

УДК 523.44

Результаты фотометрии избранных астероидов группы Гильды

И.Г. Слюсарев, В.Г. Шевченко, И.Н. Бельская, Ю.Н. Круглый, В.Г. Черный

НИИ астрономии Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина

В данной работе представлены первые результаты ПЗС-фотометрии избранных астероидов группы Гильды. Эти наблюдения являются частью программы проводимой в НИИ астрономии ХНУ имени В.Н. Каразина и посвященной определению параметров вращения и оптических свойств астероидов входящих в резонансные группы. Наблюдения выполнены в стандартных спектральных полосах V и R. Мы пронаблюдали 12 астероидов из группы Гильды: 334 Chicago, 1038 Tuckia, 1162 Larissa, 1180 Rita, 1269 Rollandia, 1578 Kirkwood, 1746 Brouwer, 1748 Mauderli, 1754 Cunningham, 3134 Kostinsky, 3990 Heimdall, 9829 Murillo. Получены 80 кривых блеска этих астероидов. Для 9 астероидов определены, существенно улучшены или сделаны оценки периодов вращения и показатели цвета. Детальные фазовые зависимости блеска получены для трех астероидов: 334 Chicago, 1162 Larissa, 1748 Mauderli.

РЕЗУЛЬТАТИ ФОТОМЕТРІЇ ВИБРАНИХ АСТЕРОЇДІВ ГРУПИ ГІЛЬДИ, Слюсарев І.Г., Шевченко В.Г., Бельська І.Н., Круглий Ю.Н., Чорний В.Г. — У даній роботі представлені перші результати ПЗС-фотометрії вибраних астероїдів групи Гільди. Ці спостереження є частиною програми, що проводиться у НДІ астрономії ХНУ імені В.Н. Каразіна і присвячена визначенню параметрів обертання та оптичних властивостей астероїдів з резонансних груп. Спостереження виконані в стандартних спектральних смугах V і R. Ми проспостерігали 12 астероїдів з групи Гільди: 334 Chicago, 1038 Tuckia, 1162 Larissa, 1180 Rita, 1269 Rollandia, 1578 Kirkwood, 1746 Brouwer, 1748 Mauderli, 1754 Cunningham, 3134 Kostinsky, 3990 Heimdall, 9829 Murillo. Отримано 80 кривих блиску цих астероїдів. Для 9 астероїдів визначені, істотно поліпшені або зроблені оцінки періодів обертання і показники кольору. Детальні фазові залежності блиску отримані для трьох астероїдів: 334 Chicago, 1162 Larissa, 1748 Mauderli.

RESULTS OF PHOTOMETRY OF SELECTED ASTEROIDS FROM THE HILDA GROUP by Slyusarev I.G., Shevchenko V.G., Belskaya I.N., Krugly Yu.N., Chiorny V.G. — This paper presents the first results of CCD photometry of selected Hilda group asteroids. These observations are part of a program carried out in the Institute of Astronomy of the Kharkiv National University, that is aimed to receive the parameters of the rotation and the optical properties of asteroids from the resonant groups. The observations were carried out at the standard spectral bands V and R. We have observed 12 Hilda asteroids: 334 Chicago, 1038 Tuckia, 1162 Larissa, 1180 Rita, 1269 Rollandia, 1578 Kirkwood, 1746 Brouwer, 1748 Mauderli, 1754 Cunningham, 3134 Kostinsky, 3990 Heimdall, 9829 Murillo. 80 light curves of these asteroids were obtained. The obtained data allowed us also to defined, substantially improved or made estimates the rotation periods of 9 asteroids. New detailed magnitude — phase dependences were obtained for three asteroids: 334 Chicago, 1162 Larissa, 1748 Mauderli.

Ключевые слова: астероиды; группа Гильды; фотометрия; кривая блеска; период вращения; фазовая зависимость блеска.

Key words: asteroids; Hilda group; photometry; light curve; rotational period; magnitude — phase dependence.

