

В. Андрук, наук. співроб., Л. Пакуляк, канд. фіз.-мат. наук.,  
 В. Головня, наук. співроб., С. Шатохіна, наук. співроб.,  
 О. Йжакевич, молодш. наук. співроб.,  
 Головна астрономічна обсерваторія НАН України,  
 Ю. Процюк, канд. фіз.-мат. наук.  
 НДІ "МАО", Миколаїв

### ПРО КАТАЛОГ ЕКВАТОРІАЛЬНИХ КООРДИНАТ ТА В-ВЕЛИЧИН ЗІР ПРОГРАМИ ФОН

В рамках робіт за програмою ФОН з використанням накопичених ресурсів ОЦА (Об'єднаний цифровий Архів) УкрВО в ГАО НАН України створено каталог екваторіальних координат  $\alpha, \delta$  та В-величин зір для північної півкулі неба (від  $-4$  град до  $+90$  град). Кількість оброблених платівок становить 2260. Оцифрування астронегативів виконано з допомогою сканерів Microtek ScanMaker 9800XL TMA та Epson Expression 10000XL, режим сканування – 1200 dpi, розмір більшості платівок –  $30 \times 30$  см або  $13000 \times 13000$  пкл. Каталог включає 19 451 751 зір та галактик до  $B \leq 16.5^m$  на епоху 1988.1 р. Координати зір та галактик отримано в системі каталога Tycho-2, В-величини в системі фотоелектричних стандартів. Середнє значення внутрішньої точності каталога для всіх об'єктів становить  $\sigma_{\alpha\delta} = \pm 0.23''$  та  $\sigma_B = \pm 0.14^m$  (для зірок в інтервалі  $B = 7^m - 14^m$  похибки дорівнюють  $\sigma_{\alpha\delta} = \pm 0.10''$  та  $\sigma_B = \pm 0.07^m$ ) для екваторіальних координат і зоряних В-величин відповідно. Узгодженість нами обчислених координат з положеннями зір каталога Tycho2 становить  $\sigma_{\alpha\delta} = \pm 0.06''$ , а сходиність з фотоелектричними зоряними В-величинами дорівнює  $\sigma_B = \pm 0.15^m$ . Середньовадратична величина різниці координат нашого каталога та каталога UCAC-4 складає  $\sigma_{\alpha\delta} = \pm 0.30''$  (ототожнилось 18 742 932 або 96.36% зір та галактик).

V. Andruk, Researcher, L. Pakuliak, Ph. D. In Phys. and Math. Sci.  
 V. Golovnia, Researcher, S. Shatokhina, Researcher,  
 O. Yizhakevych, Researcher  
 MAO NAS of Ukraine, Kyiv  
 Yu. Protsyuk, Ph. D. In Phys. and Math. Sci.  
 Research Institute "NAO", Mykolaiv

### ABOUT THE CATALOG OF POSITIONS AND B-MAGNITUDES OF STARS OF NORTHERN SKY SURVEY (FON) PROJECT

The catalog of star positions and B-magnitudes of Northern Sky Survey project (from  $-4$  degree to  $+90$  degree) has been created under the motto of the rational use of resources accumulated in UkrVO JDA (Joint Digital Archive) in MAO NASU. The total amount of processed plates is 2260. Digitizing of astronegatives has been carried out with the help of Microtek ScanMaker 9800XL TMA and Epson Expression 10000XL scanners, with the scanning mode – 1200 dpi, the linear size of the plates –  $30 \times 30$  cm or  $13000 \times 13000$  px. The catalog contains 19 451 751 stars and galaxies with  $B \leq 16.5^m$  for the epoch of 1988.1. 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 the objects is  $\sigma_{\alpha\delta} = \pm 0.23''$  and  $\sigma_B = \pm 0.14^m$  (for stars in the range of  $B = 7^m - 14^m$  errors are  $\sigma_{\alpha\delta} = \pm 0.10''$  and  $\sigma_B = \pm 0.07^m$ ). Convergence between the calculated and reference positions is  $\sigma_{\alpha\delta} = \pm 0.06''$ , and the convergence with photoelectric stellar B-magnitudes is  $\sigma_B = \pm 0.15^m$ . External accuracy from the comparison with UCAC-4 is  $\sigma_{\alpha\delta} = \pm 0.30''$  (18 742 932 or 96.36 % stars and galaxies were cross identified).

