

УДК 550.38

А. Т. АСЛАНЯН

КВАЗИСУТОЧНАЯ НУТАЦИЯ И МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

Магнитный дипольный момент Земли $Q = 8,13 \cdot 10^{25}$ СГС, отнесенный к сфере радиуса $R = 6,37 \cdot 10^8$ см, соответствует напряженности магнитного поля

$$H = \frac{1}{2} H_p = \frac{Q}{R^3}, \quad (1)$$

равной половине напряженности поля на полюсах $H_p = 0,63$ гс.

Если рассматривать этот момент в непосредственной причинной связи с электрическими токами адекватной ему мощности и принять среднюю площадь токовой петли равной площади экваториального сечения ядра Земли с $r = 3470$ км, то сила тока $i = Q/4\pi r^2$ составит $5,29 \cdot 10^9$ СГС или $5,29 \cdot 10^9$ ампер [см. 12].

Для создания момента Q должна быть совершена работа $A = -\vec{Q} \cdot \vec{H}$, необходимая для упорядоченной ориентации (поляризации) примитивных носителей магнетизма по всей планете. Она равна в то же время работе, которую совершает вихревое электрическое поле при включении магнитного поля H , и эквивалентна энергии

$$U = \frac{\mu H^2}{8\pi} \cdot \frac{4}{3} \pi R^3. \quad (2)$$

По законам электродинамики с магнитным моментом Q связан вращательный момент

$$\vec{D} = \vec{Q} \times \vec{H}, \quad (3)$$

направленный против механического вращательного момента, поскольку магнитное поле имеет тенденцию уменьшать тяготение и увеличивать объем вмещающего его гравитирующего тела [см. 3,5]. Если момент (3) существует, но кинематически не проявляется, то следует полагать, что он компенсирован противоположно направленным механическим моментом, представляющим произведение момента количества прецессионного движения $\vec{L}$ и вектора собственной прецессии (нутаии) $\vec{\Omega}$

$$\vec{N} = \vec{L} \times \vec{\Omega}. \quad (4)$$

При этом, если иметь в виду, что круговые электрические токи, обладающие моментом (1), прецессируют вокруг направления дипольного магнитного поля $\vec{H}$ с частотой $\vec{\Omega}$, то прецессия (нутаия) должна создать момент количества движения $\vec{L}$, и должно соблюдаться векторное равенство

$$\vec{L} \times \vec{\Omega} = \vec{Q} \times \vec{H}. \quad (5)$$

В микроскопической электродинамике с учетом гиромагнитных эффектов Барнетта (намагничивание ферромагнетика при вращении) и Эйнштейна-де Хааза (вращение ферромагнетика при намагничивании) равенство (5) интерпретируется в том смысле, что в неподвижной системе отсчета магнитное поле сообщает прецессирующим токовым кольцам-гироскопам такой же момент количества движения $\vec{L}$, какой ему сообщает прецессия $\vec{\Omega}$ в системе отсчета, вращающейся вместе с телом [см. 3,5].

С точки зрения релятивистской динамики равенство (5) указывает на то обстоятельство, что *электромагнитные и механические силы, взаимно уравновешиваясь в неподвижной системе отсчета, уравновешиваются также в движущейся системе отсчета, ввиду того, что эти силы при переходе из одной системы в другую преобразуются одинаковым образом*. Это положение, как известно, получило блестящее подтверждение в классическом опыте Траутона-Нобля [см. 3].

Исходя из условия (5), следует искать в движениях Земли возможность прецессии с частотой Ω и связанный с этой прецессией механический момент вращения $\vec{N} = \vec{L} \times \vec{\Omega}$, могущий компенсировать момент $\vec{D} = \vec{Q} \times \vec{H}$.

В упрощенной теории Эйлера частота собственных прецессионных колебаний (свободных нутационных колебаний) для абсолютно твердой модели Земли в системе подвижных осей (осей инерции А, С) определяется из квадратного уравнения

$$(\Omega - h^2 \omega)(\Omega + \omega) = 0, \quad (6)$$

где ω — угловая скорость вращения, а h^2 — динамическое сжатие Земли, равное $(C - A)/C = 1/305,51$.

Первый корень этого уравнения $\Omega_1 = h^2 \omega$ определяет период свободной нутации Эйлера $2\pi/\Omega_1 = 2\pi/h^2 \omega = 305$ дней. Второй корень, как показано в работах Пуанкаре, Ламба, Молоденского и др. [4,7,8,11],

$$-\Omega_2 = \omega = 2\pi/T \quad (7)$$

представляет резонансную частоту, т. е. он характеризует свободную нутацию с суточным периодом $T \approx 24$ ч.

Для абсолютно твердой модели Земли колебания с таким периодом кинематически не выражаются (носят потенциальный характер) и поэтому решение уравнения (6) $\Omega_2 = -\omega$ для этой модели считается тривиальным [подробнее см. 7].

