

УДК 521.96

Я. С. Яцкив, С. Л. Болотин, А. Н. Курьянова

Главная астрономическая обсерватория НАН Украины
03680 ГСП, Киев, ул. Академика Заболотного, 27

Исследование стабильности реализации небесной системы координат

Дан краткий обзор деятельности МСВЗ и Главной астрономической обсерватории Национальной академии наук Украины (ГАО) по поддержке и расширению Международной небесной системы координат (ICRF). Особенное внимание уделяется изучению стабильности во времени положений радиосточников (RS) и выбору такого подмножества RS, которое должно использоваться для поддержки ICRF. Показано, что семь RS, принятых МСВЗ как определяющие, являются нестабильными.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ НЕБЕСНОЇ СИСТЕМИ КООРДИНАТ, Яцків Я. С., Болотін С. Л., Кур'янова А. М. — Подано короткий огляд діяльності МСОЗ та Головної астрономічної обсерваторії Національної академії наук України (ГАО) з підтримки та розширення Міжнародної небесної системи координат (ICRF). Особлива увага приділена вивченню стабільності у часі положень радіоджерел (RS) та вибору такої підмножини RS, яка повинна використовуватися для підтримки ICRF. Показано, що сім RS, прийняті МСОЗ як визначальні, є нестабільними.

STABILITY STUDY OF REALIZATION OF THE CELESTIAL REFERENCE FRAME, by Yatskiv Ya. S., Bolotin S. L., Kur'yanova A. N. — We present a short overview of the activity of the IERS as well as the Main Astronomical Observatory (MAO) of the National Academy of Sciences of Ukraine for maintenance and extension of the International Celestial Reference Frame (ICRF). Special attention is given to the time stabilities of positions of radio sources (RS) and to the selection of a subset of RS to be used for maintenance of the ICRF. It is shown that seven RS qualified by the IERS as defining sources are unstable.

ВВЕДЕНИЕ

Международный астрономический союз уполномочил Международную службу вращения Земли и систем координат (IERS) осуществлять мониторинг Международной системы координат (ICRS), поддерживать ее современную реализацию (ICRF-Ext.1), устанавливать связь ICRF-Ext.1 с други-

ми реализациями ICRS [3]. Эта многоплановая работа выполняется многими научными организациями мира и координируется специальным центром ICRS.

Среди множества задач деятельности этого центра особое внимание уделяется:

- выполнению сетью длиннобазисной интерферометрии (РСДБ) регулярных программ наблюдений радиоисточников и увеличению количества наблюдений в южном полушарии;
- выполнению специальных программ мониторинга структуры радиоисточников;
- методам обработки РСДБ-наблюдений и созданию индивидуальных каталогов положений радиоисточников;
- изучению влияния различных факторов, в частности структуры радиоисточников и ее изменений на поддержание стабильности ICRF;
- установлению связи ICRF с другими реализациями ICRS и др.

Главная астрономическая обсерватория Национальной академии наук Украины традиционно участвует в работе по созданию и поддержке реализаций ICRF. Здесь создаются две различные серии каталогов положений радиоисточников: а) индивидуальные каталоги типа RSC(GAOUA)YY R NN как результат обработки РСДБ-наблюдений с использованием оригинального программного обеспечения SteelBreeze [1] и б) сводных каталогов типа RSC(GAOUA)YY C NN как результат использования так называемого «киевского метода длин дуг» для объединения индивидуальных каталогов [6], полученных в различных центрах анализа IERS или IVS. Эти каталоги передаются в базу соответствующих данных IERS, которая осуществляет их оценку и сравнение с другими каталогами. Вместе с тем наличие в ГАО НАН Украины этих каталогов и соответствующего программного обеспечения позволяет выполнить специальные исследования внутренней согласованности ICRF и ее стабильности во времени и, что самое главное, осуществить выбор из числа наблюдающихся того необходимого подмножества радиоисточников, которое могло бы использоваться для поддержки ICRF. Ниже мы приводим результаты некоторых таких исследований.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ICRF