1. ВВЕДЕНИЕ

Астероиды, принадлежащие к группе Гильды, образуют, наряду с троянцами Юпитера, обособленную как по динамическим, так и по физическим свойствам популяцию малых тел Солнечной системы. Группа Гильды (средняя величина большой полуоси 3.9 а.е.) динамически связана с Юпитером резонансом 3 : 2 по собственному движению. Отличительными особенностями орбит тел данной группы по сравнению с астероидами внешней части главного пояса ($3.0 < a < 3.7$ а.е.) и троянцами Юпитера являются меньшие значения наклонов ($i < 15^\circ$), а также практически полное отсутствие астероидов на орбитах с малыми эксцентриситетами ($e < 0.1$). Во вращающейся системе отсчета, связанной с Юпитером, тела группы Гильды образуют фигуру в виде треугольника [1, 3] со сторонами толщиной около 1 а.е. и со сглаженными вершинами в точках либрации L_4 и L_5 Юпитера. К настоящему времени открыто 3751 представителей этой группы, а какая-либо информация о физических свойствах (период осевого вращения, показатели цвета, амплитуда кривой блеска и др.) получена для менее чем 10% этих астероидов.

Распределение астероидов группы Гильды по таксономическим классам было впервые проанализировано в 1990-е Далгрэнном и др. [6, 7]. Выявлено преобладание среди них тел D и P типов с существенно меньшей долей астероидов C-типа, что в дальнейшем было подтверждено другими исследователями [11, 13]. Хотя следует отметить, что в последних работах отмечалось некоторое увеличение относительной доли тел C-типа.

Наблюдения кривых блеска 47 астероидов группы Гильды [8, 9] в совокупности с предыдущими данными [4, 10, 14, 16, 27, 31, 32] позволили определить достаточно надежно значения периодов вращения

для 36 астероидов группы Гильды, а для 16 из них — только нижние оценки периодов. Со времени выхода работ Далгрэна и др. число открытых и занумерованных астероидов группы Гильды увеличилось более чем на порядок, однако число тел, для которых известна информация о периоде вращения, не изменилось. Фотометрические наблюдения астероидов группы Гильды практически прекратились. Интерес к изучению этой группы астероидов возобновился в последние годы в связи с появлением новых динамических моделей, в которых возможен захват тел в главный пояс и на резонансные орбиты из внешней части Солнечной системы при миграции Нептуна [18, 20].

Новые значения альбедо, охватывающие почти $1/3$ всех открытых астероидов группы Гильды, полученные по данным космических миссий "Akari" [30] и "WISE" [13], открыли путь к рассмотрению группы Гильды как целого и сравнению с другими популяциями малых тел. Так, согласно данным [13] альбедо астероидов группы Гильды в среднем оказалось ниже, чем альбедо троянцев Юпитера (0.055 ± 0.018 против 0.07 ± 0.03 , соответственно), что еще не нашло своего объяснения. Данная работа посвящена первым результатам фотометрических наблюдений астероидов группы Гильды, начатых в НИИ астрономии ХНУ имени В.Н. Каразина, целью которых является определение параметров вращения и оптических свойств малых тел, относящихся к резонансным группам.

2. АППАРАТУРА И РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Наблюдения выполнены в течение 80 ночей в 2008–2012 гг. Основной объем данных получен на 0.7 м рефлекторе АЗТ-8 Чугуевской наблюдательной станции НИИ астрономии ХНУ им. В.Н. Каразина. Для наблюдений использовалась ПЗС камера обратного освещения IMG CCD47-10 (американской фирмы FLI), с размерами 1056×1027 пикселей (пиксель 13×13 мкм). Камера установлена в фокусе Ньютона ($f/4$), при этом поле зрения составляет 16.7×16.2 угловых минут, а на один пиксель приходится $0.95'' \times 0.95''$. Наблюдения также проводились на 1-м телескопе Zeiss-1000 НИИ «КраО» в Симеизе. Для этих наблюдений использовалась ПЗС камера прямого освещения PL-09000 (FLI), имеющей 3076×3076 пикселей размером 12×12 мкм.

Все измерения блеска астероида и звезд сравнения на ПЗС снимках проводились методом апертурной фотометрии с помощью пакета ASTPHOT, разработанного С.Моттола [21] и подробно описанной в [2, 15]. В качестве фотометрических BVRI стандартов системы Джонсона–Козинса использовались звезды из каталогов Ландольта [17], GPSC V2.4 [5], LONEOS [25].

