

$\approx 20^\circ\text{K}$ ) полностью восстанавливает характеристики перехода  $B2 \rightarrow R$ , в частности значение  $T_R'$ . Такая взаимозаменяемость временного и температурного факторов для восстановления характеристик мартенситного превращения свидетельствует о причастности к этим явлениям релаксационных процессов, приводящих к восстановлению дефектной структуры  $B2$ -фазы, нарушенной при превращении в моноклинный мартенсит  $B19'$  в первом цикле.

Сопоставление результатов экспериментального исследования мартенситных превращений в настоящей работе и в работах [1, 2] дает основание утверждать, что аномальный температурный гистерезис превращения  $B2 \rightarrow R$  реализуется в неоднородных твердых растворах с расслоением высокотемпературной  $B2$ -фазы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Илюшин А. С., Хунджуа А. Г., Муслим М. М. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 1994. 35, № 3. С. 90.
2. Илюшин А. С., Кокоев Г. Н., Хунджуа А. Г., Осипов Э. К. // Металлы. 1989. № 5. С. 115.
3. Хунджуа А. Г., Захарова М. И., Кокоев Г. Н. // Металлофизика. 1988. 10, № 6. С. 14.

Поступила в редакцию  
20.01.95

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1995. Т. 36, № 5

#### АСТРОНОМИЯ

УДК 521.9:521.91

### О ДВИЖЕНИИ ЦЕНТРА МАСС ЗЕМЛИ, ОБУСЛОВЛЕННОМ ГЛОБАЛЬНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ ЕЕ ДИНАМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ПРИЛИВНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ

Ю. В. Баркин  
(ГАНШ)

На основе простейшей модели изменяемой Земли изучается смещение ее центра масс по отношению к характерной точке на оси Земли, для которой коэффициент третьей зональной гармоники геопотенциала равен нулю. Вследствие глобального изменения динамического строения Земли скорость векового смещения ее центра масс по направлению к Северному полюсу может достигать 2 см/век. Основное периодическое движение центра масс, обусловленное приливной деформацией Земли, характеризуется амплитудой 8,9 см и периодом 27,32 сут.

На глобальное изменение динамического строения Земли указывают полученные на основе лазерных наблюдений спутников Лагос и Эталон вековые вариации параметров гравитационного поля Земли [1—3] (таблица).

Параметры  $J_2$ ,  $J_3$  и расчетные значения скорости  $\dot{z}_C$

Авторы, год	$J_2 \cdot 10^8, \frac{1}{\text{век}}$	$J_3 \cdot 10^8, \frac{1}{\text{век}}$	$\dot{z}_C, \frac{\text{см}}{\text{век}}$
Yoder et al., 1983	$-3,0 \pm 0,3$	$-1,0$	1,96
Cheng et al., 1989	$-2,5 \pm 0,1$	$-0,1 \pm 0,3$	$0,21 \pm 0,59$
Marchenko, 1992	$-2,7 \pm 0,7$	$-0,1 \pm 0,6$	$0,21 \pm 1,18$
То же	$-2,74 \pm 0,20$	$-0,91 \pm 0,23$	$1,80 \pm 0,46$

В настоящее время уверенно определяется вековая вариация коэффициента  $J_2$  второй зональной гармоники геопотенциала ( $J_2 < 0$ ), чего не скажешь о вековых вариациях других коэффициентов (в том числе коэффициента третьей зональной гармоники  $J_3$ ).

Коэффициент  $J_3$  является мерой асимметрии в распределении плотностей Земли относительно плоскости, проходящей через ее центр масс  $C$  ортогонально полярной оси инерции  $Cz$ , поэтому значения вековых вариаций  $J_2$ ,  $J_3$  позволяют оценить некоторые эффекты в относительном движении центра масс Земли.

В данной работе мы выполним предварительные оценки вековых и периодических эффектов в относительном движении центра масс Земли на основе ее простейшей модели как изменяемого осесимметричного тела (с коэффициентами  $J_2$ ,  $J_3$ , являющимися заданными функциями времени).

Для описания относительного движения центра масс Земли вдоль ее полярной оси инерции могут использоваться (в качестве начала отсчета) различные характерные точки, например соответствующие положению центра масс в заданную эпоху или в недеформированном состоянии Земли. В данной работе в качестве начала отсчета предлагается точка  $O$ , расположенная на оси  $Cz$ , для которой в декартовой системе координат  $Oxyz$  (оси  $Ox$ ,  $Oy$  ортогональны полярной оси  $Cz$ ) коэффициент геопотенциала  $J_3^* = 0$ .