Изменения взаимной ориентации осей различных реализаций ICRF. Для изучения взаимной ориентации различных реализаций ICRF обычно используется модель IERS, которая учитывает не только глобальную ориентацию двух систем координат, но и систематические эффекты, которые зависят от склонения [3]:

$$\begin{aligned} A_1 \operatorname{tg} \delta \cos \alpha + A_2 \operatorname{tg} \delta \sin \alpha - A_3 + D_\alpha (\delta - \delta_0) &= \alpha_1 - \alpha_2, \\ -A_1 \sin \alpha + A_2 \cos \alpha + D_\delta (\delta - \delta_0) + B_\delta &= \delta_1 - \delta_2, \end{aligned} \quad (1)$$

где A_1 , A_2 , A_3 — углы вращения между двумя системами координат, коэффициенты D_α и D_δ характеризуют изменения разностей прямых восхождений и склонений в зависимости от склонений, B_δ — смещение или поправка системы склонений для экваториальной зоны. Поправка нуля-пункта системы прямых восхождений (поправка равноденствия) включена в определение угла A_3 .

Уравнения (1) записываются для общих радиоисточников в каталогах 1, 2. Решая их методом наименьших квадратов с определенными весами, получают оценки углов вращения и параметров деформации, а также средние квадратичные ошибки их определения. Если допустить, что система одного из каталогов задана, то можно определить относительную ориента-

Таблица 1. Относительная ориентация сводных каталогов GAOUA и каталога ICRF-Ext.1

Каталоги	N_b	A_1 , мсд	A_2 , мсд	A_3 , мсд
RSC(GAOUA)98 C 01	82	+0.039±20	+0.010±20	-0.057±28
RSC(GAOUA)99 C 03	205	-0.003±13	-0.008±13	-0.036±17
RSC(GAOUA)00 C 01	204	+0.001±14	-0.014±13	-0.037±17
RSC(GAOUA)01 C 01	202	-0.006±14	-0.017±14	-0.026±18
RSC(GAOUA)03 C 02	161	+0.002±16	-0.013±16	-0.019±21

Примечание. A_1 , A_2 , A_3 — углы вращения, N_b — число определяющих радиоисточников, общих для базовых каталогов.

Таблица 2. Изменения разностей координат в сводных каталогах GAOUA и каталоге ICRF-Ext.1 в зависимости от δ и поправки системы склонений для экваториальной зоны

Каталоги	D_{α} , мсд/град	D_{δ} , мсд/град	B_{δ} , мсд
RSC(GAOUA)98 C 01	-0.001±0.001	0.000±0.001	+0.019±0.028
RSC(GAOUA)99 C 03	-0.002±0.001	0.000±0.000	+0.002±0.014
RSC(GAOUA)00 C 01	-0.002±0.001	0.000±0.000	-0.008±0.014
RSC(GAOUA)01 C 01	-0.001±0.001	0.000±0.000	+0.013±0.015
RSC(GAOUA)03 C 02	-0.001±0.001	-0.001±0.000	+0.010±0.017

цию и систематические ошибки другого каталога. Мы использовали описанный выше алгоритм для сравнения сводных каталогов положений радиоисточников типа RSC(GAOUA) с 1998 по 2003 гг. с каталогом ICRF-Ext.1. В табл. 1* приведены результаты взаимной ориентации этих каталогов, которые могут служить иллюстрацией зависимости точности поддержания ICRF от количества выбранных для этой цели радиоисточников.

Далее были изучены остаточные разности «сводный RSC(GAOUA) — ICRF-Ext.1» с целью выявления больших разностей прямых восхождений и склонений отдельных радиоисточников. В табл. 3, 4 приводится список радиоисточников, для которых разности составляют более 1000 мсд (для всех общих радиоисточников) и 450 мсд (для общих определяющих радиоисточников) в трех и более сравниваемых каталогах. По крайней мере включение четырех из определяющих радиоисточников, а именно 0138-097, 0440-003, 1718-649 и 2312-319, в качестве определяющих можно считать спорным.

Мониторинг временных изменений положений радиоисточников. Представляло интерес дальнейшее изучение изменений координат радиоисточников, заподозренных в нестабильности (см. табл. 3 и 4).

С этой целью были определены координаты этих радиоисточников в ходе обработки РСДБ-наблюдений с 1988 года с помощью программ SteelBreeze [2] и образованы соответствующие временные ряды.

