

**Н.В. Майгурова<sup>1</sup>, Ю.А. Чернетенко<sup>2</sup>, В.Ф. Крючковский<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт «Николаевская астрономическая обсерватория», ул. Обсерваторная, 1, Николаев, 54030, Украина, тел.: +38 (0512) 56-40-40

<sup>2</sup> Институт прикладной астрономии РАН, наб. Кулузова, 10, Санкт-Петербург, Россия

## ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ ОПОРНЫХ КАТАЛОГОВ НА ПОЛОЖЕНИЯ АСТЕРОИДОВ В БАЗЕ ДАННЫХ MPC



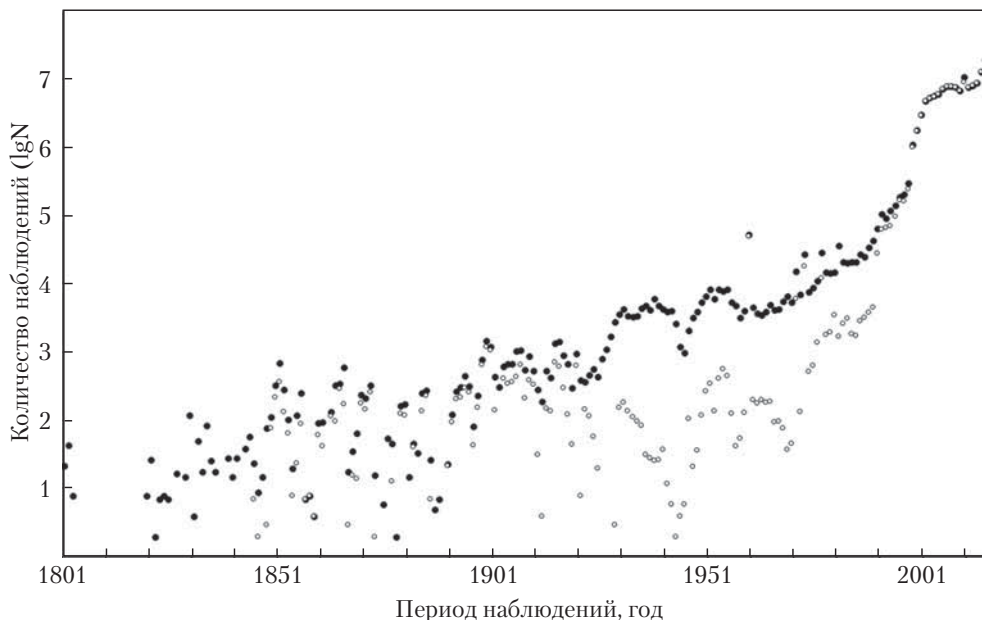
Приведены результаты анализа положений избранных астероидов из базы данных MPC. На примере рядов наблюдений 12-и избранных астероидов исследуются систематические ошибки в положениях объектов, возникающие из-за использования различных опорных каталогов, и проблема назначения весов отдельным наблюдениям. Массивы положений избранных астероидов также включают 30-летний период наблюдений этих объектов, полученный на Николаевском зонном астрографе в 1960–1990 гг. Выполнен анализ остаточных разностей  $(O-C)_{RA, Dec}$  избранных астероидов.

*Ключевые слова:* астероиды, позиционные оптические наблюдения, опорные каталоги, астрономические базы данных.

Современные наземные наблюдения способны обеспечить точность определения положений астероидов лучше 0,1" по обеим сферическим координатам. Однако ряд задач, таких, как определение масс астероидов динамическим методом, выделение эффекта Ярковского, задача связи динамической и кинематической систем координат и др., требуют достаточно длинного временного ряда наблюдений, что делает необходимым привлечение различных астрономических баз данных. Наиболее полным источником позиционных данных о малых телах Солнечной системы являются архивы Международного центра малых планет (Minor Planet Centre – MPC) [1].

