

А. Т. АСЛАНЯН

УДК 551.1

К РАСЧЕТУ СКОРОСТИ ВЕКОВОГО ИЗМЕНЕНИЯ
РАДИУСА ЗЕМЛИ

Согласно теореме Гельмгольца для политропных газовых шаров связь между потенциальной энергией гравитационного поля

$$V = - \frac{3\gamma - 3}{5\gamma - 6} \cdot \frac{GM^2}{R} \quad (1)$$

и тепловой энергией

$$U = \frac{1}{5\gamma - 6} \cdot \frac{GM^2}{R} \quad (2)$$

выражается теоремой вириала

$$(3\gamma - 3)U + V = 0, \quad (3)$$

а полная внутренняя энергия—формулой

$$E = - \frac{3\gamma - 4}{5\gamma - 6} \cdot \frac{GM^2}{R}, \quad (4)$$

где G —гравитационная постоянная, M —масса, R —радиус шара, а γ —постоянная Грюнайзена, равная

$$\gamma = \frac{2m + 3}{2m + 1}, \quad (5)$$

причем для сильно сжатого газа принимается $m=0$, $\gamma=3$, для одноатомного газа $m=1$, $\gamma=5/3$, для двухатомного газа $m=2$, для перегретого гипотетического газа $m=3$. Критическим считается значение $m=2.5$, $\gamma=4/3$, при котором конфигурация газового шара становится метастабильной [3, 9].

Тепловой энергии U ставится в соответствие равновесная температура T_e согласно зависимости

$$U = MC_e T_e, \quad (6)$$

где C_e —удельная теплоемкость газа.

Сравнивая (2) и (6), получаем равновесную температуру газового шара

$$T_e = \frac{1}{5\gamma - 6} \cdot \frac{GM}{RC_e}$$

Подставляя для Земли значение $\gamma=3$, $GM/R=63 \cdot 10^{10} \text{ см}^2/\text{сек}^2$, $C_e = 1,25 \cdot 10^7 \text{ эрг/(г.град)}$, получаем $(T_{\min})_e = 6300^\circ \text{K}$. Это та температура, при которой направленное наружу газовое давление уравнивает

гравитационное давление и препятствует сжатию (контракции) газового шара.

Значение равновесной температуры для центра Земли можно определить из следующих соображений [4].

Согласно гидростатической теории Клеро давление массовых сил в центре Земли

$$P_c = \frac{\rho_c}{2} \cdot \frac{GM}{R}, \quad (8)$$

а по теории Клапейрона противоположно направленное температурное давление

$$P_t = \frac{\rho_c}{\mu_c} \cdot \frac{K_0}{m_0} \cdot T_c, \quad (9)$$

причем

$$\mu_c = \frac{N_n + N_p}{N_a + N_e}. \quad (10)$$

Здесь ρ_c , μ_c — плотность и молекулярный вес в центре, N_a — число атомов, N_e — число свободных электронов, N_p — число протонов, N_n — число нейтронов в веществе центрального ядра планеты, m_0 — масса атома водорода, k_0 — постоянная Больцмана.

Сравнивая (8) и (9) и полагая $P_c = P_t$, получим равновесную температуру в центре Земли

$$T_{c(e)} = \frac{\mu_c}{2} \cdot \frac{m_0}{k_0} \cdot \frac{GM}{R}. \quad (11)$$

Подставляя сюда $k_0/m_0 = 8,314 \cdot 10^7$ эрг/(град. моль), $GM/R = 63 \cdot 10^{10}$ см²/сек², $\mu_{c(\min)} = 2$, получим $T_{c(e)} = 7500^\circ\text{K}$.

В этих расчетах значение $\mu_{c(\min)} = 2$ получается из условия, что в центре Земли находятся тяжелые элементы (*Fe, Ni, Co, Cr, Mo, Pt, Os, Ir, Au* и др.) с полностью разрушенными атомными оболочками, однако тот же результат получается при использовании закона Дюлонга—Пти $\mu_c C_v = a = \text{const}$, если представить (11) в виде

$$T_{c(e)} = \frac{\mu_c C_v}{2} \cdot \frac{m_0}{k_0} \cdot \frac{GM}{RC_v} = \frac{1}{2} \cdot \frac{a}{C_v} \cdot \frac{m_0}{k_0} \cdot \frac{GM}{R} \quad (12)$$

и принять $a = 25 \cdot 10^7$ эрг·г⁻¹·град⁻¹ = 6 кал/(г·моль·град), а $C_v = 1,25 \cdot 10^8$ эрг/г·град = 3 кал/(г·град). Последнее значение C_v характерно для одноатомных газов и горячей плазмы и, как следует из (12), для него значение $T_{c(e)}$ является минимальным среди других возможных значений C_v .

Температура лав в жерлах действующих вулканов не более 1600°K . Для астеносферного слоя верхней мантии, питающего вулканы лавой, температура на глубине 100 км обычно принимается 1700°K , а на глубине 2800 км 4400°K . Градиент от подошвы литосферы к подошве мантии и к центру планеты в среднем имеет порядок $1^\circ\text{K}/10^5$ см.