УДК 521.95

К. Йулдошев, мл. науч. сотрудник,  
 О. Усманов, мл. науч. сотрудник,  
 Ш. Эгамбердиев, д-р. физ.-мат. наук  
 Астрономический институт АН РУз, Ташкент, Узбекистан,  
 М. Муминов, канд. физ.-мат. наук  
 Андижанский ГУ, РУз, Андижан, Узбекистан,  
 Е. Рельке, канд. физ.-мат. наук  
 Вальтер Хоманн обсерватория, Эссен, Германия,  
 Ю. Процюк, канд. физ.-мат. наук  
 НИИ "Николаевская астрономическая обсерватория", Украина,  
 В. Андрук, науч. сотрудник  
 Главная астрономическая обсерватория НАН Украины, Киев

### АСТРОМЕТРИЯ И ФОТОМЕТРИЯ ОЦИФРОВАННЫХ ПЛАСТИНОК ПРОЕКТА ФОН-КИТАБ

Фотографические наблюдения по программе ФОН проводились в Китабской обсерватории (КО АН РУз) с 1981 по 1996 годы на телескопе ДАЦ ( $F/D = 40/200$ ), всего было экспонировано 2600 пластинок. В 2015 году астронегативы были перевезены в Институт астрономии в Ташкенте (Республика Узбекистан) и началась их оцифровка. Уже обработано, т.е. получены экваториальные координаты  $\alpha, \delta$  и В-величины звезд, приблизительно 1250 пластинок. Координаты звезд получены в системе каталога Tycho2, В-величины – в системе фотоэлектрических стандартов. Обработка пластинок ведется в четырех астрономических учреждениях: 1. Астрономическом институте Академии наук Республики Узбекистан, 2. Народной обсерватории г. Эссен, Германия, 3. НИИ "Николаевская астрономическая обсерватория", 4. ГАО НАНУ. Для обработки пластинок используется программное обеспечение, созданное в ГАО НАНУ. По результатам обработки астронегативов в области от 21 часа до 3 часов и от  $-2^\circ$  до  $-6^\circ$  сделана оценка внутренних ошибок получаемого каталога. Средние ошибки составляют для всех звезд –  $0.2''$  и  $0.18$  зв. вел. (для звезд ярче  $B < 14$  зв. вел. –  $0.1''$  и  $0.1$  зв. вел) для экваториальных координат и В-величин соответственно.

**Введение.** Идея программы "Фотографический обзор северного неба" (ФОН), созданная по инициативе Главной астрономической обсерватории Национальной Академии наук Украины (ГАО НАНУ, Киев) [8], была реализована в обсерваториях бывшего Советского Союза, таких как Голосеево, Звенигород, Душанбе, Абастумани и Китаб на однотипных астрографах (с диаметром объектива 400 мм и фокусным расстоянием 2000 мм или 3000 мм) производства Народного предприятия "Карл Цейсс" (ГДР, Йена).

© Йулдошев К., Усманов О., Эгамбердиев Ш., Муминов М., Рельке Е., Процюк Ю., Андрук В., 2016

