

Исследование быстро и медленно вращающихся астероидов, сближающихся с Землей: 2023 DZ2 и 96590 (1998 XB)

© А.А. Мартюшева, А.В. Девяткин, В.Н. Львов, Д.Л. Горшанов, К.Н. Наумов

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
196140 Санкт-Петербург, Россия
e-mail: alex.mart13@gmail.com

Поступило в Редакцию 17 апреля 2024 г.
В окончательной редакции 3 августа 2024 г.
Принято к публикации 30 октября 2024 г.

В рамках „Пулковской программы изучения объектов, сближающихся с Землей“ и проблемы астероидно-кометной опасности исследованы два околоземных астероида, 2023 DZ2 и 96590 (1998 XB), с периодами осевого вращения 360 и $1.872 \cdot 10^6$ s соответственно, что представляет собой очень быстрое и чрезвычайно медленное вращение. Изучена орбитальная эволюция данных объектов, обстоятельства их тесных сближений, влияние негравитационных эффектов. На основе полученных наблюдательных данных удалось определить период осевого вращения астероида 2023 DZ2.

Ключевые слова: астероиды, орбитальная эволюция, негравитационные эффекты.

DOI: 10.61011/JTF.2024.12.59235.330-24

В рамках „Пулковской программы изучения объектов, сближающихся с Землей“ [1] и в связи с проблемой астероидно-кометной опасности в Лаборатории наблюдательной астрометрии Пулковской обсерватории были исследованы два околоземных астероида, 2023 DZ2 и 96590 (1998 XB), с периодами осевого вращения 360 s (6 min) и $1.872 \cdot 10^6$ s (21.6 суток) соответственно. В настоящее время открыто всего около $1.3 \cdot 10^6$ астероидов [2], среди которых на данный момент известно не более 20 объектов, обладающих быстрыми периодами осевого вращения (≤ 360 s), а также не более 50 объектов, имеющих медленные периоды осевого вращения ($\geq 1.872 \cdot 10^6$ s) [3]. Орбитальная эволюция обоих астероидов исследовалась с помощью специального программного пакета ЭПОС [4], разработанного в Пулковской обсерватории.

Астероид 2023 DZ2 ($H = 24.3^m$) был открыт 27 февраля 2023 г. в обсерватории Роке-де-лос-Мучачос (Канарские о-ва, Испания) [5]. На момент открытия он относился к потенциально опасным объектам. Два столетия назад астероид имел три тесных сближения с Марсом на расстояние менее 0.06 AU (1826, 1897 и 2020 г.) и шесть с Землей на расстояние менее 0.01 AU (1810, 1855, 1923, 1991, 2004 и 2023 г.), причем при двух последних сближениях астероид заходил внутрь лунной орбиты, поэтому влияние Земли на его орбиту наиболее заметно. По существу, астероид должны были открыть в 2004 г., но тогда условия для наблюдений были неблагоприятны. Рис. 1 иллюстрирует эволюцию орбиты астероида в результате двух упомянутых тесных сближений с Землей. В дальнейшем орбита, имея нерегулярный характер, при уменьшении большой полуоси будет постепенно „схлопываться“, и объект будет все дальше заходить в область внутренних планет. Это наи-

более вероятный сценарий, если не считать возможного сверхтесного сближения или столкновения с планетой. Следует добавить, что астероид глубоко заходит в Главный пояс астероидов и имеет шансы на многочисленные сближения с другими массивными астероидами, для трех из которых ((24) Themis, (31) Euphrosyne, (372) Palma) он является потенциально опасным объектом, что было определено также при помощи программного пакета ЭПОС [4]. Рис. 2 показывает конфигурацию орбит астероида 2023 DZ2 и 37 наиболее крупных астероидов. Такая возможность еще более усложнит движение данного астероида в будущем и со временем может сделать его вновь потенциально опасным объектом.