Вещество, заключенное в двух нутационных конусах Земли с углом раствора 2β , радиусом основания $r = R \sin \beta$ и средней плотностью $\rho = 3M/4\pi R^3$ обладает массой

$$m_0 = \frac{1}{2} M \sin^2 \beta, \quad (8)$$

моментом количества движения

$$L = km_0\omega R^2 \quad (9)$$

и кинетической энергией нутационного движения

$$E_{\omega} = \frac{1}{2} L \omega = \frac{1}{2} km_0\omega \Omega R^2. \quad (10)$$

Для абсолютно твердого недеформируемого гравитирующего тела единственным видом потенциальной энергии, могущей быть преобразованной в кинетическую энергию, является энергия магнитного поля (2). Согласно теореме вириала в кинетическую энергию переходит половина этой энергии

$$E_k = \frac{\mu H^2}{16\pi^2} \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{\mu H^2}{16\pi^2} \cdot \frac{M}{\rho}. \quad (11)$$

Полагая $\vec{D} = \vec{Q} \times \vec{H}$ из (3) равным $\vec{N} = \vec{L} \times \vec{\Omega}$ из (5) или соответственно приравнивая энергию магнитного поля (2), рассматриваемую в теории Максвелла как потенциальную энергию, к полной энергии нутационного движения (11), получим при единичной магнитной проницаемости среды ($\mu = 1$) и условии $\Omega = \Omega_2 = -\omega$, $\omega R = v$, $\beta \ll 1''$,

$$H = v \sin \beta \sqrt{4\pi k\rho} \cong v\beta \sqrt{4\pi k\rho} \quad (12)$$

или, обозначая $v \sin \beta = v\beta = \Delta v$ и $k\rho = \bar{\rho}$, придем к известной в магнитной гидродинамике формуле (см. 2)

$$H = \Delta v \sqrt{4\pi \bar{\rho}}^*. \quad (13)$$

* Формула, аналогичная (12) в виде $H = \beta_0 v \sqrt{4\pi k\rho}$, была получена автором в 1960 г., однако в ней положено $\beta^0 = \beta = v/c$ (c — скорость света) в предположении, что энергия E_k в (11) равняется разности энергий вращения Земли в неподвижной и движущейся

системах отсчета $\left(E_0 = \frac{1}{4} \beta_0^2 M \omega^2 R^2 \right)$, а механический вращательный момент создается в результате лоренцова сокращения размеров Земли в направлении мгновенно-поступательного ее движения (со скоростью $v = \omega R$) и равняется произведению силы инерции $F = km\omega^2 R$ на величину сокращения радиуса $d = \frac{1}{2} \beta_0^2 R$, т. е. $N = Fd = \frac{1}{2} km_0\omega^2 R^2$.

Правомерность этих выкладок может оспариваться в том смысле, что момент сил является здесь постоянным, а система отсчета наземного сопутствующего наблюдателя является не инерциальной, а мгновенно-инерциальной, хотя известно, что ускорение силы тяжести на Земле примерно в 300 раз превосходит центробежное ускорение на экваторе. Принимая во внимание, что в (12) максимум β соответствует экстремальному случаю абсолютно твердой модели Земли, способной накапливать максимум механических напряжений (по теории Ньюкомба), мы склонны думать, что замена в (12) β на $\beta_0 = v/c$ будет правомерной для этого экстремального условия, и в общем случае β находится в тесной зависимости от хода релаксационных процессов в Земле [см. 1].

Укажем также, что формула $H = \beta_0 v \sqrt{4\pi k\rho} = \frac{v^2}{c} \sqrt{4\pi k\rho}$ дает для пульсаров $H = 10^9$ —

— 10^{10} гс, для Солнца $H = 3$ гс.

Для Земли угловая скорость вращения равняется $v = 4,65 \cdot 10^4$ см/сек, безразмерный момент инерции $k = 0,331$, средняя плотность $\rho = 5,517$ г/см³, угол β колеблется обычно в пределах $0,06'' - 0,3''$, $\bar{\beta} = 1,55 \cdot 10^{-6}$ ($R\bar{\beta} = 10$ м) и, следовательно, $H = 0,315$ гс [1, 9, 17]. Соответственно скорость „дрейфа“ поля H , равная линейной скорости прецессии полюса инерции вокруг полюса вращения, будет $\Delta v = 2\pi\bar{\beta}R/T = R\bar{\beta}\omega = 0,072$ см/сек.*

Внешняя часть ядра Земли между глубинами 5070 км и 2880 км является для поперечных волн непроницаемой и считается поэтому жидкой. Поскольку силы сцепления между мантией и ядром по этой причине являются сравнительно небольшими, то представляется достаточно вероятным возможность дифференциального вращения между ними под воздействием нутационно-прецессионных движений и суточных приливов. Эта задача была рассмотрена в прошлом веке Хафом (Hough, 1895) и Слудским (1895), позднее более обстоятельно изучалась Пуанкаре, Ламбом, Джеффрисом, Молоденским [4, 7, 11].