На Китабской широтной станции был установлен двойной астрограф Цейса ( $F = 3000$  мм, поле  $5.5^\circ \times 5.5^\circ$ , масштаб  $69''/\text{мм}$ ). Фотографирование неба (от  $-20^\circ$  до  $+30^\circ$ ) проводилось со сдвигом центров фотографических полей на два градуса по склонению и с разницей расстояний в 4 градуса по прямому восхождению между центрами соседних полей. Фотографирование каждой площадки проводилось с двумя экспозициями (длинной: от 40 до 60 минут и короткой: от 40 до 60 секунд) на одной и той же фотопластинке со сдвигом по обеим координатам. Схема наблюдений представлена на рис. 1. Продолжительность длинной экспозиции выбиралась таким образом, чтобы получить изображения звезд до  $B = 16$ – $17$  звездной величины. По проекту ФОН в Китабе фотографические наблюдения проводились с 1981 г. по 1996 г. и было получено более 2600 астронегативов. В наблюдениях участвовали Э. Рахматов, Х. Рахматов, Э. Мирмахмудов, Л. Баштова, Ю. Иванов. и др [10; 11; 17].

KITAB, UBAI UAS, DAZ(D/F=40/300), 1px=1.45", M=69"/mm

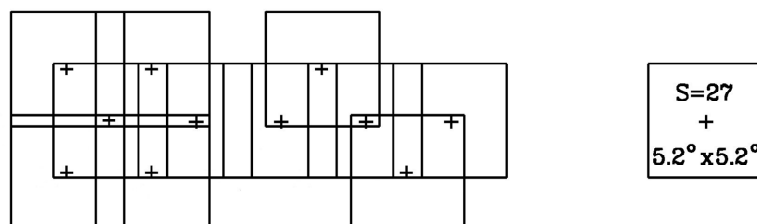


Рис. 1. Схема перекрытий полей астронегативов для Китабских зон программы ФОН

В октябре 2015 года астронегативы были привезены из Китаба в Ташкент и систематизированы в стеклянной библиотеке АИ АН Руз. С ноября 2015 г. и до настоящего времени было отсканировано более 2000 астронегативов в зонах от  $0^\circ$  до  $-18^\circ$ . Был использован базовый программный продукт, разработанный для сканирования с пространственным разрешением 1200 dpi на сканере Epson Expression 10000XL, размер обрабатываемых полей – до  $13000 \times 13000$  пикс (1 пикс =  $1.45''$ ). С помощью специально разработанного в ГАО НАНУ программного обеспечения в среде LINUX/MIDAS/ROMAFOT для всех сканов получены прямоугольные координаты и фотометрические величины зарегистрированных объектов [14]. По результатам обработки составлены предварительные каталоги звезд для всех зон. Общий каталог будет получен из обработки одиночных сканов без поворота пластинок на  $90^\circ$ , что позволяет сэкономить ресурсы для хранения и обработки информации в два раза без ущерба для точности полученных результатов [18]. Принципы и этапы обработки оцифрованных астронегативов, которые очень кратко изложены в этой работе, уже успешно распространяются на обработку всех пластинок Китабской части программы ФОН.

**Прогресс в реализации программы ФОН в Ташкенте.** Общий подход к исследованию точностных характеристик сканеров был реализован в работах [1; 2; 3; 4; 7; 12]. В данной работе для оцифровки астронегативов использовался сканер Epson Expression 10000XL, астрометрические и фотометрические характеристики которого исследованы в работах [20; 21]. Для получения каталога экваториальных координат и  $B$ -величин звезд использованы методы и программы обработки сканов и составления каталогов представленные в [5; 6; 15; 16]. Экваториальные координаты звезд и галактик получены в системе каталога Tycho2, а фотографические  $B$ -величины звезд – в системе фотоэлектрических  $B$ -величин [9; 13; 19; 22]. К настоящему времени (июнь 2016 г.) обработано  $N = 1250$  пластинок в десяти зонах, на которых после взаимных отождествлений для перекрывающихся областей пластинок обнаружено более  $K > 10$  млн. звезд и галактик из более чем  $L > 80$  млн. зарегистрированных объектов. Эти данные для всех зон представлены на рис. 2. На рис. 3 даны значения ошибок определения экваториальных координат и  $B$ -величин звезд (слева) и гистограммы распределения звезд и галактик от звездной величины (справа). По результатам обработки астронегативов в области от 21 часа до 3 часов по прямому восхождению и от  $-2$  до  $-6$  градусов по склонению сделана оценка внутренних ошибок получаемого каталога. Средние ошибки составляют для всех звезд  $0.2''$  и  $0.18$  зв.вел. (для звезд ярче  $B < 14$  зв.вел. :  $0.1''$  и  $0.1$  зв.вел.) для экваториальных координат и  $B$ -величин соответственно.