Основные результаты наблюдений представлены в табл. 1, где приведены названия наблюдавшихся астероидов, их композиционный тип согласно [29], диапазон фазовых углов, в котором проведены наблюдения, а также определенные нами периоды вращения, амплитуды кривых блеска, показатели цвета $V-R$ и значения абсолютной звездной величины H .

Подробнее результаты измерений каждого из астероидов приведены ниже.

(334) Chicago. Это один из самых крупных представителей группы Гильды и принадлежит к редко-му среди группы Гильды С типу [29]. Из первых наблюдений [14, 19, 32] период вращения был оценен равным 9.19 ч. В то же время [31] определил меньшее значение периода 7.31 ч, в последующем подтвержденное [26]. Наши наблюдения охватывают 6 ночей в январе, марте и апреле 2011 г. Мы получили более точное значение периода, равное 7.3605 ± 0.0005 ч., при этом амплитуда кривой блеска составила 0.35 зв. вел. Также измерена фазовая зависимость этого астероида в диапазоне фазовых углов $0.2^\circ - 13^\circ$, которая является типичной для астероидов С-типа главного пояса.

(1038) Tuckia. Этот астероид D-типа [29] впервые наблюдался в 1993 г. [8], когда была получена только оценка периода 23.2 ч. Наши наблюдения охватывают три соседние ночи с 14 по 16 ноября 2010 г. Период вращения определить нам не удалось. Отчасти потому, что вариации блеска в каждую отдельную ночь (максимальная продолжительность 5.2 ч) не превышали 0.04 зв. вел. Нужны более продолжительные ряды высокоточных (не хуже 0.01 зв. вел.) наблюдений для уверенного определения значения периода.

(1162) Larissa. Интерес к этому объекту привлекает его одно из самых высоких среди всех тел данной группы альбедо (0.17 по данным "WISE"), не характерное для тел Р-типа, к которым он отнесен. По наблюдениям в две оппозиции 1991 и 1993 гг. [8] был определен период вращения этого астероида: 13.0 ± 0.2 часа. Наблюдения [22] указывают на другое значение периода 6.516 ч. Наши наблюдения выполнены в оппозицию 2012 года и охватывают интервал фазовых углов $0.5^\circ - 15.5^\circ$. Мы нашли более точное значение периода вращения 6.5195 ± 0.0005 ч. Исходя из определенной нами величины H и диаметров, полученных в обзорах WISE и AKARI, получается более низкое альбедо этого астероида, 0.12 и 0.09 соответственно, однако и эти значения существенно выше характерного альбедо для астероидов Р-типа (0.03–0.06). Возможно, что классификация этого астероида ошибочна.

(1180) Rita. Период вращения этого астероида Р-типа был определен в работах [8, 12] и равен 14.902 ч. Амплитуда 0.29 зв. вел. Наши наблюдения выполнены на протяжении 7.8 часов в одну ночь на 15 декабря 2007 г. За время наблюдений изменение блеска не превысило ошибок наблюдений (0.05 зв.

Таблица 1. Основные характеристики наблюдавшихся астероидов

Номер и имя астероида	Тип	Диапазон фазовых углов, град	H зв.вел. (данная работа)	Период, час.	Ампл. зв.вел.	$V-R$ зв.вел.
334 Chicago	C	0.1 – 13.6	7.67 0.03	7.3605 0.0005	0.35	0.36 0.01
1038 Tuckia	D	0.4 – 0.9	10.71 0.02	> 20	> 0.05	0.45 0.02
1162 Larissa	P	0.5 – 10.7	9.84 0.02	6.5195 0.0005	0.20	0.42 0.01
1180 Rita	P	4.1	9.37 0.03	–	0.05	0.44 0.01
1269 Rollandia	D	5.3 – 11.6	8.98 0.05	> 36	> 0.03	0.47 0.02
1578 Kirkwood	D	0.3 – 14.3	10.57 0.03	> 100	> 0.2	0.46 0.02
1746 Brouwer	D	0.09 – 10.4	10.41 0.01	19.7165 0.0005	0.33	0.45 0.03
1748 Mauderli	D	0.2 – 18.4	10.86 0.03	6.0018 0.0009	0.15	0.45 0.02
1754 Cunningham	P	3.64	9.98 0.02	4.2465 0.0015	0.11	0.34 0.02
3134 Kostinsky	–	8.2 – 8.5	10.85 0.04	14.7125 0.0001	0.40	0.46 0.02
3990 Heimdall	D	1.5 – 12.6	11.60 0.04	> 100	> 0.5	0.47 0.02
9829 Murillo	–	0.4	12.43* 0.03	> 6	> 0.35	–

