

УДК 524.7

**В. П. Рыльков¹, Н. В. Нарижная¹, А. А. Дементьева¹,
Г. И. Пинигин², Н. В. Майгурова², М. В. Мартынов²**

¹Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория Российской академии наук
196140 Россия, Санкт-Петербург, Пулковское шоссе 65/1
vryl@gao.spb.ru

²Научно-исследовательский институт «Николаевская астрономическая обсерватория»
Национальной академии наук Украины
54030 Николаев, ул. Обсерваторная 1
pinigin@mao.nikolaev.ua

Сводный каталог положений звезд вокруг 227 внегалактических радиисточников списка ICRF

Сводный каталог положений 21440 звезд в диапазоне блеска от 10 до 17^m создан на основе оригинальных фотографических и ПЗС-наблюдений, полученных в конце 20-го — начале 21-го века. Каталог содержит 227 полей небесной сферы с центрами во ВРИ списка ICRF в области склонений от 17 до +89 . Размер поля по склонению и прямому восхождению составляет 40 . Внутренняя точность положений по обоим координатам не превышает 0.1 . Внешняя точность каталога, полученная по результатам сравнения с каталогами UCAC2 и SMC13, находится в пределах 0.05—0.15 . Положения 10795 звезд до +50 по склонению приводятся в каталоге на эпоху и равноденствие J2000.0, для остальных — на эпоху наблюдения.

ЗВЕДЕНИЙ КАТАЛОГ ПОЛОЖЕНЬ ЗІРОК НАВКОЛО 227 ПОЗАГАЛАКТИЧНИХ ДЖЕРЕЛ СПИСКУ ICRF, Рильков В. П., Наріжна Н. В., Дементьєва А. А., Пінігін Г. І., Майгурова Н. В., Мартынов М. В. — Зведений каталог положень 21440 зірок у діапазоні блиску від 10 до 17^m був створений на основі оригінальних фотографічних та ПЗЗ-спостережень, які тривали у кінці 20-го — на початку 21-го століття. Каталог містить 227 областей небесної сфери з центрами в ПРД списку ICRF в області схилень від 17 до +89 . Розміри поля по схиленню та прямому сходженню складають 40 . Внутрішня точ-

ність положень по обох координатах не перевищує 0.1 . Зовнішня точність каталогу за результатами порівняння з каталогами UCAC2 та CMC13 складає 0.05—0.15 . Положення 10795 зірок до +50 по схиленню наведені в каталозі на епоху та рівнодення J2000.0, для інших — на епоху спостереження.

A COMPILED CATALOGUE OF REFERENCE STARS AROUND 227 ASTROMETRIC EXTRAGALACTIC RADIO SOURCES, by Ryl'kov V. P., Narizhnaya N. V., Dement'eva A. A., Pinigin G. I., Maigurova N. V., Martynov M. V. — A compiled catalogue of 21440 stars with magnitudes from 10 to 17 is prepared on the basis of original observations made from the end of the 20th to the beginning of the 21th century. The catalogue contains 227 fields of the celestial sphere around extragalactic radio sources in a declination zone from -17 to $+89$. The field size is 40 for both right ascension and declination. The internal accuracy of positions for both coordinates is not worse than 0.1 . The comparison of stellar positions with the use of the UCAC2 and CMC13 catalogues shows that the average external accuracy is about 0.05—0.15 for the majority of chosen fields of the compiled catalogue. The positions of 10795 stars up to $+50$ in declination are given at epoch J2000.0, whereas the positions of other stars are given at the epoch of an observation.

ВВЕДЕНИЕ

С 1998 г. в качестве основной реализации международной небесной опорной системы координат на небесной сфере ICRS (International Celestial Reference System) принят каталог ICRF (International Celestial Reference Frame) положений компактных внегалактических радиоисточников (ВРИ) [10]. Положения внегалактических радиоисточников получены из наблюдений радиоинтерферометрическими методами (РСДБ) с точностью до десятых долей миллисекунды дуги (мсд). За наблюдаемые промежутки времени они не показали значимых позиционных смещений на небесной сфере. В оптическом же диапазоне за основную реализацию опорной системы координат на небе принята система каталога ГИППАРКОС. Точность связи этих двух систем на среднюю эпоху наблюдений каталога ГИППАРКОС (1991.25) составила 0.25 мсд/год по оценке [8]. Последующие работы указывают на неучтенное вращение и на необходимость уточнения и контроля полученных параметров связи двух реализаций опорной системы координат [1, 5].