По всем оценкам средняя температура Земли не более 3700°K и поскольку полученное выше значение равновесной температуры примерно вдвое больше этого значения, то процесс сжатия (контракция) Земли под влиянием собственных массовых сил представляется неизбежным [3, 8, 22].

* * *

Пользуясь астрономическими и палеоэкологическими (палеонтологическими) данными, попытаемся оценить темпы контракции, предварительно уточняя некоторые исходные данные*.

К трудам Р. Декарта восходит идея конденсации облаков рассеянного вещества и образования из них массивных вращающихся гравитирующих тел. Контракционная теория тектоно-магматической эволюции Земли развивалась в последующем в плане идей Декарта, Ньютона, Канта. И. Канту принадлежит идея замедления вращения Земли под воздействием приливообразующих сил Луны и Солнца. Теории контракции и теории приливного торможения Земли посвящен ряд превосходных исследований и сегодня из множества геотектонических гипотез под углом зрения точных (формализуемых) наук приемлемыми оказались, по-видимому, лишь те, которые основываются на этих двух теориях. Вместе с этим следует отметить, что для строгой количественной оценки астрономических и геонимических эффектов, вытекающих из этих теорий, достаточно надежных расчетных данных не существовало. В частности, отсутствовали надежные оценки темпа векового замедления орбитального движения Луны $dn/dt=n$ и темпа замедления скорости осевого вращения Земли, обусловленные почти исключительно приливым трением и изменениями радиуса Земли (см. ниже).

В литературе за последние 50—60 лет в расчетах, относящихся к динамике системы Солнце—Земля—Луна, вековое ускорение Луны в шкале эфемеридного времени принималось $n=-22,44 \text{ век}^{-2}$, а вековое замедление вращения Земли в шкале всемирного времени $L'=1,23 \text{ век}^{-2}$ [11, 17]. Соответственно получилось значение относительного уменьшения угловой скорости вращения Земли, обусловленное приливым торможением, $(\Delta\omega/\omega)_f = 18,94 \cdot 10^{-9} \text{ в ек}^{-1}$ [16, 17].

Указанные исходные расчетные данные, заложенные в работах Фотерингема (1920), де-Ситтера (1927), Спенсера Джонса (1939) были основаны на хронологии лунно-солнечных затмений последних двух тысячелетий и, как теперь выяснено, в ряде случаев методика обработки и использования этих данных не удовлетворяет требованиям математической теории вопроса [17].

Возможность оценки указанных данных существенно улучшена в

* Такая попытка была сделана в работах автора [6, 23] по данным астрономических наблюдений, выполненных до 1970 г. За последние годы такие наблюдения дали существенно новые результаты, уточняющие прежние оценки темпа контракции (подробнее см. ниже).

последнее время благодаря применению метода звездных покрытий и палеоэкологического метода.

Л. Моррисон [16] из Гринвичской обсерватории, анализируя результаты наблюдений 40.000 покрытий звезд Луной за время с 1955 г по 1972 г., получил $\dot{n} = -42 \pm 6 \text{ век}^{-2}$, т. е. цифру вдвое большую, чем Спенсер Джонс. Примерно к такому же результату пришли Эстервинтер и Козн по данным наблюдений объектов Солнечной системы за период 1912—1968 гг. Их результат $\dot{n} = -38 \pm 8 \text{ век}^{-2}$ [16]. Р. Р. Ньютон [27], анализируя данные для наиболее продолжительных солнечных затмений, наблюдавшихся за 500 лет до нашей эры, получил $\dot{n} = 41,8 \pm 4,3 \text{ век}^{-2}$ —результат, который находится в вполне хорошем согласии с результатами Моррисона, Эстервинтера и Козна.

Результаты упомянутого выше палеоэкологического (палеонтологического) метода сводятся к следующему. Исследование ископаемой морской фауны палеозоя показало, что число суточных линий роста внутри годовых колец роста кораллов и двустворчатых моллюсков закономерно увеличивается вглубь времени от современных 365 до 421 в начале силура (435 млн. лет т. н.), т. е. количество суток в году за эти 435 млн. лет уменьшилось с 421 до 365 и соответственно продолжительность суток T увеличилась за 450 млн. лет на 3 ч. или 2,4 сек. за каждые 100.000 лет [25].

Этим оценкам не противоречат также результаты исследований морской фауны из отложений других стратиграфических подразделений фанерозоя (мел— $\tau = 72 \cdot 10^6$ лет, $T = 23,67$ ч, пермь— $\tau = 270 \cdot 10^6$ лет, $T = 22,82$ ч; карбон— $\tau = 298 \cdot 10^6$ лет, $T = 22,62$ ч; девон— $\tau = 380 \cdot 10^6$ лет, $T = 21,30$ ч. и упомянутая выше оценка для силура $\tau = 435 \cdot 10^6$ лет, $T = 20,91$ ч) [16, 28, 29].