Пусть  $z_c$  — координата точки  $C$  на оси  $Oz$ ,  $R$  — средний радиус Земли. Значение  $z_c$  находится как соответствующий корень кубического уравнения

$$z_c^3 - 3R^2 J_2 z_c - J_3 R^3 = 0$$

и определяется формулой

$$z_c = -2R \sqrt{J_2} \cos \left[ \frac{1}{3} \arccos \left( \frac{J_3}{2\sqrt{J_2^3}} \right) - \frac{2\pi}{3} \right] \approx -\frac{R J_3}{3 J_2}. \quad (1)$$

Для скорости изменения координаты центра масс  $z_c$  на основе (1) получаем выражение

$$\dot{z}_c = (-3z_c \dot{J}_2 + R \dot{J}_3) \left/ \left[ 3 \left( \frac{z_c^2}{R^2} - J_2 \right) \right] \right. \approx -z_c \left( \frac{\dot{J}_3}{J_3} - \frac{\dot{J}_2}{J_2} \right). \quad (2)$$

Для Земли  $J_2 = 1,082628 \cdot 10^{-3}$ ,  $J_3 = -2,5380 \cdot 10^{-6}$ ,  $R = 6378$  км [4] и по формуле (1) находим  $z_c = 4,984904$  км, т. е. относительно центра масс Земли точка  $O$  смещена к Южному полюсу. Значения  $\dot{z}_c$ , рассчитанные по формуле (2) для различных наборов значений  $J_2$ ,  $J_3$ , приведены в таблице. Таким образом, скорость смещения центра масс Земли в направлении Северного полюса может составлять 2 см/век.

Заметим также, что из условия  $\dot{z}_c > 0$  и формулы (2) вытекает ограничение на возможные значения  $J_3 < (J_3/J_2) \dot{J}_2 = 0,059 \cdot 10^{-12}$  1/век. При выполнении этого условия центр масс Земли смещается в северном направлении.

Приливные деформации Земли порождают периодические вариации коэффициентов  $J_2$ ,  $J_3$ , которые в свою очередь вызовут периодические изменения в относительном положении точек  $C$ ,  $O$ . Основные приливные вариации коэффициентов  $J_2$ ,  $J_3$ , обусловленные деформациями эластичной мантии, определяются формулами [5]

$$\begin{aligned} \delta J_2 = & 10^{-9} (2,0124 \cos 2(F+D) + 0,9342 \cos 2(F-D+\Omega) - \\ & - 0,8433 \cos \Omega + 0,8342 \cos (2F+\Omega)), \end{aligned}$$

$$\delta J_3 = 10^{-11} (2,46309 \sin (F - l_C + \Omega) + \\ + 4,51742 \sin (F + \Omega) + 0,712936 \sin F),$$

где  $F$ ,  $D$ ,  $l_C$ ,  $\Omega$  — классические аргументы теории орбитального движения Луны. Соответствующие периодические вариации  $z_C$  (в сантиметрах) определяются формулой

$$\delta z_C = -4,838 \sin (F - l_C + \Omega) - 8,873 \sin (F + \Omega) - 1,400 \sin F - \\ - 0,927 \cos 2 (F + D) - 0,430 \cos 2 (F - D + \Omega) + \\ + 0,388 \cos \Omega - 0,384 \cos (2F + \Omega).$$

Таким образом, вследствие приливных деформаций мантии Земли ее центр масс может отклоняться от точки  $O$  на расстояние 18 см, а основное колебание центра масс характеризуется амплитудой 8,9 см и периодом 27,32 сут.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту 93-9945.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Yoder C. F., Williams I. G., Dickey I. O. et al.//Nature. 1983. 303. P. 757.
2. Cheng M. K., Eanes R. I., Shum C. K. et al.//Geophys. Res. Lett. 1989. 16, N 5. P. 393.
3. Marchenko A. N.//Artificial Satellites. Planetary Geodesy. Warszawa. 1992, 28, N 1. P. 17.
4. Аксенов Е. П. Теория движения искусственных спутников Земли. М., 1977.
5. Ferrandiz I. M., Getino I.//AAS. 1993. 3121. P. 915.

Поступила в редакцию  
04.01.95