

УДК 521.9

Об учете деформаций Земли, обусловленных изменениями геопотенциала вследствие движения полюса

А. А. Корсунь, М. Фейссель, Я. С. Яцкив

Обсуждается необходимость учета при высокоточных определениях параметров вращения Земли такого систематического эффекта, как полюсный прилив. Приведены оценки этого эффекта в смещениях положений и уклонениях отвесных линий обсерваторий.

ON EFFECTS OF EARTH'S DEFORMATIONS INDUCED BY THE POLAR MOTION GEOPOTENTIAL VARIATIONS, by Korsun' A. A., Feissel M., Yatskiv Ya. S.—The effects of the polar tides on the accuracy of astrometric measurements are discussed. The estimations of this effect in the coordinates of the stations and in the variations of the plumb lines are given.

Применение в геодезии и геодинамике космических методов и средств наблюдений, а также длиннобазисной радионтерферометрии обеспечило возможность определения параметров вращения Земли с точностью около $0.001''$, что в свою очередь привело к необходимости моделирования и учета различных систематических эффектов, влияющих на эти определения, с еще более высокой точностью ($0.0001—0.0005''$). К числу таких эффектов относится деформация Земли, обусловленная изменениями геопотенциала вследствие движения полюсов и неравномерности вращения Земли. Зависящая от времени деформация приводит к изменениям координат станций наблюдений, направлений отвесных линий и силы тяжести на поверхности Земли [2, 3].

Точный расчет рассматриваемого эффекта затруднен из-за необходимости учета упругости мантии и влияния океана, реагирующего на изменения геопотенциала и действующего путем изменения нагрузки на деформации твердой Земли. По этой причине, а также вследствие малости деформации, обусловленной изменением скорости вращения Земли, ограничиваются рассмотрением изменений центробежного потенциала упругой не имеющей океана Земли в результате движения полюса (так называемого полюсного прилива) [2, 3]. Такой подход приводит к следующим максимальным оценкам изменений для: радиальных смещений — до 25 мм; горизонтальных смещений — до 8 мм; направлений отвесных линий — до $0,005''$; ускорения свободного падения — до $1.3 \cdot 10^{-7}$ м/с².

Это достаточно большие величины, чтобы ими можно было пренебречь при современных определениях координат станций, параметров вращения Земли и других геодинамических эффектов и, что особенно важно, при сравнении различных методов таких определений. Влияние океана, неупругости мантии и других неучтенных эффектов, по-видимому, не превышает 10 % указанных максимальных изменений и требует дальнейшего изучения.

На основании ранее выполненных исследований [1—3] приведем главные формулы расчета отмеченных деформаций Земли и их учета при обработке современных наблюдений.

Пусть X, Y, Z — земная система координат, ось Z которой направлена вдоль средней оси вращения Земли, ось X — по направлению к принятому началу долгот и ось Y — к востоку от оси X . Если пренебречь вариациями скорости вращения Земли, то в этой системе координат с точностью до членов первого порядка изменения центробежного потенциала, обусловленные движением полюсов Земли, будут равны

$$\Delta V(r, \theta, \lambda) = -\frac{\Omega^2 r^2}{2} \sin 2\theta (x_p \cos \lambda - y_p \sin \lambda), \quad (1)$$

где Ω — средняя скорость вращения Земли; r — радиальное расстояние до станции наблюдения; $\theta = 90^\circ - \varphi$ — дополнение к широте станции; λ — восточная долгота станции; x_p, y_p — координаты полюса Земли (в радианах).

Определим смещения станции наблюдений в виде [1, 2]:

$$S_r = \frac{h}{g} \Delta V(r, \theta, \lambda); \quad S_\theta = \frac{l}{g} \partial_\theta \Delta V(r, \theta, \lambda); \quad S_\lambda = \frac{l}{g \sin \theta} \partial_\lambda \Delta V(r, \theta, \lambda), \quad (2)$$

где S_r — радиальное (положительное направление вверх) смещение; S_θ, S_λ — горизонтальные вдоль меридиана и параллели смещения (положительные к северу и востоку соответственно); $g = MG/r^2$ — ускорение свободного падения на поверхности Земли; h, l — числа Лява и Шиды соответственно.

В [2] приведены следующие выражения для смещений в миллиметрах (при $h=0.06, l=0.085, r=a$, где a — средний радиус Земли):

$$\begin{aligned} S_r &= -6.6 \cdot 10^6 \sin 2\theta (x_p \cos \lambda - y_p \sin \lambda); \\ S_\theta &= -1.9 \cdot 10^6 \cos 2\theta (x_p \cos \lambda - y_p \sin \lambda); \\ S_\lambda &= 1.9 \cdot 10^6 \cos \theta (x_p \sin \lambda + y_p \cos \lambda). \end{aligned} \quad (3)$$

Смещения S_r, S_θ, S_λ приводят к изменениям прямоугольных геоцентрических координат станций наблюдений вида

$$[dX, dY, dZ]^T = R^T [S_\theta, S_\lambda, S_r]^T, \quad (4)$$

где

$$R = \begin{pmatrix} -\cos \theta \cos \lambda & -\cos \theta \sin \lambda & \sin \theta \\ -\sin \lambda & \cos \lambda & 0 \\ \sin \theta \cos \lambda & \sin \theta \sin \lambda & \cos \theta \end{pmatrix}.$$

Такие зависящие от времени изменения координат станций в свою очередь повлияют на определение координат полюса по данным наблюдений рассматриваемой сети станций:

$$[dX, dY, dZ]^T = U [y_p, x_p, 0], \quad (5)$$

где

$$U = \begin{pmatrix} 0 & -Z & Y \\ Z & 0 & -X \\ Y & X & 0 \end{pmatrix}.$$

В каждом конкретном случае для заданного состава и конфигурации сети станций можно найти поправки координат полюса из решения системы уравнений (5). На практике удобнее учитывать изменения координат станций наблюдений вследствие полюсного прилива по формуле (4) (по аналогии с поправками за земные и океанические приливы).

