

УДК 523.532

НАБЛЮДЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ АСТЕРОИДОВ В ТАДЖИКИСТАНЕ

Кохирова Г. И., Крючков С. В., Николенко И. В., Хамроев У. Х., Буриев А. М.,
Баканас Е. С., Девяткин А. В., Горшанов Д. Л., Мулло-Абдолов А. Ш.,
Юсупов М. З., Абдуллоев С. Х.

OBSERVATIONS OF THE POTENTIALLY HAZARDOUS ASTEROIDS IN TAJIKISTAN

Kokhirova G. I. *, Kryuchkov S. V. **, Nikolenko I. V. ***, Khamroev U. Kh. *, Buriev A. M. *,
Bakanas E. S. **, Devyatkin A. V. ****, Gorshanov D. L. ****, Mullo-Abdolov A. Sh. *,
Yusupov M. Z. *, Abdulloev S. H. *

* Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, 734042, Tajikistan

** Institute of Astronomy of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 119017, Russia

*** Crimea Astrophysical observatory of the Russian Academy of Sciences, Nauchniy, 298409, Crimea,
Russia**** Main astronomical observatory of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, 196140,
Russia

e-mail: Kokhirova2004@mail.ru

Abstract. The results of astrometric and photometric in *BVRI* bands observations of the potentially hazardous asteroids 2016LX48 and 2014JO25 carried out by the Zeiss-1000 and AZT-8 telescopes in the Sanglokh and Gissar observatories of the Institute of Astrophysics, Ac. Sci. of RT, at the period of their close approaches to the Earth in September 2016 and April 2017 have presented. The asteroid's coordinates and the orbit of 2014JO25 were determined as well as the apparent and absolute brightness in *BVRI* bands and color indexes were obtained. The light curves show that object's magnitudes have not been changed significantly during observations and the value of absolute magnitude of 2014JO25 corresponds to the ephemerid value. Estimations of the color-indexes, rotation periods and the 2014JO25 diameter by our observations are in well accordance with known data.

Keywords: asteroid, astrometry, photometry, coordinates, orbit, light curve, color-index, diameter, rotation period.

Кохирова Гулчехра Исроиловна, чл-корр. АН РТ, д-р физ.-мат. наук, директор, ведущий научный сотрудник отдела межпланетных тел Института астрофизики Академии наук Республики Таджикистан (АН РТ); e-mail: Kokhirova2004@mail.ru.

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

Николенко Игорь Владимирович, младший научный сотрудник Крымской астрофизической обсерватории РАН Крымской астрофизической обсерватории РАН; e-mail: niki63@yandex.ru.

Хамроев Умеджон Ходжамкулович, научный сотрудник отдела межпланетных тел Института астрофизики Академии наук Республики Таджикистан (АН РТ); e-mail: Umed-1982@mail.ru.

Буриев Анварджон Махмадалиевич, научный сотрудник отдела физики комет и астероидов, Институт астрофизики Академии наук Республики Таджикистан (АН РТ); e-mail: anvar10@mail.ru.

Баканас Елена Сергеевна, канд. физ.-мат. наук, инженер 1 категории Научного центра оперативного мониторинга Земли (АО "РКС"), научный сотрудник Института астрономии РАН; e-mail: oterma@yandex.ru.

Девяткин Александр Вячеславович, д-р физ.-мат. наук, главный научный сотрудник, зав. Отделом позиционной астрономии ГАО РАН; e-mail: adev@gaon.ru.

Горшанов Денис Леонидович, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник лаборатории наблюдательной астрометрии Главной (Пулковской) астрономической обсерватории РАН; e-mail: dengorsh@mail.ru.

Мулло-Абдолов Азиз Шерзодович, зам.директора по общим вопросам Института астрофизики Академии наук Республики Таджикистан (АН РТ); e-mail: aziz.sherzod@gmail.com.

Юсупов Маъруфджон Зохинович, научный сотрудник отдела межпланетных тел Института астрофизики Академии наук Республики Таджикистан (АН РТ); e-mail: msyusupov@mail.ru.

Абдуллоев Сафарали Холмуродович, научный сотрудник отдела межпланетных тел Института астрофизики Академии наук Республики Таджикистан (АН РТ); e-mail: a-bakhodur@mail.ru.

Введение

Астероид, сближающийся с Землей (АСЗ), получивший обозначение 2016LX48, был открыт 11 июня 2016 г. в рамках автоматической программы наблюдений околоземных объектов “Pan-STARRS”, выполняемой на Гавайях в США. АСЗ 2014JO25 был открыт в мае 2014 г. в обсерватории Mt. Lemmon, Аризона, США, в рамках программы Mt. Lemmon Survey. По первым оптическим снимкам вычислены орбиты новых астероидов и стало ясно, что они могут сближаться с Землей. Объекты имеют эквивалентные диаметры порядка 1 км, из-за таких размеров и сближений с Землей они классифицируются как потенциально опасные астероиды (ПОА). К таким объектам принято относить космические тела размером свыше 100 м и приближающихся к Земле на дистанции, начиная с 7,5 млн км и меньше.

В конце августа 2016 г. астероид 2016LX48 прошел перигелий своей орбиты, а уже 12 сентября сблизился с Землей на минимальном расстоянии 0,046 а.е. или 6,9 млн км [1–3]. Очередной близкий подход астероида 2014JO25 к Земле произошел в апреле 2017 г. В ночь с 19 на 20 апреля астероид пролетел мимо Земли на расстоянии менее 0,0118 а.е. или 1,8 млн км [1–3]. В эти периоды создались благоприятные условия для наблюдений и исследования динамических и физических свойств объектов.

