

УДК 524.7-323.2

П. Н. Федоров, А. А. Мызников

Научно-исследовательский институт астрономии
Харьковского национального университета им. В. Н. Каразина
61022, Харьков, ул. Сумская 35

Сравнение Харьковского каталога положений и собственных движений звезд XC1 с современными каталогами

Приводятся результаты сравнения положений и собственных движений звезд каталога XC1 с данными из других современных каталогов звезд и внегалактических объектов. Сделан вывод об отсутствии значительных систематических ошибок в системе XC1. Оценка внешней ошибки собственных движений звезд слабее 15^m составляет от 3 до 5 мсд/год в зависимости от звездной величины.

ПОРІВНЯННЯ ХАРКІВСЬКОГО КАТАЛОГУ ПОЛОЖЕНЬ ТА ВЛАСНИХ РУХІВ ЗІР XC1 З СУЧАСНИМИ КАТАЛОГАМИ, Федоров П. М., Мызников А. О. — Наведено результати порівняння положень і власних рухів зір каталогу XC1 з даними інших сучасних каталогів зір та позагалактичних об'єктів. Зроблено висновок про відсутність значних систематичних похибок у системі XC1. Оцінка зовнішньої похибки власних рухів зір слабших за 15^m становить від 3 до 5 мсд/год залежно від зоряної величини.

COMPARISON OF THE KHARKOV XC1 CATALOGUE FOR POSITIONS AND PROPER MOTIONS OF STARS WITH SOME MODERN CATALOGUES, by Fedorov P. N., Myznikov A. A. — We present our results of comparisons of the XC1 catalogue with data from some modern catalogues of stars and extragalactic sources. Significant systematic errors in the XC1 positions and proper motions are not found. The external proper motion errors for stars fainter than 15^m are estimated to be 3–5 mas/yr depending on magnitude.

ВВЕДЕНИЕ

Каталог XC1 [1] содержит данные о положениях и собственных движениях звезд, а также некоторых объектов незвездной природы (всего 856421 записей) в системе ICRS/«Tycho 2» в 255 площадках северного неба размером около одного градуса вокруг источников ICRF. Первичная цель создания XC1 заключалась в его применении к чисто астрометрической задаче связи радио- и оптической систем координат [2]. Но учитывая тот факт, что площадки XC1 достаточно равномерно распределены по северной

Таблица 1. Используемые каталоги положений и собственных движений звезд и внегалактических объектов

Каталог	Источник	Собственные движения
2MASS Point Sources Catalog	Curti, et al. 2003, VizieR On-line Data Catalog: II/246	Нет
USNO UCAC2 Catalog	Zacharias N., et al. // Astron. J.—2000.— 120 .—P. 2131.	Есть
KMAC1	Lazorenko P., Babenko Yu., et al. // Astron. and Astrophys.—2005.— 438 .—P. 377.	Есть
CMC14	http://www.ast.cam.ac.uk/~dwe/SRF/cmc14/	Нет
DR3 Quasar Catalog	Schneider O. P., et al. // Astron. J.—2005.— 130 .—P. 367.	
Galaxies from Lion Extragalactic Database	http://leda.univ-lyon1.fr	

полусфере, в настоящий момент мы делаем попытки использовать эти данные для решения ряда звездно-кинематических задач. Точность решения таких задач напрямую связана с точностью используемых собственных движений, при этом определяющим фактором являются не случайные, а систематические ошибки используемых данных.

Здесь мы выполняем оценку внешней точности положений и собственных движений звезд каталога XC1 путем прямого сравнения с данными из других современных каталогов звезд и внегалактических объектов. В табл. 1 перечислены использованные для сравнения астрометрические каталоги положений и собственных движений звезд и внегалактических объектов.

СРАВНЕНИЕ

Для сравнения двух каталогов предварительно отождествлялись все их общие звезды с использованием радиуса поиска 1.5". Для повышения производительности при работе с большими объемами данных, все звезды в каталогах предварительно упорядочивались по прямому восхождению и склонению, и затем выполнялось отождествление с использованием алгоритма двоичного поиска. Полный исходный текст подпрограммы отождествления звезд с заданным радиусом поиска можно найти на нашем сайте (ссылки на файлы находятся на странице <http://www.astron.kharkov.ua/astrometry/xc1/page2.html>).