Таким образом, палеоэкологические данные дают относительное замедление вращения Земли $(\Delta\omega/\omega)_r = -28 \cdot 10^{-9} \text{ век}^{-1}$, что значительно больше оценок Спенсера Джонса и совпадает с оценкой Р. Ньютона $(27,7 \pm 3,4 \times 10^{-9} \text{ век}^{-1})$.

Следующий существенно новый результат получен методом котидального анализа Парийского, Кузнецова и Кузнецовой [13, 19] и сводится к тому, что вместо значения момента приливных сил $N = 3,89 \cdot 10^{23}$ эрг, необходимого для объяснения векового замедления вращения Земли, фактически существует более мощный момент $N = 11,66 \cdot 10^{23}$ эрг, равный сумме момента $3,37 \cdot 10^{23}$ эрг от влияния земных приливов и момента $8,29 \cdot 10^{23}$ эрг от влияния океанических приливов. Альтернатива заключается в предположении о наличии механизма, ускоряющего вращение Земли. Таким механизмом в соответствии с указанными выше представлениями мы считаем уменьшение радиуса Земли—контракцию.

Пользуясь приведенными выше новыми оценками ускорения Луны и Солнца, оценим скорость уменьшения радиуса Земли. Обозначим расчетное значение относительного изменения угловой скорости вращения Земли, обусловленное торможением приливных сил Луны и Солнца,

$(\Delta\omega/\omega)_r = a$, относительное изменение, обусловленное изменением радиуса Земли $(\Delta\omega/\omega)_r = b$ и наблюдаемое многовековое значение замедления вращения $(\Delta\omega/\omega)_r = c = a - b$. Обозначим далее вековое ускорение Луны в шкале эфемеридного времени (в шкале времени, основанной на движении Земли по орбите вокруг Солнца) $dn/dt = n$ и в шкале всемирного времени L (в шкале времени, основанной на суточном вращении Земли), вековое ускорение Солнца (или соответственно вековое замедление скорости вращения Земли) в шкале всемирного времени L' , средние значения движений Луны и Солнца n и n' и запишем известные уравнения, связывающие эти величины:

$$\begin{aligned} n &= 2L - 2(n/n')L', \\ 2L' &= -n's, \quad c = L'd, \\ a &= b + c. \end{aligned} \quad (13)$$

Входящие в набор зависимостей (13) величины имеют следующие значения: $n = -42 \text{ век}^{-2}$, $n/n' = 13,37$, $n' = 0,130 \cdot 10^{-9} \text{ век}^{-1}$, $a = -48 \cdot 10^{-9} \text{ век}^{-1}$, $d = 0,154 \cdot 10^{-7} \text{ век}^{-1}$, соответственно $L' = 1,82 \text{ век}^{-2}$, $L = 3,36 \text{ век}^{-2}$ и $b = (\Delta\omega/\omega)_r = -20 \cdot 10^{-9} \text{ век}^{-2}$.

Согласно закону постоянства углового момента $C\omega \approx J\omega = kMR^2 = \text{const.}$ (C — полярный момент инерции, J — средний момент инерции, M — масса, R — средний радиус, k — постоянная жирации) при условии $kM = \text{const.}$ и $\omega R^2 = \text{const.}$, имеем

$$\frac{\Delta J}{J} = -\left(\frac{\Delta\omega}{\omega}\right)_r = \frac{2\Delta R}{R}, \quad (14)$$

где ΔJ и ΔR малые изменения J и R , соответствующие изменению угловой скорости вращения ω на малую величину $\Delta\omega$.

Согласно упомянутым выше астрономическим и палеонтологическим данным, расчетному значению $b = (\Delta\omega/\omega)_r = -20 \cdot 10^{-9} \text{ век}^{-2}$ по (14) соответствует уменьшение радиуса Земли на 6,37 см за 100 лет, т. е. скорость уменьшения радиуса Земли составляет $dR/dt = -V_r = 2 \cdot 10^{-9} \text{ см/сек.}$

Следует отметить, что разность между расчетным (теоретическим) значением приливного торможения Земли $48 \cdot 10^{-9} \text{ век}^{-2}$ и наблюдаемым значением торможения $28 \cdot 10^{-9} \text{ век}^{-2}$ мы отнесли полностью к фактору контракции. Укажем, что отмеченная выше разность впервые была отнесена на счет контракции Б. Мейсманном (1928 г), по подсчетам которого, основанным на анализе особенностей хронологии лунно-солнечных затмений, скорость уменьшения радиуса Земли была оценена величиной 4,5—5 см за 100 лет. Такая же оценка была получена на более современном материале Н. Н. Парийским [18].

* * *

Приведем некоторые показатели геодинамической активности Земли, обусловленной уменьшением объема Земли.

(1). Если в начале геологического времени средняя плотность Земли равнялась плотности углистых хондритов $\rho_0 = 2.2 \text{ г/см}^3$, то начальный радиус ее должен был равняться $R_0 = 8650 \text{ км}$. Если сокращение радиуса на 2280 км произошло за время всей жизни Земли $4.6 \cdot 10^9 \text{ лет}$, то скорость уменьшения радиуса составит в среднем 5 см за 100 лет .