База данных MPC по состоянию на 01.09.2016 г. содержит 145,416,300 положений астероидов. Одной из составляющих систематической ошибки при объединении наблюдений, разнесенных во времени, является использование разных

опорных каталогов при определении положений астероидов. Современный формат представления данных в MPC содержит информацию об опорном каталоге, который использовался для астрометрических редуцированных, но для старых наблюдений восстановление этой информации часто оказывается затруднительным. По состоянию на 01.09.2016 г. в список MPC входит 48 опорных каталогов. Список кодов каталогов, информация о которых зашифрована буквой в строке данных MPC, доступен по адресу: <http://www.minorplanetcenter.net/iau/info/CatalogueCodes.html>. С 1998 года более 90 % присылаемых наблюдений в MPC содержат информацию о каталогах, в то время как для периода 1960–1990 гг. эта информация доступна только для 10 % наблюдений. Эти наблюдения составляют относительно небольшую долю в процентном отношении от общего количества наблюдений, но именно они играют очень важную роль для изучения медленно эволюционирующих эффектов. На рис. 1 представлено сравнение общего распределения ко-



**Рис. 1.** Распределение количества наблюдений базы данных MPC на временном интервале 1800–2016 гг. (темные точки — все наблюдения, светлые — наблюдения, для которых имеется информация об опорном каталоге).

личества наблюдений (в логарифмической шкале) в базе MPC и количества наблюдений, содержащих информацию о каталогах, на временном промежутке 1800–2016 гг.

#### СТАТИСТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАТАЛОГОВ

Как отмечено выше, наблюдения в базе данных MPC отнесены к 48-и каталогам, которые использовались в разное время как опорные при вычислении положений астероидов. Эти каталоги имеют разную частоту использования. В табл. 1 приведен анализ частоты каталогов, применявшихся в качестве опорных при выполнении астрометрических редукиций для наблюдений базы данных MPC на интервале 1800–2016 гг.

Как видно из данных таблицы, каталог PPM (Position and Proper Motion, 1988) являлся основным опорным каталогом для редукиций на протяжении нескольких десятков лет [2]. Поэтому исследование и правильный учет его систематических ошибок имеют большое значение при использовании фотографических наблю-

дений XIX–XX вв. Начиная с 90-х годов прошлого века, ПЗС-наблюдения находят широкое применение в астрономии, что привело к значительному увеличению внутренней точности измерений. Однако малые размеры поля зрения ПЗС-кадров не позволяли прямого использования высокоточных космических каталогов Hipparcos и Tycho в качестве опорных при вычислении положений астероидов. Поэтому положения астероидов в базе данных MPC за период 1990–2010 гг. получены с разными опорными каталогами в системе HCRF, в т. ч. и с каталогом USNO в различных версиях. В конце XX — начале XXI вв. наиболее широко использовались каталоги USNO A2.0 [3] и USNO B1.0 [4]. Как выяснилось впоследствии, эти каталоги имеют весьма значительные ошибки в системе склонений [5]. Кроме того, каталог USNO A2.0 не имеет собственных движений, а точность собственных движений каталога USNO B1.0 крайне низкая. Эти обстоятельства могли существенно повлиять на значения вычисленных с ними положений астероидов.

Появление каталогов UCAC(1–4) значительно улучшило ситуацию с опорными каталогами для обработки малых полей.

Однако следует отметить, что между выходом каталога UCAC1, который покрывал только южную полусферу, и каталогом всего неба UCAC4 прошло 12 лет, а между различными версиями этих каталогов тоже существуют систематические разности, которые ухудшают точность получаемых положений астероидов. К сожалению, в силу разных причин не все наблюдатели следуют рекомендации MPC использовать при выполнении астрометрических редуциций каталог UCAC4 [6], поэтому количество опорных каталогов остается большим.

### ВЛИЯНИЕ ОПОРНОГО КАТАЛОГА НА ПОЛОЖЕНИЯ АСТЕРОИДОВ

Для оценки точности позиционных наблюдений тел Солнечной системы часто используют остаточные разности вида  $(O-C)$ , где  $O$  – полученные из наблюдений положения астероидов в системе выбранного опорного каталога,  $C$  – значение, вычисленное на основе современной динамической модели. Анализ массива наблюдений, выполненный в работе [7], показал, что значения средних остаточных разностей  $(O-C)$  астероидов имеют статистически значимые отклонения от нуля, основной причиной которых являются систематические ошибки звездных каталогов, используемых для редукации наблю-

дений. Этот вывод получил дальнейшее развитие в работе [8]. Авторами [8] были получены систематические разности для 6-и наиболее распространенных каталогов USNOA1.0 [9], USNO-A2.0, USNO-B1.0, UCAC2 [10] и Tycho2 [11] по отношению к каталогу 2MASS [12]. Этот каталог был выбран в качестве опорного при обработке наблюдений проекта Pan-STARRS PS1 (Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System – система телескопов панорамного обзора и быстрого реагирования).

