Астероид 2024 PT5: „спутник“ Земли сроком на два месяца

© А.А. Мартюшева, А.В. Девяткин, С.Н. Петрова

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

Поступило в Редакцию 27 апреля 2025 г.
В окончательной редакции 9 июля 2025 г.
Принято к публикации 14 июля 2025 г.

Астроид 2024 PT5 был захвачен гравитационным полем Земли в результате сближения и, пребывая на геоцентрической орбите, стал так называемым „спутником“ Земли на два месяца. На телескопе Пулковской обсерватории МТМ-500М были проведены наблюдения астероида 2024 PT5 в рамках программы изучения объектов, сближающихся с Землей, благодаря которым были уточнены элементы орбиты астероида, исследована его орбитальная эволюция, а также сделана оценка воздействия негравитационных эффектов и периода осевого вращения.

Ключевые слова: астероиды, сближающиеся с Землей, астрометрия, орбитальная эволюция, негравитационные эффекты.

DOI: 10.61011/JTF.2025.12.61924.219-25

Астероид 2024 PT5 размером около 10 m [1,2] был обнаружен 7 августа 2024 г. южноафриканским телескопом системы оповещении о столкновении с астероидами ATLAS в Сазерленде за день до своего приближения к Земле на расстояние около $5.7 \cdot 10^8$ m. Он является представителем семейства Аполлона, чьи орбиты пересекают земную орбиту с внешней стороны, и, несмотря на ряд последовательных тесных сближений с Землей и Луной, он не является потенциально опасным объектом ввиду своего малого размера.

Таблица 1. Тесные сближения астероида 2024 PT5 в 2024–2055 гг.

Дата, время (TDB)	Объект сближения	Минимальное расстояние (AU)
8 августа 2024 г., 20:00	Земля	0.00379
12 августа 2024 г., 23:41	Луна	0.00331
9 января 2025 г., 02:11	Земля	0.01204
12 января 2025 г., 12:21	Луна	0.00970
8 ноября 2055 г., 16:30	Земля	0.03578

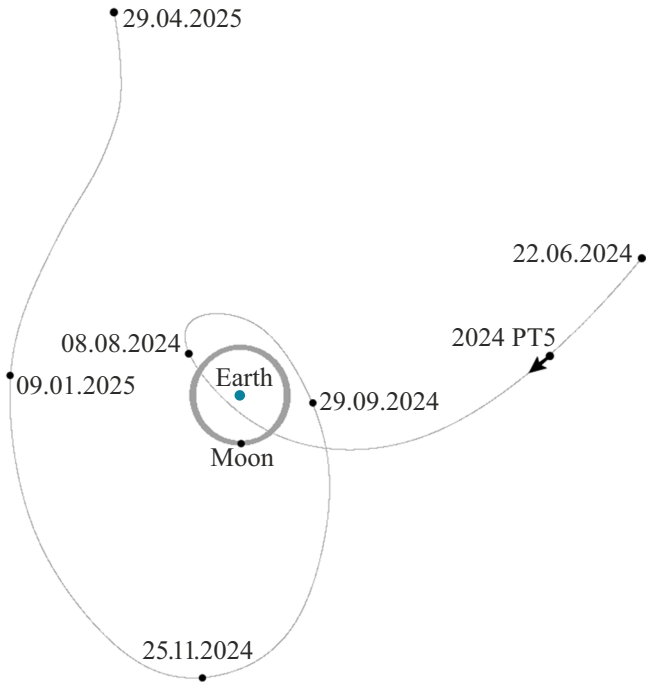

Рис. 1. Орбита астероида 2024 PT5 на интервале времени 22.06.2024–29.04.2025. Вид с северного полюса эклиптики.

29 сентября 2024 г. этот астероид был захвачен земной гравитацией и до 25 ноября 2024 г. находился на геоцентрической орбите, став так называемым „спутником“ на 57 дней. Таким образом, астероид 2024 PT5 совершил подковообразный разворот вокруг Земли, так и не сделав ни одного полного оборота в связи с выходом из сферы гравитационного влияния Земли (рис. 1). Когда астероид 2024 PT5 9 января 2025 г. на расстоянии $1.8 \cdot 10^9$ m вышел из резонанса с Землей, он вновь перешел на гелиоцентрическую орбиту до своего очередного возвращения 8 ноября 2055 г. В этот раз сближение произойдет на расстояние около $5.4 \cdot 10^9$ m. В табл. 1 перечислены тесные сближения астероида 2024 PT5 в 2024–2025 гг. [3].