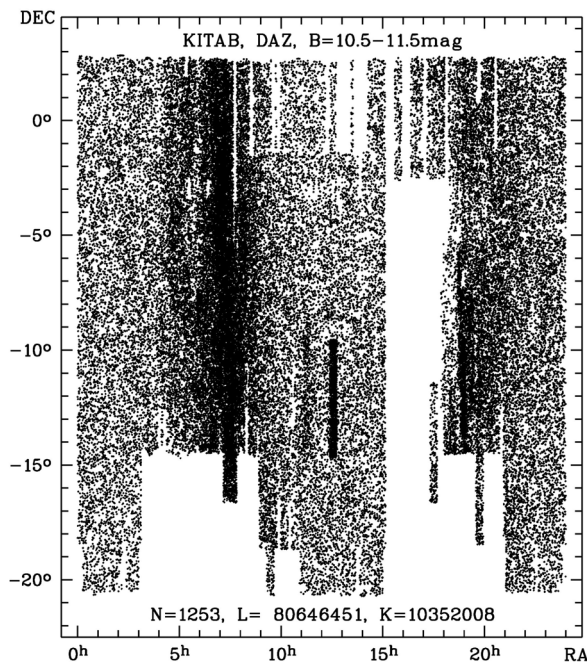


Рис. 2. Прогресс в обработке пластинок Китабской части программы ФОН

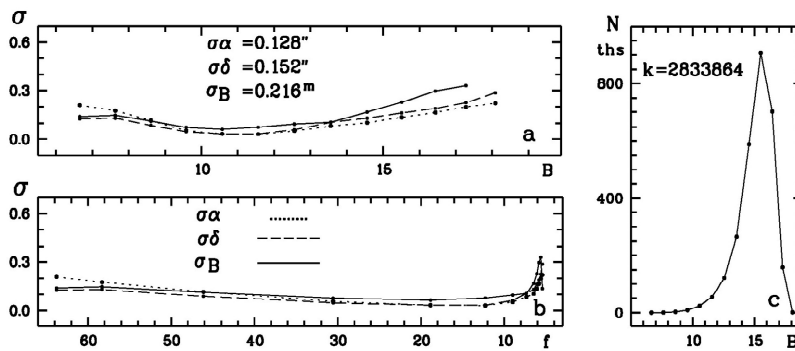


Рис. 3. Ошибки определения экваториальных координат и B-величин звезд.

**Заключение.** Работы по сканированию, обработке астронегативов и созданию каталога в зонах от 0 до  $-20$  градусов Китабской части программы ФОН успешно продолжаются.

