

УДК 523.44, 523.4-327, 520.82

## УТОЧНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСТЕРОИДОВ 153349 (2001 PJ9) И 361071 (2006 AO4) ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В СИМЕИЗЕ В 2013 Г.<sup>1</sup>

*Баканас Е. С.<sup>2</sup>, Барабанов С. И.<sup>3</sup>, Крючков С. В.<sup>4</sup>, Николенко И. В.<sup>5</sup>*

VERIFICATION OF THE PHYSICAL CHARACTERISTICS OF ASTEROIDS 153349 (2001 PJ9) AND  
361071 (2006 AO4) ACCORDING TO THE OBSERVATIONS IN SIMEIZ IN 2013

Bakanas E. S., Barabanov S. I., Kryuchkov S. V., Nikolenko I. V.

Under the program of research of physical properties of asteroids approaching the Earth in July-August 2013 using the telescope Zeiss-1000 (Scientific research Institute "Crimean Astrophysical Observatory" of the NUC, Ukraine) photometric observations of some asteroids were realized. For the asteroids 153349 (2001 PJ9) and 361071 light curves let us to evaluate the period of rotation of the asteroid. For the asteroid 153349 period of rotation is equal  $5.40^h \pm 0.01^h$ , and for the asteroid 361071 —  $4.056^h \pm 0.007^h$ . Estimates of the taxonomic class of asteroids and their diameters were obtained.

Keywords: Near-Earth asteroids, photometry, asteroid physical parameters, taxonomy.

### 1. Наблюдение избранных АСЗ, обработка полученных данных

В настоящее время существует большой интерес к проблеме астероидно-кометной опасности. Это связано, в том числе, и с недавним Челябинским событием, и с тем, что открывается все больше и больше астероидов, сближающихся с Землей. Для того, чтобы иметь представление, какие именно тела сближаются с Землей, нам необходимо знать не только их точную орбиту, но и физические характеристики. Для получения основной части информации о физических характеристиках астероидов служит изучение кривых блеска. Например, особенности кривых блеска могут рассказать о периоде вращения астероида, отношении его полюсов, обнаружить двойственность. Наблюдение в паспортизированных фильтрах позво-

ляет вычислить показатели цвета и альbedo астероидов. Исходя из полученных значений этих параметров, можно определить принадлежность астероидов к определенному таксономическому типу и оценить диаметр объекта.

Наблюдения проводились в июле–августе 2013 г. на 1-м телескопе ЦЕЙСС-1000 НИИ КраО (г. Кошка, пгт. Симеиз, Украина). Камера FLI ML8300M, размер матрицы  $3326 \times 2504$ , размер пикселя 5,4 мкм, диагональ матрицы 22,5 мм, поле зрения и  $4,9' \times 3,6'$ , бининг 4.

Время экспозиции для различных фильтров варьировалось от 10 до 90 с в зависимости от звездной величины астероида, для получения максимального отношения сигнал/шум при сохранении точечного вида объекта. Для работы с камерой и первичной калибровки кадров используется программ-

<sup>1</sup>Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (12-02-90444-Укр\_а), Программы 22 Президиума РАН «Фундаментальные проблемы исследований и освоения Солнечной системы».

<sup>2</sup>Баканас Елена Сергеевна, канд. физ.-мат. наук, научный сотрудник отдела исследования Солнечной системы Института астрономии РАН; e-mail: alena@inasan.ru.

<sup>3</sup>Барабанов Сергей Иванович, канд. физ.-мат. наук, заведующий Звенигородской обсерваторией Института астрономии РАН; e-mail: sbarabanov@inasan.ru.

<sup>4</sup>Крючков Сергей Владимирович, ведущий инженер группы программного обеспечения и вычислительной техники Института астрономии РАН; e-mail: skruch@inasan.ru.

<sup>5</sup>Николенко Игорь Владимирович, научный сотрудник оптического отделения Лаборатории радиоастрономии НИИ «Крымская Астрофизическая Обсерватория» Киевского национального университета им. Т. Шевченко; e-mail: niki63@yandex.ru.

