

**Ю.И. Процюк¹, О.Э. Ковылянская¹, С.В. Процюк¹,
О.М. Ижакевич², В.Н. Андрук², В.В. Головня², К. Йулдошев³**

¹ Научно-исследовательский институт «Николаевская астрономическая обсерватория» (НИИ «НАО»), ул. Обсерваторная, 1, Николаев, 54030, Украина, тел.: +38 (0512) 47-70-14

² Главная астрономическая обсерватория НАН Украины (ГАО НАНУ), ул. Академика Заболотного, 27, Киев, 03680, Украина, тел.: +38 (044) 526-47-68

³ Астрономический институт АН Республики Узбекистан (АИ АН РУз), Ташкент, 100052, Узбекистан, тел.: +998 712 358 102

РЕЗУЛЬТАТЫ СОВРЕМЕННОЙ ОБРАБОТКИ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ УРАНА И НЕПТУНА ИЗ АРХИВОВ УкрВО



Основная часть наблюдений планет была получена в НИИ «НАО» и ГАО НАНУ с 1961 по 1994 год. При обработке также использовались пластинки из АИ АН РУз. В НАО пластинки сканировались по шесть раз, в других обсерваториях — по одному разу. Большинство пластинок имеют по 3 экспозиции. Все изображения обработаны, большая часть отождествлена и получены экваториальные координаты всех объектов. Получена позиционная точность опорных звезд от 0,04" до 0,30". Стандартное отклонение положения планет находится в диапазоне 0,10–0,12 пикселей, что соответствует, в зависимости от масштаба, от 0,08" до 0,26". Проведено сравнение полученных топоцентрических положений планет с эфемеридой JPL/HORIZONS. Получены значения (O–C) и их стандартное отклонение.

Ключевые слова: астрономические базы данных, астрометрия, эфемериды, методики анализа данных, каталоги.

Украинская виртуальная обсерватория (УкрВО) имеет много ресурсов [1–5], которые могут быть использованы для решения различных научных задач. Мы покажем состояние работ по программе использования ресурсов УкрВО, содержащих изображения планет Урана и Нептуна, начатых в 2014 году [6]. Основная часть используемых архивов взяты из НИИ «НАО» (телескоп зонный астрограф (ЗА, Zonal Astrograph, ZA) (12/204), масштаб 101"/мм, размер пластинок 20×20 см и поле зрения (5×5)°, эпоха 1961–1994, экспозиция 3–5 мин) и ГАО НАНУ (телескопы: двойной широкоугольный астрограф (ДША, Double Wide Angle Astrograph, DWA) (40/200), масштаб

103"/мм, размер пластинок 30×30 см и поле зрения (8×8)° эпоха 1977–1983, экспозиция 0,1–15 мин; двойной длиннофокусный астрограф (ДДА, Double Long Focus Astrograph, DLFA) (40/550) размер пластинок 24×24 см, поле зрения (0,5×0,5)°, эпоха 1963–1974; Цейс 600 (Z600) (60/750), размер пластинок 6×6 см, поле зрения (0,5×0,5)°, эпоха 1987–1990, экспозиция 0,1–18 мин). Нами также были использованы пластинки из АИ АН РУз (телескопы Ташкентский нормальный астрограф (ТНА, Tashkent Normal Astrograph, TNA) (33/350), масштаб 60"/мм, размер пластинок 16×16 см и поле зрения (2,5×2,5)°; двойной астрограф Цейса (ДАЦ, Double Astrograph Zeiss, DAZ) (40/300), масштаб 69"/мм, размер пластинок 30×30 см и поле зрения (6×6)°, эпоха 1961–1983, экспозиция 3–15 мин). Количество найденных в базах данных (БД) и отсканирован-

ных пластинок представлено в табл. 1. Большинство пластинок имеют по три экспозиции в течение одной ночи с интервалами между экспозициями от 1 до 20 мин.