В сентябре 2016 г. астероид 2016LX48 явился целью радионаблюдений обсерваторий Голдстоун и Аресибо (США), где расположены крупнейшие в мире радиотелескопы. По материалам наблюдений уточнены орбита, оценки альbedo, размера и периода вращения объекта. В апреле 2017 г. выполнены радионаблюдения астероида 2014JO25. По данным этих наблюдений получены первые радиолокационные изображения ПОА 2014JO25 (рис. 1). Найдено, что диаметр объекта составляет приблизительно 1 км и он совершает полный оборот за 4,5 ч., но самое примечательное, оказалось, что астероид является двойным и имеет геометрическую фигуру схожую с ядром кометы 67P/Чурюмова-Герасименко. Позже, в июле астероид был отнесен к контактно-двойным объектам [4].

Элементы орбит ПОА 2016LX48 и 2014JO25, принадлежащих группе Аполлона [3], приведены в табл. 1, где a — большая

полуось, e — эксцентриситет, q , Q — перигелийное и афелийное расстояния, i — наклонение орбиты, ω — аргумент перигелия, Ω — долгота перигелия, T_j — критерий Тиссерана. Периоды обращения 2016LX48 и 2014JO25 равны 5,79 и 2,97 лет, соответственно. Значение критерия Тиссерана указывает на кометоподобную орбиту 2016LX48, и соответствует пограничной величине между кометными и астероидными орбитами для 2014JO25.

Абсолютная звездная величина астероида 2016LX48 составляет $H = 19,3$ звездных величин. По данным космических наблюдений миссии NEOWISE в 2016 г., оценка диаметра и оптического альbedo астероида 2016LX48 составляют 1 км и 0,05, соответственно [1–3]. Абсолютный блеск 2014JO25 равен $H = 17,8$ звездных величин [1–3]. Оценка диаметра и оптического альbedo астероида 2014JO25 по наблюдениям NEOWISE в 2014 г., составляют 0,65 км и 0,25, соответственно [1, 3]. Согласно базе данных АСЗ NEODYS [2], диаметр 2014JO25, вычисленный в предположении значений его альbedo 0,04–0,20, составляет 0,83–1,86 км. Астероид перемещается в межпланетном пространстве с чрезвычайно высокой скоростью, необычной для астероидов, составляющей более 33 км/с. Спектральный класс пока не известен, период вращения по предварительным оценкам может составлять от 4,5 до 5,6 ч. [1–3].

Мониторинг таких объектов с целью определения их динамических и физических особенностей является актуальной задачей, поскольку результаты необходимы для решения проблем, входящих в комплекс астероидно-кометной опасности.

1. Наблюдения и обработка

В связи с благоприятными условиями для наблюдений во время сближения с Землей, на телескопе Цейсс-1000 Международной астрономической обсерватории Сангloch (МАОС) Института астрофизики АН РТ 20–21 сентября 2016 г. проведены наблюдения астероида 2016LX48. Наблюдения астероида 2014JO25 выполнены в МАОС и на телескопе АЗТ-8 Гиссарской астрономической обсерватории (ГисАО) 18–25 апреля 2017 г. Наряду с обсерваториями Таджикистана в синхронном мониторинге ПОА 2014JO25 участвовали Уссурийская астрофизическая обсерватория ДВО РАН, Звенигородская обсерватория Института астрономии РАН, Пулковская обсер-

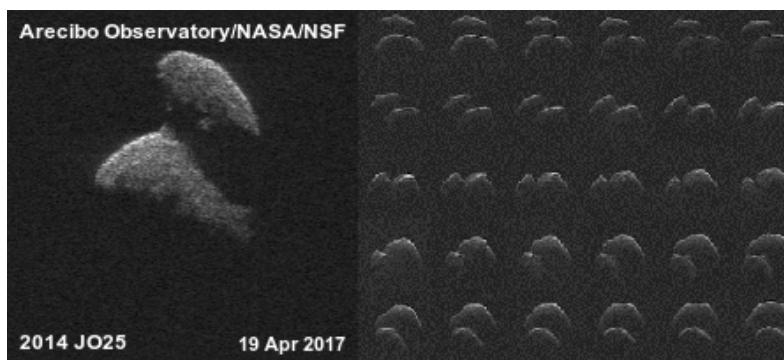


Рис. 1. Астероид 2014JO25: изображение Arecibo 17 апреля 2017 г., разрешение 7,5 m/pixel, Credits [4]: NAIC-Arecibo / NSF (слева), изображения Goldstone 18 апреля 2017 г., разрешение 7,5 m/pixel, Credits: NASA/JPL-Caltech/GSSR (справа)

Таблица 1. Элементы орбиты астероидов 2014JO25 и 2016LX48 (J2000.0)

Объект	Эпоха	a (а.е.)	e	q (а.е.)	Q (а.е.)	i (град.)	ω (град.)	Ω (град.)	T_j
2014JO25	4.09.17	2,068	0,885	0,237	3,900	25,270	49,571	30,653	3,05
2016LX48	31.07.16	3,222	0,690	0,999	5,444	5,590	3,95	327,34	2,75

ватория РАН, Горная астрономическая станция ГАО РАН. Результаты этих совместных наблюдений представлены в отдельной статье.

Фокусное расстояние телескопа Цейсс-1000 (фокус Кассегрена) $F = 13,0$ м, при этом масштаб получаемого изображения равен 0,3 сек. дуги/пиксель. Телескоп АЗТ-8 в оптической системе Ньютона имеет фокус $F = 28,2$ м и масштаб изображения составляет 1,8 сек. дуги/пиксель. Регистрация объекта выполнялась с помощью ПЗС-камер FLI 16803 (Цейсс-1000) и 9000 (АЗТ-8) серии ProLine с использованием широкополосных фотометрических фильтров системы Джонсона-Козинса — $BVRI$, при этом экспозиции составляли от 2 до 20 с. Размер и поле зрения матрицы камеры Цейсс-1000 составляют 4096×4096 пикселей и 10×10 минут дуги соответственно, масштаб матрицы (pixel scale) равен 0,18 сек. дуги/пиксель, с учетом значения бининга 2×2 для фотометрии, масштаб составит 0,36 сек. дуги/пиксель. Параметры камеры АЗТ-8 составляют: размер — 3056×3056 пикселей и $44,7 \times 44,7$ минут дуги, масштаб матрицы — 1,8 сек. дуги/пиксель. Для уменьшения уровня шумов ПЗС камеры аппаратура была охлаждена до температуры -20 °С. Чтобы учесть темновой сигнал в течение наблюдательной ночи были получены кадры “Dark”, которые при обработке вычитались из рабочих кадров. Для полу-

чения снимков с равномерным полем были использованы кадры “Flat”, наблюдаемые при вечерних или утренних сумерках. Для учета ошибок матриц ПЗС-камер снимались кадры “Bias”, которые также использовались в обработке кадров.