Основные уравнения, характеризующие нутационные колебания системы жидкое ядро—твердая мантия (с эллипсоидальной конфигурацией) по Джеффрису, имеют вид

$$\Omega [F(\Omega + \omega) + (A_1 \Omega + C_1 \omega) b] = 0 \quad (14)$$

$$(\Omega + \omega) \{[A\Omega - (C - A)\omega] + F\Omega b\} = 0, \quad (15)$$

где в дополнение к прежним обозначениям A_1 и C_1 —экваториальный и полярный моменты инерции ядра Земли, $F = (A_1^2 - \epsilon_1^2 A_1^2)^{1/2}$, $(C - A)/A = k^0$, ϵ_1 — полярное сжатие ядра, b — отношение смещения мантии к смещению ядра ($A_1/A = 0,112$, $\epsilon_1 = 1/400$, $A \cong C = 80,6 \cdot 10^{43}$ г. см², $A_1 = C_1 = F = 9,07 \cdot 10^{43}$ г. см²).

* Если равенство (5) не соблюдается ($D \neq N$), формула (13) записывается в виде $H = s\Delta v \sqrt{4\pi\rho}$, причем условие $s \ll 1$ указывает на то, что магнитное поле на движение масс не влияет. Условие $s=1$ характеризует проводящие массы. В магнитной гидродинамике s определяется как мера индукционного торможения проводящей жидкости, движущейся в магнитном поле H . На движение элементарных носителей магнетизма, рассматриваемых в модели как гироскопы, влияют все нутационно-прецессионные движения—как свободные, так и вынужденные. Нутационные колебания ось фигуры Земли совершает вокруг оси вращения под небольшими углами и воображаемая ось магнитного диполя практически совпадает с осью вращения. В этом отношении резко выделяются прецессионные колебания Земли, обусловленные притяжением Луны и Солнца. Прецессия эта выражается движением оси вращения Земли по конической поверхности за время около 26000 лет вокруг оси, перпендикулярной к плоскости эклиптики и образующей угол с осью вращения Земли $23,5^\circ$. Тот факт, что реальный геомагнитный осевой диполь наклонен к оси вращения Земли под углом $11,5^\circ$

$\left[\approx \frac{1}{2} (23,5) \right]$ объясняется, по-видимому, ориентацией осей элементарных носителей магнетизма параллельно промежуточной оси, проходящей между указанными осями нутационного и прецессионного конусов Земли.

Чандлеровский корень уравнения (14) $\Omega = \Omega_1 = h^0 \omega$ указывает на то, что ядро имеет произвольное начальное смещение в отношении мантии и смещение это в дальнейшем сохраняется. В этом случае из (14) следует

$$b \simeq - \frac{F}{C_1} \simeq -1,$$

т. е. практически ядро относительно осей инерции не смещается. Для корня $\Omega_2 = -\omega$, характеризующего квазисуточную нутацию, уравнение (15) дает

$$b = - \frac{C}{F} \simeq \frac{81 \cdot 10^{43}}{9 \cdot 10^{43}} \simeq 9,$$

т. е. мантия имеет в отношении ядра и осей инерции значительное смещение.

Н. Н. Парийский образно представляет указанные колебания мантии как свободное болтание оси инерции мантии около мгновенной оси вращения Земли с периодом около 24 ч, причем эти колебания находятся в резонансе с суточными твердыми приливными колебаниями Земли.

По новейшим наблюдательным данным, вызываемое Солнцем и Луной приливное трение [см. 5,7] меняет скорость вращения Земли на расчетную величину $(\Delta\omega/\omega)_r = -4,8 \cdot 10^{-8}$ за 100 лет; фактическое значение $(\Delta\omega/\omega)_f = -2,8 \cdot 10^{-8}$ за 100 лет. Разность в $(\Delta\omega/\omega)_d = 2,0 \cdot 10^{-8}$ за 100 лет компенсируется уменьшением радиуса Земли на относительную величину

$$\frac{\Delta R}{R} = - \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta\omega}{\omega} \right)_d \quad (16)$$

и соответствует сокращению его на $\Delta R = 6,37$ см за 100 лет.

Поскольку изменение объема Земли приходится в основном на ее мантию, а ядро (существенно металлическое и намагниченное со средним составом, вероятно, Fe_3NiSi и репрезентативным атомным номером $Z=24$) является практически несжимаемым, то под влиянием кориолисовых сил, мантия и кора вместе с наземным наблюдателем, приобретают в отношении ядра дифференциальную переносную скорость вращения на восток.

Таким образом, в соответствии с (14, 15) и (16) в сопутствующей системе отсчета, вращающейся с угловой скоростью мантии и коры ω , ядро Земли вращается со скоростью $-\beta\omega$. По законам электродинамики ядро для такого сопутствующего наблюдателя оказывается электрически поляризованным телом, а Земля в целом в условиях контракции работает как униполярная динамомашина, перманентно преобразующая (по закону $HR^3 = \text{const}$) энергию гравитационного поля в энергию близширотных электрических токов, создающих наблюдаемое близмеридиональное магнитное поле. В работе [9] показано, что накопление и релаксация напряжений в толще Земли в ходе перманентной контракции обуславливают чандлеровские колебания полюса согласно зависимости

$2\Delta R/R = h^\circ \sin \beta$ и коррелируют также с изменениями сейсмической активности планеты, причем время затухания колебаний в отношении 1:2 составляет 12,3 лет [см. 6,9]. Такова же величина полупериода (половина двадцатилетнего цикла) малоамплитудных О-В гармонических колебаний главного магнитного поля вокруг оси вращения Земли (проскальзывание всего глобального каркаса силовых линий дипольного поля периодически на запад и на восток по типу колебаний балансира наручного часового механизма). За это время по механизму контракции со-