На основе наблюдательных данных (одна наблюдательная ночь 23.03.2023, интервал времени — 18:00–21:15, из 116 кадров отобрано 93), полученных на Зеркальном астрографе ЗА-320М [6], установленном в Пулковской обсерватории, удалось определить период

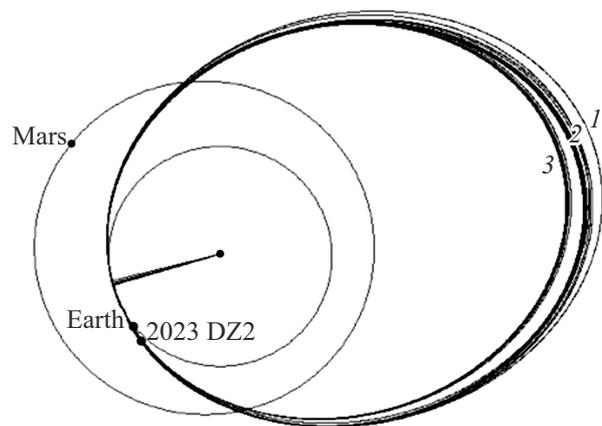


Рис. 1. Орбита астероида 2023 DZ2: 1 — до 18 апреля 2004 г., 2 — до 25 марта 2023 г., 3 — текущее состояние.

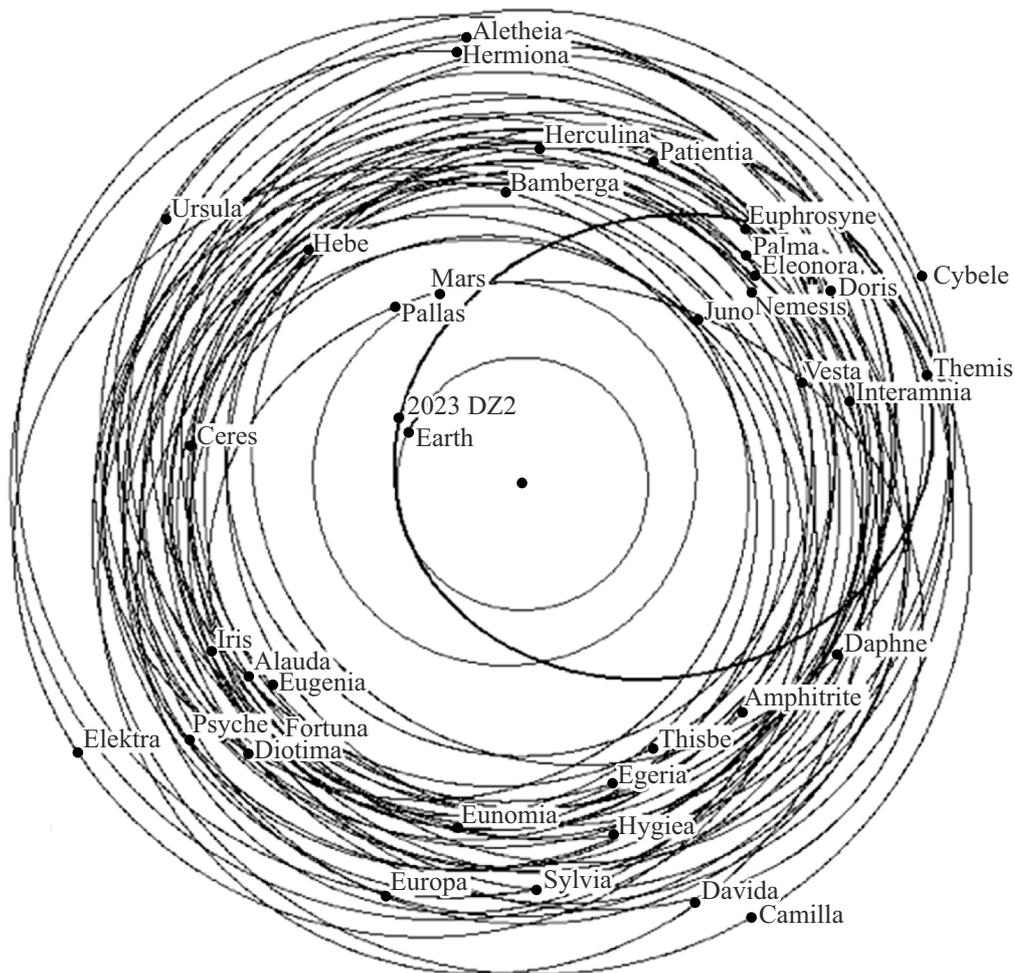


Рис. 2. Орбиты и положения астероида 2023 DZ2 и 37 наиболее массивных астероидов на эпоху JD2460000.5.