(2). Диссипация энергии в толще Земли при уменьшении ее радиуса на малую величину ΔR согласно уравнению

$$(3\gamma - 3) \Delta U = W \cdot \frac{\Delta R}{R}, \quad (15)$$

устанавливающему связь между изменением внутренней тепловой энергии U , потенциальной энергией W и уменьшением радиуса R , при $\gamma = 3$ (постоянная Грюнайзена для сильно сжатого газа), $W = 2.54 \cdot 10^{39} \text{ эрг}$, $R = 6.37 \cdot 10^8 \text{ см}$ и $\Delta R = 6.37 \cdot 10^{-2} \text{ см}$ составит $\Delta U = 4.3 \cdot 10^{28} \text{ эрг/год}$, что равняется общим тепловым потерям Земли (из них на кондуктивную часть тепловых потерь приходится 10^{28} эрг , а на долю радиогенного тепла $\leq 3.6 \cdot 10^{27} \text{ эрг}$) [5, 20, 24].

При $\gamma = 3$ диссипирует лишь $1/6$ часть энергии гравитационного поля планеты, отвечающая уменьшению радиуса на величину ΔR . Остальная часть энергии накапливается в планете в виде энергии упругого сжатия, энергии фазовых переходов первого рода (включая метаморфизм), энергии магнитного поля, расходуется на ускорение вращения Земли, увеличение потенциальной энергии орбитального положения Луны и др., а также, вероятно, переходит в энергию орбитального движения Земли, в новообразованные горы и плато и др. Вместе с этим мыслима ситуация, когда рассеяние этой энергии может привести к относительно кратковременному расширению планеты, в частности в тех случаях, когда темпы теплоудаления будут отставать от темпов тепловыделения, нарушится изотермический характер контракции и вступит в силу адиабатический процесс [8]. Г. Макдональд [15] считает вполне возможным кратковременное увеличение радиуса Земли на 100 км .

(3). Согласно полученному автором [6, 23] соотношению

$$\frac{\Delta J}{J} = - \frac{\Delta \omega}{\omega} = \frac{2 \Delta R}{R} = h^\circ \Delta \beta \quad (16)$$

с указанным темпом уменьшения радиуса Земли коррелирует также изменение момента инерции Земли на уровне $\Delta J = 3.7 \cdot 10^{35} \text{ г. см}^2$ и амплитуды чандлеровского колебания полюса $\Delta \beta_{\text{max}} = 0.3''$ при периоде колебания полюса 25 лет (здесь $h^\circ = 1/305.1$ — динамическое сжатие Земли).

(4). Приравнивая магнитный вращательный момент Земли к квазисуточному нутационному (гироскопическому) моменту [7, 14] или соответственно приравнивая плотность кинетической энергии резонансного квазисуточного нутационного движения Земли,

$$E_g = \frac{1}{2} k M \omega^2 R^2 \sin^2 \beta = \frac{1}{2} k M v^2 \sin^2 \beta \quad (17)$$

плотности энергии магнитного ее поля

$$U_k = \frac{\mu H^2}{8\pi}, \quad (18)$$

получим значение напряженности магнитного поля

$$H = v \sin \beta \sqrt{4\pi k\rho}, \quad (19)$$

где v — скорость вращения, β — половина угла раствора нутационного конуса, k — безразмерный момент инерции, ρ — средняя плотность Земли. При $\beta_{\max} = 0,3''$ ($\sin \beta = 1,55 \cdot 10^{-6}$), $k = 0,331$, $\rho = 5,52 \text{ г/см}^3$, $V = 4,65 \cdot 10^4 \text{ см/сек}$, получаем $H = 0,315 \text{ гс}$ (подробнее см. 7).

Подставляя выражение (16) в (19), получим

$$\Delta H = \frac{2\Delta R}{hR} \cdot V \sqrt{4\pi k\rho} = q\Delta R. \quad (20)$$

При $q = 0,195 \text{ СГС}$ для поддержания напряженности поля на уровне $0,315 \text{ гс}$, требуется уменьшение радиуса $\Delta R = 1,6 \text{ см}$ или время 25 лет , т. е. столько же, сколько требуется для роста нутационного угла до значения $\beta = 0,3''$ [6, 15, 21].

(5). Уравнение теплопроводности для сжимающейся Земли можно записывать в виде

$$\nabla (K \nabla T) - C_v \rho V_r \nabla T - \rho C_v \partial T / \partial t + Q = 0, \quad (21)$$

где K — коэффициент теплопроводности, C_v — удельная теплоемкость, ρ — плотность, T — температура, t — время, Q — генерация тепла, V_r — скорость уменьшения радиуса Земли (∇ — оператор Лапласа). По оценке Кларка [12] при $V_r = 0$ (во втором члене уравнения 21) значения остальных членов имеют порядок $10^{-13} - 10^{-14} \text{ кал/(сек} \cdot \text{см}^3)$, $\rho C_v = 1 - 1,5 \text{ кал} \cdot \text{г/град}$, а радиальная компонента $\nabla T = 10^{-4} - 10^{-5} \text{ С/см}$. Указанный автор замечает, что член $\rho C_v V_r \nabla T$ будет сравним с остальными членами уравнения, если $|V_r| \geq 10^{-9} \text{ см/сек}$ и процесс теплоотвода будет осуществляться макроскопическим движением масс.