*) абсолютный блеск астероида в фильтре R.

вел.). Поскольку длительность наблюдений составляет примерно половину периода вращения, то можно сделать вывод, что астероид наблюдался в близполюсном аспекте, то есть долгота полюса была близка к долготе астероида ($\sim 100^\circ$) в эклиптической системе координат.

(1269) Rollandia. Ранее этот астероид не наблюдался. Наши наблюдения выполнены в сентябре 2008 г. и марте 2012 г. Мы оценили нижнюю границу периода в 36 ч. Вариации блеска астероида в каждую отдельную ночь не превышали 0.03 – 0.05 зв. вел. при ошибках наблюдений на уровне 0.01. Показатели цвета $V-R$, определенные по наблюдениям в оппозиции 2008 и 2012 гг., совпадают между собой и равны 0.47 ± 0.02 зв. вел.

(1578) Kirkwood. Этот астероид D-типа так же ранее не исследовался фотометрическими методами. Мы наблюдали его в июле–августе 2011 г. Наблюдения проводились в фильтре R, и охватили диапазон фазовых углов от 0.5 до 7.5 градусов. В следующую оппозицию 2012 г. его наблюдения были продолжены с целью перекрыть максимально возможный диапазон фазовых углов ($0.3^\circ - 14.2^\circ$). Однако, несмотря на значительный объем полученных нами наблюдательных данных (15 ночей), определить период его вращения нам не удалось. Если предположить что, также как и для других наблюдавшихся нами тел D-типа, фазовая зависимость линейна и имеет наклон 0.044 зв. вел. на градус, то с нашими наблюдениями согласуется только длинный период > 100 ч.

(1746) Brouwer. Для этого астероида D-типа, первые наблюдения дали указание лишь на заметную амплитуду кривой блеска [14], а позднее была измерена вся его довольно сложная кривая блеска с периодом 19.8 часа и амплитудой 0.35 зв.вел. [8]. Наши наблюдения, выполненные в течение 8 ночей в августе–сентябре 2010 г. и одну ночь в ноябре 2011 г., позволили покрыть диапазон фазовых углов от 0.1° до 10.4° . Для получения фазовой зависимости блеска необходимы дополнительные наблюдения использованных звезд сравнения, чтобы определить их блеск в стандартной системе Джонсона–Козинса. Величина периода определена нами с высокой точностью, поскольку имеются разнесенные по времени и хорошо промеренные кривые блеска: 19.7165 ± 0.0005 ч.

(1748) Mauderli. Наблюдался нами в две соседние оппозиции: в мае - июле 2011 г. и в июле–октябре 2012 года. Покрытие фазовых углов максимально возможное для тел группы Гильды $0.16^\circ - 18.2^\circ$. Первые наблюдения этого представителя группы Гильды, принадлежащего к D-типу, выполненные в 1989 г. Далгрэном [8] при малых фазовых углах ($0.9^\circ - 2.9^\circ$) позволили найти период вращения 6.00 ± 0.02 ч и амплитуду кривой блеска 0.12 ± 0.03 зв. вел. Наши наблюдения (рис. 1a) позволили уточнить период вращения 6.0018 ± 0.0009 ч, при этом амплитуда кривой блеска составила 0.15 зв. вел. Полученная фазовая зависимость (рис. 1b) линейна на всем диапазоне фазовых углов, а фазовый коэффициент типичен для тел, принадлежащих к типу D: 0.046 ± 0.002 зв. вел./град. Данные наблюдений в две соседние

