

Перов^{1,2} Н.И., Иванова² Ю.Д.

¹ГИАУК ЯО «Культурно-просветительский центр имени В.В. Терешковой»,

Ярославль, Россия

²Ярославский государственный педагогический университет, Ярославль, Россия

perov@yarplaneta.ru

Введение

Известны десятки гипотез происхождения комет, которые модифицируются до настоящего времени, кроме того, создаются новые космогонические и небесномеханические модели [1]. Я. Оорт в 1950 году обосновал существование гипотетического облака, состоящего, возможно, из триллиона комет, движущихся вокруг Солнца на расстояниях от 30000 а.е. до светового года [2]. Ниже рассматривается процесс перехода комет из облака Оорта с околокруговых орбит на почти параболические орбиты.

Основные уравнения

Определим время миграции кометы из облака Оорта с учетом совместного влияния Солнца, обладающего сжатием, и притяжения внешнего тела – галактического ядра. В первом приближении вековая эволюция орбиты кометы описывается в кеплеровых элементах, через которые выражается возмущающая функция, относительно короткопериодических переменных – средних аномалий кометы и возмущающей точки, при отсутствии соизмеримостей в соответствующих периодах низшего порядка. Такое осреднение, осуществляемое независимо (в приближении Хилла – $a/a_1 \ll 1$), дает выражение для вековой части возмущающей функции [4], [5]. Если экваториальная плоскость Солнца и орбитальная плоскость ядра Галактики совпадают (наклонение $i_1=0$), тогда [5]

$$de/d\tau = 10e(1-e^2)^{1/2} (\sin(i))^2 \sin(2\omega), \quad (1)$$

здесь i и e – наклон плоскости орбиты кометы к экваториальной плоскости Солнца и эксцентриситет эллиптической орбиты кометы, соответственно, ω – аргумент перигелия кометы.

$$c_1 = (1-e^2)(\cos(i))^2, \quad (2)$$

$$c_2 = \left(\frac{2\gamma}{1-e^2} \right)^{3/2} \left(\frac{1}{3} + \cos(2i) \right) + 2 \left(e^2 - (\sin(i))^2 \right) + e^2 (\sin(i))^2 (5 \cos(2\omega) - 3), \quad (3)$$

Здесь

$$\gamma = \frac{1}{2} \frac{\alpha}{\beta}, \quad \alpha = -\frac{3}{8} c_{20} \left(\frac{a_0}{a} \right)^2, \quad \beta = \frac{3}{16} \frac{\mu_1}{\mu} \left(\frac{a}{a_1} \right)^3, \quad (4)$$

$$\tau = \beta (t - t_0) \sqrt{\frac{\mu}{a^3}}. \quad (5)$$

В соотношениях (4) и (5) использованы следующие время; a_1 – большая полуось круговой орбиты ядра Галактики. обозначения. μ и μ_1 – произведения гравитационной постоянной на массы Солнца и ядра Галактики (массы Галактики внутри галактической орбиты Солнца), соответственно; c_{20} коэффициент второй зональной гармоники гравитационного поля Солнца [4]; a_0 – средний экваториальный радиус Солнца; t – ньютоновское равномерное время, τ – модифицированное время; a_1 – большая полуось круговой орбиты ядра Галактики.

Зависимость эксцентриситета (e) орбиты малого тела от времени (τ)

Из уравнений (1), (2), (3), (4), (5) находится, впервые, в явном виде, 1-я квадратура

$$\tau = \int \frac{dw}{\sqrt{\theta(w)}}. \quad (6)$$

$$\theta(w) = [8\gamma c_1 w^7 - 8/3\gamma w^5 + w^2(-2c_2 + 4 + 4c_1) - 8] \cdot$$

$$[-8\gamma c_1 w^7 + 8/3\gamma w^5 - 20c_1 w^4 + w^2(16 + 16c_1 + 2c_2) - 12]. \quad (7)$$

В уравнениях (6) и (7) $w = 1/(1-e^2)^{1/2}$, причем движение рассматриваемого малого тела происходит в интервале $w_{\min} \leq w \leq w_{\max}$, где w_{\min} и w_{\max} – положительные корни уравнения (10), при $0 < e < 1$ и $1 < w < \infty$.

$$\theta(w) = 0. \quad (8)$$

При этом $w_{\max} > w_{\min}$, w_{\max} – ближайший к w_{\min} корень уравнения (8).

Заключение

В настоящей работе обсуждаются проблемы эволюции кометных орбит и миграции комет из облака Оорта – возможного резервуара комет в Солнечной системе – в результате действия эффекта Кодзаи–Лидова [3], [4]. Рассмотренная небесномеханическая модель основана на дважды осредненной задаче Хилла с учетом взаимодействия кометного ядра с сжатым центральным телом (Солнцем) и возмущающим телом (ядром Галактики). В рассмотренной модели интервал времени миграции кометы из облака Оорта до поверхности Солнца равен $715 \cdot 10^6$ лет, что не превосходит возраста Солнечной системы ($5 \cdot 10^9$ years). Полученные результаты предполагается использовать для поиска неоткрытых комет Солнечной системы и спутников внесолнечных планет.

Библиографический список

1. Perov N.I. The universal model of migration of comets // Proceedings of Asteroids, Comets, Meteors (ACM 2002), 29 July – 2 August 2002. Technical University Berlin, Berlin, Germany (ESA-SP-500), November 2002. P. 375-379.
2. Oort J.H. The structure of the cloud comets surrounding the Solar system and a hypothesis concerning its structure // Bull. Astron Int, Neth. V. 11. P. 91-110. 1950.
3. Томапов В.П., Родин Д.А. Орбитальная эволюция почти параболических комет. [Текст] // Вологда: Волог. гос. пед. ун-т. Лаборатория астрономических исследований, 2013. – 271 с.
4. Лидов М.Л., Ярская М.В. Интегрируемый случай в задаче об эволюции орбиты спутника под действием внешнего тела и нецентрального поля планеты. [Текст] // Космические исследования. Т. 12. № 2. С. 155–170. 1974.
5. Васьковьяк М.А. О специальных частных решениях дважды осредненной задачи Хилла с учетом сжатия центрального тела. [Текст] // Письма в астрономический журнал. Т. 22. № 3. С. 231–240. 1996.
6. Ипатов С.И., Маров М.Я. Миграция малых тел к планетам земной группы. [Текст] // Тезисы докладов международной конференции «VI Бредихинские Чтения». Заволжск. Россия. 4 Сентября – 8 Сентября 2017. С. 26.