#### Список использованных источников

- Андрук В. Н., Иванов Г. А., Погорельцев М. Т., Яценко А. И. Об использовании сканера для определения координат и фотометрии звезд на пластинках программы ФОН // Кинематика и физика небес. тел. – 2005. – 21, № 5. – С. 396–400.
- Андрук В., Пакуляк Л. Дослідження можливості використання сканерів Microtek для фотометрії зір // Журнал фізичних досліджень. – 2007. – 11. – № 3. – С. 329–333.
- Андрук В.М., Бутенко Г.З., Яценко А.И. Фотометрия пластинок, оцифрованных сканером MICROTEK SCANMAKER 9800XL TMA // Кинематика и физика небес. тел. – 2010. – 26. – № 3. – С. 75–81.
- Андрук В.М., Пакуляк Л.К., Іжакевич О.М. та ін. Астрометрія платівок ДША, оцифрованих двома типами сканерів. Розділення зображень зір двох експозицій // Вісник КНУ ім. Т. Шевченка. Сер. "Астрономія" – 2012 – № 48 – С. 11–13.
- Андрук В.Н., Головня В.В., Иванов Г.А. и др. Каталог экваториальных координат и B-величин звезд околополюсной области программы ФОН // Кинематика и физика небес. тел. – 2016. – 32. – № 1. – С. 56–69.
- Андрук В.Н., Пакуляк Л.К., Головня В.В. и др. Каталог экваториальных координат и B-величин звезд программы ФОН // Кинематика и физика небес. тел. – 2016. – 32. – № 5 – С. 1–6.
- Головня В., Андрук В., Яценко А. Астрометрія платівок ПША, оцифрованих сканером MICROTEK SCANMAKER 9800XL TMA // Журнал фізичних досліджень. – 2010. – 14. – № 2. – С. 1–8.
- Колчинский И.Г., Онегина А.Б. План фотографирования неба на широкоугольных астрографах // Астрометрия и астрофизика. – 1977. – Вып. 33. – С. 11–16.
- Корнилов В.Г., Волков И.М., Захаров А.И. и др. Каталог WBVR-величин ярких звезд Северного неба // Под ред. В.Г. Корнилова – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. – 400 с. (Труды Гос. астрон. ин-та им. П.К. Штенберга, 63)
- Мунинов М.М., Каххаров Б.Б., Йулдошев К.Х. и др. Астрометрия тестовых пластинок, оцифрованных сканером Epson expression 10000XL в Астрономическом институте АН Руз // Известия ГАО в Пулкове. – 2013. – 220. – С. 517–521.
- Мунинов М.М., Эгамбердиев Ш.А., Латыпов А.А. и др. Каталог экваториальных координат и B-величин звезд экваториальной зоны программы ФОН на основе обработки оцифрованных астронегативов Китабской обсерватории // Известия ГАО в Пулкове. – 2016. – 223. – С. 339–346.
- Яценко А.И., Андрук В.Н., Головня В.В. и др. Результаты сканирования снимков 60-й зоны программы ФОН – методика редукции измерений, характеристика выходного каталога // Кинематика и физика небес. тел. – 2011. – 27. – № 5. – С. 49–59.
- Андрук В.М., Kharchenko N.V., Schilbach E., Scholz R.-D. Photometric survey near the main Galactic Meridian. 1. Photoelectric stellar magnitudes and colours in the UBVR system // Astron. Nachr. – 1995. – 316, N 4. – P. 225–248.
- Андрук В.М., 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 MIDASI/ROMAFOT // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Suppl. – 2005. N 5. – P. 413–416.
- Андрук В.М., 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.
- Андрук В.М., Pakuliak L.K., Golovnya 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.
- Андрук В.М., 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.
- Андрук В.М., Pakuliak L.K., Golovnya V.V. et al. // -2015, arxiv.org/abs/1512.05535.
- Mermilliod J.C. Homogeneous means in the UBVR system. – Institut d'Astronomie, Université de Lausanne, 1991.
- 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.
- Protsyuk Yu.I., Kovlyanska 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.
- Relke E., Protsyuk Yu., Andruk V. The compiled catalogue of photoelectric UBVR stellar magnitudes in the Tycho2 system // Odessa Astron. Publ., – 2015. – 28, N2. – P. 211–212.

Надійшла до редколегії 30.08.16

К. Йулдошев, мол. наук. співроб.,  
 О. Усманов, мол. наук. співроб.,  
 Ш. Эгамбердієв, д-р. фіз.-мат. наук  
 Астрономічний інститут АН РУз, Ташкент, Узбекистан,  
 М. Мунинов, канд. фіз.-мат. наук  
 Андижанський ДУ, РУз, Андижан, Узбекистан,  
 Е. Рельке, канд. фіз.-мат. наук  
 Вальтер Хоманн обсерваторія, Ессен, Німеччина,  
 Ю. Процьок, канд. фіз.-мат. наук  
 НДІ "Миколаївська астрономічна обсерваторія", Україна,  
 В. Андрук, наук. співроб.  
 Головна астрономічна обсерваторія НАН України, Київ