За две ночи наблюдений 2016LX48 было получено порядка 400 изображений объекта с экспозициями до 20 с. Некоторые геометрические аспекты расположения объекта во время наблюдений приведены в табл. 2, положение астероида на звездном небе во время наблюдений показано на рис. 2.

Во время наблюдений 2014JO25 в МАОС было получено 2730 изображения объекта за 19–25 апреля и в ГисАО — 1194 снимков за 18–25 апреля. Сводка наблюдений 2014JO25 в обсерваториях приведена в табл. 3. Изображения астероида 2014JO25, полученные во время наблюдений показаны на рис. 3.

Астрометрическая и фотометрическая обработка наблюдений астероида 2016LX48 проведена в пакете Апекс II [5], астероида 2014JO25 — с помощью Апекс II и, частично, MaxImDL 5.

2. Результаты и их анализ

Экваториальные координаты 2016LX48, найденные в результате астрометрической обработки наблюдений в МАОС, приведены в табл. 4 [6], где даны дата: месяц и день в долях суток; и соответствующие ей координаты.

Таблица 2. Геометрические аспекты расположения астероида 2016LX48 в Солнечной системе

Дата	Расстояние объект-Солнце, r , а.е.	Расстояние объект-Земля, Δ , а.е.	Фазовый угол, ph , град.
20.09.16	1,0461	0,06698	49,6
21.09.16	1,0504	0,07169	47,9



Рис. 2. Астероид 2016LX48 во время наблюдений в МАОС 20 сентября 2016 г.

Таблица 3. Сводка наблюдений ПОА 2014JO25 в МАОС и ГисАО

Дата	r , а.е.	Δ , а.е.	ph , град.	$N \times \Phi$ фильтр		t , с
				МАОС, Цейсс-1000	ГисАО, АЗТ-8	
18.04.2017	0,980	0,032	139,8	–	70xR, 30xI	2–15
19.04.2017	0,998	0,015	115,6	138xB, 349xV, 136xR, 112xI	30xB, 30xV, 461xR	2–15
22.04.2017	1,050	0,050	23,9	78xB, 232xV, 213xR, 76xI	200xR	2–15
23.04.2017	1,068	0,069	24,3	123xB, 363xV, 158xR, 116xI	20xB, 50xV, 20xR, 20xI	2–15
24.04.2017	1,085	0,088	24,9	–	30xB, 80xV, 30xR, 30xI	2–15
25.04.2017	1,102	0,107	25,5	111xB, 327xV, 91xR, 107xI	15xB, 48xV, 15xR, 15xI	2–15

Таблица 4. Экваториальные координаты астероида 2016LX48 по наблюдениям в МАОСе

Дата	α	δ	Дата	α	δ
09 20.73242	$22^h 35^m 16^s,66$	$+49^\circ 08' 16'',0$	09 21.69090	$22^h 55^m 34^s,18$	$+48^\circ 59' 46'',9$
09 20.73433	$22^h 35^m 19^s,16$	$+49^\circ 08' 16'',7$	09 21.69888	$22^h 55^m 43^s,18$	$+48^\circ 59' 40'',7$
09 20.73815	$22^h 35^m 24^s,03$	$+49^\circ 08' 16'',5$	09 21.70287	$22^h 55^m 47^s,64$	$+48^\circ 59' 37'',9$
09 20.74006	$22^h 35^m 26^s,50$	$+49^\circ 08' 16'',1$	09 21.70686	$22^h 55^m 52^s,12$	$+48^\circ 59' 34'',7$
09 20.74913	$22^h 35^m 38^s,12$	$+49^\circ 08' 15'',7$	09 21.71084	$22^h 55^m 56^s,59$	$+48^\circ 59' 31'',4$
09 20.75103	$22^h 35^m 40^s,63$	$+49^\circ 08' 15'',6$	09 21.71285	$22^h 55^m 58^s,84$	$+48^\circ 59' 29'',9$
09 20.79131	$22^h 36^m 32^s,17$	$+49^\circ 08' 07'',4$	09 21.71484	$22^h 56^m 01^s,06$	$+48^\circ 59' 28'',5$



Рис. 3. ПОА 2014JO25, 25 апреля 2017 г., экспозиция 10 с: Цейсс-1000 МАОС (слева) и АЗТ-8 ГисАО

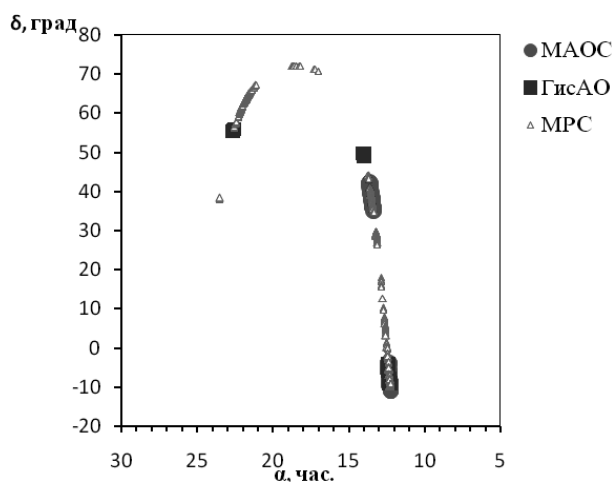


Рис. 4. Траектория ПОА 2014JO25 по наблюдениям в Таджикистане и данным других наблюдений

наты астероида: α — прямое восхождение и δ — склонение.

