



МИНОБРНАУКИ РФ
Российский фонд
фундаментальных исследований
Национальный исследовательский
Томский государственный университет
НИИ прикладной математики и механики
Томского государственного университета
Физико-технический факультет
Совет молодых учёных ТГУ



**VIII Всероссийская молодежная научная конференция
«Актуальные проблемы современной механики
сплошных сред и небесной механики – 2018»
г. Томск, 26–28 ноября 2018 г.**

**VIII All-Russian Scientific Conference
«Current issues of
continuum mechanics and celestial mechanics – 2018»,
November, 26–28, 2018**

Томск-2019

ДИНАМИКА ЯДРА МЕТЕОРНОГО ПОТОКА КВАДРАНТИДЫ МЕЖДУ 1750 И 2020 ГОДАМИ

Г.Е. Самбаров, О.М. Сюсина

НИИ прикладной математики и механики Томского государственного университета,
Россия
detovelli@vtomske.ru

Ключевые слова: (196256) 2003 EH1, астероид, сближения с планетами, орбитальные резонансы.

Аннотация. В данной работе проведен анализ динамики метеорных частиц, предположительно высвобождаемых из околоземного астероида (196256) 2003 EH1, а именно: исследованы хаотичность и эволюция промоделированных выбросов метеороидов из предполагаемого родительского тела. Была выявлена сложная динамическая структура метеорного потока, который приближается к орбитам Юпитера и Земли.

THE DYNAMICS OF THE CORE OF THE QUADRANTIDS METEOR SHOWER BETWEEN AD 1750 AND 2020

Georgy Sambarov, Olga Syusina

Research Institute of Applied Mathematics and Mechanics, Tomsk State University,
Russian Federation
detovelli@vtomske.ru

Keywords: (196256) 2003 EH1, asteroid, the dynamical evolution, Close encounters, mean motion resonances.

Abstract. In this paper, we studied the dynamics of particles supposedly ejected from the Near-Earth Asteroid (196256) 2003 EH1. Particularly, the chaotic and evolution of the simulated meteoroid stream from the proposed parent body were investigated. The complicated dynamic structure of the meteor shower was identified, which particles were the close approaches of Jupiter and the Earth.

Квадрантиды – один из самых сильных метеорных потоков. Возраст ядра метеорного потока Квадрантиды составляет всего 200–300 лет. Ядро данного потока связано с астероидом (196256) 2003 EH1, в то время как широкая часть потока связана с кометой 96P / Machholz. Астероид 2003 EH1 [1, 2] во многих работах, предполагается, как спящая или недавно вымершая комета. Данный объект движется вблизи орбитальных резонансов: 2/1 с Юпитером, 1/3 с Марсом и 1/9 с Венерой, а также имеет частые сближения с Юпитером, что может быть причиной проявления хаотичного движения астероида и модельных метеороидов.

Метеороиды наследуют динамические свойства родительского тела, но не все. На самом деле, метеорный поток можно рассматривать как уникальную структуру, возникающую, скорее всего, в кометных и астероидных родительских телах. Существует несколько десятков комет семейства Юпитера, многие из которых имеют динамические свойства, аналогичные свойствам астероида (196256) 2003 EH₁, и несколько известных астероидов с перигелием внутри орбиты Земли. Обнаружение и изучение малых тел Солнечной системы является актуальной проблемой для будущих исследований метеорных потоков.

Для моделирования потока метеороидов мы применяли метод, который заключается в том, что генерируется выброс определенного количества пробных частиц в некоторых точках на орбите родительского тела [3]. В рамках данного исследования эпохи выбросов были выбраны в перигелии родительской орбиты астероида (196256) 2003 EH₁ приблизительно в 1760–1790 гг. Дальнейшее исследование эволюции частиц метеорного потока осуществлялось с помощью численного интегрирования методом Everhart (1974) 19-го порядка с переменным размером шага от момента выброса до настоящего времени. В работе [2] была выполнена оценка возмущающих факторов, действующих на астероид (196256) 2003 EH₁, и выбрана оптимальная модель сил, которая включает в себя влияние больших планет, Луны, сжатия Солнца и релятивистских эффектов от Солнца. Остальными возмущающими воздействиями можно пренебречь без потери точности, поскольку их действие значительно меньше ошибок начальных данных и не оказывает существенного воздействия на орбитальную эволюцию исследуемых объектов.