Несмотря на высокую точность наблюдений, спустя два года было обнаружено, что данные Pan-STARRS PS1 имеют систематические разности порядка  $(0,05-0,1)''$  с эфемеридами с зависимостью от координат [13]. Эти разности появились вследствие отсутствия собственных движений в каталоге 2MASS. Авторы работы [14] предложили дополнить каталог 2MASS собственными движениями из каталога PPMXL [15] и получили систематические разности для 19 наиболее распространенных каталогов базы данных MPC по отношению к предлагаемой версии опорного каталога. Таблица с этими разностями доступна по адресу: [ftp://ssd.jpl.nasa.gov/pub/ssd/debias\\_2014.tgz](ftp://ssd.jpl.nasa.gov/pub/ssd/debias_2014.tgz). Она может быть использована для приведения длинных рядов наблюдений астероидов в систему единого опорного каталога, который представляет собой комбинацию положений звезд каталога 2MASS с их собственными движениями из ка-

Таблица 1

Статистика использования опорных каталогов для получения положений астероидов в базе данных MPC в период 1800–2016 гг. (по данным [1])

Период наблюдений, гг.	$N$	$N_1$	$N_2$	Наиболее часто использующиеся каталоги
1800–1850	1197	306	1	PPM
1851–1900	10356	7009	3	PPM, GSC-ACT, UCAC4
1901–1950	103376	7911	11	PPM, UCAC2
1951–2000	7703297	6792018	35	USNO A1.0, S1.0, A2.0, GSC
2001–2016	137598000	135137700	25	USNO A2.0, B1.0, UCAC2-4, 2mass, URAT1

Примечание:  $N$  – общее количество наблюдений в базе MPC за указанный период,  $N_1$  – количество наблюдений, которые содержат информацию об опорном каталоге,  $N_2$  – общее количество применявшихся опорных каталогов в указанном временном интервале; в последнем столбце выделены наиболее часто использующиеся опорные каталоги.

талого PPMXL[15]. Значения систематических разностей, приведенные на эпоху наблюдения каждого положения, содержатся в базе данных AstDys-2 [16]. Открытый Интернет-ресурс AstDys-2 содержит динамическую информацию об астероидах, включая элементы их орбит и остаточные разности с эфемеридой. Сервис использует положения астероидов из базы данных MPC и позволяет достаточно быстро получать оценку качества наблюдений, присылаемых в MPC различными группами наблюдателей.

Нами были выбраны 12 астероидов, которые входили в программу наблюдений избранных малых планет для определения параметров связи динамической и каталожной систем координат и наблюдались в Николаевской обсерватории на протяжении более 30 лет [17]. Для этих астероидов из базы AstDys-2 были выбраны все положения для каждого из 12-и астероидов, которые включают разности ( $O-C$ ) и значения поправок, связанных с опорным ка-

талогом согласно схеме, предложенной в [14]. Из сформированного массива разностей были исключены наблюдения, которые не содержали информацию об опорном каталоге и для которых значение ( $O-C$ ) превышало 3" хотя бы по одной координате. Оставшиеся 20 703 положений 12 астероидов за период 1960–2016 гг. составляют всего 30 % от общего количества наблюдений этих астероидов. Для дальнейшей работы массив разностей ( $O-C$ ) был разбит по признаку опорного каталога и кода обсерватории. Всего было использовано 23 опорных каталога, при этом более 90 % положений для каждого из астероидов в исследуемом массиве получено всего с 10 опорными каталогами. В табл. 2 представлены средние значения остаточных разностей по прямому восхождению (RA) и склонению (Dec) и их среднеквадратические отклонения.

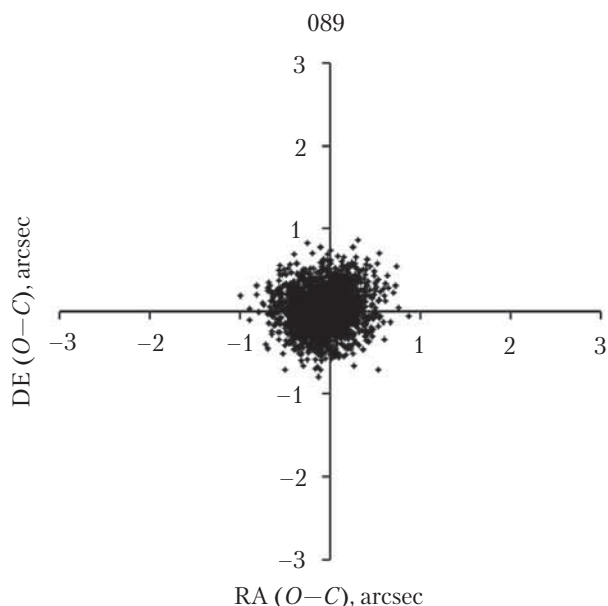
Таблица содержит два варианта значений ( $O-C$ )<sub>RA,Dec</sub>. Для варианта (1) использовались оригинальные положения из базы данных MPC,