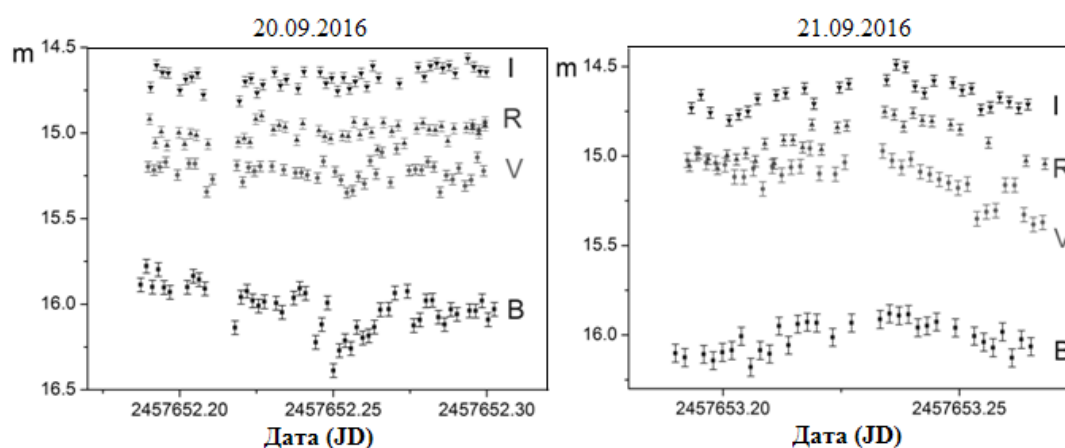
В результате астрометрической обработки наблюдений в МАОС и ГисАО определены экваториальные координаты астероида 2014JO25, которые приведены в виде графика на рис. 4, где по оси абсцисс даны прямое восхождение α и по оси ординат — склонение δ . На этом графике для сравнения приведены также координаты объекта по другим наблюдениям из базы данных [3]. Как видно, после тесного сближения наблюдается обратное видимое движение объекта. Результаты определения орбиты астероида приведены в отдельной статье.

Для определения видимого блеска астероида 2016LX48 выбраны звезды сравнения из каталогов TYCHO-2 и GSC. По ним были определены видимые звездные величины

астероида 2016LX48 в фильтрах *BVRI* и построены кривые блеска по наблюдениям двух ночей, представленные на рис. 5, где по оси ординат отложены видимые звездные величины m и по оси абсцисс — даты наблюдений в юлианских днях. Отметим, что фотометрические данные, полученные по наблюдениям двух астероидов, являются инструментальными, так как коэффициенты трансформации инструментальных цветовых систем телескопов Цейсс-1000 и АЗТ-8 в стандартную систему пока не определены. Средние значения видимых звездных величин объекта в разных фильтрах и инструментальные показатели цвета даны в табл. 5. Как видно, яркость астероида была почти постоянной, и наблюдаемые ее вариации связаны с ошибками измерений. Показатель цвета наряду с альбедо и спектральным типом явля-

Таблица 5. Средние видимые звездные величины астероида 2016LX48 по наблюдениям в МАОС

Фильтр	20.09.2016	21.09.2016
	$m_{\text{ср}}$ (зв.вел.)	$m_{\text{ср}}$ (зв.вел.)
B	$16,02 \pm 0,04$	$16,01 \pm 0,04$
V	$15,23 \pm 0,03$	$15,16 \pm 0,03$
R	$14,99 \pm 0,03$	$14,92 \pm 0,03$
I	$14,67 \pm 0,03$	$14,66 \pm 0,03$
B-V	0,79	0,85
V-R	0,24	0,24
R-I	0,37	0,26


 Рис. 5. Видимый блеск астероида 2016LX48 в фильтрах $BVRI$ по наблюдениям в МАОС

ется важной физической величиной, позволяющей определить принадлежность астероида к какому-либо таксономическому классу и на этой основе предположить его минералогический состав. Показатели цвета, полученные за две ночи наблюдений (табл. 5), соответствуют средним величинам АСЗ С-типа, для которых характерно низкое значение альбедо, вследствие чего они классифицируются как темные объекты.

Видимый блеск астероида 2014JQ25 в фильтрах $BVRI$ определен с использованием звезд сравнения из каталогов ТУСНО-2 и УСАС-2. Кривые блеска по наблюдениям в ГисАО и МАОС представлены на рис. 6, где по оси ординат отложены видимые звездные величины m и по оси абсцисс — даты наблюдений в юлианских днях. В связи с очень быстрым перемещением астероида по небу 18 и 19 апреля 2017 г. измерения его блеска в ГисАО в эти ночи имеют невысокую точность и поэтому эти графики не приведены. Более достоверными являются измерения блеска в остальные ночи, которые показывают измене-

ния яркости с амплитудой в пределах ошибок измерений (рис. 6). Однако здесь не учтены фазы периода вращения объекта, охваченные нашим мониторингом, и по этой причине трудно сделать заключение о полной амплитуде изменения блеска астероида. Средние значения видимых звездных величин объекта, полученные в фильтрах $BVRI$, даны в табл. 6. Видимые звездные величины m конвертировались в абсолютные величины H по следующей полуэмпирической формуле [7], позволяющей более точно описать изменение блеска астероида в диапазоне фазовых углов от 0 до 120 град.:

$$H = m - 5 \log(r\Delta) + 2,5 \log[(1 - G)\Phi_1 + G\Phi_2],$$

$$\Phi_i = \exp[-A_i \{\text{tg}(\beta/2)\}^{B_i}], \quad i = 1, 2,$$

где β — фазовый угол (ph) объекта, G — параметр наклона, найденный лишь для небольшого числа астероидов, для остальных принято значение $G = 0,15$; Φ_1, Φ_2 — функции