ОБРАБОТКА ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Сканирование в НИИ «НАО» проводилось с помощью планшетного сканера Epson Perfection V750 Pro (формат А4, оптическое разрешение 4800 × 9600 dpi, область прозрачности 25 × 20 см, максимальный динамический диа-

пазон 4,0D) с разрешением 1200 и 1600 точек на дюйм (Dots Per Inch, dpi), а в ГАО НАНУ и АИ АН РУз с помощью сканеров Epson Expression 10000XL (формат А3, оптическое разрешение 2400 × 4800 dpi, область прозрачности 43–30 см, максимальный динамический диапазон 3,8D) с разрешением 1200 dpi. Изображения для обработки сохранялись в формате FITS (Flexible Image Transport System). Каждая пластинка из НАО сканировалась по шесть раз для исключения случайных ошибок сканера [7, 8]. Все пластинки из других обсерваторий, кро-

Таблица 1

Количество отсканированных пластинок по программе

Обсерватория	Телескоп, эпоха	Найдено в БД, шт.		Отсканировано, шт.	
		Уран	Нептун	Уран	Нептун
НИИ «НАО»	ZA 1961–1994	220	218	201	202
ГАО НАНУ	DLFA, DWA, Z600 1963–1991	64	41	42	32
АИ АН РУз	TNA, DAZ 1961–1983	15	1	15	1

Таблица 2

Количество отождествленных пластинок и полученных угловых координат планет

Обсерватория	Телескоп	Отождествлено	Не отождествлено	Получено координат планет
НИИ «НАО»	ZA	396	7	1172
ГАО НАНУ	DLFA, DWA, Z600	63	11	113
АИ АН РУз	TNA, DAZ	15	1	32

Таблица 3

Средняя внутренняя точность определения координат планет на разных телескопах

Обсерватория/ телескоп	Масштаб, "/пиксель	СКО положения планет по RA		СКО положения планет по DEC		Диапазон СКО по аппаратной звездной величине
		arcsec	пиксель	arcsec	пиксель	
НАО ZA	1,60–2,14	0,19	0,11	0,19	0,11	0,01–0,07
ГАО DLFA	0,79	0,09	0,11	0,08	0,10	0,01–0,03
ГАО DWA	2,17	0,22	0,10	0,26	0,12	0,04–0,05
ГАО Z600	0,59	0,10	0,17	0,09	0,15	0,04–0,06
АИ TNA	1,26	0,12	0,10	0,15	0,12	0,02–0,05
АИ DAZ	1,45	0,10	0,07	0,12	0,08	0,03–0,05

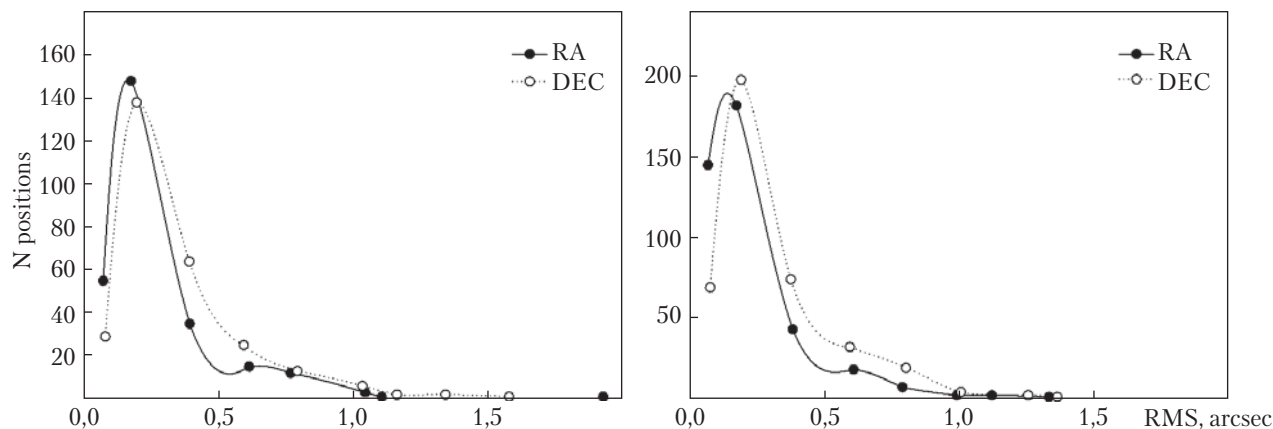


Рис. 1. Распределение внутренней точности положений Урана (слева) и Нептуна (справа) для массива наблюдений НИИ «НАО»

