

УДК 523.44

## ОСОБЫЕ ГРУППЫ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ АСТЕРОИДОВ

© 2022 г. А. В. Девяткин<sup>а</sup>, \*, В. Н. Львов<sup>а</sup>, С. Д. Цекмейстер<sup>а</sup>

<sup>а</sup> Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН (ГАО РАН), Санкт-Петербург, Россия

\*e-mail: a9kin@mail.ru

Поступила в редакцию 24.06.2021 г.

После доработки 30.08.2021 г.

Принята к публикации 23.09.2021 г.

Определены группы астероидов, которые могут иметь сближения с двумя и более планетами. Показано, что в фазовом пространстве элементов орбит существуют области, в которых длительное время могут находиться астероиды, потенциально опасные одновременно для всех внутренних планет Солнечной системы. Необходимо дальнейшее изучение таких объектов, в том числе получение новых наблюдений.

**Ключевые слова:** потенциально опасные астероиды, сближения с планетами

**DOI:** 10.31857/S0320930X22010029

### ВВЕДЕНИЕ

Резкие изменения орбит у объектов, сближающихся с планетами Солнечной системы, могут существенно повлиять на их дальнейшую историю. С этой точки зрения интересны в первую очередь потенциально опасные для планет астероиды. Здесь такими будем считать все те, которые имеют межорбитальное расстояние с планетой менее 0.05 а. е. (хотя официальное определение полагает, что их абсолютная звездная величина не превышает 22). Если же астероид является потенциально опасным одновременно для двух или нескольких планет, то вероятность отмеченных выше событий должна возрастать.

### ОСОБЫЕ ОБЪЕКТЫ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Однако существуют особые в этом отношении объекты. Используя текущий каталог элементов орбит астероидов Центра малых планет (<https://www.minorplanetcenter.net/iau/MPCORB.htm>) и численную эфемериду DE431 (Folkner, Williams, 2014), с помощью пакета программ ЭПОС (Львов, Цекмейстер, 2012) нами выявлены следующие группы потенциально опасных астероидов для внутренних планет:

- одновременно для двух планет,
- одновременно для трех планет,
- одновременно для четырех планет.

Первая группа распадается на шесть подгрупп: Меркурий–Венера, Меркурий–Земля, Меркурий–Марс, Венера–Земля, Венера–Марс, Зем-

ля–Марс. Соответствующие списки содержат сотни объектов.

Вторая группа содержит четыре подгруппы: Меркурий–Венера–Земля, Меркурий–Венера–Марс, Меркурий–Земля–Марс, Венера–Земля–Марс. Всего более 100 объектов.

Третья группа состоит из объектов, потенциально опасных для всех четырех внутренних планет Солнечной системы. Таблица содержит список таких астероидов. Приведены их оскулирующие элементы из каталога MPCORB от 19 ноября 2020 г. на эпоху JD2459000.5, количество и интервал наблюдений, а также средний (по отношению к альбедо) размер в метрах.

Естественно, что орбиты этих объектов имеют малый наклон и большой эксцентриситет, а их перигелии расположены внутри орбиты Меркурия. На рис. 1 показаны орбиты и положения пяти планет и указанных астероидов, видимые с северного полюса эклиптики, по состоянию на 19 ноября 2020 г. Дополнительно показаны линия апсид и линия узлов Юпитера.

Интересно, что группа найденных астероидов в свою очередь распадается на две подгруппы с разными величинами большой полуоси орбиты. Этот факт иллюстрирует гистограмма на рис. 2.

Заметим, что лишь семь астероидов из списка наблюдались на протяжении нескольких лет. Однако для большинства объектов количество наблюдений нельзя считать критически малым. По состоянию данных на текущий момент можно утверждать следующее. На тысячелетнем промежутке времени 1500–2500 гг. все названные астероиды астероиды (для Марса 24 астероида из 27)

