

УДК 523.24:521.1 3

**И.Н. Потапов**

## **Исследование эволюции орбиты кометы 1948 XI под действием ядра Галактики**

Комета 1948 XI была открыта 1 ноября 1948 года во время полного солнечного затмения в Найроби в  $2^\circ$  от Солнца и сфотографирована с длинным хвостом, направленным к горизонту [1]. В опубликованном в 1958 г. каталоге кометных орбит Всехсвятского [1, с. 512-513] приводятся следующие элементы орбиты кометы 1948 XI: момент прохождения через перигелий  $T_0$  – 1948 октябрь 27, 429, перигелийное расстояние (минимальное от Солнца) в астрономических

где

$$\gamma = \frac{1}{1 + \frac{r^2}{\mu e} S \cos \theta - \frac{r^2}{\mu e} \left(1 + \frac{r}{p}\right) T \sin \theta}$$

$\mu$  – гравитационный параметр ЦТ,  $p$  – фокальный параметр оскулирующего эллипса спутника,  $e$  – эксцентриситет оскулирующего эллипса спутника,  $a$  – большая полуось орбиты спутника,  $i$  – наклон плоскости орбиты спутника к основной координатной плоскости,  $\omega$  – аргумент перигелия,  $\theta$  – истинная аномалия,  $u$  – аргумент широты  $u = \omega + \theta$ ,  $\Omega$  – долгота восходящего узла,  $S$ ,  $T$ ,  $W$  – проекции возмущающего ускорения соответственно на радиус-вектор спутника, на перпендикуляр к нему в плоскости орбиты, на перпендикуляр к плоскости орбиты.

Для возмущающего ускорения  $\vec{F}^1$ , испытываемого спутником, удалённым от ЦТ на расстояние  $r$  со стороны ВТ, удалённого от ЦТ на расстояние  $r_1$  справедлива формула

$$\vec{F}^1 = \mu_1 \left( \frac{\vec{r}_1 - \vec{r}}{|\vec{r}_1 - \vec{r}|^3} - \frac{\vec{r}_1}{r_1^3} \right),$$

где  $\mu_1$  – гравитационный параметр ВТ.

Метод Лидова применим к спутникам, движущимся по орбитам, для которых выполняются следующие условия

1) притяжением спутником ЦТ и ВТ можно пренебречь,

2)  $r_1 \gg r$ . В этом случае выражение для ускорения  $\vec{F}^1$  можно разложить в ряд по параметру  $\frac{r}{r_1}$  и ограничиться двумя первыми членами разложения

$$\vec{F}^1 = \sum_{i=1}^{\infty} \vec{F}_i^1,$$

$$\vec{F}_1^1 = \frac{\mu_1}{r_1^2} \left[ 3 \frac{\vec{r}_1}{r_1} \frac{(\vec{r} \cdot \vec{r}_1)}{r_1^2} - \frac{\vec{r}}{r_1} \right],$$

$$\vec{F}_2^1 = \frac{\mu_1}{r_1^2} \left[ \left( -\frac{3}{2} \frac{r^2}{r_1^2} + \frac{15}{2} \frac{(\vec{r}_1 \cdot \vec{r})^2}{r_1^4} \right) \frac{\vec{r}_1}{r_1} - 3 \frac{(\vec{r}_1 \cdot \vec{r})}{r_1^2} \frac{\vec{r}}{r_1} \right].$$

3)  $\gamma = 1$ , данное условие выполняется при  $\frac{\mu_1}{\mu} \left( \frac{a}{r_1} \right)^3 \ll 1$ .

При выполнении перечисленных условий за один оборот спутника вокруг ЦТ происходят незначительные изменения его орбитальных элементов, что позволяет считать постоянными значения орбитальных элементов в правой части исходных уравнений и вычислять усреднённые за период обращения изменения орбитальных элементов. При вычислении величины изменения орбитальных элементов за второй оборот спутника в правую часть исходной системы уравнений подставляются изменённые за предыдущий оборот значения орбитальных элементов.

В рассматриваемом нами случае  $\mu$  – гравитационный параметр Солнца,  $\mu_1$  – гравитационный параметр ядра Галактики,  $a$  – большая полуось орбиты кометы из облака Оорта,  $r_1$  – расстояние ядра Галактики от Солнца.