Данное явление нельзя назвать уникальным, однако оно представляет интерес для исследований в силу своей редкости. Кроме того, гравитационный захват подобных объектов для изучения на околоземной орбите может быть интересен с точки зрения добычи полезных ископаемых. Согласно выдвинутым гипотезам [1,2], астероид 2024 PT5 может являться фрагментом лунной породы и имеет естественное происхождение.

На телескопе Пулковской обсерватории МТМ-500М [4], расположенном на Кисловодской горной аст-

Таблица 2. Уточнение элементов орбиты астероида 2024 PT5 на эпоху JD 2460600.5

Элементы орбиты	Начальные (из каталога MPC)	Улучшенные	Поправка	Дисперсия
M, (°)	323.677260	323.677291	0.000031	0.0000089
ω, (°)	116.248430	116.248410	−0.000020	0.0000149
Ω, (°)	305.572350	305.572352	0.000002	0.0000066
i, (°)	1.520520	1.520516	−0.000004	0.0000003
e	0.02147670	0.02147675	0.00000005	0.000000002
a, (AU)	1.012305100	1.012305106	0.000000006	0.0000000023

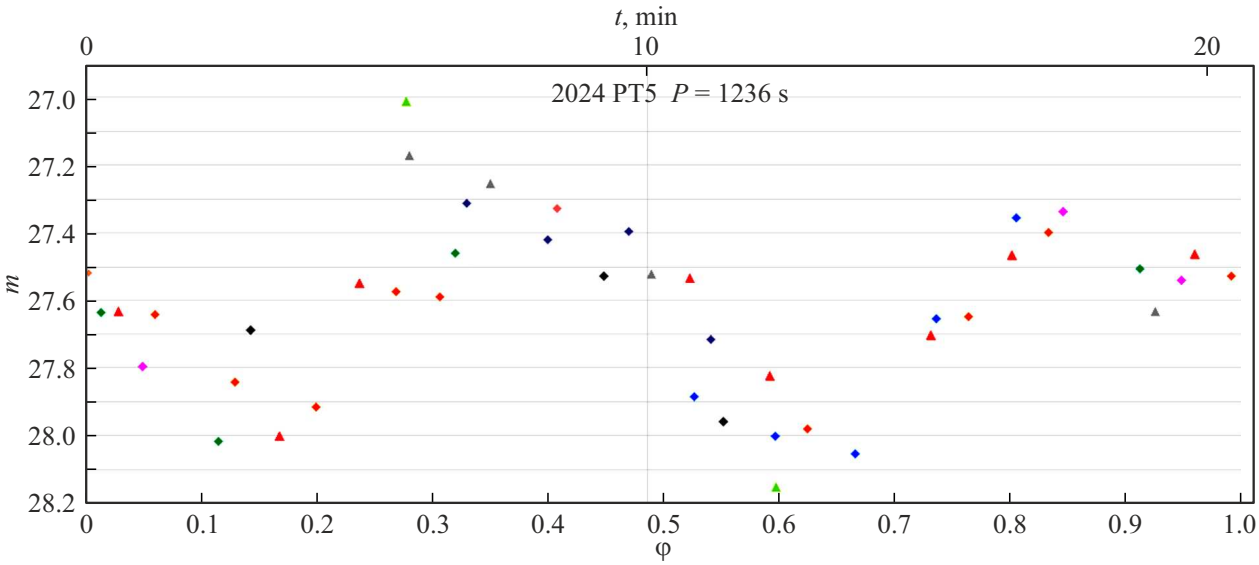

Рис. 2. Кривая блеска астероида 2024 PT5, собранная с периодом 1236 s (20.6 min). По верхней оси абсцисс отложено время t, [min], по нижней — фаза φ вращения астероида (безразмерная), по оси ординат — блеск m в звездных величинах. Различные по цвету и форме символы, составляющие кривую блеска, соответствуют различным датам наблюдений.

рономической станции, были проведены наблюдения в рамках программы изучения объектов, сближающихся с Землей, и получено 28 надежных астрометрических положений астероида 2024 PT5. Астрометрическая и фотометрическая обработка ПЗС-кадров выполнялась с помощью пакета программ Апекс-II [5]; в качестве опорного использовался каталог Gaia DR3. Эфемеридное обеспечение наблюдений, их обработки и интерпретации производились с помощью пакета программ ЭПОС [6]. На основе совокупности наших наблюдений, проводившихся в период с 25 декабря 2024 г. по 28 января 2025 г., и наблюдений, взятых из базы данных Центра малых планет (MPC), были уточнены элементы орбиты астероида 2024 PT5. Результаты улучшения орбиты с оценкой точности полученных величин приведены в табл. 2, где M — средняя аномалия, ω — аргумент перицентра, Ω — долгота восходящего узла, i — наклонение, e — эксцентриситет, a — большая полуось. Начальная оценка совпадения наблюдений и орбиты (RMS, невязки) составляла $2''.491$, после улучшения орбиты — $0''.542$.