осевого вращения астероида 2023 DZ2, который составляет 376.488 ± 0.072 s, что соответствует опубликованным результатам других исследователей [7].

Очередное тесное сближение астероида 2023 DZ2 с Землей состоится 4 апреля 2026 г. на расстояние около 10^9 м. Максимальное отклонение астероида под действием светового давления до этого сближения (за 3 года) может составить $4.2 \cdot 10^4$ м. Методика расчета описана в работе [8], вычисления для обоих астероидов, исследованных в настоящей работе, проводились на эпоху JD 2460200.5 с начальными данными из JPL Small Body Database [9,10]. Диаметр D астероида 2023 DZ2 оценивается в 54 м [11], плотность была принята средней, 3000 kg/m^3 . Альbedo астероида δ вычислялось по формуле $\lg \delta = (3.122 - \lg D - 0.2H)/0.5$ [12], где H — абсолютная звездная величина.

Астероид 96590 (1998 XB) ($H = 16.3^m$) был открыт 1 декабря 1998 г. в обсерватории Синлун (Китай). Он также является астероидом, сближающимся с Землей, и заслуживает внимания по причине своего чрезвычайно медленного вращения, одного из самых медленных среди всех известных околоземных астероидов. Орбита

астероида не лежит близко к плоскости эклиптики, и он не подходит к планетам ближе, чем на 0.09 AU. Поэтому движение астероида можно считать достаточно устойчивым на протяжении по крайней мере нескольких ближайших столетий. Эволюция элементов орбиты была исследована на интервале времени с 1900 по 2100 гг. На рис. 3 представлена лишь часть этого исследования, а именно, эволюция большой полуоси и эксцентриситета орбиты. Наблюдения данного астероида также проводились в Пулковской обсерватории на телескопе 3A-320M. Предстоящее тесное сближение астероида с Землей состоится 4 июля 2042 г. на расстояние около $1.3 \cdot 10^{10}$ м. К этому времени (за 19 лет) максимальное отклонение астероида под влиянием светового давления составит $1.37 \cdot 10^5$ м. Этот астероид относится к спектральному классу S, поэтому для него была принята плотность 2710 kg/m^3 [13].

Для обоих астероидов были сделаны вычисления эффекта Ярковского, представляющего собой слабый реактивный импульс за счет анизотропного теплового излучения от поверхности вращающегося астероида. Термодинамическая модель эффекта Ярковского взята

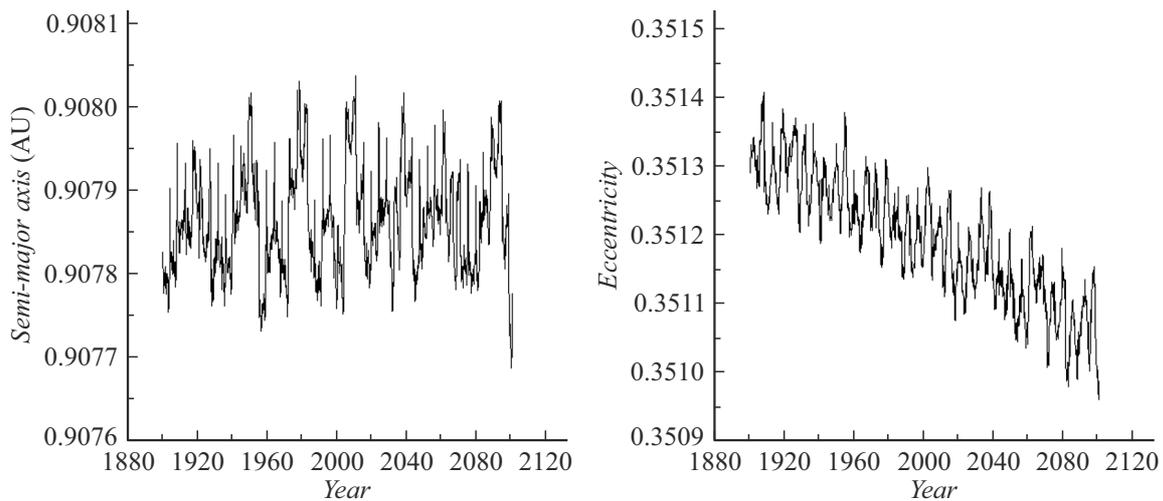


Рис. 3. Эволюция большой полуоси и эксцентриситета орбиты астероида 96590 (1998 XB) на интервале времени 1900–2100 гг.

