 0.26''$ (ототожнилось 9892697, або 73.75 % зір та галактик).

CATALOG OF POSITIONS AND B MAGNITUDES OF STARS OF OF THE PART OF KITAB NORTHERN SKY SURVEY (FON) PROJECT, by Yuldoshev Q. X., Ehgamberdiev Sh. A., Muminov M. M., Protsyuk Yu. I., Relke H., Andruk V. M. — The works of processing of Kitab's plates of FON project was completed. It was used 1963 plates. The catalogue of equatorial coordinates and B-magnitudes of 13413268 stars and galaxies up to $B = 17.5^m$ for the epoch 1984.97 was compiled. The Epson Expression 10000XL scanner was used for digitization with the mode 1200 dpi, the size of plates are 30 30 cm or 13000 13000 px. The coordinates of stars and galaxies were obtained in the Tycho-2 reference system, and B-value in the system of photoelectric standards. The internal accuracy of the catalog for all objects is $\sigma_{\alpha} = 0.23''$ and $\sigma_B = 0.15^m$ (for stars in the range of $B = 5^m \dots 14^m$ errors are $\sigma_{\alpha} = 0.085''$ and $\sigma_B = 0.054^m$). Convergence between the calculated and reference positions is $\sigma_{\alpha} = 0.042''$, and the convergence with photoelectric stellar B-magnitudes is $\sigma_B = 0.16^m$. External accuracy from the comparison with UCAC-4 is $\sigma_{\alpha} = 0.26''$ (9 892 697 or 73.75 % stars and galaxies were cross identified).

План фотографического обзора Северного неба (проект ФОН) был предложен в 1976 г. сотрудниками ГАО АН УССР И. Г. Колчинским и А. Б. Онегиной [3]. Киевская часть программы для северного неба успешно завершена [6—9, 15, 22]. Китабская часть программы включает полосу неба от $+2.5^\circ$ до -20° . Всего для этой части обработано 1963 пластинки (размером $5.5 \times 5.5^\circ$), которые экспонированы на двух трубах телескопа ДАЦ (двойной астрограф Цейса, $D = 40$ см, $F = 3$ м, 69 /мм) на астрономической широтной станции в г. Китаб, Республи-

ка Узбекистан [4, 11]. Оцифровка пластинок сделана на сканере Epson Expression 10000XL в 2015—2016 гг. в Астрономическом институте АН Республики Узбекистан (г. Ташкент).

Обработка пластинок осуществлена в четырех астрономических учреждениях: 1) Астрономический институт АН РУз, 2) НИИ «Николаевская астрономическая обсерватория», 3) Обсерватория Вальтера Хоманна, г. Эссен, Германия, 4) Главная астрономическая обсерватория Национальной академии наук Украины.

Версия каталога положений α , δ и *B*-величин звезд создана на программах обработки и редукации оцифрованных астронегативов, разработанных в ГАО НАН Украины [1, 17, см. также V. M. Andruk et al., arxiv.org/abs/1512.05535]. Тестирование сканера, принципы и этапы обработки оцифрованных астронегативов изложены в работах [17, 18], а тестирование программного обеспечения с получением конкретных результатов в виде каталогов различного назначения сделано в работах [5, 13, 14, 19, 20, 23—25].

При создании каталога были выделены отдельные зоны высотой $\pm 2^\circ$ от центра, которые перекрывались по склонению δ , а в пределах зон они перекрывались со смещением центров друг относительно друга примерно на $4^\circ/\cos \delta$ по прямому восхождению α . Центры зон отстоят друг от друга по δ на 2° , и количество *N* пластинок для обработанных зон следующее:

Зона	<i>N</i>	Зона	<i>N</i>	Зона	<i>N</i>	Зона	<i>N</i>	Зона	<i>N</i>
0°	179	-4°	234	-8°	240	-12°	182	-16°	177
-2°	174	-6°	228	-10°	180	-14°	201	-18°	168

Всего в этих зонах полностью обработано (т. е. получены экваториальные координаты и *B*-величины для 13413268 звезд и галактик) 1963 пластинки, на которых было зарегистрировано порядка 130.98 млн объектов различной природы. После процедур взаимных отождествлений среднее количество измерений звезд и галактик составило 4-5 ($l = 4.4$). В каталог также включены дополнительно 1257569 звезды и галактики (9.38 % от общего количества), для которых сделано по одному измерению.

В таблице дано распределение (по значениям звездных величин *B*) внутренних ошибок экваториальных координат и фотографических величин α , δ , B_{ph} , диаметров изображений звезд $f_{1/2}$, значений интенсивности I_c в центре изображений объектов и количество *k* объектов каталога.