Выбор такого большого радиуса поиска при отождествлении звезд (все сравниваемые каталоги звезд имеют значительно меньшие формальные ошибки положений) обусловлен несколькими обстоятельствами. Во-первых, не все каталоги содержат информацию о собственных движениях. 2MASS и CMC14 содержат только положения на среднюю эпоху наблюдения, индивидуальную для каждой звезды. Поэтому, несмотря на наличие собственных движений в XC1, их невозможно использовать, пока не будет выполнено отождествление. Другое обстоятельство связано с тем, что формальная внутренняя ошибка, приводимая обычно в каталоге для каждой звезды, может не вполне соответствовать ее истинной ошибке. Это несоответствие может быть вызвано, например, двойственностью (или кратностью) звезды, различием разрешающей способности инструментов, использованных для создания каталогов, ошибками отождествления звезд с большими собственными движениями при наличии большой разности эпох, и т. п.

После отождествления все общие звезды упорядочивались по звездным величинам, и весь диапазон звездных величин разбивался на узкие поддиа-

пазоны величиной 0.25^m . Каталог XC1 содержит слишком грубые оценки звездных величин, поэтому использовались звездные величины из 2MASS, SMC14, KMAC1 и UCAC2. В каждом таком узком поддиапазоне рассчитывались разности координат и собственных движений, если они были доступны. При сравнении с 2MASS, SMC14 и KMAC1 координаты каждой звезды XC1 предварительно пересчитывались на приведенную в этих каталогах среднюю эпоху наблюдения этой звезды, и только после этого рассчитывались разности. Сравнение с координатами из UCAC2 выполнялось на эпоху J2000.

При сравнении координат в каждом поддиапазоне вычислялось среднее значение разностей $\Delta\alpha\cos\delta$ и $\Delta\delta$, их стандартные отклонения σ_α , σ_δ (после вычитания среднего тренда), а также доля звезд, давших отклонения больше трех стандартных отклонений. Для каталога UCAC2 выполнялось также сравнение собственных движений $\mu_\alpha\cos\delta$ и μ_δ . В этом случае помимо зависимости от звездной величины также были получены зависимости систематических разностей собственных движений XC1 и UCAC2 от координат площадки на небе.

Внегалактические объекты (далекие галактики и квазары) предоставляют возможность прямой проверки точности положений и собственных движений XC1 в случайном и систематическом отношениях. Среди объектов XC1 удалось отождествить 285 квазаров из SDSS DR3 Quasar Catalog и 4195 галактик из Lion Extragalactic Database (LEDA).

DR3 Quasar Catalog содержит высокоточные координаты 46420 квазаров в системе ICRS, полученные в процессе работы Sloan Digital Sky Survey. Поскольку это очень удаленные точечные источники, мы имеем возможность прямого контроля и положений и собственных движений слабой части каталога XC1.

Для отождествления внегалактических объектов LEDA использовался радиус поиска $4''$. Это соответствует точности, с которой эти положения приведены в LEDA. По большей части это галактики с заметной структурой, поэтому само понятие координаты для них определено не так четко, как для звезд. В каталоге XC1 координаты таких объектов вычислялись как фотометрический центр распределения яркости по их изображению. В LEDA эти объекты попали из различных источников, отнесенных к различным эпохам и системам координат, поэтому сравнение их положений с положениями в XC1 не имеет никакого смысла, и мы использовали их только для контроля собственных движений XC1.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты сравнения XC1 с каталогами звезд и внегалактических объектов кратко резюмирует табл. 2. После вычисления среднего значения и дисперсии разностей координат в каждом узком поддиапазоне звездных величин рассчитывалось количество звезд, давших отклонения больше трех стандартных отклонений. Количество объектов с большими отклонениями оказалось почти не зависящим от звездной величины и составило 3.5—4 % для звезд и 2 % для внегалактических объектов. При сравнении с 2MASS, SMC14, KMAC1 и UCAC2 такие резко выпадающие из общей статистики звезды исключались из рассмотрения, и расчет выполнялся заново. Данные для этих каталогов, представленные в табл. 2, получены после исключения этих звезд. При работе с внегалактическими объектами исключение не производилось.