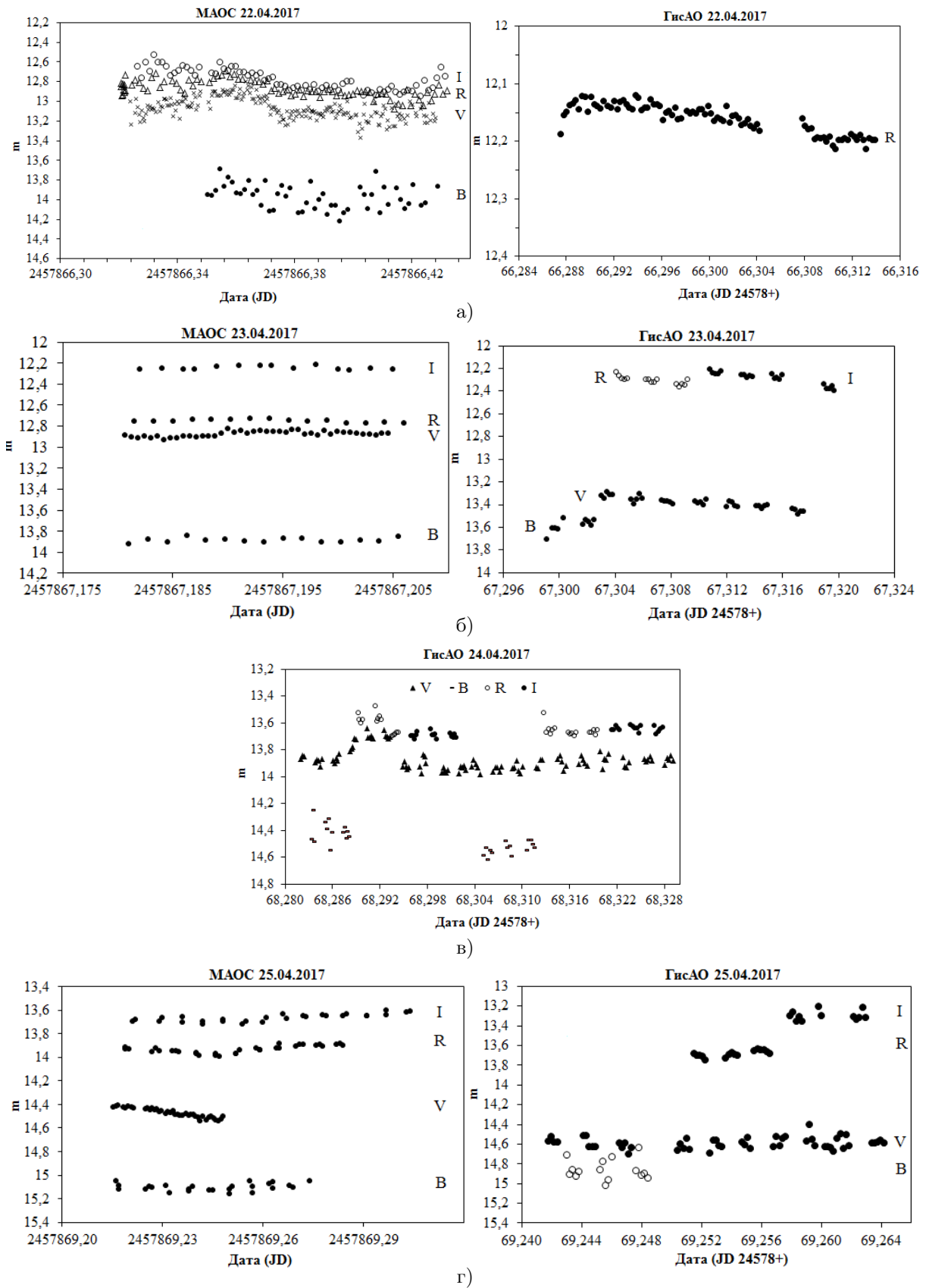


Рис. 6. Кривые видимого блеска в фильтрах *BVRI* астероида 2014JO25 по наблюдениям в ГисАО и МАОС 22–25 апреля 2017 г.

Таблица 6. Видимые звездные величины астероида 2014JO25 по наблюдениям в ГисАО и МАОС в апреле (UT) 2017 г.

Дата, UT	18, 18,84	19, 17,34	19, 20,00	22, 20,89	22, 21,10	23, 19,25	23, 19,25	24, 17,75	25, 17,52	25, 18,42
	Гис АО	Гис АО	МА ОС	Гис АО	МА ОС	Гис АО	МА ОС	Гис АО	Гис АО	МА ОС
B	–	11,39 ±0,04	н/о	–	13,97 ±0,12	13,57 ±0,06	13,89 ±0,02	14,47 ±0,09	14,85 ±0,10	15,10 ±0,03
V	–	10,21 ±0,04	н/о	–	13,07 ±0,11	13,38 ±0,05	13,34 ±0,02	13,87 ±0,08	14,58 ±0,06	14,47 ±0,04
R	14,99 ±0,11	10,07 ±0,04	н/о	12,16 ±0,02	12,87 ±0,08	12,31 ±0,03	12,75 ±0,01	13,64 ±0,06	13,67 ±0,03	13,93 ±0,03
I	14,35 ±0,13	–	н/о	–	12,77 ±0,10	12,29 ±0,05	12,25 ±0,02	13,67 ±0,03	13,29 ±0,05	13,66 ±0,03

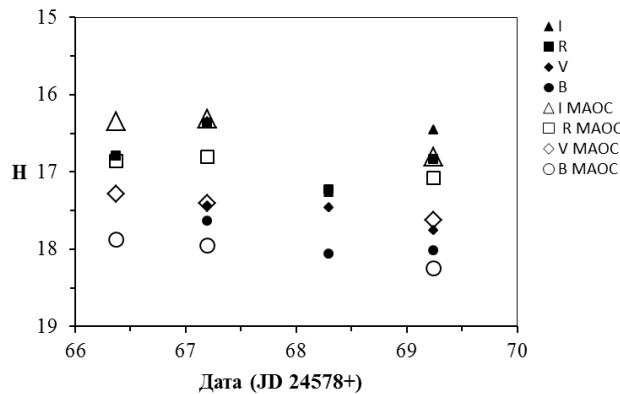


Рис. 7. Абсолютный блеск (средние значения) в фильтрах $BVRI$ астероида 2014JO25 по наблюдениям в ГисАО и МАОС 22–25 апреля 2017 г.

