

## ДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ПАР АСТЕРОИДОВ НА БЛИЗКИХ ОРБИТАХ В ОКРЕСТНОСТИ РЕЗОНАНСОВ

**А. Э. Потоскуев, Э. Д. Кузнецов**

*Уральский федеральный университет*

Рассмотрена динамическая эволюция пар астероидов на близких орбитах в окрестности резонансов средних движений с Юпитером (3:1, 4:1, 5:2, 7:3). Проанализированы сценарии динамической эволюции пар, полученные интегрированием уравнений движения в прошлое и будущее. Показано, что возможность тесного сближения пары, как и ее рассеяния при прохождении резонанса, зависит от величины и знака дрейфа большой полуоси астероидов, обусловленного влиянием эффекта Ярковского.

## DYNAMICAL EVOLUTION OF ASTEROID PAIRS IN CLOSE ORBITS NEAR RESONANCES

**A. E. Potoskuev, E. D. Kuznetsov**

*Ural Federal University*

Dynamical evolution of asteroid pairs in close orbits near Jovian mean motion resonances (3:1, 4:1, 5:2, 7:3) has been researched. We analyzed scenarios of pair's dynamical evolution by integrating the equations of motion in the future and past. It's shown, that the opportunity of close encountering, as well as the possibility of scattering under passing through the resonances, is dependent on the asteroids' semimajor axis drifts values and signs due to the Yarkovsky effect.

Пары астероидов, движущихся на близких орбитах, могут иметь общее происхождение [1]. Они могут образовываться в результате разрушения крупных астероидов при столкновениях с другими малыми телами, процесса дробления астероида под действием YORP-эффекта или распада двойных (кратных) систем астероидов, например, вследствие BYORP-эффекта. В окрестности резонансов наблюдаются тесные пары, но среди известных астероидов, сближающихся

с Землей, тесных пар не наблюдается. Прохождение через резонансы могут перевести пары астероидов на орбиты, лежащие в области планет земной группы, что может привести к гравитационному рассеянию близких орбит по причине сближений с массивными телами.

Численным методом исследовалась динамическая эволюция пар вблизи резонансов на интервалах 1 млн лет в прошлое и будущее посредством программы Orbit9 комплекса OrbFit [2]. При моделировании учитывались возмущения от больших планет, сжатие Солнца, релятивистские эффекты и дрейф большой полуоси орбиты вследствие эффекта Ярковского. Для оценки максимального значения модуля дрейфа большой полуоси использовалось соотношение, связывающее дрейф большой полуоси и физические параметры астероида (101955) Бенну с параметрами исследуемых астероидов [3]. Исследовались сценарии орбитальной эволюции пар при различных значениях скорости и знаках дрейфа большой полуоси.

Всего было рассмотрено 24 пары астероидов в окрестности резонансов средних движений с Юпитером 3 : 1, 4 : 1, 5 : 2, 7 : 3 [4]. Динамическая эволюция орбит объектов, как в случае взаимных сближений в прошлом, так и при прохождении через резонансы, существенно зависит от значения скорости и знака дрейфа большой полуоси. Эволюция элементов орбит астероидов зависит от близости пары к резонансу. В некоторых сценариях орбиты объектов не испытывают существенных возмущений на рассмотренном интервале времени. Метрики Холшевникова, вычисленные для орбит пар астероидов, в большинстве случаев увеличиваются при интегрировании в будущее и в ряде сценариев при моделировании эволюции в прошлое.

## Библиографические ссылки

1. *Vokrouhlický D., Nesvorný D.* Pairs of Asteroids Probably of a Common Origin // *Astron. J.* — 2008. — Vol. 136. — P. 280—290.
2. *Orbfit Consortium.* OrbFit: Software to Determine Orbits of Asteroids. — *Astrophysics Source Code Library.* — 2011.
3. *Spoto F., Milani A., Knežević Z.* Asteroid family ages // *Icarus.* — 2015. — Vol. 257. — P. 275—289.
4. *Kuznetsov E. D., Potoskuev A. E., Safronova V. S., Ustinov D. S.* Dynamical evolution of asteroid pairs with close orbits // *AIP Conference Proceedings.* — 2019. — Vol. 2103, № 1. — P. 020008.