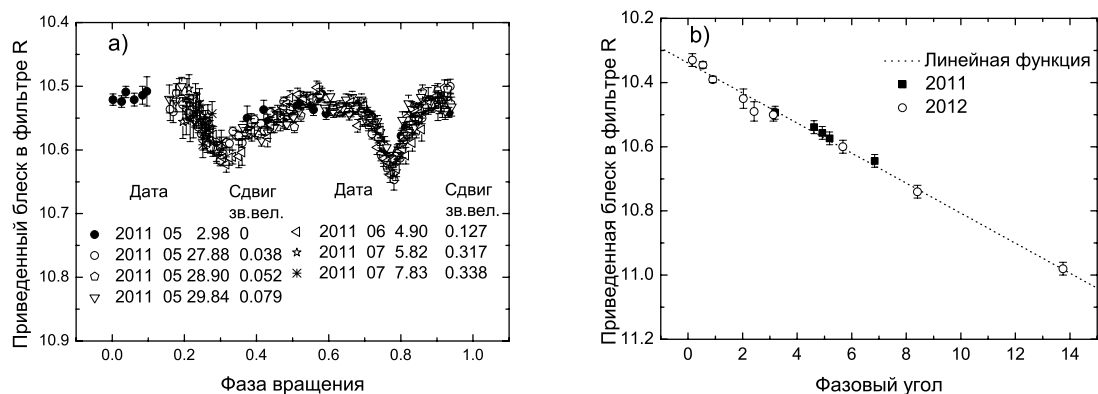


Рис. 1. Составная кривая блеска (1748) Mauderli (a), фазовая зависимость блеска в оппозиции 2011–12 гг. (b)

опозиции хорошо согласуются между собой.

(1754) Cunningham. Этот астероид Р-типа, по данным [8], имеет период вращения 4.285 ± 0.005 и амплитуду кривой блеска 0.17 ± 0.005 . Это наименьший период после (3415) Danby среди всех представителей группы Гильды с известными периодами. Этот астероид также имеет несколько отличные от других тел Р-типа цвета $U - B = 0.25 \pm 0.04$ и $B - V = 0.67 \pm 0.05$ [28]. Мы наблюдали этот астероид в течение 4.5 ч. в июле 2008 г. в полосах V и R , что позволило определить показатель цвета $V - R = 0.34 \pm 0.02$, который оказался близким к величине, характерной для астероидов С-типа. Значение периода, полученное по нашим данным близко к величине, найденной в [8] и равно 4.2465 ± 0.0005 ч., а амплитуда оказалась несколько меньшей 0.11 ± 0.01 зв.вел.

(3134) Kostinsky. Впервые этот астероид наблюдался в оппозиции 1991 и 1995 гг. [8]. Совместимый с наблюдательными данными за две оппозиции период был оценен как 14.7 ± 0.1 ч. Наши наблюдения были выполнены 18 и 19 ноября 2008 г., максимальная длительность превышает половину периода. Используя данные работы [8] мы уточнили период 14.7125 ± 0.0009 ч. Этот астероид не классифицирован, но по измеренным нами показателям цвета и величине альбедо (0.037 по данным WISE) можно предположить его принадлежность к D типу.

(3990) Heimdall. Астероид D-типа, ранее не наблюдался. На протяжении 10 ночей в сентябре - ноябре 2011 г. мы выполнили наблюдения этого астероида в диапазоне фазовых углов $1.5^\circ - 12.7^\circ$ в фильтрах V и R . Однако, несмотря на значительный объем наблюдательных данных, определить период вращения не удалось. Единственный совместимый со всеми нашими данными (с линейной фазовой зависимостью, имеющей наклон 0.044) период превышает 100 ч.

(9829) Murillo. Самый маленький из наблюдавшихся нами астероидов (26 км по данным WISE). Принадлежность к какому-либо таксономическому типу не определена. Ранее фотометрически не наблюдался, и таксономический тип неизвестен. Нам удалось пронаблюдать его только в фильтре R (поэтому в табл.1 указана H_R) на интервале всего 2 часа в ночь с 20 на 21 марта 2009 г. Изменение блеска за это время составляет 0.35 зв. вел., и данные охватывают часть кривой от максимума до минимума, поэтому можно заключить, что период превышает 6 ч (если кривая блеска имеет стандартный вид с двумя парами экстремумов).

3. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате фотометрических наблюдений, проведенных в 2008–2012 гг., получены 80 кривых блеска для 12 астероидов группы Гильды, для 9 из которых определены, существенно улучшены или сделаны оценки периодов вращения. У двух из наблюдавшихся нами астероидов период оказался больше 100 часов, однако для получения более точного значения периодов требуются длительные ряды наблюдений. По-видимому, среди тел группы Гильды существует избыток длиннопериодических астероидов, поскольку вместе с данными Далгрэна и др. из 56 астероидов группы Гильды 8 (15%) имеют периоды длиннее 24 ч, что несколько больше чем у тел внешней части главного пояса (12%).

Амплитуды наблюдавшихся нами астероидов группы Гильды лежат в диапазоне 0.05–0.40 зв. вел., Показатели цвета $V-R$ измерены для 11 из наблюдавшихся астероидов, а $B-V$ — для 4. Для астероидов Cunningham и Larissa предположена ошибочность классификации как Р-типа, а для не классифицированного ранее астероида Kostinsky определен D-тип поверхности. Детальные фазовые зависимости блеска получены для трех астероидов группы Гильды. Показано, что фазовые зависимости астероидов D-типа группы Гильды характеризуются линейным ходом и не показывают нелинейного возрастания блеска на малых фазовых углах. Фазовые зависимости астероидов D-типа группы Гильды подобны фазовым зависимостям троянцев Юпитера, относящихся к D-типу [24]. В то же время астероид С-типа группы Гильды показывает фазовую зависимость блеска, такую же как и астероиды главного пояса этого типа.