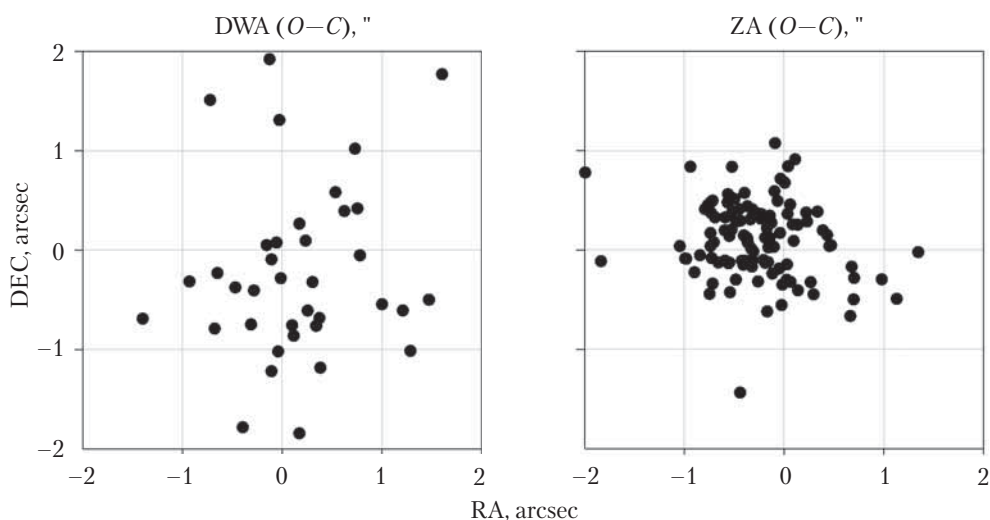


Рис. 2. Распределение значений $(O-C)$ для наблюдений планеты Нептун на телескопах DWA (слева) и ZA (справа)

ме одной тестовой для каждого телескопа, были отсканированы по одному разу.

Первичная обработка всех изображений проводилась в среде MIDAS в операционной системе (ОС) Linux по методике, которая детально описана в работах [9–12]. Дальнейшая обработка, включающая отождествление объектов по опорным каталогам и астрометрическую редукцию для определения экваториальных координат объектов, проводилась в ОС Windows

[12–13]. Состав пакета программ и порядок обработки фотографических наблюдений планет представлен в работе [12]. По этому алгоритму было проведено отождествление и обработка всех изображений. Получены координаты всех объектов на пластинках. Текущие результаты представлены в табл. 2.

Большая часть пластинок не отождествилась по причине ошибок наведения при наблюдениях, меньшая часть — из-за плохого качества

изображений, связанного с большой вуалью. Из 396 отождествленных фотопластинок НИИ «НАО» 96 шт. были отсканированы с разрешением 1200 dpi и 300 шт. — с разрешением 1600 dpi. Позиционная точность опорных звезд по обработанному массиву имеет значение от 0,04 до 0,30". Стандартное отклонение положения планет по шести сканам находится в диапазоне 0,10–0,12 пикселя, что соответствует, в зависимости от масштаба, от 0,08" до 0,26" (табл. 3).

Результаты по точности в целом немного хуже теоретического предела для внутренней точности [8], что связано с небольшим количеством опорных звезд на пластинках с яркими планетами. Распределение внутренней точности полученных координат планет для наибольшего массива НИИ «НАО» представлено на рис. 1.

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ С ЭФЕМЕРИДОЙ

Для точных моментов наблюдений всех обработанных изображений нами были получены расчетные (calculated (C)) топоцентрические положения планет с эфемериды JPL/HORIZONS [14]. Проведено сравнение расчетных координат с нашими координатами, полученными из наблюдений (observed (O)). Получены значения разностей ($O-C$), которые для всех телескопов находятся в диапазоне ± 1 пиксель, что соответствует, в зависимости от масштаба, $\pm(0,8-2)''$. Распределение значений ($O-C$) для наибольших массивов наблюдений Нептуна с телескопов ЗА (НИИ «НАО») и DWA (ГАО НАНУ) представлено на рис. 2. Для данных НИИ «НАО» на рисунке представлены значения ($O-C$) только для пластинок, имеющих по три обработанных экспозиции. Среднее значение ($O-C$) для Нептуна составило по прямому восхождению $(-0,220 \pm 0,650)''$ и склонению $(0,099 \pm 0,390)''$ для телескопа ЗА и, соответственно, $(0,165 \pm 0,642)''$ и $(-0,165 \pm 0,893)''$ для телескопа DWA.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В базах данных УкрВО найдено около 550 фотопластинок с изображениями Урана и Нептуна. Отсканировано 88 % от имеющихся фото-