Значения систематических разностей Δ положений XC1 с положениями UCAC2 и 2MASS не превышают 10 мсд (рис. 1, а, б). Значения разностей

Таблица 2. Результаты сравнения каталога XC1 с другими каталогами

Каталог	UCAC2	2MASS	CMC14	KMAC1CU	DR3	LEDA
Количество общих звезд N	118786	551641	355111	34869	285	4195
Доля исключенных звезд, %	4	3.5	3.5	3.5	1.5 %	2.5
σ_{Π} , мсд	50—150	70—350	70—250	80—600	110	600
$\Delta\alpha\cos\delta$, мсд	-10...+10 ± 2	-10...+10 ± 1.5	-20...+10 ± 2	-50...+20 ± 5	+12 ± 6	-460 ± 9
$\Delta\delta$, мсд	-10...+10 ± 2	-10...+10 ± 1.5	0...+40 ± 2	-20...0 ± 5	-2 ± 7	-89 ± 9
σ_{μ} , мсд/год	2.5—6	—	—	—	3.3	4.0
$\Delta\mu_{\alpha}$, мсд/год	-1...+1 ± 0.1	—	—	—	-0.18 ± 0.2	+0.07 ± 0.06
$\Delta\mu_{\delta}$, мсд/год	-1...+1 ± 0.1	—	—	—	-0.12 ± 0.2	+0.24 ± 0.06

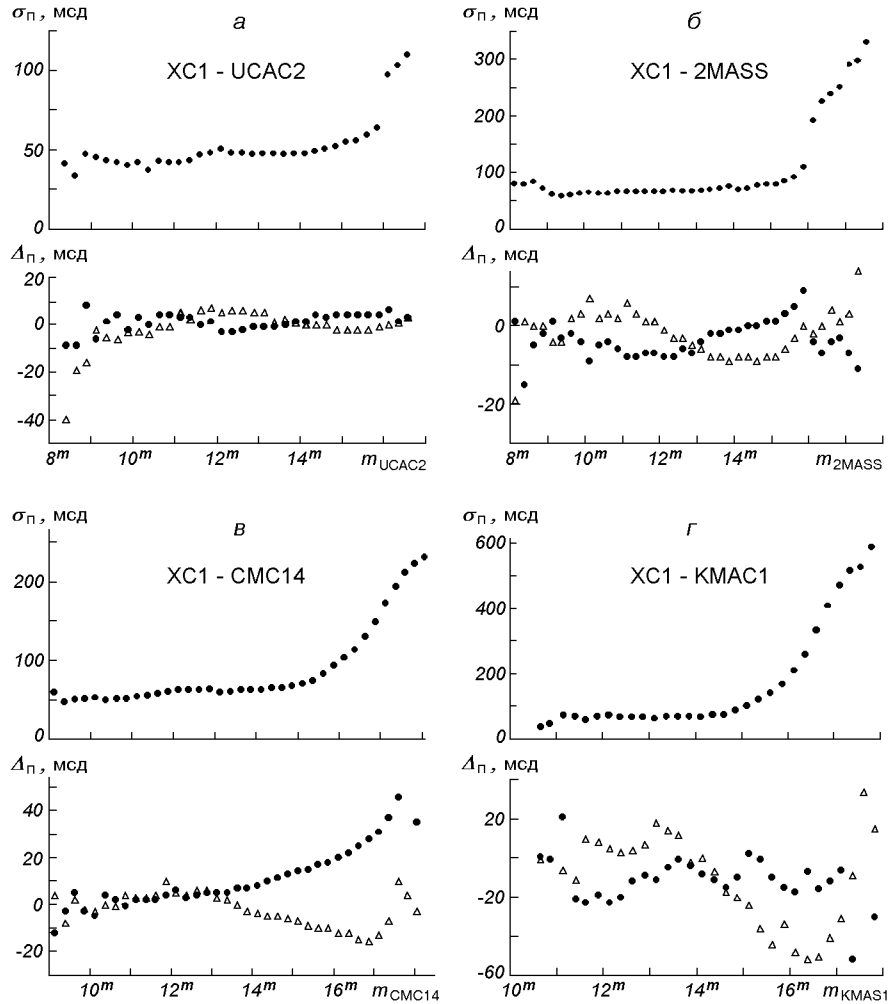


Рис. 1. Средние квадратичные (σ_{Π}) и систематические (Δ_{Π}) разности положений звезд в зависимости от звездной величины: а — каталогов XC1 и UCAC2 на эпоху J2000, б — XC1 и 2MASS, в — XC1 и CMC14, г — XC1 и KMAC1CU (треугольники — $\Delta\alpha\cos\delta$, точки — $\Delta\delta$)

