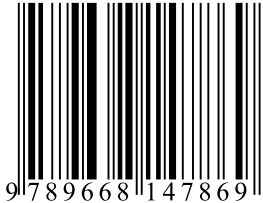




ИЗУЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ
ОКОЛОЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА
И МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

ISBN 966-8147-86-3

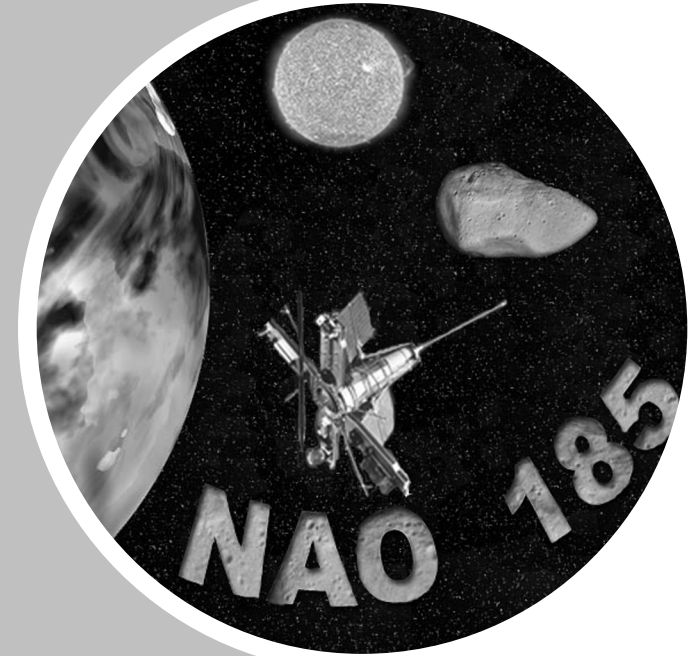


9 789668 147869

НАО

ИЗУЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ОКОЛОЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА
И МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Министерство образования
и науки Украины
НИИ «Николаевская
астрономическая
обсерватория»



**ИЗУЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ
ОКОЛОЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА
И МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ**

The deep CdC plates taken for the CdC sky atlas have also been considered as a material — with respect of age and sky coverage — which is well suited for the determination of proper motions of the stellar clusters in [8]. The digitized Paris CdC plates were used to determine the proper motions of 2,220 stars in the field of the open cluster NGC 1647 with an astrometric accuracy, which ranges from 100 to 200 mas.

The potential of the CdC plates for discoveries of quick brightness changes (time scales up to 20 minutes and flare amplitudes larger than 0.5 mag) in stars with brightness in the photographic range 10—14 was investigated in [9].

The CdC plates were also used in investigations of the differential rotation in the galactic plane up to 500 pc from the Sun [10–11].

Acknowledgements

This work is supported by the bilateral cooperation between the Bulgarian Academy of Sciences and the National Academy of Sciences of Ukraine. The authors acknowledge support and hospitality of the Nikolaev Observatory.

REFERENCES

1. *Tsvetkov M.* 1992, IAU WGWI Newsletter, 2, p. 51.
2. *Tsvetkov M.* 2006, in *Virtual Observatory: Plate Content Digitization, Archive Mining and Image Sequence Processing*, Sofia, Eds. M. Tsvetkov, V. Golev, F. Murtagh, R. Molina, Heron Press, Sofia, Bulgaria, ISBN-10: 954-580-190-5, p. 10—41.
3. *Tsvetkova K., Tsvetkov M.* 2006, in *Virtual Observatory: Plate Content Digitization, Archive Mining and Image Sequence Processing*, Sofia, Eds. M. Tsvetkov, V. Golev, F. Murtagh, R. Molina, Heron Press, Sofia, Bulgaria, ISBN-10: 954-580-190-5, p. 45—53.
4. *Johnson J., Winn J., Rampazzi F., Barbieri C., Mito H., Tarusawa K., Tsvetkov M., Borissova A., Meusinger H.* 2005, *AJ*, vol. 129, p. 1978.
5. *Aspin C., Barbieri C., Boschi F., Di Mille F., Rampazzi F., Reipurth B., Tsvetkov M.* 2006, *AJ*, vol. 132, p. 1298.
6. *Rapaport M., Ducourant C., Le Campion J.F., Fresneau A., Argyle R.W., Soubiran C., Teixeira R., Camargo J.I.B., Colin J., Daigne G., Perie J.P., Requieme Y.* 2006, *A&A*, vol. 449, p. 435.
7. *Ducourant C., Le Campion J.F., Rapaport M., Camargo J.I.B., Soubiran C., Perie J.P., Teixeira R., Daigne G., Triaud A., Requieme Y., Fresneau A., Colin J.* 2006, *A&A*, vol. 448, p. 1235.
8. *Geffert M., Bonnefond P., Maintz G., Guilbert J.* 1996, *A&A Suppl. Ser.*, vol. 118, p. 277.
9. *Fresneau A., Argyle R., Marino G., Messina S.* 2001, *AJ*, vol. 121, p. 517.
10. *Fresneau A., Vaughan A.E., Argyle R.W.* 2003, *AJ*, vol. 125, p. 1519.
11. *Fresneau A., Vaughan A.E., Argyle R.W.* 2005, *AJ*, vol. 130, p. 2701.