Таблица 1. Элементы орбиты астероидов 153349 и 361071 (2001 АО4) (на эпоху 2456600,5 (4 ноября 2013, J2000))

Элементы орбиты	Астероид 153349 (2001 PJ9)		Астероид 361071 (2006 АО4)	
	Значение	Неопределенность орбиты	Значение	Неопределенность орбиты
e	0,63892265	1,0E-07	0,5819883	4,0E-08
a, а.е.	1,798962	1,1E-08	2,6306566	7,3E-08
q, а.е.	0,6495644	1,6E-07	1,09964503	1,1E-07
i, °	10,53664	1,1E-05	24,3806	1,1E-05
Ω, °	283,8958	2,5E-05	318,5474	1,1E-05
ω, °	291,12056	2,9E-05	50,44694	2,4E-05
M, °	63,968500324	1,3E-06	10,8548133	3,9E-06
Tr	2456443,8987874 (2013-05-31.39878)	3.24E-06	2456553,51 (2013-09-18.009018)	1,86E-05
P, сутки, года	881,31558860 2,41	8,3E-06 2,3E-08	1558,45645 4,27	7,4E-05 2,02E-07
n, °/сут	0,312295986	4,1E-09	0,2309977	1,1E-08
Q, а.е.	3,967441905	3,5E-08	4,16166	1,32E-07

ный комплекс Maxim DL 5. Для привязки дифференциальных значений блеска астероида к стандартной фотометрической системе и получения абсолютных значений блеска применяются фотометрические стандарты из каталога Ландольта [1] и стандартная модель атмосферного поглощения. Измерения для получения фотометрической и координатной информации частично проводятся в пакете Алекс-II, разработанном в ГАО РАН [2]. Кривые блеска стандартными методами приводились к блеску при нулевом фазовом угле. Более подробно методика наблюдений и последующей обработки кадров описана в работах [3, 4].

## 2. Объекты

*Астероид 153349 (2001 PJ9)* был открыт 10 августа 2010 г. службой наблюдений АСЗ NEAT Palomar (США). Астероид принадлежит к группе астероидов типа Аполлона, сближающихся с Землей, его орбита проходит на расстоянии  $\sim 0,05$  а.е. от орбиты Земли. На данный момент в базе данных Центра малых планет содержится 267 наблюдений этого объекта (кроме наших). Элементы орбиты, вычисленной в Лаборатории реактивного движения НАСА [5] по этим наблюдениям, даны в табл. 1. Наблюдения проводились с 22 по 25 июля 2013 г., получено порядка 100 кадров в каждую ночь в каждом из трех фильтров (VRI), В-фильтр не использовался по погодным условиям.

*Астероид 361071 (2006 АО4)* был открыт 8 января 2006 г. (Mt. Lemmon Survey at Mount Lemmon (G96)). Астероид принадлежит к группе астероидов типа Амура, сближающихся с Землей, его орбита проходит на расстоянии  $\sim 0.2$  а.е. от орбиты Земли. На данный момент в базе данных Центра малых планет содержится 437 наблюдений этого объекта (кроме наших). Элементы орбиты, вычисленной в Лаборатории реактивного движения НАСА [5] по этим наблюдениям, даны в табл. 1. Наблюдения проводились с 10 по 12 августа 2013 г., получено от 25 до 100 кадров в каждом фильтре (BVRI) в каждую ночь (в зависимости от погодных условий).

## 3. Результаты наблюдений

Полученные фазовые кривые блеска астероидов представлены на рис. 1 и 2. На графиках приведены абсолютные звездные величины объектов. В табл. 3 даны полученные значения периодов вращения и показатели цвета астероидов. Для пересчета видимых звездных величин в абсолютные звездные величины использовались значения фазового угла, значения гео- и гелиоцентрических расстояний, приведенные в табл. 2 на моменты середины ночей наблюдений. Оценка периода вращения астероида вокруг своей оси проведена с использованием метода Фурье-анализа.