угла фазы, $A_1 = 3,33$, $A_2 = 1,87$, $B_1 = 0,63$ и $B_2 = 1,22$ — коэффициенты, значения которых приведены в [8]. Найденный таким путем абсолютный блеск астероида в фильтрах $BVRI$ (средние значения за ночь) приведен в табл. 7, где также даны величины показателей цвета $B-V$, $V-R$, $R-I$. Зависимость абсолютной яркости астероида от даты наблюдений в ГисАО и МАОС приведена на рис. 7. Видимый блеск за весь период наблюдений постепенно снижался, т.к. астероид удалялся и от Солнца и от наблюдателя, и уменьшалась величина угла его фазы, но абсолютный блеск с учетом ошибок измерений варьировал вблизи эфемеридного значения. Измеренный абсолютный блеск астероида в полосе V находится в диапазоне $17,29 \pm 0,11$ – $17,62 \pm 0,04$ (МАОС) и $17,44 \pm 0,05$ – $17,75 \pm 0,06$ (ГисАО) зв. вел., что близко к эфемеридному значению $H = 17,8$ зв. вел. Из табл. 7 видно, что удовлетворительную сходимость

результатов по показателю цвета, полученных в разные ночи, показывают наблюдения обсерватории Сангдох. В [9] приводится график соответствия показателей цвета в системе $BVRI$ с таксономической классификацией астероидов по Д. Толону. Сопоставляя с этим графиком полученные в настоящей работе показатели цвета, можно сделать предположение о принадлежности астероида 2014JO25 к В- или F-типам.

По абсолютному блеску объекта можно оценить его размер. Эффективный диаметр астероида D вычислен по следующему эмпирическому соотношению, принятому для оценки размеров астероидоподобных тел [10]:

$$D = \frac{1329}{\sqrt{p_v} \cdot 10^{0,2H}},$$

где $p_v = 0,25$ — геометрическое альbedo астероида 2014JO25, H — абсолютный блеск в

Таблица 7. Абсолютный блеск H и инструментальные показатели цвета астероида 2014JO25 по наблюдениям в ГисАО и МАОС в 2017 г.

Дата (UT)	r , а.е.	Δ , а.е.	ph , град.	H				Показатель цвета		
				B	V	R	I	B-V	V-R	R-I
ГисАО										
апр.18,18.84	0,993752	0,018409	124,5148	–	–	18,47 $\pm 0,11$	17,83 $\pm 0,13$	–	–	0,64
апр.19,17.34	1,010417	0,012373	61,4265	18,71 $\pm 0,04$	17,53 $\pm 0,04$	17,39 $\pm 0,04$	–	1,18	0,14	–
апр.22,20.89	1,065298	0,066047	24,2301	–	–	16,79 $\pm 0,02$	–	–	–	–
апр.23,19.25	1,081239	0,083906	24,8053	17,63 $\pm 0,06$	17,44 $\pm 0,05$	16,37 $\pm 0,03$	16,35 $\pm 0,05$	0,19	1,07	0,02
апр.24,17.75	1,097170	0,102011	25,3646	18,06 $\pm 0,09$	17,46 $\pm 0,08$	17,23 $\pm 0,06$	17,26 $\pm 0,03$	0,60	0,23	–0,03
апр.25,17.52	1,113905	0,121278	25,9028	18,02 $\pm 0,10$	17,75 $\pm 0,06$	16,84 $\pm 0,03$	16,46 $\pm 0,05$	0,27	0,91	0,38
МАОС										
апр.19,20.00	1,012383	0,013220	53,5958	н/о	н/о	н/о	н/о	–	–	–
апр.22,21.17	1,065298	0,066047	24,2000	17,87 $\pm 0,14$	17,29 $\pm 0,11$	16,86 $\pm 0,08$	16,35 $\pm 0,10$	0,58	0,43	0,51
апр.23,19.25	1,081239	0,083906	24,8053	17,95 $\pm 0,02$	17,40 $\pm 0,02$	16,81 $\pm 0,01$	16,31 $\pm 0,02$	0,55	0,59	0,50
апр.25,18.42	1,114487	0,121954	25,9239	18,25 $\pm 0,03$	17,62 $\pm 0,04$	17,08 $\pm 0,03$	16,81 $\pm 0,03$	0,63	0,54	0,27

каком-либо фильтре. Оценки диаметра астероида по измерениям в фильтре R приведены в табл. 8. С учетом недостоверности данных за 18 и 19 апреля, по остальным нашим измерениям эффективный диаметр колеблется в интервале от $0,95 \pm 0,03$ до $1,41 \pm 0,02$ км (ГисАО) и от $1,02 \pm 0,01$ до $1,15 \pm 0,01$ км (МАОС), и эти величины весьма близки к оценкам, имеющимся в литературе. Как отмечено выше, по радионаблюдениям диаметр составляет почти 1 км, по наблюдениям космической миссии NEOWISE — 0,65 км, база данных NEODYS — 0,83–1,86 км.