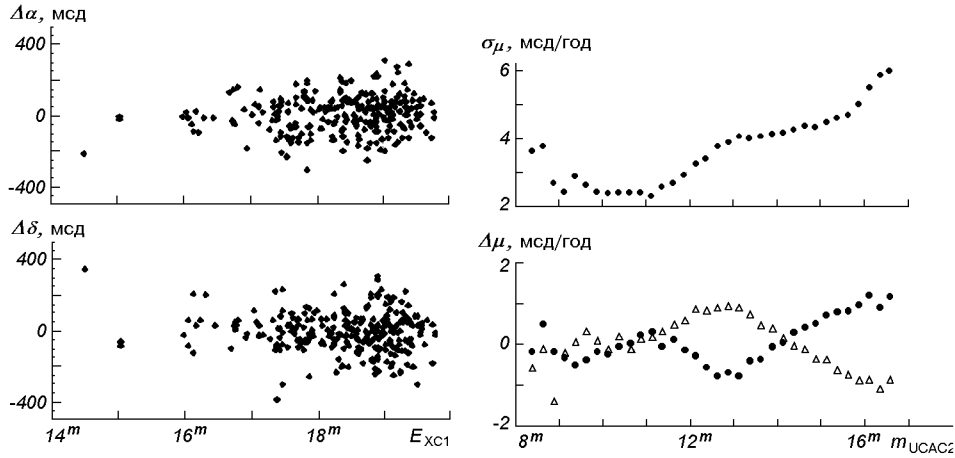


Рис. 2. Индивидуальные различия $\Delta\alpha$ и $\Delta\delta$ координат квазаров в каталоге XC1 и координат из списка DR3 на эпоху J2000 в зависимости от звездной величины

Рис. 3. Средние квадратичные (σ_μ) и систематические ($\Delta\mu$) различия собственных движений звезд каталогов XC1 и UCAC2 в зависимости от звездной величины

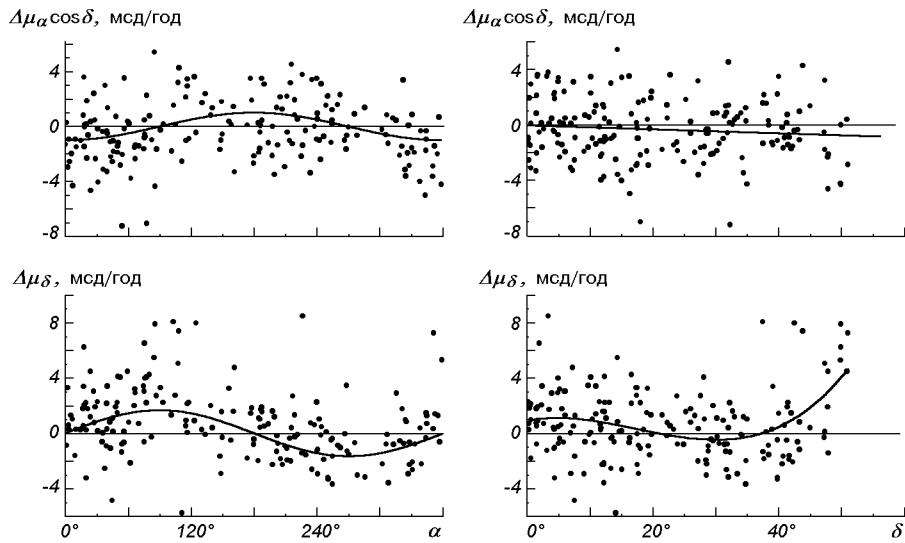


Рис. 4. Систематические различия $\Delta\mu$ собственных движений звезд каталогов XC1 и UCAC2 в зависимости от координат. Каждая точка представляет индивидуальную площадку XC1