топластинок и обработано около 85 %. Внутренняя точность положений планет составила в среднем 0,10–0,12 пикселя или $(0,08-0,26)''$. Получено более 1300 топоцентрических положений планет Урана и Нептуна на моменты наблюдений с 1961 по 1994 г. Получены значения разностей ($O-C$) между обработанными наблюдениями и эфемеридой JPL/HORIZONS. Работа над проектом продолжается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вавилова И.Б., Пакуляк Л.К., Процюк Ю.И. Украинская виртуальная обсерватория (УкрВО). Цель, структура и задачи. *Космічна наука і технологія*. 2010. Т. 16. № 5. С. 62–70.
2. Вавилова И.Б., Пакуляк Л.К., Процюк Ю.И., Вирун Н.В., Шляпников А.А., Кашуба С.Г., Пихун А.И., Андриевский С.М., Мажаев А.Э., Казанцева Л.В., Шульга А.В., Золотухина А.В., Сергеева Т.П., Мирошниченко А.П., Андронов И.Л., Бреус В.В., Вирнина Н.А. Украинская виртуальная обсерватория (УкрВО). Современное состояние и перспективы развития объединенного архива наблюдений. *Космічна наука і технологія*. 2011. Т. 17. № 4. С. 74–91.
3. Vavilova I.B., Pakuliak L.K., Protsyuk Yu.I., Shlyapnikov A.A., Savanevich V.E., Kondrashova N.N., Yatsenko A.I., Andruk V.N. UKRVO joint digitized archive and scientific prospects. *Baltic Astronomy*. 2012. V. 21. P. 356–365.
4. Vavilova I.B., Pakulyak L.K., Shlyapnikov A.A., Protsyuk Yu.I., Savanevich V.E., Andronov I.L., Andruk V.N., Kondrashova N.N., Baklanov A.V., Golovin A.V., Fedorov P.N., Akhmetov V.S., Isak I.I., Mazhaev A.E., Golovnya V.V., Virun N.V., Zolotukhina A.V., Kazantseva L.V., Virnina N.A., Breus V.V., Kashuba S.G., Chinarova L.L., Kudashkina L.S., Epishev V.P. Astrometric information resource of the Ukrainian virtual observatory: Joint observational data archive, scientific tasks, and software. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. 2012. V. 28. No. 2. P. 85–102.
5. Vavilova I., Golovnya V., Andruk V., Pakuliak L., Yizhakevych O., Shatokhina S., Protsyuk Yu., Kazantseva L., Lukianchuk V. The scientific use of the UkrVO joint digital archive: GRBs fields, Pluto, and satellites of outer planets. *Odessa Astronomical Publications*. 2014. V. 27. No. 1. С. 65–66.
6. Protsyuk Yu., Yizhakevych O., Kovylianska O., Protsyuk S., Andruk V., Kashuba S., Kazantseva L. Data Processing of Plates Containing Images of Uranus and Neptune from UkrVO Digital Archive: Structure, Quality Analysis. *Odessa Astronomical Publications*. 2015. V. 28. No. 2. P. 204–206.