По средним значениям абсолютных звездных величин, по найденному периоду

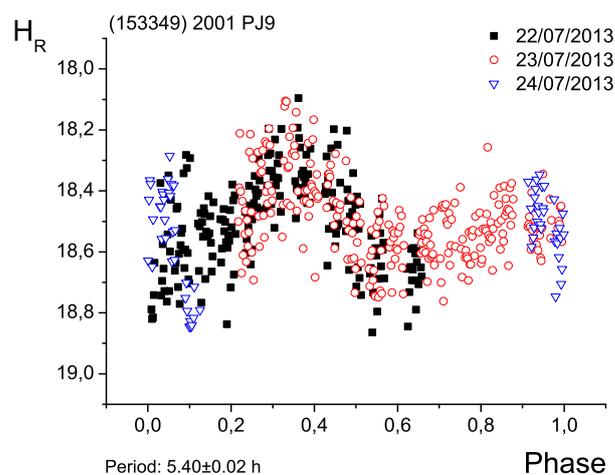


Рис. 1. Фазовая кривая блеска астероида 153349, R-фильтр (система Джонсона–Кузенса), 22–24 июля 2013, Симеиз

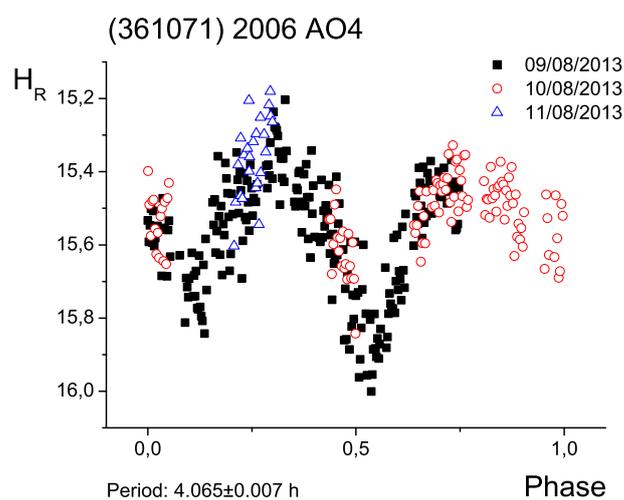


Рис. 2. Фазовая кривая блеска астероида 361071, R-фильтр (система Джонсона–Кузенса), 10–12 августа 2013, Симеиз

Таблица 2. Гелио-, геоцентрические расстояния, фазовые углы для астероидов [5]

Объект	Даты	Фазовый угол, °	Геоцентрическое расстояние, а.е.	Гелиоцентрическое расстояние, а.е.
153349	22.07	67,56	0,0903945	1,04697914
	23.07	61,95	0,09643365050	1,0576295
	24.07	56,96	0,1031306	1,0682816
361071	09.08	45,3	0,2985843	1,2009058
	10.08	45,9	0,2946282	1,1961162

Таблица 3. Периоды вращения и показатели цвета для астероидов 153349 и 361071

Астероид	P	B-V	V-R	R-I
153349	$5,40 \pm 0,01^h$	—	$0,31 \pm 0,06^m$	$0,20 \pm 0,06^m$
361071	$4,056 \pm 0,007^h$	$0,62 \pm 0,2^m$	$0,09 \pm 0,07^m$	$0,36 \pm 0,07^m$

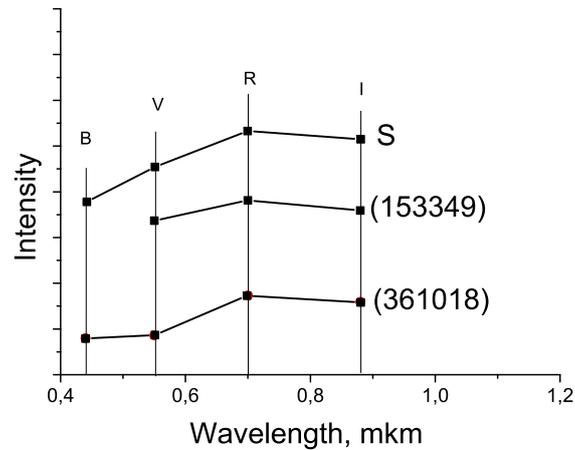


Рис. 3. Усредненные отражательные спектры астероидов 153349, 261071 и астероидов S-класса по Толену [6]

ду вращения для астероидов был построен график зависимости относительной отражательной способности в каждом фильтре от эффективной длины волны (вклад Солнца был исключен). Далее, сравнивая ход полученного графика с аналогичными в определении Толена (рис. 3), можно предположить, что исследуемые астероиды принадлежат таксономическому классу S (пироксен, оливин, металл).