Несмотря на небольшой интервал наблюдений, мы попытались оценить периоды вращения астероидов. Для определения периода АСЗ 2016LX48 был использован метод перебора с использованием скользящего среднего, реализованный в [11]. С использованием всех имеющихся данных была построена периодограмма изменения блеска объекта по двум ночам наблюдений (рис. 8), из которой следует, что период вращения составляет $0,155 \pm 0,002$ сут. или 3,7 ч. Согласно литературным источникам, первоначально, период вращения 2016LX48 был оценен как 3,8 ч., но позже было показано, что для объяснения кривой блеска, полученной по новым на-

блюдениям астероида, особенно, при больших фазовых углах, более вероятным является период 5,7 ч. Несмотря на необычный вид кривой блеска и на то, что новые наблюдения описываются с новым периодом также удовлетворительно, как и с первоначальным значением периода, тем не менее, принята последняя его оценка [12]. На рис. 9 показана кривая блеска астероида в фильтре I , в предположении, что период его вращения равен 0,155 сут. Отметим, что погрешность фотометрических наблюдений в данные ночи составляла не более 0,04 звёздных величин.

Для поиска периодических изменений блеска астероида 2014JO25 использованы программа “Period04” [13], основанная на Фурье анализе, и все имеющиеся данные блеска в фильтре I . В результате получен спектр мощности (рис. 10), где амплитуда равная 1,09 соответствует периоду вращения $5,5 \pm 0,2$ часа. Напомним, что период вращения, найденный по радарным наблюдениям в апреле 2017 г., составляет 4,5 ч. [1, 3].

Заключение

Наблюдения потенциально опасных астероидов 2016LX48 и 2014JO25, выполненные в обсерватории Санглох и Гиссарской обсер-

Таблица 8. Оценка диаметра астероида 2014JO25

Дата (UT)	r , а.е.	Δ , а.е.	ph , град.	H_R , зв.вел.	D , км
GisAO					
апр.18,18.84	0,993752	0,018409	124,5148	$18,47 \pm 0,11$	$0,54 \pm 0,03$
апр.19,17.34	1,010417	0,012373	61,4265	$17,39 \pm 0,04$	$0,88 \pm 0,02$
апр.22,20.89	1,065298	0,066047	24,2111	$16,79 \pm 0,02$	$1,16 \pm 0,01$
апр.23,19.25	1,081239	0,083906	24,8053	$16,37 \pm 0,03$	$1,41 \pm 0,02$
апр.24,17.75	1,097170	0,102011	25,3646	$17,23 \pm 0,06$	$0,95 \pm 0,03$
апр.25,17.52	1,113905	0,121278	25,9028	$16,84 \pm 0,03$	$1,14 \pm 0,02$
MAOC				H_R , зв.вел.	D , км
апр.19,20.00	1,012383	0,013220	53,5958	н/о	
апр.22,21.10	1,065298	0,066047	24,2111	$16,86 \pm 0,08$	$1,13 \pm 0,04$
апр.23,19.25	1,081239	0,083906	24,8053	$16,81 \pm 0,01$	$1,15 \pm 0,01$
апр.25,18.42	1,114487	0,121954	25,9239	$17,08 \pm 0,03$	$1,02 \pm 0,01$

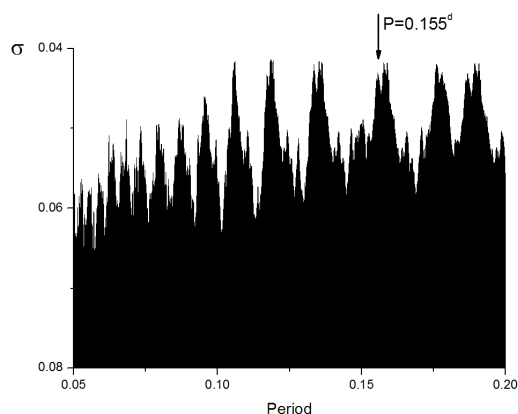


Рис. 8. Периодограмма для астероида 2016LX48

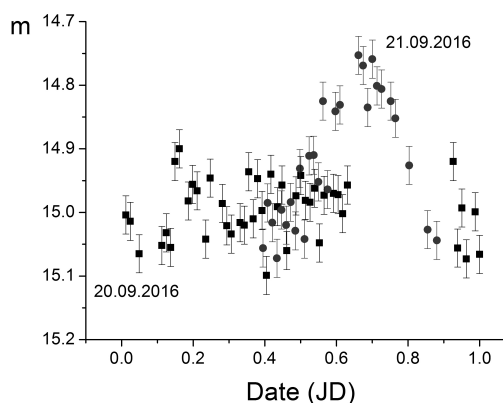


Рис. 9. Кривая блеска астероида 2016LX48 в фильтре I по двум ночам наблюдений, приведенная к периоду вращения

ватории ИА АН РТ в период их сближений с Землей, позволили определить координаты и траектории, для 2014JO25 вычислена орбита; положения этого объекта, найденные по кадрам GisAO и MAOC, удовлетворительно согласуются и между собой, и с другими наблюдениями.

Найден относительный блеск астероида 2016LX48 в фильтрах $BVRI$, построены кривые блеска по наблюдениям двух ночей, определены инструментальные показатели цвета, оценен период его вращения.

Найден видимый и абсолютный блеск астероида 2014JO25 в фильтрах $BVRI$. Показано, что абсолютный блеск по нашим измерениям близок к эфемеридному значению и в течение мониторинга его величина в пределах ошибок измерений практически не из-

менялась. Сделана оценка показателей цвета астероида 2014 JO25 в широкополосной системе $BVRI$. Значения диаметров, полученные на основе абсолютного блеска, согласуются с имеющимися данными по размеру астероида. По предварительным оценкам период вращения астероида равен 5,5 ч.