Для  $\mu = 1$ ,  $\mu_1 = 1,5 \cdot 10^{11}$ ,  $a = 0,6$  пс,  $r_1 = 10^4$  пс получим

$$\frac{\mu_1}{\mu} \left( \frac{a}{r_1} \right)^3 \approx 10^{-4},$$

что позволяет применить метод Лидова для исследования эволюции орбит долгопериодических комет на больших (сотни миллионов лет) временных интервалах.

Поскольку орбита кометы 1948 XI имеет  $Q = 2080$  а.е., что на порядок меньше радиуса внешней границы облака Оорта и, как следствие, существенно замедляет изменение орбитальных элементов, при исследовании эволюции орбиты кометы 1948 XI был применён один из вариантов осреднённого метода Лидова.

$$\begin{aligned} \frac{\delta a}{\delta N} &= 0, \\ \frac{\delta e}{\delta N} &= \frac{1}{2} A e \varepsilon^{1/2} \sin^2 i \sin 2\omega, \\ \frac{\delta i}{\delta N} &= -\frac{1}{2} A \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon^{1/2}} \sin i \cos i \sin 2\omega, \\ \frac{\delta \Omega}{\delta N} &= A \frac{1}{\varepsilon^{1/2}} \left[ (1-\varepsilon) \sin^2 \omega + \frac{1}{5} \varepsilon \right], \\ \frac{\delta \omega}{\delta N} &= A \frac{1}{\varepsilon^{1/2}} \left[ (\cos^2 i - \varepsilon) \sin^2 \omega + \frac{2}{5} \varepsilon \right], \\ A &= \frac{15}{2} \pi \frac{\mu_k}{\mu} \left( \frac{a}{\rho_k} \right)^3 \frac{3}{2}. \end{aligned}$$

Здесь  $a$  - большая полуось кометной орбиты,  $\varepsilon = 1 - e^2$ ,  $e_k = 1 - e_k^2$ ,  $\rho_k = a_k e_k$ . В случае круговой орбиты  $a_k = r_1$ ,  $e_k = 0$ .

Данная система уравнений позволяет вычислять изменения орбитальных элементов кометы за один оборот возмущающего тела. Результаты вычислений приведены в таблице.

Таблица

**Эволюция орбитальных элементов кометы 1948 XI  
на интервале 2 млрд. лет**

Время, млн. лет	$e$	$\omega^\circ$	$\Omega^\circ$	$i^\circ$
0	0,9999350	107,262	210,332	23,122
200	0,9999349	107,672	210,818	23,177
400	0,9999349	108,081	211,301	23,233
600	0,9999348	108,487	211,783	23,289
800	0,9999348	108,892	212,262	23,348
1000	0,9999347	109,293	212,738	23,407
1200	0,9999347	109,693	213,213	23,468
1400	0,9999346	110,092	213,685	23,529
1600	0,9999345	110,485	214,155	23,592
1800	0,9999345	110,878	214,622	23,656
2000	0,9999344	111,268	215,087	23,721
2200	0,9999343	111,655	215,549	23,788

Согласно полученным результатам изменения орбитальных элементов кометы 1948 XI под действием ядра Галактики невелики, что позволяет рассматривать данную комету в качестве постоянного члена кометного облака Оорта.

### ЛИТЕРАТУРА

1. **Всехсвятский С.К.** Физические характеристики комет. Государственное издательство физико-математической литературы. Москва. 1958. С. 78.
2. **Marsden B.G.** Catalogue of cometary orbits. SAO. 1986. P. 22.
3. **Потапов И.Н., Сухоплюева Л.Е.** Влияние ядра Галактики на облако Оорта. В сб. Динамика механических систем. Томск. 1987. С. 200-203.
4. **Лидов М.Л.** Эволюция орбит искусственных спутников планет под действием гравитационных возмущений внешних тел. В сб. Искусственные спутники Земли, 1961, вып. 8. С. 5-45.

### S U M M A R Y

*In represented work the evolution of orbit of a long-period comet in view of perturbations from of the galactic center region is considered.*

*For a research of evolution of the orbital elements the numerically - analytical method of Lidov was used.*

*Поступила в редакцию 10.04.2000*