Для того чтобы исключить ошибки априорных значений координат станций наблюдений и радиоисточников, анализ наблюдений был выполнен в два этапа. На первом этапе было получено глобальное решение земной и небесной системы координат, оценены параметры вращения Земли. На втором этапе были получены временные ряды координат интересующих нас радиоисточников.

* Редакция рекомендует для обозначения секунд дуги употреблять буквенные обозначения:
 $1'' = 1 \text{ сд} = 10^3 \text{ мсд} = 10^6 \text{ мксд}$

Таблица 3. Статистика больших разностей прямых восхождений и склонений для сводных каталогов GAOUA и ICRF-Ext.1 — все общие радиоисточники (D — определяющие радиоисточники, C — кандидаты, O — другие); $\Delta\alpha_* = \Delta\alpha\cos(\delta)$

Радиоисточник	RSC(GAOUA) - ICRF-Ext.1, мксд										Класс
	98 C 01		99 C 03		00 C 01		01 C 01		03 C 02		
	$\Delta\alpha_*$	$\Delta\delta$	$\Delta\alpha_*$	$\Delta\delta$	$\Delta\alpha_*$	$\Delta\delta$	$\Delta\alpha_*$	$\Delta\delta$	$\Delta\alpha_*$	$\Delta\delta$	
0138-097	2219	—	1627	—	1642	—	2338	—	2027	—	D
0259+121	—	—	—	4700	—	1250	—	1450	—	1390	C
0440-003	—	-1110	—	-1250	—	-1080	—	-1260	—	-1000	D
0454-463	—	—	—	-6560	—	-17970	—	-16730	—	—	C
0529+075	-1383	—	—	—	-1309	—	—	—	-1011	—	C
0600+219	—	—	—	—	—	1180	—	1220	—	2260	O
0823-500	-1479	—	-1403	—	-1316	—	-1671	—	-7089	—	C
1156-094	1419	—	1331	—	1360	—	1109	—	1035	—	C
1323+321	-10735	—	-1095	—	—	—	-2356	—	—	—	C
1328+307	—	—	-1008	—	-969	—	-982	—	-1318	—	C
1402-012	—	1040	—	970	—	940	—	2470	—	2770	C
1409+218	—	—	—	1100	—	990	—	910	—	—	C
1540-828	2036	—	2242	—	2435	—	1014	—	—	—	C
1604-333	—	—	—	—	938	—	1075	—	763	—	D
1718-649	—	1060	—	1080	—	—	—	1620	—	1340	D
1733-565	—	—	859	—	802	—	1297	—	1570	—	C
1740-517	-2573	—	-1709	—	-2461	—	—	—	—	—	C
1806-458	-2757	—	-1932	—	-919	—	—	—	-1378	—	C
1934-638	-1946	—	-1986	—	-2305	—	-1083	—	—	—	C
1951+355	—	-2050	—	-1890	—	-1790	—	-1750	—	-1260	C
2128+048	—	—	1046	—	956	—	1016	—	1195	—	O
2312-319	—	-980	—	-1140	—	-1190	—	-790	—	—	D

Таблица 4. Статистика больших разностей прямых восхождений и склонений для сводных каталогов GAOUA и ICRF-Ext.1 — общие определяющие радиоисточники; $\Delta\alpha_* = \Delta\alpha\cos(\delta)$