Используя средние значения альбедо для таксономического класса S ( $p = 0,2$ ), можно оценить размер астероидов [7]. Диаметр астероида 153349 составляет порядка  $2,0 \pm 0,4$  км, а астероида 361071 —  $1,9 \pm 0,3$  км.

#### 4. Выводы

Полученные результаты позволили определить такие важные характеристики исследованных астероидов как звездные величины в B-, V-, R-, I-фильтрах системы Джонсона-Кузенса, показатели цвета в этой системе и период вращения. Это так называемая первичная наблюдательная информация, прошедшая стадию первичной обработки. Кроме того, известные методы интерпретации наблюдательной информации позволили сделать выводы о таксономической принадлежности исследуемых объектов и их размерах. Полученные периоды вращения находятся в допустимых пределах для оцененных размеров астероидов данного типа, если предположить их монолитность и известные

свойства вещества в полученных таксономических классах. Сделанные оценки классов астероидов, в принципе, соответствуют их орбитам. Можно с достаточной степенью уверенности утверждать, что данные астероиды изначально находились в Главном поясе астероидов во внутренней его части. Дальнейшее эволюционное моделирование их орбит позволит проверить это предположение.

Ключевым моментом в определении размеров астероидов является знание альбедо. Для полученного таксономического класса S оно изменяется в пределах 0,1–0,3. С таким разбросом в соответствии с формулой расчета диаметра размеры объекта могут значительно отличаться. Конечно, для более точных оценок альбедо для конкретного астероида из конкретного таксономического класса можно привлекать другие наблюдательные данные, например, сочетать фотометрию с поляризиметрией. Также представляется перспективным развитие математических методов определения альбедо из фотометрических наблюдений [7].

Плановые фотометрические, поляризиметрические и спектрометрические наблюдения, проводимые и планируемые в Институте астрономии, а также их интерпретация позволят более точно узнать состав и природу тел, которые могут потенциально угрожать Земле, а кроме того знать и понимать причины отличия статистических характеристик астероидов, сближающихся с орбитой Земли, и астероидов Главного пояса как основного источника таких объектов.

### Литература

1. *Moffett T. J., Barnes T. G.*, III Equatorial UBVRI photoelectric sequences // *Astronomical Journal*. Vol. 84. May 1979. P. 627–632.
2. *Devyatkin A. V., Gorshakov D. L., Kouprianov V. V., et al.* Apex I and ApexII Software Packages for the Reduction of Astronomical CCD Observations // *Solar System Research*. 2010. Vol. 44. No. 1. P. 68–80.
3. *Волков И. М., Баканас Е. С., Николенко И. В., Иванов А. Л., Лысенко В. Е.* Фотометрические наблюдения избранных малых тел, сделанные в 2009–2011 гг. с использованием высокоточного BVRI фотометра на телескопе Цейсс-1000 на г. Кошка // *Вестник СибГАУ*. 2011. №6(39). С. 129–134.
4. *Баканас Е. С., Барабанов С. И.* Результаты фотометрических наблюдений астероида 68348 // *Вестник СибГАУ*. 2011. №6(39). С. 137–141.
5. JPL Small-Body Database (Сайт Лаборатории реактивного движения НАСА). [URL]: <http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi#top> (дата обращения: 10.11.2013).
6. *Tholen D. J., Barucci M. A.* Asteroid taxonomy // *Asteroids II; Proceedings of the Conference, Tucson, AZ, Mar. 8–11, 1988 (A90–27001 10–91)*. Tucson, AZ, University of Arizona Press, 1989. P. 298–315.
7. *Бусарев В. В.* Спектрофотометрия астероидов и ее приложения LAP LAMBERT Acad. Publish. GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Germany-Россия. 250 с.

Ключевые слова: астероид, сближающийся с Землей; фотометрия, физические характеристики астероидов.

---

Статья поступила 20 декабря 2013 г.

Институт астрономии РАН, г. Москва

НИИ «Крымская астрофизическая обсерватория» Киевского национального университета им. Т. Шевченко, Украина, г. Киев

© Баканас Е. С., Барабанов С. И., Крючков С. В., Николенко И. В., 2013