Согласно приведенным выше расчетам $|V_r| = 2 \cdot 10^{-9} \text{ см/сек}$ и, следовательно, решающее значение в теплоотводе при контракции Земли приобретают пертурбационные движения масс (конвекция, гравитационная дифференциация, вулканизм, газовыделение, ползучесть и др.).

Скорость распространения температурной волны V_t от подошвы твердой мантии, расположенной на глубине Z к ее поверхности, за время θ равняется $V_t = z/\theta$.

Пользуясь модельным представлением о том, что влияние контракции на теплопроводность в твердом теле равносильно радиальной экс- фильтрации элементарных носителей тепла — фононов, можно положить скорость восходящего продвижения фронта несжимаемого фононного газа V_t равной скорости уменьшения радиуса Земли $|V_r| = 2 \cdot 10^{-9} \text{ см/сек}$. Тогда, полагая $z = 2880 \text{ км}$, получим $\theta = 11,44 \cdot 10^{17} \text{ сек} = 4,6 \cdot 10^9 \text{ лет}$. Это время существования Земли.

(6). При уменьшении радиуса Земли на величину ΔR поверхность литосферы уменьшается на величину $\Delta S = 8 \pi R \Delta R$ и в литосфере выделяется энергия

$$W_k = 4 \pi R^2 \rho_k g_k H_k \Delta R, \quad (22)$$

где ρ_k — плотность, H_k — мощность, а g_k — ускорение силы тяжести литосферы.

Согласно теории контракции эта энергия расходуется на деформацию, метаморфизм и перераспределение масс литосферы. Работа, необходимая для переработки материала литосферы до состояния полной потери упругости (до состояния анатексиса), наступающей тогда, когда деформирующие напряжения достигают уровня модуля упругости (модуля Юнга), E_k равняется

$$W_m = H_k E_k \Delta S = 8 \pi R H_k E_k \Delta R. \quad (23)$$

Полагая $W_k = W_m$, получим

$$E_k = \frac{1}{2} \rho_k g_k R. \quad (24)$$

Подставляя $\rho_k = 3,13 \text{ г/см}^3$, $g_k = 980 \text{ см/сек}^2$, $R = 6370 \text{ км}$, получим $E_k = 10^6 \text{ кг/см}^2$. Это значение модуля Юнга, характерное для широко распространенных массивных изверженных пород [1, 2].

По экспериментальным данным интенсивное трещинообразование в тех же породах начинается при напряжениях порядка $\varepsilon_p = E/500 = 2000 \text{ кг/см}^2$ [2].

Среди деформационных структур литосферы решающим образом преобладают деформации сдвига (формоизменение), указывающие, очевидно, на тангенциальный характер деформирующих сил, порождаемых контракцией. Учитывая экспериментально установленное соотношение $500 \varepsilon_p = E$ для оценки сейсмической энергии литосферы следует, очевидно, полагать, что в соответствии с уравнением (22) она будет равняться

$$W_s \cong \frac{1}{500} \cdot 4 \pi R^2 \rho_k g_k H_k \Delta R.$$

Принимая $4 \pi R^2 = 5,1 \cdot 10^{18} \text{ см}^2$, $H_k = 75 \text{ км}$, $(\rho g H)_k = 2,5 \cdot 10^{10} \text{ дин/см}^2$, $\Delta R = 6,37 \cdot 10^{-2} \text{ см}$, получим $W_s = 1,6 \cdot 10^{25} \text{ эрг/год}$.

* * *

В заключение хотелось бы отметить, вслед за Джеффрисом [10], что с точки зрения физики, контракционный механизм эволюции Земли является безупречным, однако вследствие некорректной постановки конкретных задач на контракцию в ряде случаев были получены совершенно неприемлемые геолого-геофизические результаты и идея контракции в примитивном ее виде оказалась заметно дискредитированной. В свете новых данных при постановке геолого-геофизических задач на контракцию следует безусловно учитывать:

а) Твердо установленный факт неоднородного строения литосферы и астеносферы и в связи с этим факт концентрации тектонических сил и деформаций в небольшом количестве узких зон земной коры—в геосинклинальных системах, срединноокеанических хребтах и зонах разломов, рассматривающихся как места концентрации напряжений (пластические шарниры).

б) При определении упругой устойчивости литосферы в известные уравнения Эйлера, Лагранжа и Винклера по аналогии с антенной задачей строительной механики следует включить влияние собственного веса литосферы, что приводит примерно к тридцатикратному уменьшению критического значения напряжения потери устойчивости литосферы по сравнению с задачей о невесомой литосфере [1, 2].