Литература

1. Jet Propulsion Laboratory – CNEOS (Center of Near Earth Object Studies): NEO Earth Close Approaches. Режим доступа: <https://cneos.jpl.nasa.gov/ca/> (дата обращения 08.12.2017).
2. NEODyS-2 – Near Earth Objects – Dynamic Site. Режим доступа: <http://newton.dm.unipi.it/neodys/> (дата обращения 08.12.2017).
3. The International Astronomical Union – Minor

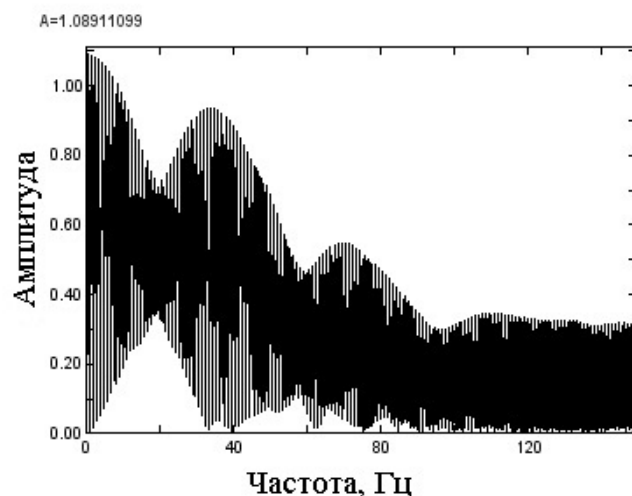


Рис. 10. Спектр мощности блеска астероида 2014JO25

- Planet Center. Режим доступа: <http://www.minorplanetcenter.net> (дата обращения 08.12.2017).
4. Binary and ternary Near-Earth asteroids detected by radar. Режим доступа: <http://echo.jpl.nasa.gov/~lance/binary.neas.html> (дата обращения 08.12.2017).
 5. *Devyatkin A.V., Gorshanov D.L., Kouprianov V.V., et al.* Apex I and Apex II Software Packages for the Reduction of Astronomical CCD Observations // *Solar System Research*. 2010. Vol. 44. No. 1. P. 68–80.
 6. The Minor Planet Electronic Circulars // *MPEC 2016-S24*, iss. 2016 Sept. 24. Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA 02138.
 7. *Bowell E., Hapke B., Domingue D., Lumme K., Peltoniemi J., Harris A.W.* Application of photometric models to asteroids. In: *Asteroids II*; *Proceed. of the Conf., Tucson, AZ, Mar. 8-11, 1988 (A90-27001 10-91)*, Tucson, AZ, University of Arizona Press, 1989, pp. 524–556.
 8. *Penttila A., Shevchenko V.G., Wilkman, O., Muinonen K.H.* H, G1, G2 photometric phase function extended to low-accuracy data // *Planet. Space Sci.* 2016. Vol. 123. P. 117–125.
 9. *Jewitt D.* Properties of near-Sun asteroids // *The Astron. J.* 2013. Vol. 145. No. 5.
 10. *Harris A.W.* On the Slow Rotation of Asteroids // *Icarus*. 2002. Vol. 156. No. 1. P. 184–190.
 11. *Volkov I.M.* The Light-Time Effect in Astrophysics // *Sterken C. (ed.) Proc. of ASP Conference Series*, vol. 335, Brussels 19–22 July 2004. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 2005, p. 351.
 12. *Warner B.D.* Near-Earth Asteroid Lightcurve Analysis at CS3-Palmer Divide Station: 2016 July–September // *Minor Planet Bul.* 2017. No. 44. P. 22–36.
 13. Homepage of Period04 (computer program) Режим доступа: <http://www.univie.ac.at/tops/Period04/> (дата обращения 08.12.2017).

References

1. Jet Propulsion Laboratory – CNEOS (Center of Near Earth Object Studies): NEO Earth Close Approaches. Available at: <https://cneos.jpl.nasa.gov/ca/> (accessed date 08.12.2017).
2. NEODyS-2 – Near Earth Objects – Dynamic Site. Available at: <http://newton.dm.unipi.it/neodyS/> (accessed date 08.12.2017).
3. The International Astronomical Union – Minor Planet Center. Available at: <http://www.minorplanetcenter.net> (accessed date 08.12.2017).
4. Binary and ternary Near-Earth asteroids detected by radar. Available at: <http://echo.jpl.nasa.gov/~lance/binary.neas.html> (accessed date 08.12.2017).
5. *Devyatkin A.V., Gorshanov D.L., Kouprianov V.V., et al.* Apex I and Apex II Software Packages for the Reduction of Astronomical CCD Observations. *Solar System Research*, 2010, vol. 44, no. 1, pp. 68–80.
6. The Minor Planet Electronic Circulars. *MPEC 2016-S24*, iss. 2016 Sept. 24. Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA 02138.
7. *Bowell E., Hapke B., Domingue D., Lumme K., Peltoniemi J., Harris A.W.* Application of photometric models to asteroids. In: *Proc. of the Conf. “Asteroids II”*, Tucson, AZ, Mar. 8–11, 1988 (A90-27001 10-91), Tucson, AZ, University of Arizona Press, 1989, pp. 524–556.

8. Penttila, A., Shevchenko, V.G., Wilkman, O., Muinonen, K.H. H, G1, G2 photometric phase function extended to low-accuracy data. *Planet. Space Sci.*, 2016, vol. 123, pp. 117–125.
9. Jewitt D. Properties of near-Sun asteroids. *The Astron. J.*, 2013, vol. 145, no. 5.
10. Harris A.W. On the Slow Rotation of Asteroids. *Icarus*, 2002, vol. 156, no. 1, pp. 184–190.
11. Volkov I.M. The Light-Time Effect in Astrophysics. In: Sterken C. (ed.) *Proc. of ASP Conference Series, vol. 335*, Brussels 19–22 July 2004. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 2005, p. 351.
12. Warner B.D. Near-Earth Asteroid Lightcurve Analysis at CS3-Palmer Divide Station: 2016 July–September. *Minor Planet Bul.*, 2017, no. 44, pp. 22–36.
13. Homepage of Period04 (computer program) Available at: <http://www.univie.ac.at/tops/Period04/> (accessed date 08.12.2017).

© Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества, 2017

© Кохирова Г. И., Крючков С. В., Николенко И. В., Хамроев У. Х., Буриев А. М., Баканас Е. С., Девяткин А. В., Горшанов Д. Л., Мулло-Абдоллов А. Ш., Юсупов М. З., Абдуллоев С. Х., 2017

Статья поступила 8 декабря 2017 г.