Радиоисточник	RSC(GAOUA) - ICRF-Ext.1, мксд									
	98 C 01		99 C 03		00 C 01		01 C 01		03 C 02	
	$\Delta\alpha_*$	$\Delta\delta$	$\Delta\alpha_*$	$\Delta\delta$	$\Delta\alpha_*$	$\Delta\delta$	$\Delta\alpha_*$	$\Delta\delta$	$\Delta\alpha_*$	$\Delta\delta$
0039+230	—	—	—	—	—	540	—	531	—	680
0123+257	—	—	—	-470	—	—	—	-680	—	-570
0131-522	—	—	—	710	—	580	—	—	—	1530
0138-097	2219	—	1627	—	1642	—	2338	—	2027	—
0437-454	-537	—	-485	—	-474	—	-443	—	—	—
0440-003	—	-1110	—	-1250	—	-1080	—	-1260	—	-1000
0458+138	—	-760	—	-970	—	-840	—	-850	—	-390
0518+165	—	690	—	560	—	480	—	470	—	360
0537-286	395	—	421	—	461	—	513	—	632	—
0733-174	-300	—	-515	-480	-500	—	-515	-510	-601	-930
0812+367	—	—	—	720	—	710	—	730	—	520
0829+046	—	—	—	520	—	520	—	470	—	480
1038+064	—	-600	—	-620	—	-580	—	-540	—	-470
1143-245	—	—	-790	—	-872	—	-899	—	-735	—
1448+762	754	—	841	—	877	—	975	—	718	—
1604-333	—	—	—	—	938	—	1080	—	763	—
1616+063	—	—	—	-660	—	-610	—	-600	—	—
1718-649	—	1060	—	1080	—	—	—	1620	—	1340
1727+502	—	—	—	—	-528	—	-566	—	893	—
2059+034	—	-1030	—	-760	—	-660	—	-630	—	-620
2312-319	—	-980	—	-1140	—	-1190	—	-790	—	-460

Обработка наблюдений производилась в соответствии с соглашениями IERS (2003) [4]. Для преобразований между земной и небесной системами координат использовалась модель прецессии-нутаии MAC-2000A с применением небесного эфемеридного начала отсчетов. Суточные и полусуточные вариации в координатах полюса и вращении Земли задавались 71 членами модели учета океанических приливов [5]. Начальные координаты станций и скорости их перемещений задавались согласно ITRF2000, а радиоисточников — реализацией небесной системы координат ICRF-Ext.1. Начальные значения параметров вращения Земли брались из решения EOP(IERS)C04.

Во время обработки наблюдений были получены оценки координат станций и радиоисточников как глобальных параметров (определенных на всем интервале наблюдений). В качестве глобальных параметров оценивались и скорости перемещений выбранных станций, история наблюдений которых превышала три года. Параметры вращения Земли (ПВЗ) оценивались как локальные параметры, т. е. как независимые оценки для каждого сеанса или группы перекрывающихся во времени сеансов РСДБ-наблюдений. Модель стандартов частоты, тропосферная задержка в зените и ее горизонтальные градиенты оценивались как стохастические параметры с использованием модели случайного блуждания.

Начало отсчета и ориентация полученной земной системы координат задавалась условиями отсутствия общего переноса начала отсчета (No Net Translation Position) и отсутствия общего вращения (No Net Rotation of Position) [Gipson, 1998: <ftp://gemini.gsfc.nasa.gov/pub/misc/jmg/vlbifram.pdf>] для координат восьми станций наблюдений по отношению к ITRF2000. Эти восемь станций (ONSALA60, WETTZELL, HARTRAO, ALGOPARK, KOKEE, WESTFORD, FORTLEZA и HOBART26) расположены вдали от границ тектонических плит и имеют длительную историю наблюдений. Горизонтальные составляющие скоростей этих же восьми станций использовались для привязки полученного поля скоростей земной системы координат к модели движений тектонических плит NNR-NUVEL-1A при помощи условий нулевой общей поступательной скорости (No Net Translation Velocity) и нулевой общей вращательной скорости (No Net Rotation Velocity) [Gipson, 1998: <ftp://gemini.gsfc.nasa.gov/pub/misc/jmg/vlbifram.pdf>].

Ориентация полученной небесной системы координат задавалась условиями отсутствия общего вращения (No Net Rotation of Position) по отношению к ICRF-Ext.1 для координат 23 определяющих радиоисточников, которые имеют длительную историю наблюдений.

Таким образом, в результате первого этапа обработки мы получили координаты и скорости станций наблюдений и координаты положений радиоисточников. Эти данные были использованы в качестве априорной информации на втором этапе обработки. В отличие от первого этапа координаты и скорости станций наблюдений не оценивались. Координаты только заподозренных в нестабильности радиоисточников оценивались как локальные параметры, а координаты остальных источников считались фиксированными. ПВЗ, модель стандартов частоты, тропосферная задержка в зените и ее горизонтальные градиенты оценивались так же, как описано выше. При этом применялись те же самые астрономические и геофизические модели, что и на предыдущем этапе.

В результате второго этапа анализа мы получили временные ряды тех координат радиоисточников, которые были заподозрены в нестабильности.