Частотный анализ для поиска периодов в рядах наблюдений выполнялся методом Скаргла [7]. Используя 45 наиболее надежных определений блеска астероида 2024 PT5, распределенных в течение 37 суток, нами была сделана оценка периода его осевого вращения. Периодограмма Скаргла, построенная по этому ряду, позволила получить следующее значение периода осевого вращения астероида 2024 PT5: $P = (1236 \pm 18)$ s (рис. 2). Полученный результат хорошо согласуется с оценкой, опубликованной в работе [1], где по результатам наблюдений астероида 2024 PT5 на 10.4-m телескопе GTC (Gran Telescopio CANARIAS) был получен период осевого вращения, равный $P = (1260 \pm 120)$ s (по одному часу наблюдений).

Эволюция элементов орбиты исследовалась с помощью пакета программ ЭПОС [6]. На рис. 3 для примера представлена эволюция большой полуоси и эксцентриситета орбиты астероида 2024 PT5 в момент тесного сближения в 2024 г. и предстоящего сближения в 2055 г., а также за некоторое время до и после этих сближений.

Для астероида 2024 PT5 оценивались негравитационные эффекты: давление солнечной радиации и эффект Ярковского, представляющего собой слабый реактивный импульс за счет анизотропного теплового излучения от

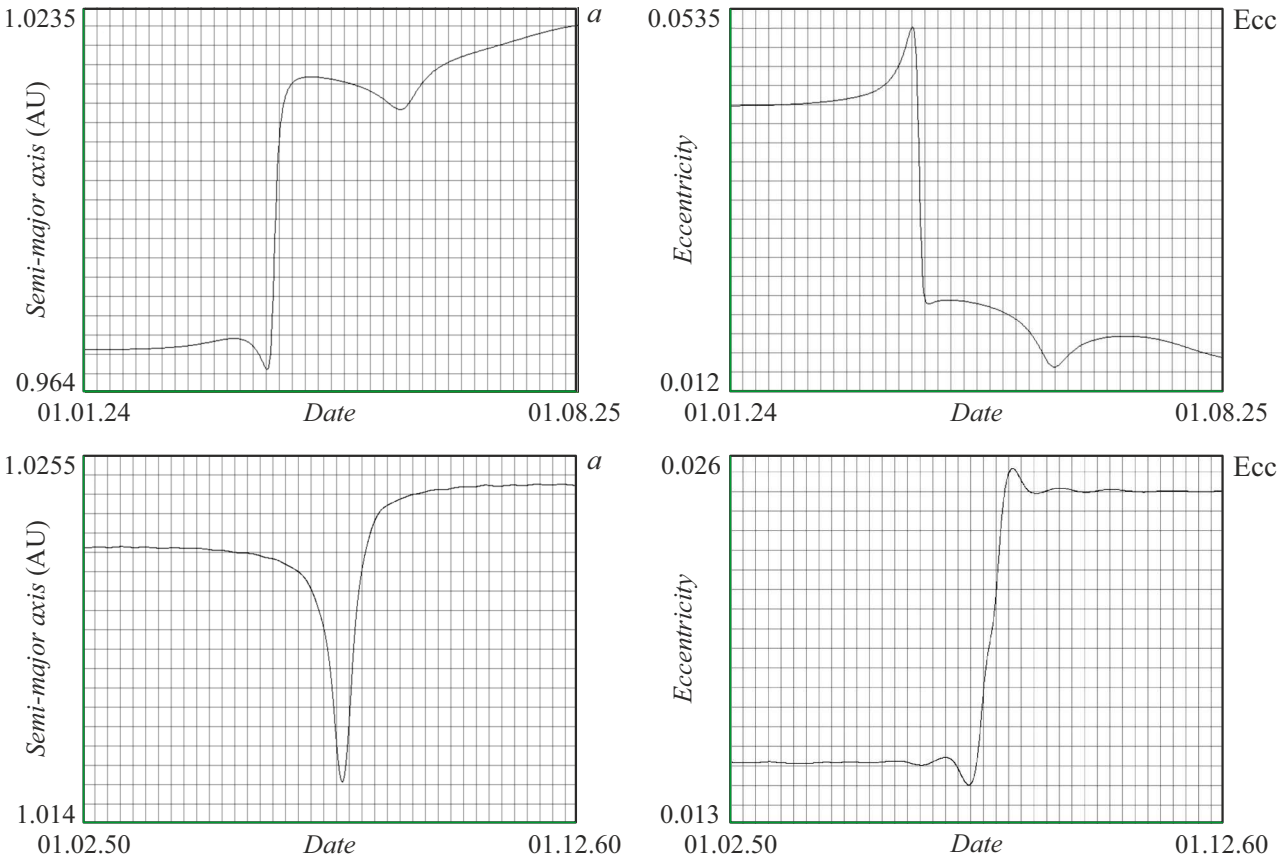

Рис. 3. Эволюция большой полуоси и эксцентриситета орбиты астероида 2024 PT5 на интервале времени 01.01.2024–01.08.2025 и 01.02.2050–01.12.2060.