Каталог ГИППАРКОС содержит только яркие звезды и не может быть использован прямо для определения координат общих объектов в обоих диапазонах, так как основная часть ВРИ-списка ICRF имеет слабые звездные величины в оптической области спектра, а их наблюдения, полученные с помощью телескопов, оснащенных ПЗС-прием-

никами, имеют, как правило, малое поле зрения. Для определения положений оптических компонентов ВРИ необходимо иметь высокоточную систему слабых опорных звезд, расположенных в непосредственной близости вокруг радиоисточников.

К настоящему времени выполнено достаточно много работ по определению положений звезд в областях вокруг ВРИ-списка ICRF. Основное назначение подобных каталогов — получение положений оптических компонентов ВРИ с астрометрической точностью, причем без многоступенчатой привязки при редукации от более ярких опорных звезд к слабым радиоисточникам. В первую очередь это нижеперечисленные работы.

ERLCat — USNO, Вашингтон. Фотографические наблюдения были выполнены на двух инструментах в северном и южном полушариях с 1976 по 1991 гг. [6]. Каталог содержит положения 89422 звезд от 12 до 14^m для 398 полей вокруг ВРИ, распределенных по всей небесной сфере. Размер поля составляет 1°. В каталоге отсутствуют собственные движения звезд, поэтому его использование для редукаций современных наблюдений возможно только с использованием значений собственных движений из других каталогов.

КМАС1 — Киев. Наблюдения выполнены на Киевском меридианном аксиальном круге [9]. Каталог содержит положения и собственные движения 115032 звезд до 17^m в зоне склонений от 0 до +30° для 192 полей вокруг ВРИ в системе опорных каталогов СМС13 и УСАС2. Размер областей 46 × 24′.

ХС1 — Харьков. Каталог содержит положения и собственные движения 856421 звезды до 19^m для 255 полей, размером в 1°, вокруг ВРИ в системе опорного каталога «Тучо-2» [7]. Основан на измерениях пластинок фотографических обзоров POSS-I и POSS-II высокоточной измерительной машиной РММ. Точность положений составляет 0.05—0.15″ на среднюю эпоху наблюдений, точность собственных движений — от 0.002 до 0.005″/год.

В конце 20-го века аналогичные программы наблюдений выполнялись и на фотографических инструментах ряда обсерваторий. В силу различных причин часть наблюдений осталась необработанной. Поскольку эти фотографические наблюдения уступают по точности и плотности звезд современным ПЗС-наблюдениям, было решено объединить их в сводный каталог, дополнив доступными наблюдениями, полученными за это же время на инструментах с ПЗС-приемниками.

ВХОДНЫЕ КАТАЛОГИ

Первоначально планировалось для создания сводного каталога объединить четыре оригинальных каталога звезд, полученных специально для редукаций наблюдений слабых ВРИ телескопами с большой проникающей способностью. Три каталога были получены фотографи-

ческим путем на телескопах-астрографах, один — на инструменте, оснащённом ПЗС-приемником. Таким образом, исходным материалом для представляемого сводного каталога послужили данные нескольких каталогов.

Pul ERS — Пулково. Фотографические наблюдения выполнены на Пулковском нормальном астрографе (330/3464) в период 1991—1995 гг. Всего получено около 300 пластинок для 74 полей с внегалактическими радиоисточниками. Для 35 областей в радиусе 20' от центра ВРИ определены координаты более 5000 звезд до 17^m в зоне склонений от +10 до +89°.

PIRS-K — Киев (Kiev Photographic Intermediate Reference Stars Catalogue). Фотографические наблюдения выполнены с помощью астрографа Киевского университета (200/4126) в период 1983—1993 гг. Получены наблюдения 115 полей вокруг ВРИ, в которых вычислены положения звезд в области диаметром до 1' от ВРИ. Каталог содержит 2875 звезд в диапазоне 12—15^m.

PIRS-B — Бухарест. Фотографические наблюдения выполнены с помощью двойного астрографа Румынской национальной обсерватории в Бухаресте (380/6000) в период 1991—2000 гг. Получены наблюдения 188 полей вокруг ВРИ, в которых также вычислены положения звезд в области диаметром до 1' от ВРИ. В каталог вошли положения 4700 звезд, часть из которых наблюдалась дважды.