Для оценки влияния полюсного прилива на направления отвесных линий в пунктах наблюдений запишем известные выражения [1]:

$$\delta\theta = \frac{(1+k-l)}{rg} \frac{\partial \Delta V}{\partial \theta}; \quad \delta\lambda = \frac{1+k-l}{rg} \frac{\partial \Delta V}{\partial \lambda \sin \theta}, \quad (6)$$

где k, l — числа Лява и Шиды соответственно. Принимая $k=0.3, l=0.085$, получаем $1+k-l=\Lambda=1.215$.

После соответствующих преобразований и подстановок числовых значений вместо (6) получим (в секундах дуги):

$$\begin{aligned} \delta\theta &= 0.0042 \cos 2\theta (x_p \cos \lambda - y_p \sin \lambda); \\ \delta\lambda &= 0.0042 \operatorname{ctg} \theta (x_p \sin \lambda + y_p \cos \lambda). \end{aligned} \quad (7)$$

Здесь x_p, y_p выражены в секундах дуги. Эти изменения необходимо исключить из наблюдаемых широт и долгот обсерваторий или видоизменить основные формулы для

определения x_p, y_p по данным оптических астрометрических измерений

$$(1 + 0.0042 \cos 2\theta) x_p \cos \lambda - (1 + 0.0042 \cos 2\theta) y_p \sin \lambda = \Delta\varphi;$$

$$1.0042 \operatorname{ctg} \theta x_p \sin \lambda + 1.0042 \operatorname{ctg} \theta y_p \cos \lambda = \Delta\lambda. \quad (8)$$

Оценка максимальных изменений широт и долгот, если $|x_p|_{\max} = |y_p|_{\max} = 0.5''$, дает $|\delta\varphi|_{\max} = 0.0021''$ и $|\delta\lambda|_{\max} = 0.0035''$. Значения поправок в координатах полюса, определенных по данным астрометрических наблюдений, достигают $0.001''$.

1. Мельхиор П. Земные приливы.— М.: Мир, 1968.— 482 с.
2. Munk W. H., MacDonald G. J. F. The rotation of the Earth.— New York: Cambridge Univ. press., 1960.— 323 p.
3. Wahr J. M. Determination induced by polar motion // J. Geophys. Res.— 1985.— 90, N B11.— P. 9363—9368.

Глав. астрон. обсерватория АН УССР, Киев,
Париж. астрон. обсерватория

Поступила в редакцию 25.08.88

УДК 524.3—325.2

О каталоге собственных движений 7475 звезд в 51 области неба с галактиками

С. П. Рыбка

Приведены характеристики нового каталога собственных движений звезд относительно галактик, созданного по пластинкам, полученным на двойном длиннофокусном астрографе ГАО АН УССР.

ON THE PROPER MOTION CATALOGUE OF 7475 STARS IN 51 FIELDS WITH GALAXIES, by Rybka S. P.—Description is given of the new proper motion catalogue referred to galaxies, obtained from plates taken with the double astrograph installed at the Main Astronomical Observatory of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR.

С 1973 г. в ГАО АН УССР проводятся определения собственных движений звезд в избранных областях неба с галактиками. Уже составлены каталоги, содержащие в общей сложности около 17 000 звезд [2, 5, 6]. Эти каталоги использовались для уточнения фундаментальной системы координат и для изучения кинематики Галактики.

В настоящей статье представлены характеристики каталога абсолютных собственных движений звезд, которым завершаются такие определения в Голосееве. Он содержит собственные движения 7475 звезд от 8 до $15''$ в 51 области неба с галактиками. Составлен каталог в результате обработки 150 пластинок первых (1952—1964 гг.) и вторых (1980—1984 гг.) эпох, полученных на двойном длиннофокусном астрографе ГАО АН УССР ($D=40$ см, $F=5.5$ м). Разность эпох для отдельных пар пластинок изменяется от 18 до 30 лет, в среднем по каталогу составляет 23.8 года.

Измерения прямоугольных координат звезд выполнены на координатно-измерительной машине «Аскорекорд». Измерялись все звезды в пределах круга радиусом $30'$ от центра пластинок и звезды из каталогов AGK3 и SAO — в пределах $40'$. Исключение составляют несколько областей неба, расположенных вблизи плоскости Млечного Пути. В этих случаях измерения выполнялись соответственно в пределах 20 и $30'$.

С помощью известных линейных соотношений на основе разностей прямоугольных координат звезд на пластинках первых и вторых эпох вычислялись их собственные движения относительно опорных звезд. Последние выбирались среди слабых звезд 13 — $14''$, собственные движения которых не превышают $0.05''/\text{год}$.

Для абсолютизации относительных собственных движений звезд использовались «собственные движения» галактик. Для повышения точности таких редукиций они вычислялись по совокупности галактик нескольких областей неба с близкими координатами.