Для полученных таким образом временных рядов определялись: — средние значения и линейный тренд поправок координат $\Delta\alpha\cos(\delta)$ и $\Delta\delta$ вида

$$x = a + b(t_i - t_0), \quad (2)$$

Таблица 5. Статистики временных рядов координат радиоисточников, нестабильных или заподозренных в нестабильности согласно принятому критерию

Радиоисточник	$\overline{\Delta\alpha\cos\delta}$, мксд	V_α , мксд/год	$\overline{\Delta\delta}$, мксд	V_δ , мксд/год	σ_α , мксд	σ_δ , мксд	σ , мксд	N_s	N_d	Класс
0039+230	-55.0	18.0	893.9	158.8	163.4	274.1	319.1	5	350	D
0123+257	166.1	15.7	-837.5	-78.8	184.1	263.9	321.8	9	477	D
0138-097	1845.4	-14.7	31.8	-44.7	135.5	180.7	225.9	3	232	D
0259+121	114.3	-28.1	1669.9	-23.8	553.5	199.3	588.2	4	228	C
0437-454	-112.9	60.4	-728.2	-206.2	269.1	808.9	852.5	6	46	D
0440-003	-463.5	-109.2	-1525.8	-93.8	225.7	232.2	323.8	11	459	D
0458+138	-93.0	-76.6	-66.5	-97.9	158.8	507.2	531.5	4	272	D
0518+165	-3453.6	-453.7	5387.8	548.9	974.7	1712.6	1970.5	6	64	D
0529+075	3356.5	836.1	208.0	111.7	1007.9	1721.5	1994.9	7	63	C
0537-286	788.4	33.6	-577.8	-6.1	272.2	425.1	504.8	14	305	D
0733-174	-606.3	-114.3	-1686.2	-222.9	229.2	547.5	593.5	7	182	D
0812+367	369.1	-10.2	771.1	41.9	260.3	451.0	520.8	7	286	D
0829+046	3.6	-16.3	495.4	35.3	356.8	378.5	520.2	13	426	D
1038+064	-54.3	-43.1	-473.0	41.5	298.9	517.4	597.5	38	752	D
1143-245	-1194.5	-136.7	415.6	32.5	511.2	365.8	628.6	9	299	D
1156-094	780.7	-2.9	248.8	-303.3	89.4	1010.0	1014.0	4	96	C
1323+321	15342.7	3921.4	-9601.2	-2261.5	3232.0	1373.7	3511.8	5	119	C
1328+307	-1306.9	145.1	-662.0	49.2	825.4	553.3	993.7	4	149	C
1402-012	79.2	98.7	3049.7	-82.6	628.3	387.0	737.9	6	218	C
1409+218	694.4	122.8	1151.8	-138.5	325.9	302.0	444.4	4	218	C
1448+762	882.5	-93.7	107.3	8.9	222.0	166.1	277.3	29	3530	D
1604-333	241.4	-44.5	-753.8	-105.0	1022.4	878.2	1347.8	8	159	D
1616+063	75.5	-14.9	-569.2	-25.3	158.6	487.6	512.8	7	384	D
1718-649	-2117.3	-311.9	4518.7	622.8	727.3	1029.3	1260.3	3	29	D
1727+502	1308.8	357.8	-528.8	29.4	376.8	468.2	601.0	3	96	D
1951+355	-80.1	-30.7	-1288.9	75.5	483.8	524.7	713.7	5	164	C
2059+034	-312.5	10.3	-645.4	-14.6	182.5	293.1	345.3	13	750	D
2128+048	-664.9	-324.6	-2909.5	-345.4	777.8	586.0	973.9	4	35	O
2312-319	-490.3	43.1	-630.4	296.8	347.5	773.5	848.0	6	262	D

где t_0 — выбранная начальная эпоха;

— средние квадратичные отклонения координат от линейного тренда, равные

$$\sigma_\alpha = \left[\frac{1}{n} \sum_1^n (\Delta\alpha_i \cos\delta_i)^2 \right]^{1/2},$$

$$\sigma_\delta = \left[\frac{1}{n} \sum_1^n (\Delta\delta_i)^2 \right]^{1/2},$$

— сумма квадратов этих средних квадратичных отклонений, которую обозначим σ_i^2 .