КАТАЛОГ ОПОРНЫХ ЗВЕЗД ДЛЯ ПОЗИЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ РАДИОИСТОЧНИКОВ СЕВЕРНОГО НЕБА

В. Рьльков¹, Н. Нарижная¹, А. Дементьева¹, Г. Пинигин², Н. Майгурова², Ю. Процюк²

1) Главная (Пулковская) Астрономическая обсерватория РАН, Россия (vryl@gao.spb.ru)

2) Николаевская Астрономическая обсерватория, Украина

THE CATALOGUE OF REFERENCE STARS FOR OBSERVATION OF EXTRAGALACTIC RADIO SOURCES IN THE NORTHERN SKY. *V. Ryl'kov, N. Narizhnaja, A. Dement'eva, G. Pinigin, N. Maigurova, Yu. Protsyuk* — Compiled catalogue of more than 13,000 reference stars of 10-16 magnitude was obtained for 190 fields with centers in extragalactic radio sources (ERS) in the Northern sky for realization of optical CCD-observations of faint astrometric ERS with the purpose of their link to VLBI-observations. Some differential catalogues of reference stars around ERS obtained from photographic and CCD-observations by different observatories were considered. Photographic observations of 74 ERS fields were made in Pulkovo Observatory, around 115 ERS in the observatory of Kiev University, around 188 ERS in Romanian National Observatory in Bucharest. 208 fields around ERS were obtained in Nikolaev observatory at the telescope with CCD-camera. Comparisons were made for positions of common stars of the compiled catalogue with the similar ones from the UCAC2 and from the CMC13 catalogues. The mean external accuracy is about 0".05-0".08 for majority of chosen fields of the compiled catalogue. The internal accuracy of positions on both coordinates is not worse 0".10. Each position of star in the compiled catalogue is given: the epoch and equinox J2000.0 for stars with proper motions chosen from UCAC2, the rest positions are given at the epoch of observation.

1. Введение

В настоящее время фундаментальная астрометрическая система координат (ICRF-The International Celestial Reference Frame) определена VLBI положениями около 600 компактных внегалактических радиоисточников, причем 212 из них определяют саму систему. Они наблюдаются радиоинтерферометрическими методами (VLBI) с точностью до нескольких mas и не смещаются на небесной сфере за десятилетия наблюдений. Координаты астрометрических радиоисточников с достигнутой в настоящее время точностью в радиоастрометрии приведены в подробном исследовании С. Ма, et al. [1]. В силу объективно сложившихся обстоятельств базовыми основами наземной астрономии вплоть до конца XX века были фундаментальные астрономические системы (FK4, FK5), полученные из оптических меридианных астрометрических наблюдений с земной поверхности.