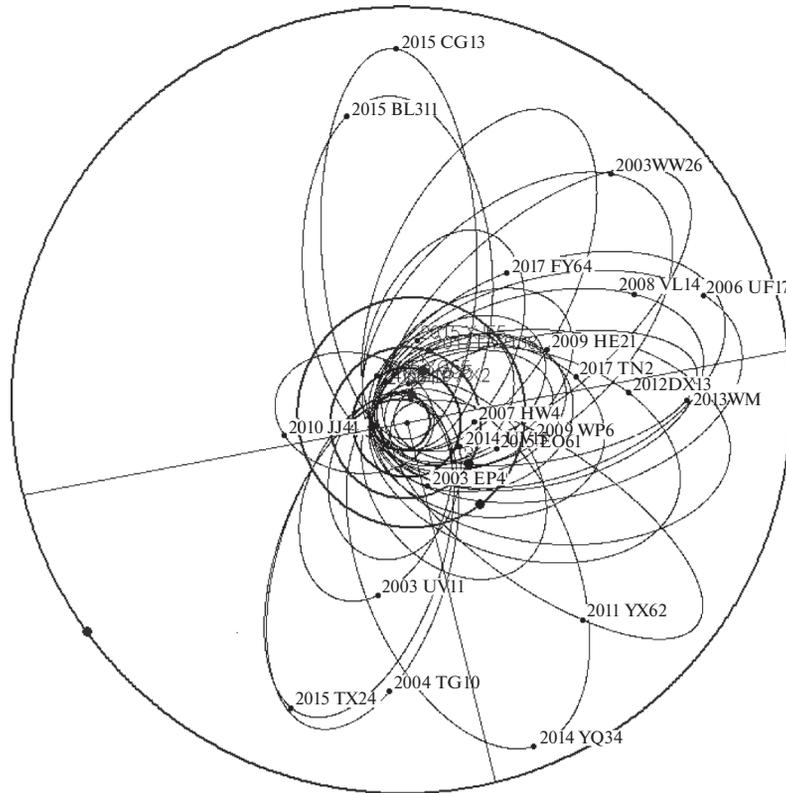


Рис. 1. Орбиты астероидов по состоянию на 19.11.2020.

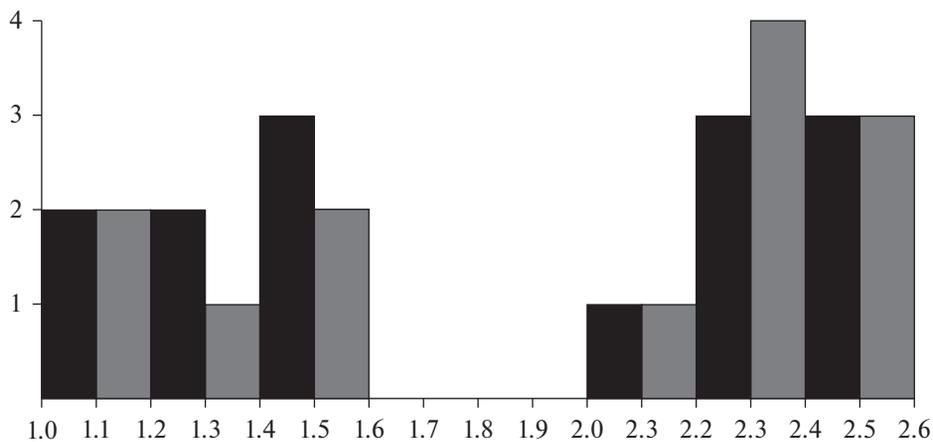


Рис. 2. Большая полуось орбит астероидов.