в) Как было показано еще Девисоном и обосновано позднее Джеффрисом, Шейдеггером, Асланяном и др. [2, 10], при контракции и сильной усадке мантии, *сжатую литосферы по латерали* соответствует *растяжение в верхней мантии*, приводящее к формированию в верхней мантии глубинных разломов, магистральных зон раздвигов, зон горстовых и диапировых поднятий.

г) При потере устойчивости, короблении и нарушении сплошности литосферы блоки последней и подстилающие текучие массы астеносферы взаимодействуют по механизму качения, что сильно облегчает процесс горизонтального передвижения этих блоков и возможность мантийного диапиризма и ограниченного спрединга красноморского типа.

д) Складчатость отложений в определенной мере формируется в процессе прогибания и осадконакопления (теория Бертрана-Шатского); в остальной мере она развивается при инверсии зон осадконакопления как следствие разности между дугой и хордой этих прогнутых зон (идеи Шатского, Косыгина, Магницкого, Асланяна и др.). При этом известно, что эта разность создается в течение всего периода прогибания интрагеосинклинальных зон и, следовательно, хотя и инверсия (орогенез) представляет относительно кратковременный процесс, складчатость в целом при контрактном механизме развивается параллельно всему процессу геосинклинального развития и не является актом кратковременного сближения форландов и смятия расположенных между ними геосинклиналей.

е) При периоде затухания чандлеровского колебания полюсов $2\tau = 25 \text{ лет} = 8 \cdot 10^8 \text{ сек}$ и модуле сдвига $\mu = 1,46 \cdot 10^{12} \text{ дин/см}^2$ эффективная вязкость Земли $\eta = \mu\tau$ оказывается равной около $6 \cdot 10^{20} \text{ пуаз}$, что при градиенте температуры $1^\circ\text{K}/10^5 \text{ см}$ обеспечивает возможность проявления в мантии и особенно в астеносфере мощных конвективных течений.

A. T. ASLANIAN

ON THE CALCULATION OF THE EARTH RADIUS
SECULAR VARIATION SPEED

According to the Helmholtz theorem for the polytropic gas spheres the relation between potential energy of gravitational field

$$V = - \frac{3\gamma - 3}{5\gamma - 6} \cdot \frac{GM^2}{R} \quad (1)$$

and the heat energy

$$U = \frac{1}{5\gamma - 6} \cdot \frac{GM^2}{R} \quad (2)$$

by virial theorem is expressed by

$$(3\gamma - 3)U + V = 0, \quad (3)$$

and the full internal energy is expressed by the formula

$$E = - \frac{3\gamma - 4}{5\gamma - 6} \cdot \frac{GM^2}{R} \quad (4)$$

where G is the gravitational constant, M is the mass, R is the radius of the sphere, and γ is the Grüneisen constant, equal to

$$\gamma = \frac{2m + 3}{2m + 1} \quad (5)$$

which is assumed for the strongly pressed gas $m = 0$, $\gamma = 3$ for monatomic gas $m = 1$, $\gamma = 5/3$, for diatomic gas $m = 2$, for overheated hypothetical gas $m = 3$. The values $m = 2.5$, $\gamma = 4/3$, are considered as critical by which the gas sphere configuration becomes metastable [look 3, 9].

To the heat energy U the equilibrium temperature T_e is set according to the dependency

$$U = MC_v T_e. \quad (6)$$

where C_v is the gas specific heat capacity.

Comparing (2) and (6), we assume the equilibrium temperature of the gas sphere

$$T_e = \frac{1}{5\gamma - 6} \cdot \frac{GM}{RC_v} \quad (7)$$

Substituting the value $\gamma = 3$, $GM/R = 63 \cdot 10^{10} \text{ cm}^2/\text{sec}^2$, $C_v = 1.25 \cdot 10^7 \text{ erg/(g} \cdot \text{grad)}$, for the Earth we assume $(T_{\min})_e = 6300^\circ\text{K}$. It is the temperature, by which the outward directed gas pressure equilibrates the gravitational pressure and prevents the compression (contraction) of the gas sphere.

The equilibrium temperature value for the Earth centre can be determined from following consideration [4].

According to the Clairaut hydrostatic theory the pressure of the mass forces in the Earth centre is

$$P_c = \frac{\rho_c}{2} \cdot \frac{GM}{R}, \quad (8)$$

and by the Clapeyron theory the opposite directed temperature pressure is

$$P_t = \frac{\rho_c}{\mu_c} \cdot \frac{k_0}{m_0} \cdot T_c, \quad (9)$$

where

$$\mu_c = \frac{N_a + N_p}{N_a + N_e}. \quad (10)$$

Here ρ_c , μ_c — are the density and the molecular weight in the centre, N_a is the quantity of atoms, N_e is the quantity of free electrons, N_p is the quantity of protons, N_n is the quantity of neutrons in the substance of the central core of the planet, m_0 is the mass of hydrogen atom, k_0 is the Boltzmann constant.