Таблица 2

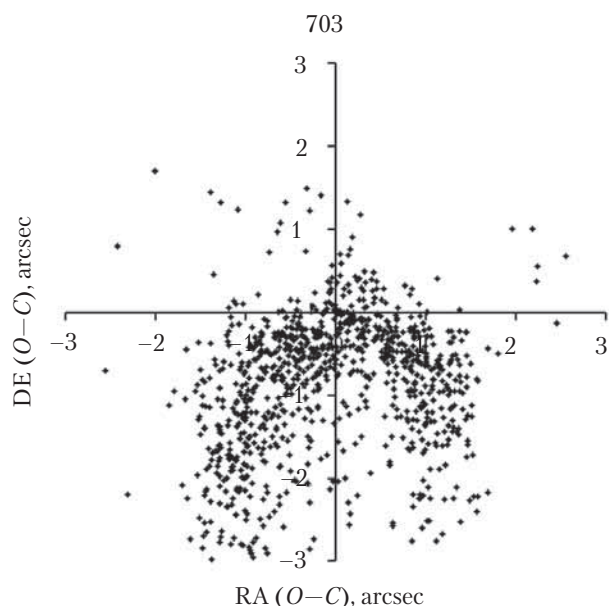
Средние значения остаточных разностей ( $O-C$ )<sub>RA,Dec</sub> и их среднеквадратические отклонения для избранных опорных каталогов

Опорный каталог	Кол-во		Период, годы	( $O-C$ ) ± CKO (1), мсд		( $O-C$ ) ± CKO (2), мсд	
	N	%		RA	Dec	RA	Dec
<b>m</b> GSC-ACT	4470	22	1961–2016	–25 ± 456	–2 ± 456	–15 ± 501	28 ± 514
<b>g</b> Tycho2	3560	18	1997–2015	5 ± 93	–4 ± 108	5 ± 93*	–4 ± 108*
<b>r</b> UCAC2	2668	13	2002–2016	–71 ± 525	–209 ± 591	–66 ± 527	–206 ± 591
<b>r</b> UCAC2 **	2111		2005–2013	–56 ± 375	–30 ± 373	–65 ± 385	–28 ± 374
<b>p</b> PPM	1876	9	1976–2002	–38 ± 383	5 ± 326	–40 ± 479	90 ± 438
<b>c</b> USNO-A2.0	1360	7	1995–2016	–160 ± 915	–56 ± 1006	–309 ± 958	–339 ± 1026
<b>l</b> ACT	1218	6	1997–2008	–24 ± 193	–5 ± 170	–24 ± 193*	–5 ± 170*
<b>u</b> UCAC3	1164	6	1960–2016	–88 ± 347	97 ± 375	–99 ± 454	181 ± 468
<b>u</b> UCAC3 **	1134		2011–2013	–90 ± 307	131 ± 301	–100 ± 426	218 ± 402
<b>C</b> SAO	1085	5	1961–1998	–168 ± 942	58 ± 900	–168 ± 942	58 ± 900
<b>o</b> USNO-B1.0	1024	5	2001–2016	25 ± 389	–55 ± 464	7 ± 450	–240 ± 486
<b>q</b> UCAC4	734	4	2012–2016	22 ± 601	–256 ± 783	2 ± 601	–268 ± 788
<b>q</b> UCAC4 **	533		2013–2016	–14 ± 417	25 ± 565	–30 ± 424	16 ± 571

Примечание: \* данные каталога не исправлялись по схеме, предложенной в работе [14]; \*\* без учета данных наблюдений обсерватории 703



**Рис. 2.** Взаимное распределение остаточных разностей  $(O-C)_{RA,Dec}$  для наблюдений обсерватории 089 (Nikolaev Observatory)



**Рис. 3.** Взаимное распределение остаточных разностей  $(O-C)_{RA,Dec}$  для наблюдений обсерватории 703 (Catalina Sky Survey).