Для установления связи оптической и радио астрометрических систем координат очень важно наблюдать одни и те же объекты в обоих диапазонах. Решение этой задачи в оптике возможно только с помощью телескопов, оснащенных CCD-приемниками, из-за исключительно малой яркости большинства ERS из основного списка. Трудность состоит еще

и в том, что при редукции астрометрических координат переход от ярких опорных звезд к слабым осуществляется через 8—10 звездных величин с помощью двухступенчатой привязки. Возникла необходимость создания первичной высокоточной системы слабых опорных звезд (13—18^m) вокруг внегалактических радиисточников. Сейчас выполняется много работ по созданию такой системы опорных звезд вблизи астрометрических внегалактических радиисточников (ERS) [2,3,4], основное назначение которых дать возможность прямого наблюдения ERS в оптическом диапазоне с достаточной точностью без многоступенчатой астрометрической привязки при редукции от ярких опорных звезд к слабым определяемым объектам.

2. Наблюдения

В наше распоряжение авторами были предоставлены четыре оригинальных каталога звезд, полученных специально для будущих наблюдений слабых ERS с помощью CCD-детекторов [3]. Три из них получены фотографическим путем на телескопах-астрографах, один на аксиальном меридианном круге (AMK) с CCD-матрицей.

Pul ERS. Фотографические наблюдения 74 полей с ERS северного неба (обработано 35) выполнены на Нормальном астрографе (330/3464) Пулковской обсерватории в 90-е годы прошлого столетия. Общее число звезд в 35 каталогах около 4500. Звезды расположены в поле радиуса до 15—20' вокруг ERS.

PIRS-K — Kiev (Photographic Intermediate Reference Stars) Catalogue. Наблюдения были проведены в обсерватории Киевского университета на астрографе (200/4126) — 115 полей с ERS (2875 звезд). Получилось в среднем 25 опорных звезд в поле диаметром 1° вблизи ERS.

PIRS-B — Bucharest. Наблюдения проводились в Румынской национальной обсерватории в Бухаресте на двойном астрографе (380/600) с использованием полей в 60'. За 1990-е было снято 188 полей с ERS (около 4700 звезд).

AMC1B. CCD-наблюдения 208 полей с ERS выполнены на аксиальном меридианном круге Николаевской обсерватории — AMC (180/2480). Угловые размеры поля ($\alpha \times \delta$) — 60×24'. Было получено 157 полей (более 14000 звезд). В настоящее время каталог AMC (новое название — AMC1) был переработан с использованием каталога UCAC2 в качестве опорного.

Все четыре каталога наблюдались примерно на одну и ту же эпоху. Для того чтобы повысить точность положений звезд и их плотность вокруг ERS, решено было объединить эти четыре каталога в один. Поскольку они были получены на разных телескопах и с помощью различной регистрирующей техники, следовало перевести их на единую эпоху и проанализировать систематические разности координат у общих звезд.

Для значительной части звезд сводного каталога собственные движения были взяты из каталога 48 млн. положений и собственных движений звезд UCAC2 (USNO CCD Astrograph Catalog — N. Zacharias,

nz@usno.navy.mil). Понятно, что рассматриваемые четыре каталога имеют разную значимость, т.е. разные веса при включении в сводный каталог. Число положений звезды в исходном каталоге было принято за ее вес. Каталог Николаевской обсерватории имеет наибольшее число измерений звезд: от 1 до 6 для каждого поля, второй по значимости каталог Пулковской обсерватории: от 3 до 5 пластинок на отдельные поля. Остальные содержат по одному измерению каждого поля звезд.

3. Формирование сводного каталога

Для выявления систематических разностей было проведено сравнение девяти общих полей каталогов AMC1 и PulERS, т.к. они содержат наибольшее число совпадающих звезд. Положения звезд в каталогах были переведены на эпоху J2000.0, и для совпадающих звезд были вычислены их разности координат. Для того чтобы получить систематические ошибки, нами было выполнено сравнение около 1000 звезд в 9 полях, общих для трех каталогов (AMC, Pul ERS, UCAC2).

При сравнении AMC и Pul ERS было отмечено наличие практически для всех 9 полей отрицательной составляющей по склонению. В прямом восхождении тоже обнаружились значимые расхождения, но для разных полей разных знаков. Было выполнено сравнение положений совпадающих звезд в исходных каталогах и со звездами каталога UCAC2. В исходных каталогах исключены звезды с большими расхождениями в положениях, кроме этого в каталогах Николаевской обсерватории авторами переработаны и исключены все сомнительные наблюдения. В результате число полей и соответственно число звезд в последней версии Николаевского каталога AMC1B уменьшилось до 132.