7. Protsyuk Yu.I., Kovylianska O.E., Protsyuk S.V., Andruk V.M. Results of processing of astronegatives with commercial scanner. *Odessa Astronomical Publications*. 2014. V. 27. No. 1. P. 63–64.
8. Protsyuk Yu.I., Andruk V.N., Muminov M.M., Yuldo-shev Q.X., Ehgamberdiev Sh.A., Eglitis I., Eglite M., Kovylianska O.E., Golovnya V.V., Kazantseva L.V., Kashuba S.G. Method for Evaluating the Astrometric and Photometric Characteristics of Commercial Scanners in their Application for the Scientific Purpose. *Odessa Astronomical Publications*. 2014. V. 27. No. 1. P. 61–62.
9. Andruk V.M., Vidmachenko A.P., Ivashchenko Yu.M. Processing of CCD frames of images of star fields without the frame of a flat field using new software in program shell of MIDAS/ROMAFOT. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Suppl.* 2005. No. 5. P. 413–416.
10. Андрук В.Н., Иванов Г.А., Погорельцев М.Т., Яценко А.И. Об использовании сканера для определения координат и фотометрии звёзд на пластинках программы ФОН. *Кинематика и физика небесных тел*. 2005. № 5. С. 396–400.
11. Андрук В.М., Бутенко Г.З., Яценко А.И. Фотометрія платівок, оцифрованих сканером Microtek ScanMaker 9800XL TMA. *Кинематика и физика небес. тел*. 2010. Т. 26, № 3. С. 75–81.
12. Protsyuk Yu.I., Andruk V.N., Kazantseva L.V. Software for Processing of Digitized Astronegatives from Archives and Databases of Virtual Observatory. *Odessa Astronomical Publications*. 2014. V. 27. No. 1. P. 59–60.
13. Protsyuk Yu.I., Martynov M.V., Mazhaev A.E., Kovylianska O.E., Protsyuk S.V., and Andruk V.N. Compiling Catalogs of Stellar Coordinates and Proper Motions via Coprocessing of Archival Photographic and Modern CCD Observations. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. 2014. V. 30. No. 6. P. 296–303.
14. *JPL HORIZONS system. California Institute of Technology, USA*. 2016. URL: <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>.
- Andruk V.N. UKRVO joint digitized archive and scientific prospects. *Baltic Astronomy*. 2012. 21: 356–365.
4. Vavilova I.B., Pakulyak L.K., Shlyapnikov A.A., Protsyuk Yu.I., Savanevich V.E., Andronov I.L., Andruk V.N., Kondrashova N.N., Baklanov A.V., Golovin A.V., Fedorov P.N., Akhmetov V.S., Isak I.I., Mazhaev A.E., Golovnya V.V., Virun N.V., Zolotukhina A.V., Kazantseva L.V., Virnina N.A., Breus V.V., Kashuba S.G., Chinarova L.L., Kudashkina L.S., Epishev V.P. Astroinformation resource of the Ukrainian virtual observatory: Joint observational data archive, scientific tasks, and software. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. 2012. 28(2): 85–102.
5. Vavilova I., Golovnya V., Andruk V., Pakuliak L., Yizhakevych O., Shatokhina S., Protsyuk Yu., Kazantseva L., Lukianchuk V. The scientific use of the UkrVO joint digital archive: GRBs fields, Pluto, and satellites of outer planets. *Odessa Astronomical Publications*. 2014. 27(1): 65–66.
6. Protsyuk Yu., Yizhakevych O., Kovylianska O., Protsyuk S., Andruk V., Kashuba S., Kazantseva L. Data Processing of Plates Containing Images of Uranus and Neptune from UkrVO Digital Archive: Structure, Quality Analysis. *Odessa Astronomical Publications*. 2015. 28(2): 204–206.
7. Protsyuk Yu.I., Kovylianska O.E., Protsyuk S.V., Andruk V.M. Results of processing of astronegatives with commercial scanner. *Odessa Astronomical Publications*. 2014. 27(1): 63–64.
8. Protsyuk Yu.I., Andruk V.N., Muminov M.M., Yuldo-shev Q.X., Ehgamberdiev Sh.A., Eglitis I., Eglite M., Kovylianska O.E., Golovnya V.V., Kazantseva L.V., Kashuba S.G. Method for Evaluating the Astrometric and Photometric Characteristics of Commercial Scanners in their Application for the Scientific Purpose. *Odessa Astronomical Publications*. 2014. 27(1): 61–62.
9. Andruk V.M., Vidmachenko A.P., Ivashchenko Yu.M. Processing of CCD frames of images of star fields without the frame of a flat field using new software in program shell of MIDAS/ROMAFOT. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Suppl.* 2005. 21(5): 413–416.
10. Andruk V.N., Ivanov G.A., Pogoreltsev M.T., Yatsenko A.I. On application of a skanner for determination of coordinates and photometric characteristics of stars from FON program plates. *Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel (Kinematics and Physics of Celestial Bodies)*. 2005. 21(5): 396–400 [in Russian].
11. Andruk V.M., Butenko G.Z., Yatsenko A.I. Photometry of plates digitized using MICROTEK SCANMAKER 9800XL TMA scanner. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. 2010. 26(3): 146–150 [in Ukrainian].
12. Protsyuk Yu.I., Andruk V.N., Kazantseva L.V. Software for Processing of Digitized Astronegatives from Archives and Databases of Virtual Observatory. *Odessa Astronomical Publications*. 2014. 27(1): 59–60.
13. Protsyuk Yu.I., Martynov M.V., Mazhaev A.E., Kovylianska O.E., Protsyuk S.V., and Andruk V.N. Compiling Ca-