Результаты вычислений приведены в табл. 5, где $\overline{\Delta\alpha\cos\delta}$, $\overline{\Delta\delta}$ — средние значения поправок координат радиоисточников для временного ряда, полученного из обработки РСДБ-наблюдений; V_α , V_δ — скорости изменения координат радиоисточников; N_s — количество сеансов наблюдений; N_d — количество задержек.

Чтобы судить о степени изменчивости координат того или иного радиоисточника, необходимо определить индекс уровня стабильности (S_0), превышение которого свидетельствовало бы о нестабильности радиоисточника. С этой целью были проведены аналогичные вычисления для тех

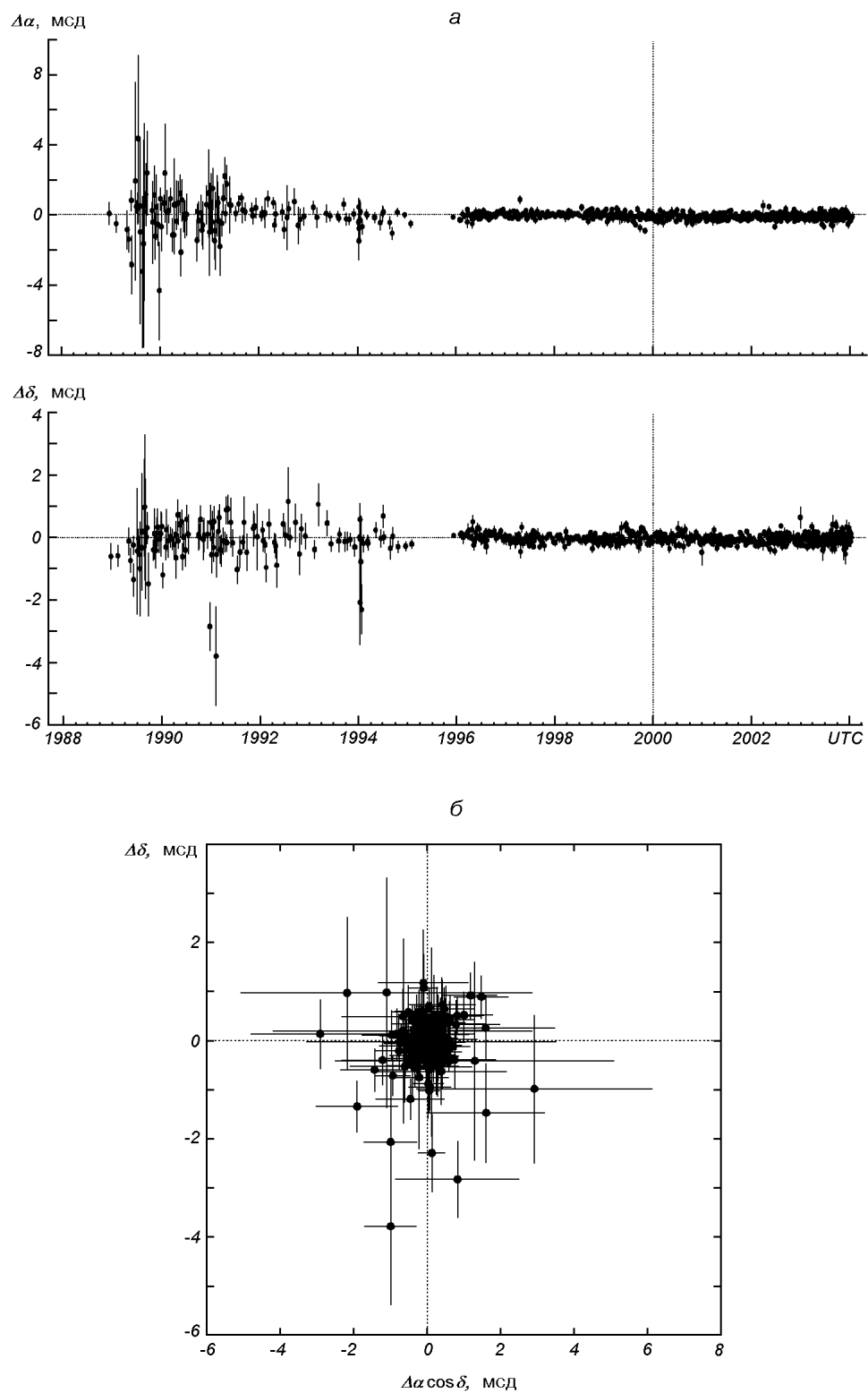


Рис. 1. Оценки изменений координат радиисточника 0133+476: а — временные вариации экваториальных координат, б — их проекция на плоскость