для SMC14 и KMAC1 достигают +40 мсд по склонению для SMC14, и −50 мсд по прямому восхождению для KMAC1CU (рис. 1, в, г). Рис. 1 также демонстрирует средние квадратичные отклонения σ индивидуальных различий сравниваемых каталогов в зависимости от звездной величины. Сравнение положений квазаров в каталогах DR3 и XC1 показывает практически нулевые систематические различия между этими каталогами, а также удивительно низкое для этого диапазона звездных величин (15–19.5^m) среднее квадратичное значение различий — около 110 мсд. Индивидуальные различия координат квазаров в каталогах XC1 и DR3 представлены на рис. 2.

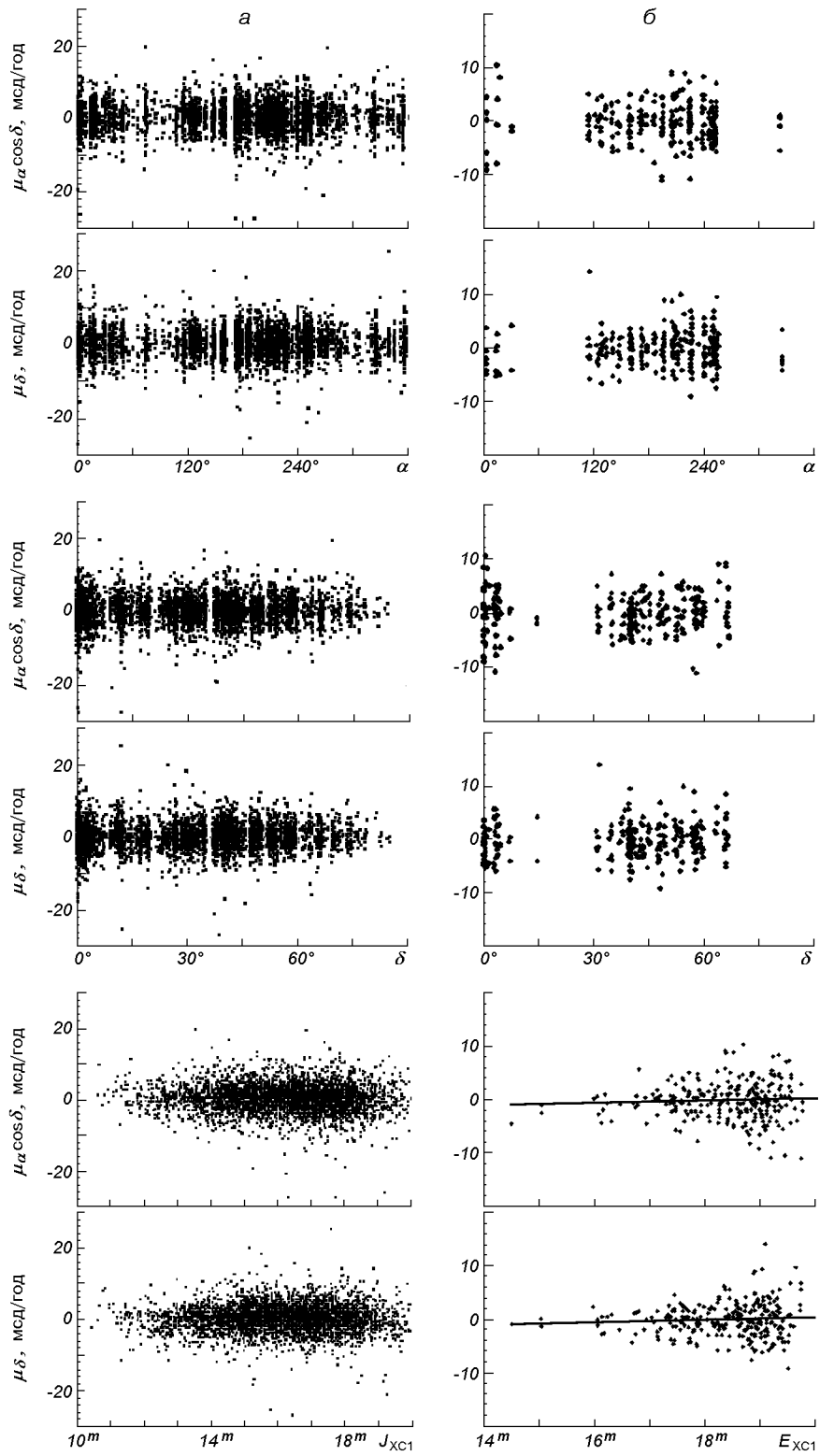


Рис. 5. Формальные собственные движения 4195 галактик из Lion Extragalactic Database (а) и 285 квазаров из каталога DR3 (б)

Результаты сравнения собственных движений звезд XC1 с данными каталога UCAC2 приведены на рис. 3 и 4. Средние квадратичные отклонения σ_{μ} разностей собственных движений изменяются от 2.5 до 6 мсд/год в зависимости от звездной величины. Размах систематического тренда $\Delta\mu$ в зависимости от звездной величины достигает ± 1 мсд/год по обеим координатам. Кроме того, при рассмотрении разностей в индивидуальных площадках обнаружилось, что начиная примерно с 13^m между собственными движениями XC1 и UCAC2 появляются систематические разности, зависящие от координат. Разности $\Delta\mu_{\alpha}(\alpha)$ и $\Delta\mu_{\delta}(\alpha)$ носят характер волн с периодом 360° , и в диапазоне звездных величин $14-16^m$ имеют амплитуды 1 ± 0.2 и 1.6 ± 0.25 мсд/год соответственно (рис. 4). Кроме того, в разностях $\Delta\mu_{\delta}(\delta)$ наблюдается некоторый подъем, начиная примерно с $\delta = 40^\circ$.