ласно зависимости $dE_t/dt = \frac{1}{9} Mgv_A g$ — ускорение силы тяжести равно

980 см/сек^2 , $v_r = dR/dt = 2 \cdot 10^{-9} \text{ см/сек}$, $M = 5,98 \cdot 10^{27} \text{ г}$) диссипирует минимум $4 \cdot 10^{28} \text{ эрг}$ энергии (годовой тепловой поток энергии Земли $4 \cdot 10^{28} \text{ эрг}$, годовая энергия землетрясений порядка 10^{26} эрг , энергия магнитного поля $5 \cdot 10^{24} \text{ эрг}$).

Уравнение (13) в рассматриваемой нами задаче может быть интерпретировано в следующем смысле: гироскопические оси элементарных носителей магнетизма вследствие вращения Земли выстраиваются в направлении, параллельном гироскопической оси Земли и образуют главный осевой геомагнитный диполь; вследствие гравитационного сжатия равновесное вращение Земли отклоняется от состояния симметричного вращения и Земля совершает вокруг гироскопической оси нутационные колебания, которые формально сходны с завихренным вращением жидкости, имеющей плотность $\rho = 5,52 \text{ г/см}^3$ и движущейся поперек силовых линий магнитного поля с линейной скоростью $\Delta v = (\omega R) \sin \beta = v_k \sin \beta = (\omega \sin \beta) \cdot R = (R \sin \beta) \omega$ ($R \sin \beta = 10 \mu$ — радиус основания нутационного конуса, $\omega \sin \beta = 10^{-10} \text{ рад/сек}$ — угловая скорость вращения жидкости). Индукционное взаимодействие между магнитным полем и проводящей жидкостью, между электрическим током в движущейся жидкости и самим магнитным полем, по законам магнитной гидродинамики, электронной теории и электродинамики, определяет особенности наблюдаемого магнитного поля Земли. В энергию магнитного поля, электрических токов и нутационного движения переходит перманентно часть энергии гравитационного поля Земли в ходе ее контракции.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 24.V.1978.

A. T. ASLANIAN

THE QUASIDAILY NUTATION AND THE EARTH'S MAGNETIC FIELD

The magnetic dipolar moment of the Earth $Q = 8,13 \cdot 10^{25}$ CGS attributed to the sphere of radius $R = 6,37 \cdot 10^8$ cm corresponds to the magnetic field tension

$$H = \frac{1}{2} H_p = \frac{Q}{R^3}, \quad (1)$$

equal to the half of the field tension on the poles $H_p = 0,63$ gs.

If this moment is considered in the direct casual relationship with an electric current being adequate to its power and if the current loop mean area value is adopted equal to the area of the Earth's core equatorial section with $r = 3470$ km, then the current force $i = Q/4\pi r^2$ will make $5,29 \cdot 10^8$ CGS or $5,29 \cdot 10^9$ amperes [See 12].

For creation of the moment Q the work $A = -\vec{Q} \cdot \vec{H}$ should be carried out which is necessary for regulated orientation (polarization) of primitive magnetic carriers all over the planet. In the same time it is equal to the work which the turbulent electric field carries out when switching on of the magnetic field H , and is equivalent to the energy

$$U = \frac{\mu H^2}{8\pi} \cdot \frac{4}{3} \pi R^3. \quad (2)$$

According to the electrodynamic laws with the magnetic moment Q is connected with the rotating moment

$$\vec{D} = \vec{Q} \times \vec{H}, \quad (3)$$

which is directed against the mechanical rotating moment as the magnetic field has a tendency to decrease the gravitation and to increase the volume of the containing it gravitating body (See 3, 5).

If there exists the moment (3) but it is not kinematically manifested, then it should be assumed that it is compensated by an oppositely directed mechanical moment which represents the product of the precession movement quantity moment $\vec{L}$ and the vector of the free precession (nutation) $\vec{\Omega}$.

$$\vec{N} = \vec{L} \times \vec{\Omega}. \quad (4)$$

Thus, taking into consideration that circular electric currents possessing by the moment (1) precess around the dipole magnetic field direction $\vec{H}$ with frequency $\vec{\Omega}$, then the precession (nutation) should create a moment of the movement quantity $\vec{L}$ and the vector equality

$$\vec{L} \times \vec{\Omega} = \vec{Q} \times \vec{H} \quad (5)$$

should be observed.

In microscopic electrodynamics with consideration of gyromagnetic effects of Barnett (magnetization of a ferromagnetic through rotation) and of Einstein-de Haas (rotation of a ferromagnetic through magnetization) the equation (5) is interpreted in the sense that in the immobile reference system the magnetic field inherits to the precessing current rings-gyroscopes such a movement quantity moment L , as it is inherited itself from the precession Ω in the reference system rotating together with the body [See 3, 5].

From the point of view of relativistic dynamics the equation (5) points out to the fact that electromagnetic and mechanical forces mutually equilibrating each other in the immobile reference system, are also equilibrated in the mobile reference system because while passing from one system into the other these forces are transformed in the same manner. This situation, as it is generally known, had a good confirmation in the Trauton—Noble classical experiment [See 3].