AMC1B — Николаев. Наблюдения с использованием ПЗС-матрицы выполнены на аксиальном меридианном круге Николаевской астрономической обсерватории (180/2500) в период 1996—1998 гг. Получены наблюдения 208 полей вокруг ВРИ. Размер поля составляет 60' по прямому восхождению и 24' по склонению. Входной каталог содержит положения 14400 звезд в системе опорного каталога UCAC2.

Другие данные. В сводный каталог также частично включены звезды в непосредственной близости от радиоисточников, полученные в рамках программы наблюдений оптических компонентов ВРИ для контроля и уточнения параметров связи оптической и радиосистем координат [11]. Наблюдения выполнены на российско-турецком телескопе РТТ150 (1500/11600; размеры полей 4' 3" и 8' 8") и телескопе Юнаньской обсерватории (1000/13250; размер поля — 6' 6"). Эти наблюдения были использованы для расширения зоны склонений и увеличения плотности звезд в непосредственной близости от радиоисточников.

Из исходных каталогов были сделаны выборки звезд в пределах наших полей, после чего были исключены объекты с большими расхождениями в положениях. Поскольку все рассматриваемые каталоги имеют разную точность, им были назначены веса при включении в сводный каталог. На данном этапе в качестве значений весов было принято число наблюдений каждой звезды, независимо от приемника излучения. Наибольшую кратность наблюдений отдельных звезд имеет каталог AMC1B Николаевской обсерватории (до шести наблюде-

ний); второй по значимости — каталог Pul ERS (от трех до пяти наблюдений).

СВОДНЫЙ КАТАЛОГ

Для объединения вышеперечисленных данных в сводный каталог было необходимо изучить разности координат одних и тех же звезд, входящих в каталоги, на предмет выявления случайных и систематических ошибок в положениях звезд, поскольку каталоги наблюдались на разных инструментах и разными методами.

Всего было обработано более 100 тысяч наблюдений звезд. Путем взаимного отождествления и выявления совпадающих звезд были усреднены и включены в сводный каталог положения 10795 звезд, имеющих собственные движения в UCAC2 [13], а также положения 10645 звезд, полученных из объединяемых каталогов и не имеющих собственных движений. Все звезды, которые имеют собственные движения (поля по склонению до $+50^\circ$), переведены на эпоху и равноденствие J2000; для остальных в каталоге приведены положения на среднюю эпоху наблюдения.

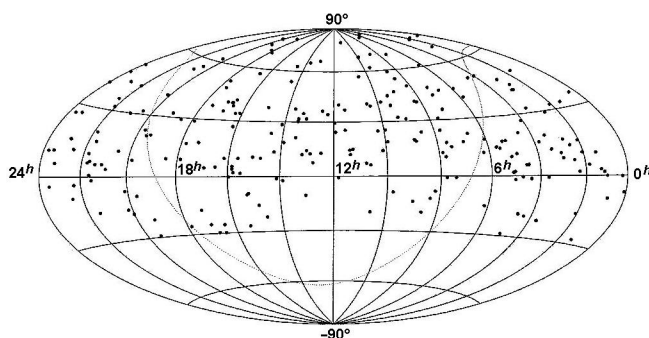
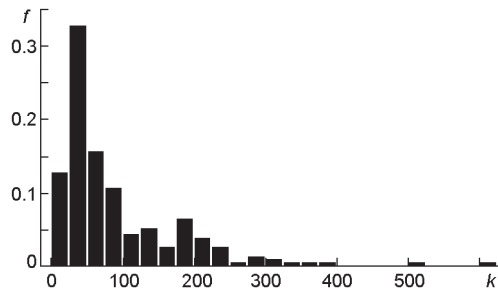


Рис. 1. Распределение 227 областей звезд с внегалактическими радиоисточниками по небесной сфере

Таким образом, для 227 прямоугольных полей вокруг внегалактических радиоисточников списка ICRF получен каталог положений 21440 звезд. Размер поля по склонению и прямому восхождению составляет 40° . Распределение полей опорных звезд — с центром во ВРИ — на небесной сфере в экваториальной системе координат в проекции Хаммера — Айтофа приведено на рис. 1.

Количество k звезд, содержащееся в отдельном поле вокруг ВРИ, находится в пределах от 3 до 623 (в среднем 91 звезда в поле). Гистограмма распределения полей по количеству звезд приведена на рис. 2. Следует отметить, что поля, которые не входили в программы наблю-

Рис. 2. Распределение относительного количества f полей сводного каталога по количеству k звезд в каждом поле



дений в Пулково и Николаеве, имеют очень маленькую плотность звезд (до 25 звезд в поле диаметром 1).