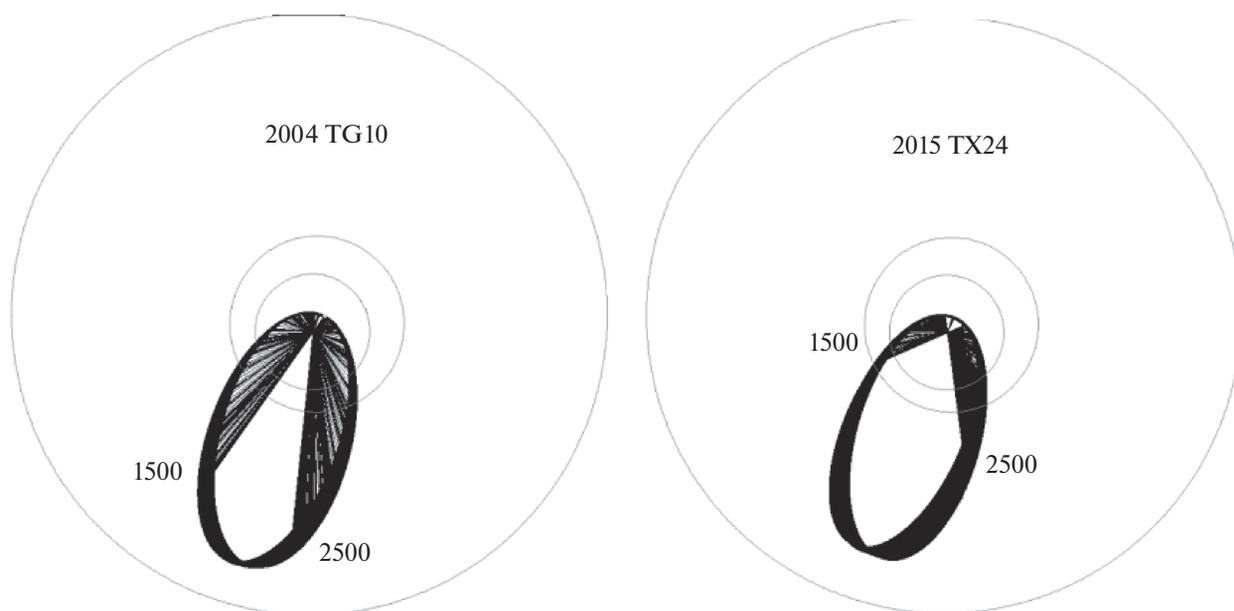
имели или будут иметь реальные сближения со всеми внутренними планетами на расстоянии менее 0.05 а. е. (Меркурий – до 60 сближений, минимальное 0.0075 а. е.; Венера – до 48 сближений, минимальное 0.0016 а. е.; Земля и Марс – до 26 сближений, минимальные соответственно 0.0011 и 0.0018 а. е.). Однако существенного влияния на дальнейшее движение астероидов сближения на *этом* промежутке времени оказывать не будут. Как всегда, гораздо большее влияние будет иметь

Юпитер, особенно на те объекты, которые могут подходить к нему ближе. Для примера на рис. 3 показана эволюция орбит наиболее крупных астероидов 2004 TG10 и 2015 TX24 на тысячелетнем интервале. Здесь более всего заметно ретроградное вращение линии узлов.

На рис. 4 и 5 для этих же объектов приведены графики величин большой полуоси и эксцентриситета орбит.

**Таблица 1.** Список астероидов, потенциально опасных для всех четырех внутренних планет Солнечной системы (MA – средняя аномалия, Peri – долгота перигелия, Node – долгота восходящего узла, Inc – наклон орбиты (все угловые величины в градусах),  $a$  – большая полуось в астрономических единицах, Obs – количество наблюдений, Years – последние две цифры года – границы интервала наблюдений),  $D$  – диаметр астероида в метрах)

Name	MA	Peri	Node	Inc	Ecc	$a$	Obs	Years	$D$
2003 EP4	278.9030	66.2899	212.5046	0.5105	0.644702	1.3597655	85	03–03	70
2003 UV11	144.2330	124.7924	31.8973	5.9243	0.762899	1.4534256	864	96–17	260
2003 WW26	177.7847	254.9325	57.3615	6.2981	0.798831	2.3962022	84	03–03	110
2004 TG10	213.3681	317.3673	205.0873	4.1811	0.861844	2.2333798	90	04–18	1320
2006 UF17	189.1387	235.7651	47.6498	3.7266	0.811318	2.4781016	81	06–18	160
2007 HW4	290.9670	196.1962	139.7624	1.2848	0.779260	1.5361038	62	07–19	60
2008 FP	314.7334	152.3963	158.4591	3.6053	0.897618	2.5820417	39	08–08	20
2008 VL14	209.1779	246.7065	37.2706	1.9074	0.821284	2.2038294	55	08–08	200
2009 HE21	346.5858	300.7289	32.3863	6.6145	0.858372	2.3860617	27	09–09	40
2009 WP6	316.4803	228.0252	54.4203	2.7620	0.740954	1.1300877	18	09–09	20
2010 JJ41	85.7767	29.3474	50.1456	3.2819	0.672689	1.0726108	21	10–10	150
2011 YX62	29.3779	153.0083	81.9534	8.6016	0.925631	2.5145103	32	12–12	80
2012 DX13	221.1209	124.7177	130.0655	1.3450	0.765623	2.1319608	106	12–12	50
2013 VO5	227.7481	211.0783	74.0047	2.0175	0.690816	1.2796750	223	13–16	190
2013 WM	74.2050	41.2069	239.1530	4.1325	0.915620	2.0837801	23	13–13	60
2014 UV115	189.9617	356.6070	170.0019	3.3280	0.634739	1.1272522	50	14–14	110
2014 YQ34	128.1347	290.7557	272.1582	3.4050	0.826986	2.4759448	29	14–14	50
2015 BL311	180.4258	143.1904	220.3981	1.7173	0.844102	2.3662517	140	15–18	210
2015 CG13	130.2784	238.0592	124.6706	6.2743	0.913411	2.5063094	18	15–15	50
2015 EO61	300.4765	261.3447	43.6538	1.9785	0.734409	1.4551681	39	01–16	170
2015 TX24	112.6511	127.0568	32.9362	6.0426	0.872083	2.2660105	56	15–15	250
2015 XG55	164.8940	237.4629	70.3029	2.3634	0.557679	1.0294541	26	15–15	10
2015 XJ55	188.3189	228.2494	73.6620	5.4091	0.699248	1.2029589	44	15–15	40
2017 DW108	302.4832	184.8074	79.4467	2.1799	0.806836	2.3921643	71	17–17	100
2017 FY64	276.6314	81.8342	208.6475	2.7151	0.824585	2.4981601	32	17–17	100
2017 TN2	163.9881	241.1891	23.4758	6.5341	0.675479	1.5491254	67	17–17	110
2019 AX2	256.8948	187.9865	31.0769	2.6583	0.677502	1.4516068	18	19–19	40