Таблица 3. Величина эффекта Ярковского за один оборот астероида вокруг Солнца в зависимости от угла наклона оси вращения

0°	45°	90°	135°	180°
$8.5082 \cdot 10^{-11}$ AU (0.0127 km)	$5.9508 \cdot 10^{-11}$ AU (0.0089 km)	$-1.3085 \cdot 10^{-12}$ AU (-0.0002 km)	$-6.0817 \cdot 10^{-11}$ AU (-0.0091 km)	$-8.5082 \cdot 10^{-11}$ AU (-0.0127 km)

поверхности вращающегося астероида. Максимальное смещение астероида под влиянием светового давления до предстоящего сближения (за 31 год) составит около $9.6 \cdot 10^5$ m. Методика расчета описана в работе [8], вычисления проводились с начальными данными из MPC [9]. Плотность была принята средней, 3000 kg/m^3. Альбедо астероида δ, равное 0.18, вычислялось по формуле $\lg \delta = (3.122 - \lg D - 0.2H)/0.5$ [10], где H — абсолютная звездная величина, равная 27.45, D — диаметр астероида. В табл. 3 приведены величины эффекта Ярковского для различных возможных значений угла наклона оси вращения астероида, поскольку его реальное значение неизвестно. Термодинамическая модель учета эффекта Ярковского взята из работ [11–13].

Таким образом, для астероида 2024 PT5 был выполнен комплекс астрометрических и фотометрических исследований, изучена эволюция движения и влияние негравитационных эффектов. В ближайшие десятилетия данный астероид не представляет угрозы для Земли.

Финансирование работы

Работа выполнена в рамках государственного задания 075-03-2025-080, утвержденного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 125021201995-7 „КОСМОМЕТРИЯ“).

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Список литературы

[1] R. de la Fuente Marcos, J. de Leon, M. Serra-Ricart, C. de la Fuente Marcos, M.R. Alarcon, J. Licandro, S. Geier, A. Tejero, A. Perez Romero, F. Perez-Toledo, A. Cabrera-Lavers. A & A, **694**, (2024). DOI: 10.1051/0004-6361/202452713

[2] T. Kareta, O. Fuentes-Muñoz, N. Moskovitz, D. Farnocchia, B.N.L. Sharkey. ApJL, **979** (1), (2025). DOI: 10.3847/2041-8213/ad9ea8

[3] Электронный ресурс. Режим доступа: https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb_lookup.html#/?sstr=2024PT5&view=OPC
[4] А.П. Кулиш, А.В. Девяткин, В.Б. Рафальский, Ф.М. Ибрагимов, В.В. Куприянов, И.А. Верещагина, А.В. Шумахер. Изв. ГАО, **219** (1), 192 (2009).
[5] A.V. Devyatkin, D.L. Gorshanov, V.V. Kouprianov, I.A. Verestchagina. Sol. Syst. Res., **44** (1), 68 (2010). DOI: 10.1134/S0038094610010090
[6] V.N. L'vov, S.D. Tsekmeister. Sol. Syst. Res., **46** (2), 177 (2012). DOI: 10.1134/S0038094612020074
[7] J.D. Scargle. ApJ, **263**, 835 (1982). DOI: 10.1086/160554
[8] А.А. Мартюшева, Н.А. Петров, Е.Н. Поляхова. Вестн. СПбГУ, **2** (60), 135 (2015).
[9] Электронный ресурс. Режим доступа: https://www.minorplanetcenter.net/db_search/show_object?utf8=%E2%9C%93&object_id=2024+PT
[10] Т.А. Виноградова, Н.Б. Железнов, В.Б. Кузнецов, Ю.А. Чернетенко, В.А. Шор. Тр. ИПА РАН, **9**, 43 (2003).
[11] D. Vokrouhlický. Astron. Astrophys., **344**, 362 (1999).
[12] D. Vokhrouhlický, A. Milani, S.R. Chesley. Icarus, **148** (1), 118 (2000). DOI: 10.1006/icar.2000.6469
[13] А.И. Панасенко, Ю.А. Чернетенко. Тр. ИПА РАН, **31**, 59 (2014).