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛОГА

Средние значения отклонений $O - C$ — разности наших значений и значений из каталога UCAC2 — для общих звезд в 186 полях вокруг радиоисточников составляют 0.018 ± 0.006 и 0.023 ± 0.004 для прямого восхождения и склонения соответственно. Гистограммы распределения значений $O - C$ и их ошибок приведены на рис. 3. Для нескольких областей обнаружено наличие больших остаточных систематических отклонений по прямому восхождению и склонению. Аналогичные результаты были получены и ранее при сравнении положений общих звезд из 10 полей с каталогом СМС13 [2, 4, 12]. Ход систематических усредненных отклонений $O - C$ по прямому восхождению и склонению вместе со значениями разностей $O - C$ для отдельных полей сводного каталога представлен на рис. 4. Заметим, что для многих областей средние значения отклонений как по прямому восхождению, так и по склонению, достигают 0.15 . Однако, если эти отклонения в системе прямых восхождений носят (чаще всего) случайный характер и не образуют для близлежащих областей звезд систематических отклонений одного знака и одного порядка величин, то для системы склонений можно отметить наличие отрицательной составляющей

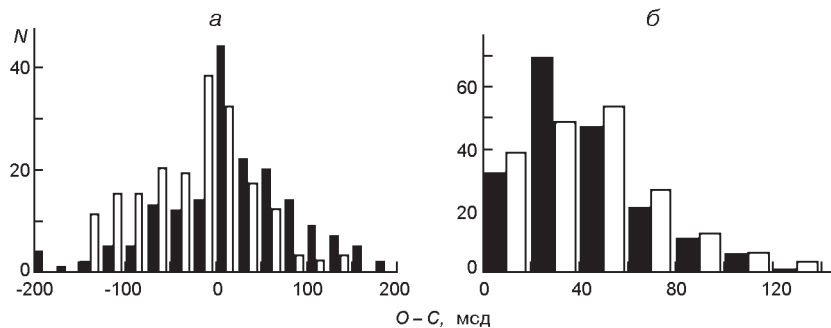


Рис. 3. Гистограмма распределения систематических разностей $O - C$ и их средних квадратичных ошибок по прямому восхождению и склонению для полей сводного каталога (темные столбцы — прямое восхождение, светлые — склонение)

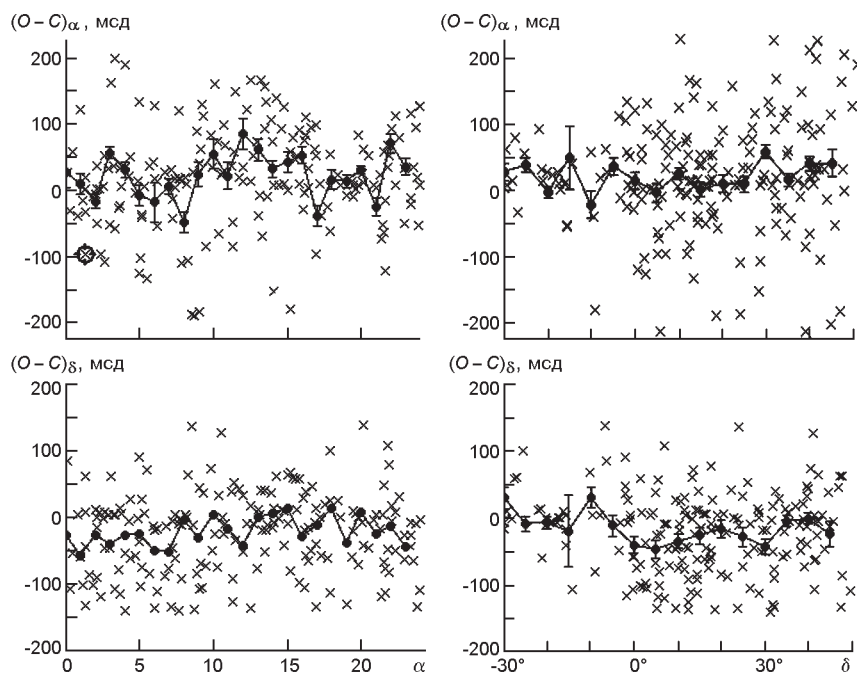


Рис. 4. Ход систематических усредненных разностей $O - C$ по прямому восхождению и склонению для полей сводного каталога в зависимости от прямого восхождения и склонения (крестиками приведены значения $O - C$ для отдельных полей сводного каталога)

порядка 0.05 в средних значениях разностей почти для половины полей.