Величина эффекта Ярковского (AU) за один оборот астероида вокруг Солнца в зависимости от угла наклона оси вращения

Астероид	0°	45°	90°	135°	180°
2023 DZ2	$1.2872 \cdot 10^{-11}$	$0.9014 \cdot 10^{-11}$	$-0.0176 \cdot 10^{-11}$	$-0.9190 \cdot 10^{-11}$	$-1.2872 \cdot 10^{-11}$
1998 XB	$5.0766 \cdot 10^{-14}$	$3.2456 \cdot 10^{-14}$	$-0.6882 \cdot 10^{-14}$	$-3.9338 \cdot 10^{-14}$	$-5.0766 \cdot 10^{-14}$

из работ [14,15], а метод расчета — из работы [16]. В таблице приведены результаты вычислений для различных возможных значений угла наклона оси вращения астероида.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Список литературы

- [1] В.Н. Львов, А.В. Девяткин, Р.И. Смехачева, С.Д. Цекмейстер, Д.Л. Горшанов, Э.В. Корнилов, В.В. Куприянов, В.Б. Рафальский, М.Ю. Сидоров. Изв. ГАО, **216**, 218 (2002).
- [2] Электронный ресурс. Режим доступа: <https://science.nasa.gov/asteroids-comets-meteors/>
- [3] Электронный ресурс. Режим доступа: https://alcddef.org/php/alcddef_aboutLightcurves.html
- [4] V.N. Lvov, S.D. Tsekmeister. Sol. Syst. Res., **46** (2), 177 (2012). DOI: 10.1134/S0038094612020074
- [5] M.M. Popescu, O. Văduvescu, J. de León, C. de la Fuente Marcos, R. de la Fuente Marcos, M.O. Stănescu, M.R. Alarcon, M. Serra Ricart, J. Licandro, D. Berteșteanu, M. Predatu, L. Curelaru, F. Barwell, K. Jhass, C. Boldea, A. Aznar Macías, L. Hudin, V.A. Dumitru. Astron. Astroph., **676**, (2023). DOI: 10.1051/0004-6361/202346751
- [6] А.В. Девяткин, И.И. Канасв, А.П. Кулиш, В.Б. Рафальский, А.В. Шумахер, В.В. Куприянов, А.С. Бехтева. Изв. ГАО, **217**, 505 (2004).
- [7] Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.asu.cas.cz/ppravec/newres.txt>
- [8] А.А. Мартюшева, Н.А. Петров, Е.Н. Поляхова. Вестн. СПбГУ, **2** (60), 135 (2015).
- [9] Электронный ресурс. Режим доступа: https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb_lookup.html/#?sstr=2023%20DZ2
- [10] Электронный ресурс. Режим доступа: https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb_lookup.html/#?sstr=1998%20XB
- [11] Электронный ресурс. Режим доступа: <https://archive.ph/20230320180942/https://cneos.jpl.nasa.gov/sentry/details.html%23?des=2023%20DZ2>
- [12] Т.А. Виноградова, Н.Б. Железнов, В.Б. Кузнецов, Ю.А. Чернетенко, В.А. Шор. Тр. ИПА РАН, **9**, 43 (2003).
- [13] G.A. Krasinsky, E.V. Pitjeva, M.V. Vasilyev, E.I. Yagudin, Icarus, **158**, 98 (2002). DOI: 10.1006/icar.2002.6837
- [14] D. Vokrouhlický. Astron. Astrophys., **344**, 362 (1999).
- [15] D. Vokrouhlický, A. Milani, S.R. Chesley. Icarus, **148** (1), 118 (2000). DOI: 10.1006/icar.2000.6469
- [16] А.И. Панасенко, Ю.А. Чернетенко. Тр. ИПА РАН, **31**, 59 (2014).