Путем взаимного отождествления и выявления совпадающих звезд в каталогах были усреднены и включены в сводный каталог 9245 звезд для 159 полей вблизи ERS, имеющих собственные движения из UCAC2 (для северных склонений до +45÷50°), а также положения более 4500 звезд, полученные из объединяемых каталогов, не имеющих собственных движений (для склонений более +50°).

Стандартные ошибки редукции фотографических положений исходных каталогов составляют 150÷250 mas. В среднем точность координат звезд, полученных фотографическим методом, составляет 50÷100 mas. Точность положений, полученных из CCD-наблюдений в Николаеве, составляет 100 mas. Ошибка среднего для звезд в сводном каталоге достигает 100 mas по обоим координатам. Все звезды, которые имеют собственные движения из каталога UCAC2, приводятся в системе ICRF и переведены на эпоху и равноденствие J2000, для остальных приведены положения на эпоху наблюдения в эпоху равноденствия J2000.

Таким образом, для 191 поля квадрата стороной до 30 угловых минут с внегалактическими радиисточниками ICRF нами получен каталог положений более 13500 опорных звезд. На сегодняшний момент каталог неравномерен — довольно много полей содержит мало звезд. Это в основном

поля, которые не входили в программы наблюдений в Пулковке и Николаеве. Они будут расширены наблюдениями в следующие годы.

4. Положения ERS

Выбирая 23 ERS из наблюдений программы Pul ERS для обработки, предполагалось получить положения самих радиоисточников, т.к. они имеют звездную величину ярче 17^m [5]. Однако только 13 из них были получены при наблюдениях на Пулковском Нормальном астрографе с экспозицией 20—30 минут.

Координаты 13 ERS были получены по 25—50 опорным звездам каталогов PPM, CMC) и Tycho-2 (табл. 1). Стандартные ошибки редукции по каталогу Tycho2 в 1.5 раза меньше, чем по каталогам PPM и CMC. Разности между оптическими по двум каталогам и радио положениями, полученными VLBI-методами, приводятся в табл. 1. Следует отметить, что разности довольно значительные как для положений, полученных по CMC, так и по Tycho.

Таблица 1. Положения 13 ERS в системе ICRF J2000 и разности оптических положений по опорным каталогам Tycho и CMC относительно VLBI-положений ERS

Имя ERS	Star Magnitude	RA		DE		(O - C)				
						Tycho		CMC		
0316+413	15.1	3 ^h	19 ^m	48°.165	41° 30'	41".88	0".06	-0".23	-0".008	-0".09
0716+714	13.2	7	21	53.428	71 20	36.32	-0.09	-0.12	-0.040	0.04
0836+710	16.5	8	41	24.361	70 53	42.02	-0.03	-0.16	-0.002	-0.02
1418+546	14.5	14	19	46.613	54 23	14.97	0.14	0.19	0.017	0.21
1435+638	15.0	14	36	45.913	63 36	38.19	0.75	0.33	0.104	0.32
1641+399	16.3	16	42	58.800	39 48	37.52	-0.12	0.53	-0.009	0.60
1652+398	14.0	16	53	52.216	39 45	36.90	-0.12	0.45	-0.014	0.58
1749+701	16.5	17	48	32.864	70 05	50.68	0.14	-0.09	0.022	-0.06
1807+698	14.2	18	06	50.744	69 49	28.16	0.33	0.05	0.055	0.02
1803+784	16.4	18	00	45.764	78 28	04.10	0.29	0.10	0.079	0.12
1928+738	15.5	19	27	48.544	73 58	01.52	0.23	-0.03	0.066	-0.01
2201+315	14.5	22	03	15.009	31 45	38.65	0.53	0.36	0.037	0.44
2200+420	14.0	22	02	43.314	42 16	40.19	0.26	0.21	0.011	0.30

5. Сравнение с UCAC2 и CMC13

Необходимо сравнить наши каталоги для каждого поля с другими независимыми каталогами. Для сравнения положений звезд нами были выбраны два современных каталога, содержащих большое количество звезд:

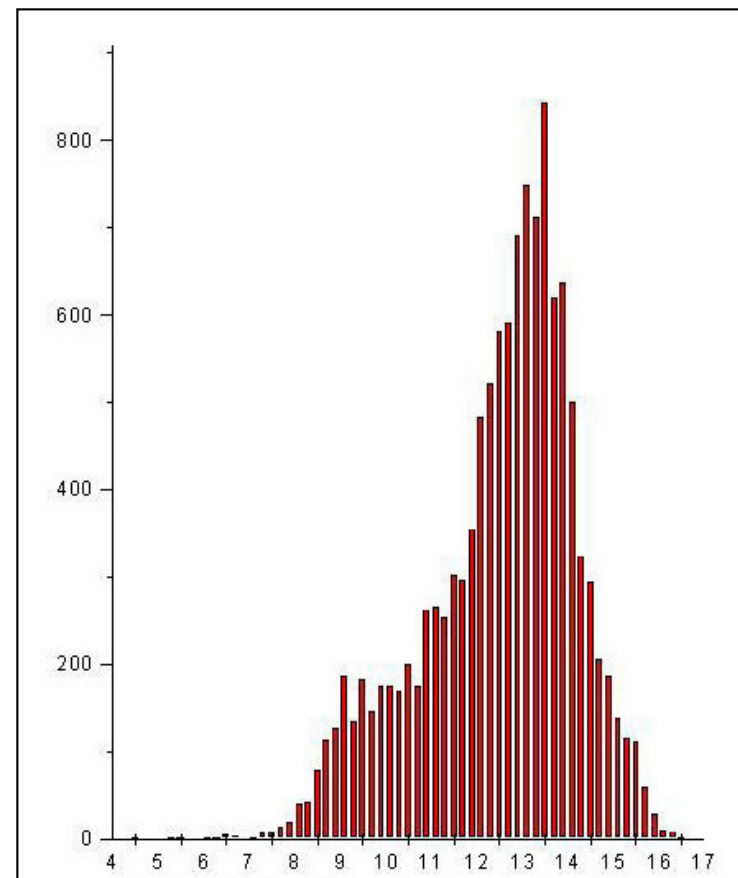


Рис. 1. Распределение звезд каталога по звездным величинам

1 — UCAC2, который охватывает звезды до 16—18 mag до склонений $+40^{\circ}$ до $+50^{\circ}$,

2 — CMC13 для звезд от -3.2° до $+30.2^{\circ}$ по DE.

Для проверки точности сводного каталога мы выбрали десять полей в склонении от 0° до $+30^{\circ}$. Число звезд для каждого поля сводного каталога и число совпадающих звезд с CMC13 и UCAC2 составляет от 30 до 230. Следует отметить, что систематические разности в RA не превышают 100 mas, а для нескольких полей в DE они больше 150 mas. Достаточно подроб-

но исследование ошибок для выбранных полей изложено в работе авторов [6]. Если учесть, что сами каталоги сравнения (СМС13 и UCAC2) имеют внутренние и внешние ошибки 50—100 mas для звезд 12—16 звездной величины, то наш сводный каталог вполне вписывается в эти точностные границы. В [6] также приведено число полученных опорных звезд для каждого поля ERS.

Следует отметить, что количество звезд в большинстве избранных полей больше, чем в каталогах сравнения. Распределение части звезд (~80%, более чем 10000 звезд) сводного каталога по звездной величине показано на рис. 1.

Предварительная версия сводного каталога для 191 поля с ERS находится на CD в Лаборатории Астрометрии и Звездной Астрономии ГАО. При повторных наблюдениях этих полей с ERS, определяющих квазинерциальную систему координат ICRF, они могут служить хорошими астрометрическими стандартами. Пока CCD-детекторы имеют небольшие поля для позиционных наблюдений, нет необходимости увеличивать размеры полей с опорными звездами. Площадки размером 20—30 arcsec являются оптимальными для высокоточных позиционных CCD-наблюдений.

Опорные звезды 13—16 звездной величины позволяют получать положения наблюдаемых ICRF ERS при редукции координат с одноступенчатой привязкой. Эти наблюдения позволяют отслеживать смещение принятой инерциальной системы координат со временем. Однако для повышения точности положений самих ICRF ERS необходимо расширять диапазон опорных звезд в сторону слабых звезд.