Координаты звезд и галактик получены в системе каталога «Tycho-2» (средняя эпоха 1984.97 г.), *B*-величины в системе фотозлектрических стандартов. В качестве фотометрических стандартов для построения характеристических кривых отдельных астронегативов использовались фотозлектрические B_{re} -величины звезд из специально созданного каталога и программного обеспечения [10, 21]. Сходи-

Распределение по интервалам звездных B -величин внутренних ошибок определения экваториальных координат α , δ , фотографических величин B_{ph} ; средних диаметров изображений звезд $f_{1/2}$, средних значений интенсивности в центре изображений объектов I_c и количества объектов каталога k

N	B_{ph}	α	δ	B_{ph}	$f_{1/2}$	I_c	k
1	5.72	0.180	0.195	0.097	83.4	113.7	226
2	6.57	0.231	0.224	0.143	79.2	109.2	1276
3	7.58	0.287	0.283	0.186	69.4	105.6	3828
4	8.56	0.214	0.199	0.140	54.1	100.4	9250
5	9.56	0.109	0.107	0.092	34.6	100.2	20863
6	10.56	0.065	0.068	0.059	21.4	95.3	48313
7	11.56	0.050	0.053	0.045	13.7	87.2	110290
8	12.57	0.061	0.066	0.046	9.7	74.0	259387
9	13.56	0.093	0.103	0.056	7.7	57.8	591427
10	14.55	0.112	0.123	0.074	6.8	40.1	1197019
11	15.54	0.156	0.165	0.108	6.3	23.9	2208206
12	16.53	0.236	0.244	0.172	5.9	13.1	3562269
13	17.55	0.317	0.325	0.218	5.6	7.8	3726545
14	18.15	0.363	0.368	0.138	5.3	5.6	416800
c	16.17	0.225	0.234	0.154	6.4	20.6	12155699

мость между вычисленными нами и опорными положениями составляет $\sigma = 0.042''$, а сходимость с фотоэлектрическими звездными B -величинами равна $\sigma_B = 0.16^m$. Ошибки координат по отношению к каталогу UCAC-4 равны $\sigma = 0.26''$ (по причине разной проникающей способности каталогов отождествилось 9 892 697, или 73.75 % звезд и галактик).

Каталог положений и B -величин звезд Китабской части программы ФОН будет размещен на web-страницах ГАО НАН Украины, УкрВО и Астрономического института АН РУз. Каталог 13413268 звезд и галактик до $B = 17.5^m$ включает экваториальные координаты α , δ на индивидуальную эпоху наблюдений и равноденствие 2000 г., звездные величины в системе B , а также ошибки определения этих величин, количество определений и информацию в виде усредненных значений для диаметров изображений звезд $f_{1/2}$ и значений интенсивности в центре изображений объектов I_c . Также в каталог включена дополнительная информация из каталога UCAC4 о собственных движениях и звездные величины f, B, V, r, i [27].

Промежуточные результаты о ходе и результатах создания каталога Китабской части программы ФОН докладывались на конференциях Gamov-2016 (Одесса, Украина) [26], Astroplate-2016 (Прага, Чехия) [12] и других конференциях [2, 4].

Один из авторов (В. Н. Андрук) выражает благодарность за техническую помощь сотрудникам отдела АКВЦ ГАО НАН Украины.

1. Андрук В. М., Пакуляк Л. К., Ёжакевич О. М. та ін. Астрометрія платівок ДША, оцифрованих двома типами сканерів. Розділення зображень зір двох експо-