#### АСТРОМЕТРІЯ ТА ФОТОМЕТРІЯ ОЦИФРОВАНИХ ПЛАТІВОК ПРОЕКТУ ФОН-КИТАБ

Фотографічні спостереження за програмою ФОН були проведені в Китабській обсерваторії (КО АН Руз) з 1981 по 1996 роки на телескопі ДАЦ ( $F/D=40/200$ ), всього було експоновано 2600 платівок. У 2015 році астронегативи були перевезені в Інститут астрономії в Ташкенті (Республіка Узбекистан) і розпочалось їх оцифрування. Вже оброблено, тобто отримані екваторіальні координати  $\alpha, \delta$  та B-величини зір, близько 1250 платівок. Координати зір отримані в системі каталога Tycho2, B величини – в системі фотоелектричних стандартів. Обро-

бка платівок ведеється в чотирьох астрономічних закладах: 1. Астрономічному інституті Академії наук Республіки Узбекистан, 2. Народній обсерваторії м. Ессен, Німеччина, 3. НДІ "Миколаївська астрономічна обсерваторія, 4. ГАО НАНУ. Для обробки платівок використовується програмне забезпечення, створене в ГАО НАНУ. За результатами обробки астронегативів у ділянці від 21 години до 3 годин та від  $-2^\circ$  до  $-6^\circ$  зроблено оцінку внутрішніх похибок отриманого каталога. Середні похибки складають для всіх зір  $-0.2''$  та  $0.18$  зор.вел. (для зір яскравіших  $B < 14$  зор.вел.  $-0.1''$  та  $0.1$  зор.вел) для екваторіальних координат та  $B$ -величин відповідно.

Q. Yuldoshev, Msc., O. Usmanov, Msc, Sh. Ehgamberdiev, Dr.Sc.  
Ulugh Beg Astronomical Institute of the Uzbek Academy of Sciences,  
M. Muminov, Ph.D.  
Andijan State University, Andijan, Uzbekistan,  
H. Relke, Ph.D.  
Walter Hohmann Observatory, Essen, Germany,  
Yu. Protsyuk, Ph.D.  
Research Institute "Nikolaev Astronomical Observatory", Ukraine,  
V. Andruk, Msc.  
Main Astronomical Observatory NASU, Ukraine

## ASTROMETRY AND PHOTOMETRY OF THE DIGITIZED PHOTOGRAPHIC PLATES OF THE KITAB PHOTOGRAPHIC SKY SURVEY

Photographic observations for the FON project were carried out in the Kitab Observatory (KO UzAS) from 1981 to 1996 on the DAZ telescope ( $F/D = 300/40$ ). During this period 2600 photographic plates was exposed. In the 2015 all astronegatives were transferred to the Astronomical Institute in Tashkent (Uzbekistan) and digitization of these plates was started. The 1250 plates have already been processed and the equatorial coordinates  $\alpha$ ,  $\delta$  and  $B$ -magnitudes of found objects were received. The coordinates of stars were obtained in the Tycho2 system and the  $B$ -magnitudes in the system of the photoelectric standards. The processing of the digitized images is carried out in four astronomical institutes: UBAI UzAS, Tashkent (Uzbekistan), WHO, Essen (Germany), RI NAO, Mykolaiv (Ukraine), MAO NASU, Kyiv (Ukraine). For the data reduction is used the software created in the MAO NASU. Based on the results of the processing of the astronegatives in the area with  $\alpha$  from 21 hours to 3 hours and  $\delta$  from  $-2^\circ$  to  $-6^\circ$  were estimated the internal errors of the received catalogue. The mean errors calculated for all stars are  $0.2$  arcsec and  $0.18$  mag. For the stars brighter than  $B < 14$  magnitude the errors are  $0.1$  arcsec and  $0.1$  mag for the equatorial coordinates and  $B$ -magnitudes respectively.