в варианте (2) — положения астероидов исправлялись за систематические разности между опорными каталогами по схеме, приведенной в работе [14]. Буквы перед названиями каталогов в таблице соответствуют их обозначениям в базе MPC. Полученные данные показывают, что использование исправленных разностей для данного массива выбранных положений не привело к желаемому результату. Значимых расхождений между соответствующими средними значениями остаточных разностей не получено. Возможными причинами этого могут быть как ошибки в системе собственных движений каталога PPMXL[15], так и ошибки в кросс-идентификации между каталогами с разной плотностью звезд при получении систематических разностей. Но главной причиной, по-видимому, является значительная часть наблюдений невысокой точности, отягощенных систематическими ошибками, которые входят в исследуемые данные. Это обстоятельство требует введения системы весов для решения задач, в которых используются боль-

шие массивы положений разной точности. Разбиение исследуемого массива положений 12-и астероидов по признаку кода обсерватории показало, что он содержит наблюдения 233-х обсерваторий. Но 76 % всех положений приходится на долю 10-и обсерваторий. Относительная доля каждой из остальных обсерваторий составляет не более 1 %. В табл. 3 представлены средние значения разностей  $(O-C)_{RA, Dec}$  и их *СКО* для этих 10-и обсерваторий. Как видно из данных таблицы, точность наблюдений для большинства обсерваторий находится на уровне 0,2–0,4".

Анализ взаимных распределений остаточных разностей показал, что, за исключением наблюдений обсерватории 703, эти распределения имеют симметричный вид, который говорит о случайном характере ошибок и отсутствии корреляции между ошибками по прямому восхождению и склонению. В качестве примера на рис. 2 и рис. 3 представлены взаимные распределения разностей для обсерваторий 089 (Nikolaev Observatory) и 703 (Catalina Sky

Средние значения остаточных разностей  $(O-C)_{Ra,Dec}$  и их среднеквадратические отклонения для избранных обсерваторий

Код обсерватории	Кол-во наблюдений		Период, годы	Опорные каталоги	$(O-C) \pm SKO (1), \text{мсд}$	
	N	%			RA	Dec
689 Flagstaff	4449	22	1994–2014	g, l, z, a	$-4 \pm 104$	$-3 \pm 120$
089 Nikolaev	2509	12	1961–2014	m, r, q	$-55 \pm 240$	$29 \pm 231$
084 Pulkovo	1772	9	1959–2007	u, r, m, o	$-67 \pm 304$	$94 \pm 269$
083 Golosseevo	1127	6	1976–1996	p	$-37 \pm 405$	$-43 \pm 333$
975 Valencia	1061	5	1985–1993	C, m	$-49 \pm 975$	$-72 \pm 951$
983 San Fernando	979	5	1978–1989	m, p	$-65 \pm 996$	$-53 \pm 969$
703 Catalina	929	5	1999–2016	r, q, d, u	$-70 \pm 876$	$-847 \pm 814$
673 Wrightwood	796	4	1998–2016	r, l, g, q	$7 \pm 86$	$4 \pm 75$
006 Barcelona	736	4	1988–2002	p, m	$-16 \pm 374$	$44 \pm 293$
H07 Cloudcroft	295	1	2005–2008	m, c	$-55 \pm 368$	$71 \pm 316$
699 LONEOS	271	1	1998–2008	o, w, c, a	$-28 \pm 400$	$74 \pm 924$

Survey). Как видно из рисунков, распределение остаточных разностей для наблюдений обсерватории 703 носит неслучайный характер и требует дополнительных исследований. Эти данные наблюдений не могут быть использованы для решения задач, требующих высокой позиционной точности. Исключение наблюдений этой обсерватории в табл. 3 приводит к значительным изменениям значений средних остаточных разностей и их *SKO* для положений, полученных в системе опорных каталогов UCAC2 и UCAC4.

### ВЫВОДЫ

Ошибки положений астероидов являются основным фактором, ограничивающим точность определения их орбит. Точность современных ПЗС-наблюдений составляет на сегодня менее 0,1". Такой уровень точности требует учета систематических разностей, связанных с использованием различных опорных каталогов при обработке наблюдений астероидов. Для получения однородных рядов данных, охватывающих несколько витков орбиты, необходимо приведение положений астероидов в систему единого опорного катало-

га, реализующего систему ICRF в оптическом диапазоне. По нашему мнению, вариант единого опорного каталога, представленный в работе, имеет ряд недостатков, связанных, в первую очередь, с недостаточно точной системой собственных движений каталога PRMXL.