REFERENCES

1. Vavilova I.B., Pakulyak L.K., Protsyuk Yu.I. Ukrainian Virtual Observatory (UkrVO). The Goals, Structure, and Tasks. *Kosmichna Nauka i Tekhnologiya (Space Science and Technology)*. 2010. 16(5):62–70 [in Russian].
2. Vavilova I.B., Pakulyak L.K., Protsyuk Yu.I., Virun N.V., Shlyapnikov A.A., Kashuba S.G., Pikhun A.I., Andrievsky S.M., Mazhaev A.E., Kazantseva L.V., Shlyapnikov A.A., Shulga A.V., Zolotukhina A.V., Sergeeva T.P., Miroshnichenko A.P., Andronov I.L., Breus V.V., Virnina N.A. Ukrainian Virtual Observatory: Current Status and Perspectives of Development of Joint Archives of Observations. *Kosmichna nauka i tekhnologiya (Space Science and Technology)*. 2011. 17(4): 74–91 [in Russian].
3. Vavilova I.B., Pakuliak L.K., Protsyuk Yu.I., Shlyapnikov A.A., Savanevich V.E., Kondrashova N.N., Yatsenko A.I.,

talogs of Stellar Coordinates and Proper Motions via Co-processing of Archival Photographic and Modern CCD Observations. *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. 2014. 30(6): 296–303.

14. *JPL HORIZONS system* [Electronic resource]. 2016. California Institute of Technology, USA. Available: URL: <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>.

Yu. Protsyuk¹, O. Kovylianska¹, S. Protsyuk¹, O. Yizhakevych², V. Andruk², V. Golovnia², Q. Yuldoshev³

¹Research Institute «Mykolaiv Astronomical Observatory», 1, Observatorna Str., Mykolaiv, 54030, Ukraine, tel. +38 (0512) 47-70-14, dir@mao.nikolaev.ua

²Main Astronomical Observatory, the NAS of Ukraine (MAO NASU), 27, Akademika Zabolotnoho St., Kyiv, 03680, Ukraine, phone: +38 (044) 526 47 68

³Ulugh Beg Astronomical Institute of the Uzbek Academy of Sciences (AI UAS), 33, Astronomicheskaya St., Tashkent, 100052, Uzbekistan, phone: +998712358102

RESULTS OF MODERN PROCESSING OF THE PHOTOGRAPHIC OBSERVATIONS OF URANUS AND NEPTUNE FROM ARCHIVES OF UkrVO

The bulk of planet observations was obtained in RI MAO and MAO NASU from 1961 to 1994. Plates from AI UAS were also used. Each plate of NAO was scanned 6 times, in other observatories — only once. All images are processed, most of them are identified and the equatorial coordinates of all objects were obtained. Positional accuracy of the reference stars has value of 0.04"–0.30". Standard deviation of the planets' position is in the range 0.10–0.12 pixels, that corresponds, depending on the scale, from 0".08 to 0".26. The comparison of the new topocentric positions of the planets with JPL/HORIZONS ephemeris was made. Calculation of (*O-C*) values and their standard deviation is obtained.

Keywords: astronomical data bases, astrometry, ephemerides, methods: data analysis, catalogs.

Ю.І. Процюк¹, О.Е. Ковьялянская¹, С.В. Процюк¹, О.М. Йжакевич², В.М. Андрук², В.В. Головня², К. Йулдошев³

¹Науково-дослідний інститут «Миколаївська астрономічна обсерваторія» (НДІ «МАО»), вул. Обсерваторна, 1, Миколаїв, 54030, Україна, тел.: +38 (0512) 47-70-14

²Головна астрономічна обсерваторія НАН України (НАО НАНУ), вул. Академіка Заболотного, 27, Київ, 03680, Україна, тел.: +38 (044) 526-47-68

³Астрономічний інститут АН Республіки Узбекистан (АІ АН РУз), Ташкент, 100052, Узбекистан, тел.: +998712358102

РЕЗУЛЬТАТИ СУЧАСНОЇ ОБРОБКИ ФОТОГРАФІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ УРАНА ТА НЕПТУНА З АРХІВІВ UkrVO

Основна частина спостережень планет була отримана в НДІ «МАО» і ГАО НАНУ від 1961 до 1994 року. При обробці спостережень також були використані пластинки з АІ АН РУз. В МАО пластинки сканувалися по шість разів, у інших обсерваторіях — по одному разу. Більшість пластинок мають по 3 експозиції. Всі зображення оброблені. Більша частина ототожнена й отримані екваторіальні координати всіх об'єктів. Отримана позиційна точність опорних зір від 0,04" до 0,30". Стандартне відхилення положення планет знаходиться в діапазоні 0,10–0,12 пікселів, що відповідає в залежності від масштабу від 0,08" до 0,26". Проведено порівняння отриманих топocентричних положень планет з ефемеридою JPL/HORIZONS. Отримано значення (*O-C*) та їх стандартне відхилення.

Ключові слова: астрономічні бази даних, астрометрія, ефемериди, методи аналізу даних, каталоги.

Стаття надійшла до редакції 30.11.16