Proceeding from the condition (5) it is necessary to search in the Earth's movements for the possibility of precession with frequency Ω and connected with this precession the mechanical rotation moment $\vec{N} = \vec{L} \times \vec{\Omega}$ which can compensate the moment $\vec{D} = \vec{Q} \times \vec{H}$.

In the symplified Euler theory the frequency of free precessional oscillations (free nutational oscillations) for an absolutely solid model of the Earth in the system of mobile axes (axes of inertia A, C) is determined from the square equation

$$(\Omega - h^0 \omega)(\Omega + \omega) = 0, \quad (6)$$

where ω is the angular rotation speed and h^0 is the Earth's dynamic compression equal to $1/305,51 = (C-A)/C$.

The first root of this equation $\Omega_1 = h^0 \omega$ determines the period of Euler free nutation $2\pi/\Omega_1 = 2\pi/h^0 \omega = 305$ days. The second root, as it is shown in works of Poincare, Lamb, Molodensky and others (See 4, 7, 8, 11)

$$-\Omega_2 = \omega = 2\pi/T \quad (7)$$

represents the resonance frequency, i. e. it characterises the free nutation with the day period $T \approx 24$ h.

For the Earth's absolutely solid model the oscillations with such a period are not kinematically expressed (they are of potential character), and therefore the solution of the equation (6) $\Omega_1 = -\omega$ for this model is considered as trivial (for details, see 7).

The material contained in two nutational cones of the Earth with a vertex 2β , a radius of basis $r = R \sin \beta$ and mean density $\rho = 3M/4\pi R^3$ has the mass

$$m_0 = 1/2 M \sin^2 \beta \quad (8)$$

the moment of quantity movement

$$L = h m_0 \omega R^2 \quad (9)$$

and the kinetic energy of nutational movement

$$E_w = 1/2 L \dot{m} = 1/2 k m_0 \omega \Omega R^2. \quad (10)$$

For an absolutely solid non-deforming gravitating body the only kind of potential energy which can be transformed into kinetic one, is the energy of the magnetic field (2). According to the virial theorem half of this energy will be transformed into kinetic one

$$E_k = - \frac{\mu H^2}{16 \pi^2} \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{\mu H^3}{16 \pi^2} \cdot \frac{M}{\rho}. \quad (11)$$

Assuming that $\vec{D} = \vec{Q} \times \vec{H}$ from (3) is equal to $\vec{N} = \vec{L} \times \vec{\Omega}$ from (5) or correspondingly equating the magnetic field energy (2), considered in Maxwell theory as a potential energy, to the full energy of nutation movement (11), we can obtain when the medium unit magnetic penetration is ($\mu=1$) and when the condition $\Omega = \Omega_2 = -\omega$, $\omega R = v$, $\beta \ll 1''$, are satisfied.

$$H = v \sin \beta \sqrt{4\pi k \rho} \cong \beta v \sqrt{4\pi k \rho} \quad (12)$$

or, identifying $v \sin \beta = \tilde{v} \tilde{\beta} = \Delta v$ and $k \rho = \tilde{\rho}$, we'll arrive at the well-known in magnetic hydrodynamics formula (See 2)

$$H = \Delta v \sqrt{4\pi \tilde{\rho}}^*. \quad (13)$$

For the Earth the angular rotation speed equal to $v = 4,65 \cdot 10^4 \text{ cm/sec}^2$, the dimensionless moment of inertia $k = 0,331$, the mean density $\rho = 5,517 \text{ g/cm}^3$ the angle β is usually varied in the range $0,06'' - 0,3''$, $\tilde{\beta} = 1,55 \cdot 10^{-6}$ ($R\tilde{\beta} = 10 \text{ m}$) and, consequently, $H = 0,315 \text{ gs}$ (See 1, 9, 17). Correspondingly the "drift" speed of the field H , equal to the precession

* A formula analogous to (12) in the form of $H = \beta_0 v \sqrt{4\pi k \rho}$ was obtained by the author in 1960, however there it was assumed that $\beta = \beta_0 = v/c$ (c is the speed of light) in supposition that the energy E_k in (11) is equal to the difference of energies of the Earth's rotation in the immobile and mobile reference systems ($E_k = 1/2 \beta_0^2 \mu \omega^2 R^2$), and the mechanical rotating moment is created in the result of Lorentz's contraction of the Earth's dimensions in the direction of its instantaneous-translational movement (with the speed $v = \omega R$) and is equal to the product of the inertia force $F = k m \omega^2 R$ and the value of the radius reduction $d = 1/2 \beta_0^2 R$, i. e., $N = Fd = 1/2 k m_0 \omega^2 R^2$. Rightfulness of these calculations can be questioned in the sense that the moment of forces here is constant, but the reference system of the ground attendant observer is not inertial, but instantaneous-inertial, though it is known that the gravity acceleration on the Earth is nearly 300 times more than the centrifugal acceleration on the equator. Taking into attention that in (12) maximum β corresponds to the extremal case of absolutely solid model of the Earth, capable to accumulate maximum mechanical tensions (according to Newcomb theory) we are inclined to think that substitution in (12) of β for $\beta_0 = v/c$ will be rightful for this extremal condition and in the general case β is in close dependence from the rate of relaxation processes in the Earth (See 1). We'll also point out that the formula $H = \beta v \sqrt{4\pi k \rho} = v^2/c \sqrt{4\pi k \rho}$ yields for pulsars $H = 10^9 - 10^{10} \text{ gs}$, for the Sun $H = 3 \text{ gs}$.

linear speed of the inertia pole around the rotation pole, will be $\Delta v = 2\pi \tilde{\beta} R / T = R\omega = 0,072 \text{ cm/sec}^*$.