1. Альвен Х., Аррениус Г. Эволюция солнечной системы. — М.: Мир, 1979. — 512 с.
2. Круглый Ю.Н. Фотометрия астероидов, сближающихся с Землей: Дис...канд. физ.-мат. наук. — Харьков, 2003. — 222 с.
3. Львов В.Н., Смехаева Р.И., Смирнов С.С., Цекмейстер С.Д. Некоторые особенности астероидов группы Гильды // Изв. ГАО РАН. — 2004. — **217**. — С. 318–324.
4. Binzel R.P., Sauter L.M. Trojan, Hilda, and Cybele asteroids: New lightcurve observations and analysis // *Icarus*. — 1992. — **95**. — P. 222–238.
5. Bucciarelli B., García Yus J., Casalegno R., et al. An all-sky set of (B)-V-R photometric calibrators for Schmidt surveys. GSPC2.1: First release // *Astron. and Astrophys.* — 2001. — **368**. — P. 335–346.
6. Dahlgren M., Lagerkvist C.-I. A study of Hilda asteroids. I. CCD Spectroscopy of Hilda asteroids // *Astron. Astrophys.* — 1995. — **302**. — P. 907–914.
7. Dahlgren M., Lagerkvist C.-I., Fitzsimmons A., et al. A study of Hilda asteroids. II. Compositional constraints from optical spectroscopy // *Astron. Astrophys.* — 1997. — **323**. — P. 606–619.
8. Dahlgren M., Lahulla J.F., Lagerkvist C.-I., et al. A Study of Hilda Asteroids V. Lightcurves of 47 Hilda Asteroids // *Icarus*. — 1998. — **133**. — P. 247–285.
9. Dahlgren M., Lahulla J.F., Lagerkvist C.-I. A study of Hilda asteroids VI. Analysis of the lightcurve properties of Hilda asteroids // *Icarus*. — 1999. — **137**. — P. 259–267.
10. De Sanctis M., Barucci M.A., Angeli C.A., et al. Photoelectric and CCD observations of 10 asteroids // *Planet. Space Sci.* — 1994. — **42**. — P. 859–864.
11. Gil-Hutton R., Brunini A. Surface composition of Hilda asteroids from the analysis of the Sloan Digital Sky Survey colors // *Icarus*. — 2008. — **193**. — P. 567–571.
12. Gonano M., Mottola S., Neukum G., di Martino M. Physical study of outer belt asteroids // *Advances in Space Research*. — 1991. — **11**. — P. 197–200.
13. Grav T., Mainzer A.K., Bauer J., et al. WISE/NEOWISE Observations of the Hilda Population: Preliminary Results // *Ap. J.* — 2012. — **744**. — P. 197–212.
14. Hartmann W.K., Tholen D.J., Goguen J., et al. Trojan and Hilda asteroid lightcurves I. Anomalous elongated shapes among Trojans (and Hildas?) // *Icarus*. — 1988. — **73**. — P. 487–498.
15. Krugly Yu.N., Belskaya I.N., Shevchenko V.G., et al. CCD photometry of Near-Earth asteroids in 1996–1999 // *Icarus*. — 2002. — **158**. — P. 294–304.
16. Lagerkvist C.-I., Di Martino M., Blanco C., et al. Physical studies of asteroids. XXX. The asteroid 153 Hilda // *Earth, Moon, Planets*. — 1996. — **71**. — P. 189–194.
17. Landolt A.U. UBVRI photometric standard stars in the magnitude range 11.5–16.0 around the celestial equator // *Astron. J.* — 1992. — № 104. — P. 436–491.
18. Levison H.F., Bottke W.F., Gounelle M., et al. Contamination of the asteroid belt by primordial trans-Neptunian objects // *Nature*. — 2009. — **460**. — P. 364–366.
19. Michalowski T. Poles, shapes, senses of rotation, and sidereal periods of asteroids // *Icarus*. — 1993. — **106**. — P. 563–572.
20. Morbidelli A., Levison H.F., Tsiganis K., Gomes R. Chaotic capture of Jupiter's Trojan asteroids in the early solar system // *Nature, Letters*. — 2005. — **435**. — P. 462–465.
21. Mottola S., De Angelis G., Di Martino, et al. The Near-Earth objects follow-up program: first results // *Icarus*. — 1995. — **117**. — P. 62–70.
22. Pligge Z., Monnier A., Pharo J., et al. Asteroid lightcurve analysis at the Oakley Southern Sky observatory: 2010 may // *Minor Planet Bul.* — 2011. — **38**. — P. 5–7.
23. Shevchenko V.G., Belskaya I.N., Slyusarev I.G., et al. Opposition effect of Trojan asteroids // *Icarus*. — 2012. — **217**. — P. 202–208.
24. Shevchenko V.G., Chiorny V.G., Gaftonyuk N.M., et al. Asteroid observations at low phase angles. III. Brightness behavior of dark asteroids // *Icarus*. — 2008. — **196**. — P. 601–611.
25. Skiff B.A. UBVRI photometry of faint field stars // *VizieR On-line Data Catalog: II/277*. — 2007.
26. Strabla L., Quadri U., Girelli R. // *Minor Planet Bul.* — 2011. — **38**. — P. 169–172.
27. Taylor R.C., Gehrels T., Capen R.C. Minor planets and related objects. XXI. Photometry of eight asteroids // *Astron. J.* — 1976. — **81**. — P. 779–786.
28. Tedesco E.F. Asteroids magnitudes, UBV colors, and IRAS albedos and diameters // *Asteroids II* / Binzel R.P., et al. — Tucson: Univ. of Arizona Press, 1989. — P. 1090–1138.
29. Tholen D.J. Asteroid taxonomic classification. // *Asteroids II* / Binzel, R.P., Gehrels, T., Matthews, M.S. (Eds.), *Asteroids II*. — Tucson: Univ. of Arizona Press, 1989. — P. 1139–1150.
30. Usui F., Kuroda D., Müller T.G., et al. Asteroid Catalog Using Akari: AKARI/IRC Mid-Infrared Asteroid Survey // *Pub. Astron. Soc. of Japan*. — 2011. — **63**, №5. — P. 1117–1138.
31. Weidenschilling S.J., Chapman C.R., Davis D.R., et al. Photometric geodesy of main-belt asteroids. III. Additional lightcurves // *Icarus*. — 1990. — **86**. — P. 402–447.
32. Zappala V., Di Martino M., Cellino A., et al. Rotational properties of outer belt asteroids // *Icarus*. — 1989. — **82**. — P. 354–368.

Поступила в редакцию 22.04.2013