**Рис. 3.** Эволюция орбит астероидов 2004 TG10 и 2015 TX24 на тысячелетнем интервале.

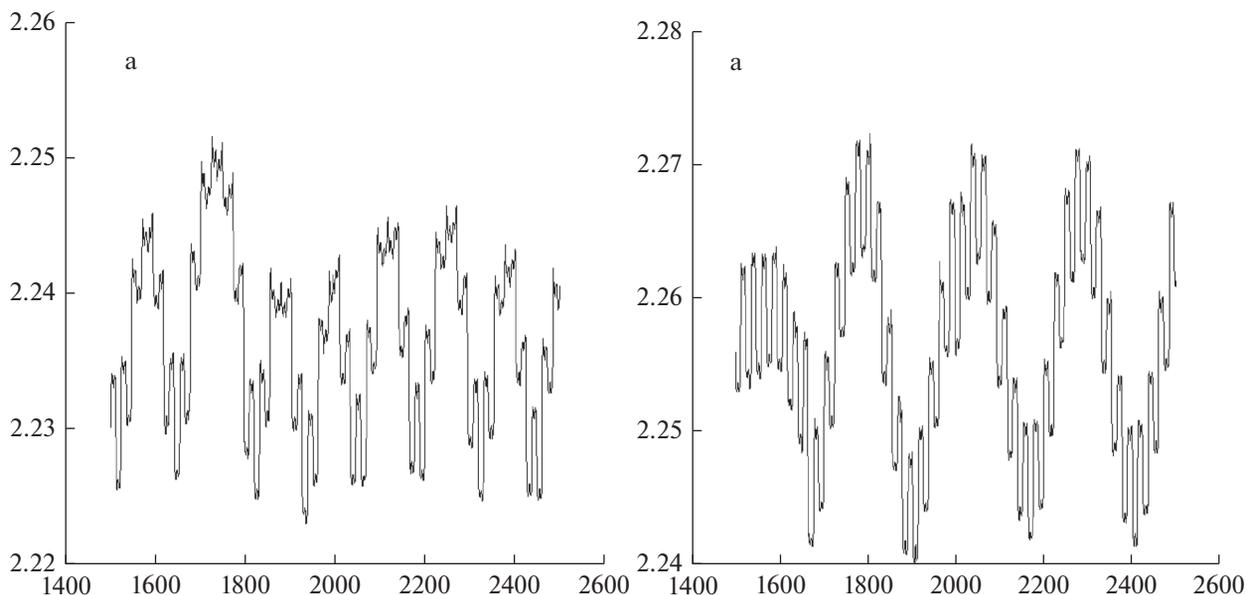


Рис. 4. Большая полуось орбит астероидов 2004 TG10 и 2015 TX24 на тысячелетнем интервале.