Получение однородных рядов наблюдений на временных промежутках от 30 и более лет осложняется тем фактом, что случайная ошибка отдельных наблюдений может существенно превышать составляющую ошибки, связанную с использованием различных каталогов. Эту проблему обычно решают введением различных систем весов и критериев выбросов отдельных наблюдений. Статистические методы коррекции наблюдений, отягощенных систематическими ошибками, могут лишь частично решить задачу получения однородных рядов наблюдений на нескольких витках орбиты. В связи с этим оцифровка и последующее повторное измерение фотографических пластинок 1950–1990 гг. в системе современных точных астрометрических каталогов может существенно улучшить ситуацию в этом направлении.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Minor Planet & Comet Ephemeris Service*. URL: <http://www.minorplanetcenter.net/iau/MPEph/MPEph.html>.
2. Roeser S., Bastian U. PPM (Positions and Proper Motions) North Star Catalogue. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*. 1988. No. 74. C. 449–451.
3. Monet D.G. The 526,280,881 Objects In The USNO-A2.0 Catalog. *Bulletin of the American Astronomical Society*. 1998. No. 30. C. 1427.
4. Monet D.G., Levine S.E., Canzian B., Ables Harold D., Bird Alan R., Dahn Conard C., Guetter Harry H., Harris Hugh C., Henden Arne A., Leggett Sandy K., Levison Harold F., Luginbuhl Christian B., Martini Joan, Monet Alice K.B., Munn Jeffrey A., Pier Jeffrey R., Rhodes Albert R., Riepe Betty, Sell Stephen, Stone Ronald C., Vrba Frederick J., Walker Richard L., Westerhout Gart, Brucato Robert J., Reid I. Neill, Schoening William, Hartley M., Read M.A., Tritton S.B. The USNO-B Catalog. *The Astronomical Journal*. 2003. No. 125. C. 984–993.
5. Silva Neto, da D.N., Andrei A., Assafin M., Vieira M.R. Investigation on the southern part of the high density astrometric catalogs USNO B1.0, 2MASS and UCAC2. *Astronomy and Astrophysics*. 2005. No. 429. C. 739–745.
6. Zacharias N., Finch C., Girard T., Henden A., Bartlett J.L., Monet D.G., Zacharias M.I. The Fourth US Naval Observatory CCD Astrograph Catalog (UCAC4). *The Astronomical Journal*. 2013. No. 145. C. 44–58.
7. Carpino M., Milani A., Chesley S. Error statistics of asteroid optical astrometric observations. *Icarus*. 2003. No. 166. C. 248–270.
8. Chesley S.R., Baer J., Monet D.G. Treatment of star catalog biases in asteroid astrometric observations. *Icarus*. 2010. No. 210. C. 158–181.
9. Monet D. *USNO A-1.0 a catalog of astrometric standards* Variant title *USNO A-V1.0*. Publisher: Washington, DC U.S. Naval Observatory (USNO), 1996 Physical description 10 CD-ROMs. URL: <http://archive.eso.org/skycat/usno.html>.
10. Zacharias N., Urban S., Zacharias M., Wycoff G.L., Hall D.M., Monet D.G., Rafferty T.J. The Second US Naval Observatory CCD Astrograph Catalog (UCAC2). *The Astronomical Journal*. 2004. No. 127. C. 3043–3059.
11. Høg E., Fabricius C., Makarov V.V., Urban S., Corbin T., Wycoff G., Bastian U., Schwekendiek P., Wicenc A. The Tycho-2 catalogue of the 2.5 million brightest stars. *Astron. Astrophys.* 2000. No. 355. C. L27–30.
12. Skrutskie M., Cutri R., Stiening R., Weinberg M.D., Schneider S., Carpenter J.M., Beichman, C., Capps R., Chester T., Elias J., Huchra J., Liebert J., Lonsdale C., Monet D.G., Price S., Seitzer P., Jarrett T., Kirkpatrick J.D., Gizis J.E., Howard E., Evans, T., Fowler, J., Fullmer, L., Hurt, R., Light, R., Kopan, E.L., Marsh, K.A., McCallon H.L., Tam R., Van Dyk S., Wheelock S. The Two Micron All Sky Survey (2MASS). *The Astronomical Journal*. 2006. No. 131. C. 1163–1183.
13. Milani A., Knežević Z., Farnocchia D., Bernardi Fabrizio, Jedicke Robert, Denneau Larry, Wainscoat Richard J., Burgett William, Grav Tommy, Kaiser Nick, Magnier Eugene, Price Paul A. Identification of known objects in Solar System surveys. *Icarus*. 2012. No. 220. C. 114–123.
14. Farnocchia D., Chesley S.R., Chamberlin A.B., Tholen D.J. Star catalog position and proper motion corrections in asteroid astrometry. *Icarus*. 2015. No. 245. C. 94–111.
15. Roeser S., Demleitner M., Schilbach E. The PPMXL catalog of positions and proper motions on the ICRS. Combining USNO-B1.0 and the two Micron All Sky Survey (2MASS). *The Astronomical Journal*. 2010. No. 139. C. 2440–2447.
16. *AstDyS-2 Asteroid Dynamic Site*. URL: <http://hamilton.dm.unipi.it/~astdys2/mpcobs/sites/B17.rwo>.
17. Batrakov Y., Chernetenko Y., Gorel G., Gudkova L. Hipparcos catalogue orientation as obtained from observations of minor planets. *Astronomy and Astrophysics*. 1999. No. 352. C. 703–711.
18. Lasker B., Sturch C., McLean B., Russell Jane L., Jenkner Helmut, Shara Michael M. The Guide Star Catalog. I. Astronomical foundations and image processing. *Astronomical Journal*. 1990. No. 99. C. 2019–2058, 2173–2178.