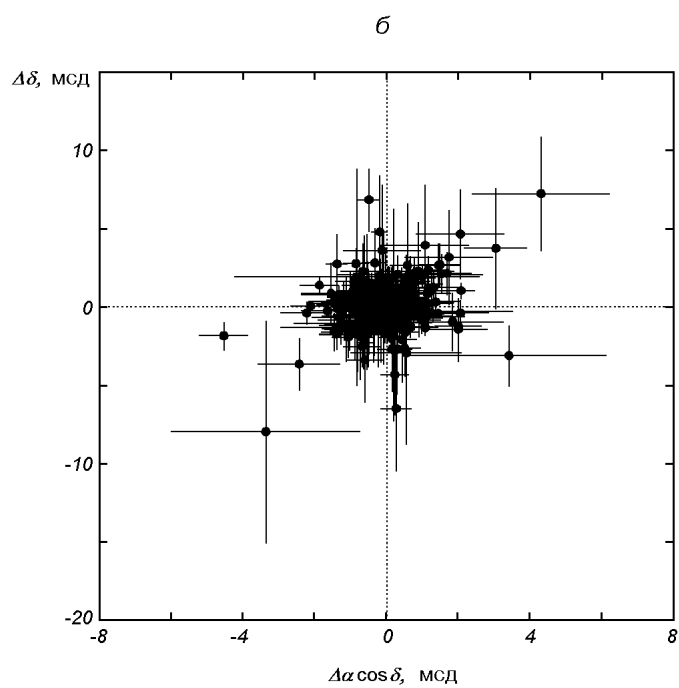
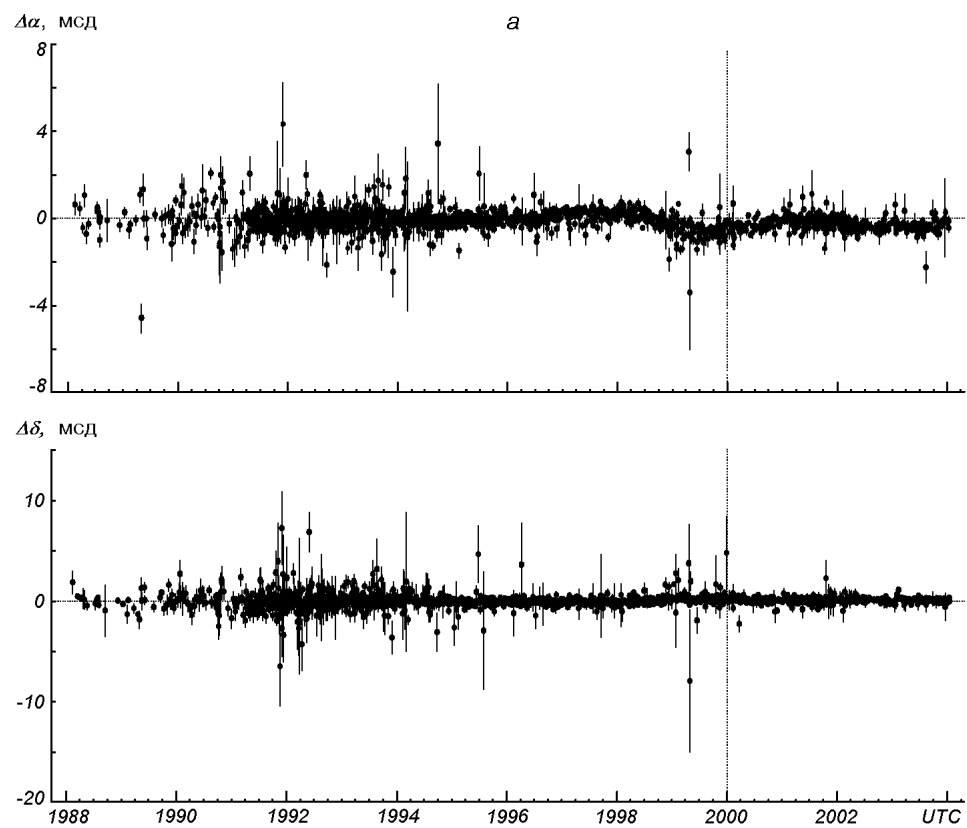