Comparing (8) and (9) and considering $P_c = P_t$, we assume equilibrium temperature in the Earth centre

$$T_{c(e)} = \frac{\mu_c}{2} \cdot \frac{m_0}{k_0} \cdot \frac{GM}{R}. \quad (11)$$

Substituting here $k_0/m_0 = 9,314 \cdot 10^7 \text{ erg/(grad. mol.)}$, $GM/R = 63 \cdot 10^{10} \text{ cm}^2/\text{sec}^2$, $\mu_{c(\min)} = 2$, we obtain $T_{c(e)} = 7500^\circ\text{K}$.

In these calculations the value $\mu_{c(\min)} = 2$ is obtained from the condition, that there are heavy elements in the Earth centre (*Fe, Ni, Co, Cr, Mo, Pt, Os, Ir, Au* and etc.) with completely destroyed atomic shells, however the same result is obtained by using the Dulong-Petite law $\mu_c C_v = a = \text{const.}$, if we imagine (11) in the form

$$T_{c(e)} = \frac{\mu_c C_v}{2} \cdot \frac{m_0}{k_0} \cdot \frac{GM}{RC_v} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{a}{C_v} \cdot \frac{m}{k_0} \cdot \frac{GM}{R} \quad (12)$$

and to take $a = 25 \cdot 10^7 \text{ erg. g}^{-1} \cdot \text{grad}^{-1} = 6 \text{ cal/(g. mol. grad)}$, and $C_v = 1,25 \cdot 10^8 \text{ erg/g. grad.} = 3 \text{ cal/(g. grad)}$. The latter value C_v is characteristic for monatomic gases and hot plasma and, as it follows from (12), the value $T_{c(e)}$ is the minimal for it among other possible values of C_v .

The temperature of lavas in the active volcanic necks is no more than 1600°K . For the asthenosphere layer of the upper mantle, alimentating volcanous with lavas, the temperature in the depth of 100 km is taken usually about 1700°K . The gradient from the lithosphere base to the mantle base and to the centre of the planet in average is considered $1^\circ\text{K}/10^5 \text{ cm}$.

By all estimations the average temperature of the Earth is no more than 3700°K and so far as the value of equilibrium temperature assumed above is about twice as much from value then the Earth compression

process (contraction) under the influence of its own mass forces is inevitable [look 3, 8, 22].

Making use of astronomical and paleoecological (paleonthological) data let us estimate the contraction tempo, preliminarily precisising some initial facts.

The ideas of nebula condensation of dispersed substances and the formation of the massive rotating gravitating bodies are traced back to Descartes works. The contractional theory of the Earth tectono-magmatic evolution has been developed in the plan of ideas of Descartes, Newton, Kant. The ideas of deceleration of the Earth rotation under the influence tide-forming forces of the Moon and the Sun belong to Kant. A number of magnificent investigations are devoted to the contraction theory and to the theory of the Earth tidal retardation and among many geotectonic hypotheses from the point of view of exact (formalizable) sciences were acceptable only those which had been based on these two theories. At the same time it should be noted that there were not sufficient reliable calculated data for the strict quantitative estimation of astronomical and geonomical effects, arising from these theories. Partially reliable estimations of tempo of the secular deceleration of the orbital movement of the Moon $dn/dt = n$ and tempo of the deceleration of the Earth axis rotation speed were absent conditioned by nearly exceptional tidal friction and alteration of the Earth radius (look below).

In the calculations concerning to the dynamics of the Sun—Earth—Moon system which were in the literature of the last 50—60 years, the Moon secular acceleration by the ephemerical time scale $n = 22,44 \text{ cent}^{-2}$, and the secular deceleration of the Earth rotation by universal time scale $L = 1,23 \text{ cent}^{-2}$ [look 11, 17]. Accordingly the value of relative decreasing of the angle speed of the Earth rotation was obtained, which was conditioned by the tidal retardation. $(\Delta\omega/\omega)_r = 18,94 \cdot 10^{-9} \text{ cent}^{-1}$ [look 16, 17].

The initial calculated data mentioned above which were in the works of Fotheringham (1920), de Sitter (1927), Spencer Johnes (1939) were based on the Moon—Sun eclipses chronology for the last two thousands years and now as it is found out in the number of cases the method of treatment and using these data do not satisfy the demands of the mathematical theory of the questions [look 17].

The possibility of the estimation of the mentioned data has essentially been improved recently owing to the acception of the method of the star coverings and paleoecological method.

L. Morrison [look 16] from the Greenwich observatory analysing the results of observation of 40.000 coverings of the stars by the Moon from 1955 up to the 1972, $n = -42 \pm 6 \text{ cent}^{-2}$, i. e. number is two as much than that of Spencer Johnes. Esterwinter and Koen came approximately to the same results based on the observations data of the solar

system objects in the period of 1912—1968. Their results is $n = -38 \pm 8 \text{ cent}^{-2}$ [look 16]. R. R. Newton (27) analysing the data for the most continuous solar eclipses observed for 500 years B. C., assumed $n = 41.8 \pm 4.3 \text{ cent}^{-2}$ which is in the well accordance with the results of Morrison, Esterwinter and Koen.