The outer shell of the Earth's core between the depths of 5070 km and 2880 km is impenetrable for cross waves and therefore is considered to be fluid. As the adhesion forces between the mantle and the core are comparatively small according to this reason, then the possibility of differential rotation between them seems probable enough under the influence of nutational-precessional movements and daily tides. This task was examined last century by Hough (1895) and Sludsky (1895), lately, it was studied more thoroughly by Poincare, Lamb, Jeffreys, Molodensky (See 4, 7, 11).

Principal equations characterising nutational oscillations of the system fluid core—solid mantle (with ellipsoidal configuration according to Jeffreys) are of the kind

$$\Omega(F + \omega) + (A_1\Omega + C_1\Omega)b = 0 \quad (14)$$

$$(\Omega + \omega)[A\Omega - (C - A)\omega] + F\Omega b = 0 \quad (15)$$

where in addition to the previous designations A_1 and C_1 are the equatorial and polar moments of inertia of the Earth's core, $F = (A_1^2 - \varepsilon_1^2 A_1^2)^{1/2}$, $(C - A)/A = h^2$, ε is the polar compression of the core, b is the ratio of the mantle shift in relation to the core shift ($A_1/A = 0,112$, $\varepsilon_1 = 1/480$, $A = C = 80,6 \cdot 10^{43} \text{ g/cm}^2$, $A_1 = C_1 = F = 9,07 \cdot 10^{43} \text{ g/cm}^2$).

The Chandler's root of the equation (14) $\Omega = \Omega_1 = h^2\omega$ shows that the core has an arbitrary initial shift in relation to the mantle, and this shift is preserved furthermore. In this case it follows from (14) that

$$b \approx -\frac{F}{C_1} \approx -1,$$

* If the equality (5) is not observed ($D \neq N$), the formula (13) is recorded in the form $H = s\Delta v \sqrt{4\pi\rho}$, the condition $s \ll 1$ pointing out that magnetic field does not influence on the mass movement. The condition $s = 1$ characterises conductive masses. In magnetic hydrodynamics s is determined as a measure of induction brake of the conductive fluid moving in the magnetic field H .

The movement of elementary magnetism carriers analysed in the model as gyroscopes is influenced by all nutational-precessional movements both free and constrained. The axis of the Earth performs nutational oscillations around the axis of rotation under small angles and the imagined axis of the magnetic dipole practically coincides with the rotation axis. In this consideration there are marked out distinctly the Earth's precessional oscillations stipulated by the gravitation of the Moon and the Sun. This precession is expressed by the movement of the Earth's rotation axis along the conical surface during the period of 2600 years around the axis perpendicular to the ecliptic plane and forming the angle of $23,5^\circ$. The fact that the real geomagnetic dipole is bent to the rotation axis of the Earth under the angle of

$11,5^\circ = \frac{1}{2} (23,5^\circ)$ is obviously explained by the axis orientation of the elementary magnetism carriers parallel to the intermediate axis passing between the pointed, axes of the Earth's nutational and precessional cones.

1. e. practically the core is not shifted as to the axis of inertia. For root $\Omega_2 = -\omega$, characterising the quasidaily nutation, the equation (15) gives

$$b = -\frac{C}{F} \cong \frac{81 \cdot 10^{43}}{9 \cdot 10^{43}} \cong 9$$

1. e. the mantle has a considerable shift in relation to the core and the axis of inertia.

N. N. Parijsky represents the pointed above oscillations of the mantle as a free turbulence of the mantle's inertia axis near the instantaneous axis of the Earth's rotation with the period of 24 h, these oscillations being in resonance with the daily solid tidal oscillations of the Earth.

According to the new observational data the tidal friction (See 5, 7), caused by the Sun and the Moon, changes the speed of the Earth's rotation for the calculated value $(\Delta\omega/\omega)_T = -4,8 \cdot 10^{-8}$ during the period of 100 years, the actual value $(\Delta\omega/\omega)_f = -2,8 \cdot 10^{-8}$ for 100 years. The difference in $(\Delta\omega/\omega)_d = -2,0 \cdot 10^{-8}$ for years is compensated by the contraction of the Earth's radius for the relative value

$$\frac{\Delta R}{R} = -\Delta\omega/\omega_d \quad (16)$$

and corresponds to shortening of it for $\Delta R = 6,37$ cm during 100 years.