## REFERENCES

1. *Minor Planet & Comet Ephemeris Service* [Electronic resource] <http://www.minorplanetcenter.net/iau/MPEph/MPEph.html>.
2. Roeser S., Bastian U. PPM (Positions and Proper Motions) North Star. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*. 1988. 74: 449–451.
3. Monet D. The 526,280,881 Objects In The USNO-A2.0. *Bulletin of the American Astronomical Society*. 1998. No. 30: 1427.
4. Monet David G., Levine Stephen E., Canzian Blaise, Ables Harold D., Bird Alan R., Dahn Conard C., Guetter Harry H., Harris Hugh C., Henden Arne A., Leggett Sandy K., Levison Harold F., Luginbuhl Christian B., Martini Joan, Monet Alice K.B., Munn Jeffrey A., Pier Jeffrey R., Rhodes Albert R., Riepe Betty, Sell Stephen, Stone Ronald C., Vrba Frederick J., Walker Richard L., Westerhout Gart, Brucato Robert J., Reid I. Neill, Schoening William, Hartley M., Read M.A., Tritton S.B. The USNO-B Catalog. *The Astron. J.* 125: 984–993.
5. Silva Neto da D.N., Andrei A., Assafin M., Vieira M.R. Investigation on the southern part of the high density astrometric catalogs USNO B1.0, 2MASS and UCAC2. *Astronomy and Astrophysics*. 2005. No. 429: 739–745.
6. Zacharias N., Finch C., Girard T. et al. The Fourth US Naval Observatory CCD Astrograph Catalog (UCAC4). *The Astronomical Journal*. 2013. 145. 2: art. id. 44, pp. 14.