Значение «внешней» ошибки, полученное по общим с каталогом UCAC2 звездам, находится в диапазоне 0.05—0.15 для обеих координат. Внутренняя точность вычисляемых координат при усреднении положений звезд поля не хуже 0.1 .

Несмотря на то, что появление таких астрометрических обзоров неба, как UCAC2, UCAC3, SMC14 и других, на сегодняшний день позволяет иметь достаточно плотную систему опорных звезд с высокой точностью положений, привлечение дополнительных наблюдательных данных может оказаться полезным для исследования и улучшения точности определения собственных движений звезд. Особенно это актуально для звезд в непосредственной близости от ВРИ, которые используются в качестве опорных при получении оптических координат радиисточников, реализующих систему ICRS.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время к сводному каталогу планируется подключить еще несколько каталогов, выборки из которых, по предварительным исследованиям, позволят повысить плотность звезд в областях с ВРИ на

25—30 % (при размере поля до 40 и предельной звездной величине 17^m). Кроме того, планируется дополнить сводный каталог современными наблюдениями полей вокруг ВРИ на Пулковском нормальном астрографе с использованием ПЗС-приемника (1040 × 1160 пкл, размер пикселя 16 мкм, поле зрения — 16° × 18'), что также приведет к увеличению каталожной плотности звезд в окрестностях ВРИ [3].

Положения звезд данного сводного каталога могут быть полезны, наряду с другими современными данными, для уточнения положений и собственных движений звезд в непосредственной близости от внегалактических радиоисточников, положения которых реализуют систему ICRS на небесной сфере.

1. Бобылев В. В. Астрометрический контроль инерциальности каталога Hipparcos // Письма в Астрон. журн.—2004.—**30**.—С. 289—296.
2. Рыльков В., Дементьева А., Нарижная Н. и др. Исследование ошибок сводного каталога опорных звезд вокруг внегалактических радиоисточников // Изв. Глав. астрон. обсерватории Пулкове.—2006.—№ 218.—С. 126—134.
3. Рыльков В. П., Дементьева А., Нарижная Н. и др. Позиционные ПЗС-наблюдения областей звезд на Пулковском нормальном астрографе // Изв. Глав. астрон. обсерватории в Пулкове.—2009.—№ 219, вып. 4.—С. 315—318.
4. Babenko Y., Daniltsev A., Maigurova N., et al. Reduction of compiled catalogue in the selected extragalactic radio source fields. Preliminary Estimation // Rom. Astron. J.—2003.—**13**, N 1.—P. 77—81.
5. Boboltz D. A., Fey A. L., Puatua W. K., et al. Very large array plus pie town astrometry of 46 radio stars // Astron. J.—2007.—**133**.—P. 906—916.
6. de Vegt C., Hindsley R., Zacharias N., et al. A catalog of faint reference stars in 398 fields of extragalactic radio reference frame sources // Astron. J.—2001.—**121**.—P. 2815—2818.
7. Fedorov P., Myznikov A. The XI catalogue of positions and proper motions of faint stars around the ICRF sources // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Suppl.—2005.—N 5.—P. 322—327. Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel. Suppl.
8. Kovalevsky J., Lindegren L., Perriman M., et al. The Hipparcos catalogue as a realization of the extragalactic reference system // Astron. and Astrophys.—1997.—**323**.—P. 620—633.
9. Lazorenko P., Babenko Yu., Karbovsky V., et al. The Kiev meridian axial circle catalogue of stars in fields with extragalactic radio sources // Astron. and Astrophys.—2005.—**438**.—P. 377—389.
10. Ma C., Arias E. F., Eubanks T. M., et al. The international celestial reference frame as realized by very long baseline interferometry // Astron. J.—1998.—**116**.—P. 516—546.
11. Pinigin G., Shulga A., Maigurova N., et al. Refinement of linking optical/radio frames on the basis of positional observations conducted in Ukraine, China and Russia // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Suppl.—2003.—N 3.—P. 59—63.
12. Ryl'kov V., Dement'eva A., Narizhnaya N., et al. Compiled catalogue of reference stars around extragalactic radio sources. Reduction techniques and the first results // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Suppl.—2005.—N 5.—P. 328—332.
13. Zacharias N., Urban S. E., Zacharias M. I., et al. The second US Naval Observatory CCD astrograph catalog (UCAC2) // Astron. J.—2004.—**127**.—P. 3043—3059.

Поступила в редакцию 16.08.10