Особый интерес представляет анализ формальных собственных движений внегалактических объектов. Рис. 5 представляет индивидуальные собственные движения галактик LEDA и квазаров DR3. Следует отметить, что большинство галактик LEDA являются протяженными источниками, часто с заметной структурой, поэтому в XC1 приведена лишь грубая оценка их интегральной звездной величины. Величина среднего тренда в собственных движениях по прямому восхождению и склонению для LEDA и DR3 оказалась близкой к нулю со средним квадратичным отклонением 4 и 3.3 мсд/год соответственно. Эти числа дают оценку внешней точности собственных движений XC1 в этом диапазоне звездных величин.

ВЫВОДЫ

В работе выполнено прямое сравнение положений и собственных движений звезд каталога XC1 с данными из каталогов 2MASS, SMC14, KMAC1 и UCAC2. Получены зависимости систематических трендов и стандартных отклонений индивидуальных разностей от блеска. Обнаружилось хорошее согласие на уровне ± 10 мсд между положениями XC1 и данными 2MASS и UCAC2 для эпох, близких к J2000, а также небольшие систематические отличия от KMAC1 и SMC14, зависящие от звездной величины и не превышающие 50 мсд. Сравнение собственных движений XC1 с данными UCAC2 выявило для звезд слабее 13^m систематические тренды величиной до 1 мсд/год, зависящие от блеска и координат площадки на небе.

Выполнено отождествление 285 объектов XC1 с объектами из SDSS DR3 Quasar Catalog, а также 4195 объектов — с галактиками из Lion Extragalactic Database. Это дало возможность напрямую оценить точность положений и собственных движений звезд XC1. Значительных систематических ошибок в системе XC1 не обнаружено. Для звезд слабее 15^m систематические ошибки находятся на уровне десятков миллисекунд дуги для положений вблизи J2000, и на уровне долей миллисекунд дуги в год для собственных движений. Оценка внешней случайной ошибки собственных движений этих звезд составляет от 3 до 5 мсд/год в зависимости от звездной величины.

1. Федоров П. Н., Мызников А. А. Харьковский каталог XC1 положений и собственных движений слабых звезд в окрестностях внегалактических источников ICRF // Кинематика и физика небес. тел.—2006.—22, № 4.—С. 309—320.
2. Fedorov P. N., Myznikov A. A. The X1 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.

Поступила в редакцию 06.12.06