As the change of the Earth's volume takes place mainly on its mantle, and the core (essentially metallic and magnetized with the mean composition, probably Fe_3NiSi and with the representative atomic number $Z=24$) is practically non-compressable, then under the influence of Coriolis forces the mantle and the core together with the ground observer acquire in relation to the core a differential portable rotational speed in the direction of the East.

Thus, in accordance with (14), (15) and (16) in the attendant reference system rotating with the angular speed of the mantle and the crust the Earth's core rotates with the speed of $-\beta\omega$. According to the electrodynamic laws the core for such an attendant observer turns out to be an electrically polarised body, and the Earth in conditions of contraction works as a unipolar dynamomachine, permanently transforming the energy of the gravitational field into the energy of sublatitudinal electric currents, creating an observed sub-meridional magnetic field. In the work [9] it is shown that the accumulation and the relaxation of tensions in the Earth's strata stipulate Chandler's pole oscillations in the course of permanent contraction according to dependence $2\Delta R/R = k^0 \sin \beta$ and also correlate with changes of the planet's seismic activity, the time of the oscillation damping in relation of 1:2 being 12,3 years (See 6, 9).

Such is also the value of semi-period (half of twenty-year-cycle) weak-amplitude $O = W$ harmonic oscillations of the main magnetic field around the Earth rotation axis (creeping of the whole global frame of dipole field force lines to the east and west periodically according to the

type of the balance-wheel wrist watch mechanism oscillation). During this period to the contraction mechanism according to the dependency $dE_k/dt = \frac{1}{9} Mgv_r$ (g is the gravity acceleration equal to 980 cm/sec^2 ; $v_r = dR/dt = 2 \cdot 10^{-9} \text{ cm/sec}^2$, $M = 5,98 \cdot 10^{27} \text{ g}$) third dissipates minimally $4 \cdot 10^{28} \text{ erg}$ of energy (the annual heat flow of the Earth energy is $4 \cdot 10^{28} \text{ erg}$, the magnetic field energy is $5 \cdot 10^{21} \text{ erg}$).

The equation (13) in the task analysed by us is interpreted in the following sense: gyroscopic axis of the elementary magnetism carriers in the result of the Earth's rotation stand in line with the direction parallel to the gyroscopic axis of the Earth and form the main axial geomagnetic dipole; in the result of gravitational contraction the equilibrium rotation of the Earth is shifted from the state of symmetric rotation and the Earth accomplishes nutational oscillations around the gyroscopic axis formally being similar to the turbulent rotation of the fluid with the density of $\rho = 5,52 \text{ g/cm}^3$ moving across the power lines of the magnetic field with the linear speed $\Delta v = (\omega R) \sin \beta = v_k \sin \beta = (\omega \sin \beta) R = (R \sin \beta) \omega$ ($R \sin \beta = 10 \mu$ is the radius of the nutational cone base, $\omega \sin \beta = 10^{-10} \text{ rad/sec}$ —the angular speed of the fluid rotation). The induction interaction between the magnetic field and the conductive fluid, between the electric currents in the moving fluid and the magnetic field itself according to the laws of magnetic hydrodynamics, electronic theory, and electrodynamics determines the peculiarities of the observed magnetic field of the Earth. In the course of the Earth's contraction the part of the energy of the Earth's gravitational field permanently passes into the energy of the magnetic field, the energy of electric currents and into the energy of the nutational movement.

Institute of Geological Sciences
of the Acad. Sci. of Armenian SSR.

Dated 24.V.1978.

Ա. Տ. ԱՍԼԱՆՅԱՆ

ԵՐԿՐԻ ՀԱՄՈՐՅԱ ՔՎԱԶԻ ՆՈՒՏԱՑԻԱՆ ԵՎ ՄԱԳՆԵՍԱԿԱՆ ԴԱՇՏԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Երկրի սեփական տատանումները բնորոշող $(\Omega - h^\circ \omega)(\Omega + \omega) = 0$ հավասարումից հետևում է, որ այդ տատանումները երկրակից կոորդինատների սիստեմում պետք է կատարվեն $\Omega_1 = h^\circ \omega$ և $\Omega_2 = -\omega$ հաճախականությամբ (այստեղ $\omega = 2\pi/T$ Երկրի առանցքային պտույտի անկյունային արագությունն է, T —պարբերությունը, Ω —նուտացիայի անկյունային արագությունը, h° —Երկրի գինամիկական կծկումը, որ հավասար է $1/305,51$), Առաջին արմատը համապատասխանում է Երկրի էլլերյան նուտացիայի պարբերությանը $T_E = 2\pi/\Omega_1 = 2\pi/h^\circ \omega = 305$ օր, իսկ երկրորդ արմատը՝ Պուանկարեի, Լամբի, Մոլոդեցկու կողմից բացահայտված համօրյա ռեզոնանսային նուտացիային $T = 2\pi/\Omega_2 = 2\pi/\omega = 1$ օր (մոտ 24 ժամ) պարբերությունը:

Երկրի զույգ նուտացիոն կոնհրում ամփոփված նյութի զանգվածը $m_0 = \frac{1}{2} k M \beta^2$ (k — Երկրի շափազիրծ իներցիայի մոմենտն է $0,331$ արժեքով, M — Երկրի զանգվածը՝ $5,98 \cdot 10^{27}$ գ, 2β — նուտացիոն կոնի բացվածքն է ռադիանային արտահայտությամբ և տատանվում է $3 \cdot 10^{-7} - 15,5 \cdot 10^{-7}$ սահմաններում), անկյունային մոմենտը $L = m_0 \Omega R^2$, նուտացիոն շարժման կինետիկական էներգիան $E_w = \frac{1}{4} k \omega \Omega R^2 \beta^2$: Քանի որ Երկրի $Q = \frac{1}{2} H_p R^3 = 3 H_p M / 8 \pi \rho$ մագնիսական մոմենտին համապատասխանում է $\vec{D} = \vec{Q} \times \vec{H}$ պտուտական մոմենտը և այդ մոմենտը կինեմատիկորեն չի արտահայտված, ինչպես և կինեմատիկորեն չի արտահայտված $\vec{N} = \vec{L} \times \vec{\Omega}$ մեխանիկական պտուտական մոմենտը, ապա հենվելով էլեկտրոդինամիկայի օրենքների վրա ենթադրվում է, որ այդ հրկու հակառակ ուղղված մոմենտները միմյանց հավասարակշռում են: Քանի որ $\vec{D}$ մոմենտին համապատասխանում է $U = \frac{M H^2}{8 \pi \rho}$ մագնիսական դաշտի էներգիան, իսկ $\vec{N}$ մոմենտին համապատասխանող նուտացիոն շարժման լրիվ էներգիան հավասար է

$$2 E_w = E_0 = \frac{1}{2} k M \Omega^2 R^2 \beta^2 = \frac{1}{2} k M v^2 \beta^2,$$

ապա ընդունելով $E_0 = U$ ստանում ենք Երկրի մագնիսական դաշտի լարվածությունը՝

$$H = \beta v \sqrt{4 \pi k \rho}.$$

Տեղադրելով $\beta = 1,55 \cdot 10^{-6}$ ռադ., $v = 4,65 \cdot 10^{-4}$ սմ/վրկ., $k = 0,331$ և Երկրի միջին խտությունը $\rho = 5,52$ գ/սմ³ ստանում ենք $H = 0,315$ գս: Մագնիսական դաշտի արևմտյան դրեյֆի արագության արժեքն ստացվում է $< v = \beta v = 0,072$ սմ/վրկ.: Այս արդյունքները լիովին համապատասխանում են փաստացի դաշտային տվյալներին: Մագնիսական դաշտի էներգիայի մշտական աղբյուր հանդիսանում է կծկվող Երկրի գրավիտացիոն դաշտի էներգիան: Կծկման ընթացքում Երկիրն ունենալով մետաղյա միջուկ գործում է իբրև ունիպոլար դինամոմեքենա, որն ստեղծում է լայնական կոնվեկցիոն էլեկտրական հոսանքներ և միջօրեական մագնիսական դաշտ: Երկրի շառավղի կրճատման արագությունը կազմում է $6,37$ սմ 100 տարում:

Աշխարհագրական և երկրամագնիսական առանցքների զգալի շեղման ($11,5^\circ$) պատճառ հավանաբար հանդիսանում է այն հանգամանքը, որ Երկրի առանցքը կատարում է պրեցեսիոն շարժում մի դեպքում շանդլերյան տիպի $\beta \approx 1''$ անկյան տակ և մյուս դեպքում $\beta' = 23,5^\circ$ անկյան տակ էկլիպտիկական հարթության ուղղահայաց առանցքի նկատմամբ՝ Արեգակի և Լուսնի ազդեցության տակ: Եթե էլեկտրական կոնվեկցիոն հոսանքները դիտվում են իբրև գիրոսկոպներ և ենթարկվում են պրեցեսիայի, ապա այդ հոսանքների օղակները պետք է հավանաբար հակված լինեն պտտման առանցքի նկատմամբ $\beta'' = 23,5/2 = 11,7^\circ$ շափով:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асланян А. Т. Магнитное поле Земли как релятивистский эффект. Известия АН Арм. ССР, серия геол. и геогр. наук, т. XII, № 1, 1960.
2. Альвен Х. Космическая электродинамика. М., 1952.
3. Беккер Р. Теория электричества, т. II, М.—Л., 1941.
4. Ламб Г. Гидродинамика. М.—Л., 1947.
5. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Электродинамика сплошных сред. М., 1959.
6. Манк У., Макдональд Г. Вращение Земли. М., 1964.
7. Мельхиор П. Физика и динамика планет, т. II, М., 1976.
8. Молоденский М. С. Теория нутации и суточных земных приливов. Сб. «Земные приливы и нутации Земли», Изд. АН СССР, М., 1961.
9. Aslanian A. T. Excitation of the pole Chandler wobble as the stress reaction on the gravitational contraction of the Earth. In "Problems of Planetology", vol. 2. Academy Sc. Armenian SSR, Yerevan, 1977.
10. Newton R. R. Ancient astronomical observations and the accelerations of the Earth and Moon. London, 1970.
11. Poincare H. Sur la précession des corps déformables. Bull. Astronomique, 27 (p.p. 321—356), 1910.
12. Stasey F. D. Physics of the Earth, 1969.