7. Carpio M. Error statistics of asteroid optical astrometric observations. *Icarus*. 2003, 166: 248–270.
8. Chesley S.R., J. Baer, D.G. Monet Treatment of star catalog biases in asteroid astrometric observations. *Icarus*. 2010, 210: 158–181.
9. Monet D. *USNO A-1.0 a catalog of astrometric standards* Variant title *USNO A-V1.0*. Publisher: Washington, DC U.S. Naval Observatory (USNO), 1996 Physical description 10 CD-ROMs. <http://archive.eso.org/skycat/usno.html>
10. Zacharias N., Urban S.E., Zacharias M.I., Wycoff G.L., Hall D.M., Monet D.G., Rafferty T.J. The Second US Naval Observatory CCD Astrograph Catalog (UCAC2). *The Astronomical Journal*. 2004. 127: 3043–3059.
11. Høg E., Fabricius C., Makarov V.V., Urban S., Corbin T., Wycoff G., Bastian U., Schwekendiek P., Wicenec A. The Tycho-2 catalogue of the 2.5 million brightest stars. *Astron. Astrophys.* 2000. 355: L27–30.
12. Skrutskie M., Cutri R., Stiening R., Weinberg M.D., Schneider S., Carpenter J.M., Beichman, C., Capps R., Chester T., Elias J., Huchra J., Liebert J., Lonsdale C., Monet D.G., Pricce S., Seitzer P., Jarrett T., Kirkpatrick J.D., Gizis J.E., Howard E., Evans, T., Fowler, J., Fullmer, L., Hurt, R., Light, R., Kopan, E.L., Marsh, K.A., McCallon H.L., Tam R., Van Dyk S., Wheelock S. The Two Micron All Sky Survey (2MASS). *The Astronomical Journal*. 2006. 131: 1163–1183.
13. Milani A., Knežević Z., Farnocchia D., Bernardi Fabrizio, Jedicke Robert, Denneau Larry, Wainscoat Richard J., Burgett William, Grav Tommy, Kaiser Nick, Magnier Eugene, Price Paul. Identification of known objects in Solar System surveys. *Icarus*. 2012. 220: 114–123.
14. Farnocchia D., Chesley S.R., Chamberlin A.B., Tholen D.J. Star catalog position and proper motion corrections in asteroid astrometry. *Icarus*. 2015. 245: 94–111.
15. Roeser S., Demleitner M., Schilbach E. The PPMXL catalog of positions and proper motions on the ICRS. Combining USNO-B1.0 and the two Micron All Sky Survey (2MASS). *The Astronomical Journal*. 2010. 139: 2440–2447.
16. *AstDys-2 Asteroid Dynamic Site*. <http://hamilton.dm.unipi.it/~astdys2/mpcobs/sites/B17.rwo>
17. Batrakov Y., Chernetenko Y., Gorel G., Gudkova L. Hipparcos catalogue orientation as obtained from observations of minor planets. *Astronomy and Astrophysics*. 1999. 352: 703–711.
18. Lasker B., Sturch C., McLean B., Russell Jane L., Jenkner Helmut, Shara Michael M. The Guide Star Catalog. I. Astronomical foundations and image processing. *Astronomical Journal*. 1990. 99: 2019–2058, 2173–2178.

N.V. Maigurova<sup>1</sup>,  
Yu.A. Chernetenko<sup>2</sup>, V.F. Kryuchkovskiy<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Research Institute «Mykolaiv Astronomical Observatory»,  
1, Observatorna Str., Mykolaiv, 54030, Ukraine,  
tel. +38 (0512) 56-40-40

<sup>2</sup>Institute of Applied Astronomy, Russian Academy  
of Sciences, Sankt-Peterburg, Russia

#### EFFECT OF THE REFERENCE CATALOG SYSTEM ON THE ASTEROID POSITIONS IN THE MPC DATABASE

The results of analysis of the selected MPC asteroid positions are presented. Systematic errors in star positions, arising through the use of different reference catalogs, and astrometric weighting problems are discussed using observations of the 12 selected asteroids. The observational series for these asteroids include 30-year period obtained with Mykolaiv Zone Astrograph during 1960–1990. The analysis of the residuals  $(O-C)_{RA,Dec}$  of the selected asteroids has been performed.

*Keywords:* asteroids, optical position observations, reference catalogs, astronomical database.

Н.В. Майгурова<sup>1</sup>,  
Ю.А. Чернетенко<sup>2</sup>, В.Ф. Крючковський<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Науково-дослідний інститут  
«Миколаївська астрономічна обсерваторія»,  
вул. Обсерваторна, 1, Миколаїв, 54030, Україна,  
тел. : +38 (0512) 56-40-40

<sup>2</sup> Інститут прикладної астрономії РАН,  
наб. Кутузова, 10, Санкт-Петербург, Росія

#### ВПЛИВ СИСТЕМИ ОПОРНИХ КАТАЛОГІВ НА ПОЛОЖЕННЯ АСТЕРОЇДІВ У БАЗІ ДАНИХ MPC

Наведені результати аналізу положень вибраних астероїдів з бази даних MPC. На прикладі рядів спостережень 12-и обраних астероїдів досліджуються систематичні похибки в положеннях об'єктів, що виникають через використання різних опорних каталогів, і проблема призначення вагових коефіцієнтів окремим спостереженням. Масиви положень обраних астероїдів також включають 30-річний період спостережень цих об'єктів, отриманий на Миколаївському зонному астрографі в 1960–1990 рр. Виконано аналіз залишкових різниць  $(O-C)_{RA,Dec}$  обраних астероїдів.

*Ключові слова:* астероїди, позиційні оптичні спостереження, опорні каталоги, астрономічні бази даних.

Стаття надійшла до редакції 21.11.16