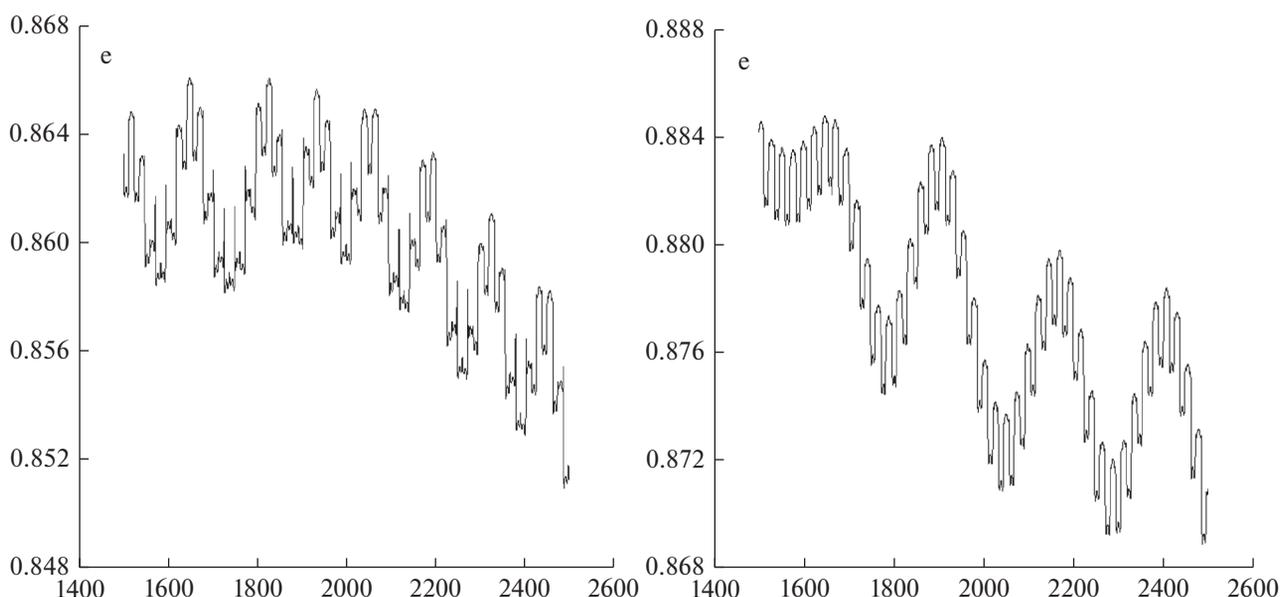


Рис. 5. Эксцентриситет орбит астероидов 2004 TG10 и 2015 TX24 на тысячелетнем интервале.

Кроме ретроградного вращения линии узлов и прямого вращения линии апсид даже на интервале в тысячу лет не всегда можно уверенно судить об изменении всех элементов орбит. Однако в большинстве случаев наблюдается тенденция к уменьшению большой полуоси и эксцентриситета орбит, т.е. все объекты, а более далекие в особенности, постепенно продвигаются внутрь Солнечной системы. При этом взаимная компенсация влияния планет не позволяет астероиду войти в чистый резонанс ни с одной из них.

По мере открытия новых астероидов списки таких объектов постепенно растут, хотя некоторые астероиды на временных интервалах от нескольких десятков суток до нескольких десятков лет могут терять свой статус потенциально опасного объекта для какой-либо планеты. В особенности это касается тех, у которых величина наклона орбиты, изменяясь со временем в сторону увеличения, превысит некоторый предел (например, астероид 2015 RM307, побывав некоторое время в названной группе, через 100 лет перестает

быть потенциально опасным для Венеры, Земли и Марса). Но последующее уменьшение упомянутой величины снова может вернуть астероид в интересующую нас группу.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно утверждать, что в фазовом пространстве элементов орбит существуют такие области, в которые могут попадать и оставаться там длительное время астероиды, потенциально опасные одновременно для всех внутренних планет Солнечной системы. Поэтому необходимо изучать все объекты из упомянутых выше списков. А заодно и наблюдать все доступ-

ные астероиды для последующего улучшения их орбит.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Львов В.Н., Цекмейстер С.Д.* Использование программного пакета ЭПОС для исследования объектов Солнечной системы // *Астрон. вестн.* 2012. Т. 46. № 2. С. 190–192. (*L'vov V.N., Tsekmeister S.D.* The use of the EPOS software package for research of the solar system objects // *Sol. Syst. Res.* 2012. V. 46. № 2. P. 177–179.)
- Folkner W.M., Williams J.G., Boggs D.H., Park R.S., Kuchynka P.* The Planetary and Lunar Ephemerides DE430 and DE431 // *IPN Progress Report* 42–196. 2014. P. 1–81.