- зицій // Вісник КНУ ім. Т. Шевченка. Сер. Астрономія.—2012.—№ 48.—С. 11—13.
2. *Йулдошев К., Усманов О., Эгамбердиев Ш. и др.* Астрометрия и фотометрия оцифрованных пластинок проекта ФОН-Китаб // Вісник КНУ ім. Т. Шевченка. Сер. Астрономія.—2016.—№ 54.—С. 28—31.
 3. *Колчинский И. Г., Онегина А. Б.* План фотографирования неба на широкоугольных астрографах // Астрометрия и астрофизика.—1977.—Вып. 33.—С. 11—16.
 4. *Муминов М. М., Эгамбердиев Ш. А., Латыпов А. А. и др.* Каталог экваториальных координат и В-величин звезд экваториальной зоны программы ФОН на основе обработки оцифрованных астронегативов Китабской обсерватории // Изв. Глав. астрон. обсерватории в Пулкове.—2016.—223.—С. 339—346.
 5. *Akhmetov V. S.* The investigation of the FON3 catalogue data using Wielen method // Odessa Astron. Publ.—2016.—29.—P. 116—119.
 6. *Andruk V. M., Golovnya V. V., Ivanov G. A., et al.* Compilation of catalog of stellar equatorial coordinates and B-magnitudes using UkrVO plate database // Odessa Astron. Publ.—2014.—27, N 1.—P. 53—54.
 7. *Andruk V. M., Golovnia V. V., Ivanov G. A., et al.* Catalog of positions and B-magnitudes of stars in the circumpolar region of the Northern Sky Survey (FON) project // Kinematics and Physics of Celestial Bodies.—2016.—32, N 1.—P. 38—47.
 8. *Andruk V. M., Pakuliak L. K., Golovnia V. V., et al.* Catalog of positions and B-magnitudes of stars in the circumpolar region of Northern Sky Survey (FON) project // Odessa Astron. Publ.—2015.—28, N 2.—P. 192—195.
 9. *Andruk V. M., Pakuliak L. K., Golovnia V. V., et al.* Catalog of equatorial coordinates and B-magnitudes of stars of the FON project // Kinematics and Physics of Celestial Bodies.—2016.—32, N 5.—P. 260—263.
 10. *Andruk V. M., Pakuliak L. K., Golovnia V. V., et al.* About star photometry on digitized astronegatives // Sci. and Innovation.—2017.—13a.—P. 17—27.
 11. *Andruk V. M., Relke H., Protsyuk Yu. I., et al.* Comparison of zero zone catalogues of the FON program based on the Kyiv and Kitab observations // Odessa Astron. Publ.—2015.—28, N 2.—P. 188—191.
 12. *Ehgamberdiev Sh.* Present status of the photographic archive of the Tashkent and Kitab astronomical observatories in Uzbekistan // Astroplate-2016: Abstract. — Prague, 2016.—P. 2.
 13. *Kazantseva L. V., Shatkhina S. V., Protsyuk Yu. I., et al.* Processing results of digitized photographic of Pluto from the collections of the Ukrainian Virtual Observatory // Kinematics and Physics of Celestial Bodies.—2015.—31, N 1.—P. 37—54.
 14. *Muminov M., Yuldoshev Q., Ehgamberdiev Sh., et al.* Astrometry of the h and X Persei clusters based on the processing of digitized photographic plates // Bulgarian Astron. J.—2017.—26.—P. 3—14.
 15. *Pakuliak L. K., Andruk V. M., Golovnia V. V., et al.* FON: from start to finish // Odessa Astron. Publ.—2016.—29, N 1.—P. 132—135.
 16. *Protsyuk Yu. I., Andruk V. N., Kazantseva L. V.* Software for processing of digitized astronegatives from archives and Databases of Virtual Observatory // Odessa Astron. Publ.—2014.—27, N 1.—P. 59—60.
 17. *Protsyuk Yu. I., Andruk V. N., Muminov M. M., et al.* Method for evaluating the astrometric and photometric characteristics of commercial scanners in their application for the scientific purpose // Odessa Astron. Publ.—2014.—27, N 1.—P. 61—62.
 18. *Protsyuk Yu. I., Kovylianska O. E., Protsyuk S. V., Andruk V. M.* Results of processing of astronegatives with commercial scanner // Odessa Astron. Publ.—2014.—27, N 1.—P. 63—64.

19. *Protsyuk Yu. I., Kovylianska O. E., Protsyuk S. V., et al.* Result of modern processing of the photographic observations of Uranus and Neptune from archives of UkrVO // *Sci. and Innovation.*—2017.—**13**, N 1.—P. 89—94.
20. *Protsyuk Yu., Relke H.* UkrVO - features and comparison of the new catalogue of photographic survey of the Northern sky // *Odessa Astron. Publ.*—2016.—**29**.—P. 144—149.
21. *Relke E., Protsyuk Yu., Andruk V.* The compiled catalogue of photoelectric UBVR stellar magnitudes in the Tycho2 system // *Odessa Astron. Publ.*—2015.—**28**, N 2.—P. 211—212.
22. *Vavilova I. B.* Astroinformatics as a new research field: UkrVO and VIRGO resources // *Odessa Astron. Publ.*—2014.—**29**.—P. 109—115.
23. *Vavilova I., Golovnya V., Andruk V., et al.* The scientific use of the UkrVO joint digital archive: GRBs fields, Pluto, and satellites of outer planets // *Odessa Astron. Publ.*—2014.—**27**, N 1.—P. 65—66.
24. *Yizhakevych O. M., Andruk V. M., Pakuliak L. K.* Photographic observations of Major planets and their Moons during 1961—1990 at the MAO NAS of Ukraine // *Odessa Astron. Publ.*—2016.—**29**.—P. 155—159.
25. *Yizhakevych O. M., Andruk V. M., Pakuliak L. K.* Photographic observations of Saturns Moons at the MAO NAS of Ukraine in 1961—1990 // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies.*—2017.—**33**, N 3.—P. 70—80.
26. *Yuldoshev Q. X., Muminov M. M., Ehgamberdiev Sh. A., et al.* The equatorial coordinates and B-magnitudes of the star in the Southern hemisphere zones based on the digitized astronegatives of FON project at the Ulugh Beg Astronomical Institute // *Odessa Astron. Publ.*—2016.—**29**.—P. 160—162.
27. *Zacharias N., Finch C. T., Girard T. M., et al.* The fourth US Naval Observatory CCD Astrograph Catalog (UCAC4) // *Astron. J.*—2013.—**145**, N 2.—44 (14 p.).