УДК 521.3, УДК 52-17, УДК 523.6

Н. Коваленко, канд. фіз.-мат. наук  
Астрономічна обсерваторія Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка

## ОЦІНКА ВПЛИВУ НЕГРАВІТАЦІЙНИХ ЕФЕКТІВ НА ЕВОЛЮЦІЮ ОРБІТ КЕНТАВРІВ

В роботі розглянуто орбітальну еволюцію деяких активних Кентаврів на одну тисячу років з врахуванням та без врахування негравітаційних прискорень. Отримано оцінку впливу врахування негравітаційних ефектів на еволюцію орбіт Кентаврів. Показано, що зсув у даті проходження перигелію для розглянутих об'єктів популяції Кентаврів сягає від 1 сек до 79 сек за один оберт та від 1 сек до 0,72 діб за весь період інтегрування (близько тисячі років).

**Вступ.** Уявлення про орбітальні відмінності комет та астероїдів суттєво змінилися в останні десятиліття. Адже і серед астероїдів головного поясу виявилися об'єкти що проявляють кометну активність (на сьогодні 11 кандидатів у комети головного поясу), і серед більш віддалених Кентаврів, що рухаються по ексцентричних орбітах, також значна частка об'єктів мають зафіксовану кометну активність (26 кандидатів в активні Кентаври серед 121 на сьогодні відомих, див. табл. 1). Тож є цікавим оцінити вплив негравітаційних ефектів на орбітальну еволюцію малих тіл з популяцій, які раніше вважалися суто "астероїдними".

**Негравітаційні ефекти у русі комет.** Активні комети проявляють у своєму русі негравітаційні ефекти. Так прийнято називати характерні особливості руху, викликані випаровуванням речовини з поверхні кометного ядра. Під дією таких явищ ядро комети знає реактивного тиску, що, у свою чергу, викликає прискорення ядра. Таке негравітаційне прискорення може як зменшувати, так і збільшувати швидкість руху комети навколо Сонця. Його величина залежить від комбінації таких факторів як напрямок власного обертання ядра, рельєф поверхні ядра, розподіл областей активної сублімації та ін. Тому визначення значень негравітаційних прискорень є непростюю і важливою задачею. Крім того, вектор результуючого негравітаційного прискорення не обов'язково проходить крізь центр ядра, що викликає зміну швидкості обертання ядра, вимушену прецесію, а значить, змінює величини негравітаційних прискорень.

Оскільки реактивні сили, пов'язані з кометною активністю, помітно діють лише поблизу перигелію, а далі комета рухається практично лише під дією гравітаційних сил, у минулому застосовувати досить прості методи врахування негравітаційних прискорень. Так, Маковер припустив, що середній рух комети змінюється миттєво в момент проходження кометою перигелію [1]. Дубяго [2] припустив, що поблизу перигелію миттєво змінюються всі елементи орбіти. Однак такі методи не дозволяли отримувати неперервну траєкторію комети. Марсден [3] запропонував наступну залежність неперервно діючих негравітаційних сил від геліоцентричної віддалі:

$$a_i = G_i e^{-r/c_r - \alpha}, \quad G_i = A_i e^{-B_i \tau}, \quad (1)$$

де  $a_i$  – компоненти негравітаційного прискорення ( $a$ .о./діб<sup>2</sup>),  $A_i$ ,  $B_i$  – константи,  $\tau$  – час від початкової епохи (діб), поділений на  $10^4$ ,  $c$  і  $\alpha$  – невід'ємні константи. Дельзем і Міллер [4] показали, що світлові криві деяких комет дуже близькі до кривих газової продуктивності водяного снігу. Секаніна запропонував емпіричну залежність швидкості випаровування водяного снігу від геліоцентричної відстані:

$$g(r) = \alpha \left( \frac{r}{r_0} \right)^{-m} \left[ 1 + \left( \frac{r}{r_0} \right)^n \right]^{-k}, \quad (2)$$

де  $r_0 = 2,808$  а.о.,  $k = 4,6142$ ,  $n = 5,093$ ,  $m = 2,15$ ,  $\alpha = 0,1113$ .