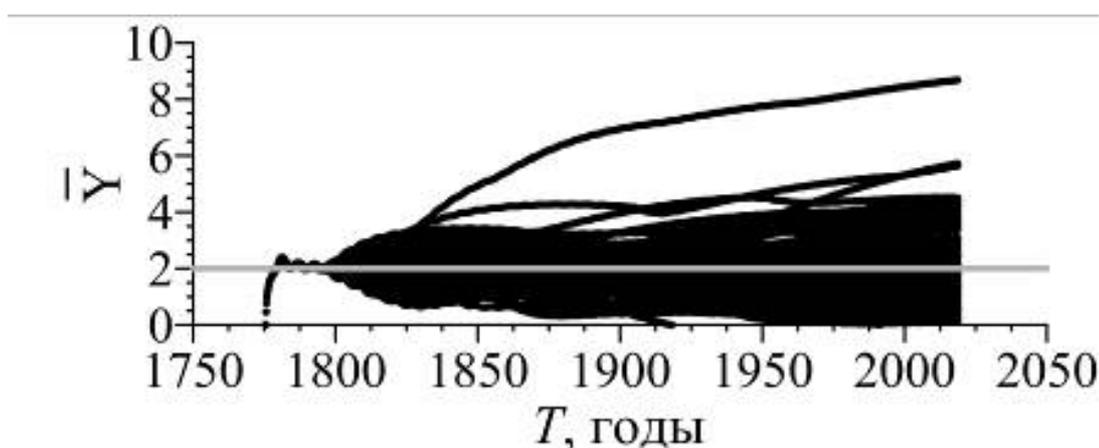


Рис. 1. Эволюция параметра MEGNO

Обратное интегрирование уравнений движения для потока метеороидов проводилось до 1750 года. Данная дата была выбрана исходя из предположения относительно молодого возраста центральной части потока метеороидов.

ритов Quadrantid [1]. Кроме того наши исследования хаотичности движения астероида (196256) 2003 EH1 [2] показали, что орбиту объекта можно считать регулярной вплоть до 1700 г.

Изучение кратковременной динамической эволюции ста выброшенных частиц показало, что в среднем чуть менее половины частиц выброса имеют хаотическое движение. На рис. 1 приведено изменение параметра МЕГНО для 100 частиц, выброшенных около 1780 года. Как видно из рисунка, чуть меньше чем половина исследуемых объектов параметр МЕГНО переходит через значение равное 2, что означает наличие хаотичности в движении.

Мы предполагаем, что причинами являются частые сближения частиц выброса с Юпитером. В частности те встречи, которые являются частыми и происходят не очень далеко от радиуса сферы Хилла планеты. Аналогичный вывод был получен в исследованиях системы N-тел Tancredi [4] и Goodman et al. [5]. Другая причина заключается в том, что нерезонансное состояние, близкое к орбитальным резонансам 2:1J, 1:3M и 1:9V, оказывает сильное влияние на движение метеорного потока Квадрантиды между 1760 и 2020 годами. Это «слабый хаос» в значительной степени ограничивается истинной аномалией. Следовательно, форма орбиты может быть надежно рассчитана для более длительных интервалов времени, чем само положение тела на орбите.

В заключение следует отметить, что хаотическое поведение моделируемых частиц метеорного потока может быть вызвано не только близкими сближениями с планетами, но также при наличии неустойчивых орбитальных и вековых резонансов.

Литература/References

1. *Abedin, A., Spurný, P.; Wiegert, P.; Pokorný, P.; Borovička, J.; Brown, P.* On the age and formation mechanism of the core of the Quadrantid meteoroid stream // *Icarus*. 2015. Vol. 261, Pp. 100–117.
2. *Galushina, T. Yu.; Sambarov, G. E.* The dynamical evolution and the force model for asteroid (196256) 2003 EH1 // *Planetary and Space Science*. 2017. Vol. 142. Pp. 38–47.
3. *Ryabova G. O.*, A preliminary numerical model of the Geminid meteoroid stream // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 2016. Vol. 456. Pp. 78.
4. *Tancredi, G.*, Chaotic dynamics of planet-encountering bodies. // *Celest. Mech. Dynam. Astron.* 1998. Vol. 70. Pp. 181–200.
5. *Goodmann, J., Heggie, D. and Hut, P.* On the exponential instability of N-body systems // *Astrophys. J.* 1993. Vol. 415. Pp. 715–733.