Рис. 2. То же для радиисточника 2145+067

Таблица 6. Статистики временных рядов координат определяющих радиоисточников, которые считаются достаточно стабильными

Радиоисточник	$\overline{\Delta\alpha\cos(\delta)}$, мксд	V_{α} , мксд/год	$\overline{\Delta\delta}$, мксд	V_{δ} , мксд/год	σ_{α} , мксд	σ_{δ} , мксд	σ , мксд	N_s	N_d
0014+813	-68.3	-9.2	190.0	30.1	146.1	183.7	234.7	629	41870
0133+476	-38.9	-9.8	-26.1	-8.3	108.5	138.1	175.6	658	58061
0642+449	5.9	2.1	22.4	-9.9	132.2	157.6	205.7	641	39146
0804+499*	76.5	-2.3	-6.9	-6.4	132.9	156.6	205.4	825	57321
0955+476	-88.5	-28.0	13.6	1.7	128.8	158.8	204.4	1157	71070
1128+385	-30.6	-13.1	10.5	4.3	135.9	205.8	246.6	713	39793
1308+326*	40.6	0.9	65.2	7.2	228.3	234.5	327.2	1189	70529
1606+106*	85.0	19.7	11.5	-2.6	188.2	215.2	285.9	1339	64916
2037+511*	-125.4	-7.3	-139.5	-4.2	150.0	195.5	246.4	443	17602
2145+067*	-177.9	-25.7	31.9	14.2	285.8	266.8	391.0	1535	64450

радиоисточников, которые считаются достаточно стабильными.

На рис. 1 и 2 для иллюстрации показаны два примера оценок координат двух различных радиоисточников. В табл. 6 приведены соответствующие результаты вычислений. На основании этой таблицы примем $S_0 = 400$ мксд и если σ_1 превышает S_0 в полтора раза и более, то такие радиоисточники будем считать нестабильными, а если $400 \text{ мксд} < \sigma_1 \leq 600 \text{ мксд}$, — то такие радиоисточники можно считать заподозренными в нестабильности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные нами исследования подтверждают установленный недавно факт, что точность поддержания ICRF зависит от количества и астрометрического качества использованных для этой цели радиоисточников. Некоторые радиоисточники, признанные IERS определяющими, обнаруживают существенные изменения координат со временем (см. табл. 5).

Принимая во внимание результаты [3], где сравнивались индексы астрометрической стабильности радиоисточников с индексами их структуры, для окончательного суждения о стабильности указанных нами в табл. 5 радиоисточников необходимо выполнить комплексную обработку VLBI-наблюдений с учетом изменений их структуры.

1. Болотин С. Л. Анализ наблюдений интерферометрии со сверхдлинными базами. Оценка параметров // Кинематика и физика небес. тел.—2001.—17, № 3.—С. 240—248.
2. Болотин С. Л. Центр обработки РСДБ-наблюдений в Главной астрономической обсерватории НАН Украины // Космічна наука і технологія.—2001.—7, № 4.—С. 117—121.
3. IERS Technical Note. — Frankfurt am Main: Verlag BKG, 2002.—N 29.—134 p.
4. McCarthy D. D. (ed.) IERS Conventions (2003) // IERS Technical Note 32.—2003.—139 p.
5. Ray R. D., Steinberg D. J., Chao B. F., Cartwright D. E. Diurnal and Semidiurnal Variations in the Earth's Rotation Rate Induced by Oceanic Tides // Science.—1994.—264.—P. 830—832.
6. Yatskiv Ya. S., Kur'yanova A. N. A new approach to the construction of a compiled catalogue of position of extragalactic radio sources // Inertial Coordinate System on the sky: Proc. 141th IAU Symp.—1990.—P. 295—296.

Поступила в редакцию 27.05.04