6. Формат каталога

Предварительный вариант сводного каталога формируется нами в следующем формате — на каждую звезду отводится 92 позиции. Сами координаты приводятся в градусах и дополнительно в целом формате без пробелов (RA – ЧЧММССДДД, DE — ГГММССДД) в системе ICRF (опорный каталог Tycho-2) на эпоху равноденствия J2000.0. Значение эпохи наблюдения дается как для RA, так и для DE, так как они могут быть получены в разные эпохи наблюдений. Большая часть положений в каталоге приведена на эпоху и равноденствие J2000.0 с помощью выбранных из UCAC2 собственных движений.

Позиции формата:

- 1 – 5 — I5, номер звезды по данному каталогу;
- 16 – 10 — F5.2, звездная величина, если она есть (по UCAC или найдена наблюдателем);
- 11 – 23 — F13.8, RA в градусах в системе ICRF для равноденствия J2000.0;
- 24 – 32 — F9.3, эпоха наблюдения RA;
- 33 – 35 — I3, эпоха наблюдения RA;

- 36 – 41 — F6.1, собственное движение по RA mas/year (без cos δ);
- 42 – 54 — F13.8, в градусах в системе ICRF для равноденствия J2000.0;
- 55 – 63 — F9.3, эпоха наблюдения DE;
- 64 – 66 — I3, число измерений, использованных для получения DE;
- 67 – 72 — F6.1, собственное движение по DE — mas/year;
- 73 – 82 — I10, RA звезды в целом формате ЧЧММССДДД;
- 83 – 92 — I10, DE звезды в целом формате \pm ГГММССДД.

ЛИТЕРАТУРА

1. C. Ma, E.F. Arias, T.M. Eubanks, et al, 1998, A.J., vol. 116, p. 516—546
2. C. de Vegt, R. Hindsley, N. Zacharias, and L. Winter, 2001, A.J., vol. 121, p. 2815—2818
3. Y. Babenko, A. Danil'tsev, N. Maigurova, et al, 2003, Romanian Astronomical Journal, vol.13, № 1, p. 77—81
4. V. Ryl'kov, A. Dement'eva, N. Narizhnaya, G. Pinigin, N. Maigurova, Yu. Protsyuk, G. Bocsa, P. Popescu, V. Kleschenok, 2005, Kinematics and Physics of Celestial Bodies, Suppl. Ser., № 5, p. 328—332.
5. А.А. Дементьева, 2000, Известия ГАО в Пулкове, № 214, с. 227—231
6. В.П. Рыльков, А.А. Дементьева, Н.В. Нарижная, Г.И. Пинигин, Н.В. Майгурова, Процюк Ю.И., 2006, Известия ГАО в Пулкове, № 218, с.126—134

ПУЛКОВСКИЙ КАТАЛОГ ОПОРНЫХ ЗВЕЗД ДЛЯ ПЗС-НАБЛЮДЕНИЙ ГАЛАКТИЧЕСКИХ РАДИОЗВЕЗД СЕВЕРНОГО НЕБА

В.П. Рыльков, Н.В. Нарижная
ГАО РАН, Россия (vryl@gao.spb.ru)

PULKOVO CATALOGUE OF REFERENCE STARS FOR CCD-OBSERVATIONS OF GALACTIC RADIO SOURCES IN THE NORTHERN SKY.
V.P. Ryl'kov, N.V. Narizhnaya — The program Pul GRS of photographic observation of 116 galactic radio stars (GRS) with declination up to -10 degree began with Pulkovo Normal Astrograph (33/346) in autumn 1994. Was proposed to get photographic coordinates of galactic radio sources and create the reference system of stars in the their vicinity. The galactic radio stars can be frames for the determination of link between the reference coordinate set, based on optical observations, and VLBI-observations of astrometric extragalactic radio sources. The number of reference stars in each field is provided. Coordinates of 63 radio stars are obtained in the range from 2.4 to 12 mag. The internal accuracy of positions of radio stars is in the range $0''.02-0''.12$. Comparison