The results of paleoecological (paleontological) method, mentioned above is reduced to the following. The investigation of Paleozoic fossil marine fauna showed that the number of daily growth lines inside yearly growth rings of coralls and bivalve mollusks is regularly increased deep in the time from modern 365 to 421 in the beginning of Silurian (435 ml. years ago) i. e. the quantity of days in the year in these 435 ml. years decreased from 421 to 365 and correspondingly the continuation of the day T increased by 3 hours in 430 ml. years, or by 2,4 sec. in each 100000 years [look 25].

The results of investigations of the marine fauna from the sediments of other stratigraphic subdivisions of Phanerozoic (Cretaceous $\tau = 72 \cdot 10^6$ years, $T = 23,67 \text{ h}$, Permian $\tau = 270 \cdot 10^6 \text{ y}$, $T = 22,82 \text{ h}$; Carbonian $\tau = 298 \cdot 10^6 \text{ y}$, $T = 22,62$; Devonian $\tau = 380 \cdot 10^6$, $T = 21,90 \text{ h}$, and the estimation mentioned above for Silurian, $\tau = 435 \cdot 10^6 \text{ y}$, $T = 20,91 \text{ h}$) do not contradict these estimations [look 16, 28, 29].

Thus the paleoecological data give the relative deceleration of the Earth rotation $(\Delta\omega/\omega)_f = -28 \cdot 10^{-9} \text{ cent}^{-1}$, that is considerably more than the estimation of Spencer Johns and coincides with R. Newton's estimation $(-27,7 \pm 3,4 \times 10^{-9} \text{ cent}^{-1})$.

The next essentially new result is assumed with the help of the method of quotidal analysis of Parysky, Kuznetsov and Kuznetsova [13, 19] and is reduced to that that instead of the value of the tidal force moment $N = 3,89 \cdot 10^{23} \text{ erg}$, which is necessary for the explanation of the secular deceleration of the Earth rotation actually exists a more powerful moment $N = 11,66 \cdot 10^{23} \text{ erg}$, being equal to the sum of the moment $3,37 \cdot 10^{23} \text{ erg}$ influenced by oceanic tides. The alternative consists of the supposition in the presence of a mechanism accelerating the Earth rotation. Such a mechanism in accordance with the ideas mentioned above is considered by us the decreasing of the Earth radius i. e. contraction.

Using the new estimations of the Moon and the Sun acceleration mentioned above, let us estimate the speed of the Earth radius decrease. Let us take the calculated value of the relative change of the Earth rotation angle speed conditioned by the Moon and the Sun tidal braking forces $(\Delta\omega/\omega)_f = a$, the relative change conditioned by the changes of the Earth radius $(\Delta\omega/\omega)_r = b$ and the observed secular value of rotation deceleration $(\Delta\omega/\omega)_f = c = a - b$. Let us take further the Moon secular acceleration in the scale of ephemeridal time (in the time scale, based on the Earth movement along the orbit round the Sun) $dn/dt = n'$ and on the scale of the universal time L (by the time scale based on the Earth daily rotation) the Sun secular acceleration (or accordingly the secular deceleration of the Earth speed rotation) by the universal time scale L' , the

average value of the Moon and the Sun movement n and n' and let us write the well known equations, connecting these quantities

$$\begin{aligned} n' &= 2L - 2(n/n')L', \\ 2L' &= -n'c, \quad c = L'd, \\ a &= b + c. \end{aligned} \quad (12)$$

The quantities including in these dependences set (13) have the following values: $n' = -42 \text{ cent}^{-2}$, $n/n' = 13,37$, $n = 0,130 \cdot 10^{-9} \text{ cent}^{-1}$, $a = -48 \cdot 10^{-9} \text{ cent}^{-1}$, $d = 0,154 \cdot 10^{-7} \text{ cent}^{-1}$, correspondingly $L' = 1,82 \text{ cent}^{-2}$, $L = 3,36 \text{ cent}^{-2}$ and $b = (\Delta\omega/\omega)_r = -20 \cdot 10^{-9} \text{ cent}^{-2}$.

According to the law of constancy of angular moment $C\omega \simeq J\omega = kMR^2 = \text{const.}$ (C is the polar moment of the inertia, J is the average moment of the inertia, M is the mass, R is the average radius, k is the gyration constant) provided that $kM = \text{const}$ and $\omega R^2 = \text{const}$, we have

$$\frac{\Delta J}{J} = -\left(\frac{\Delta\omega}{\omega}\right)_r = \frac{2\Delta R}{R}, \quad (14)$$

where ΔJ and ΔR are the small changes of J and R , [corresponding to the changes of angle speed of rotation ω on the small quantity $\Delta\omega$].

According to the above mentioned astronomical and paleontological data to the calculated value $b = (\Delta\omega/\omega)_r = -20 \cdot 10^{-9} \text{ cent}^{-2}$ by (14) the decreasing of the Earth radius about $6,37 \text{ cm}$ for 100 y. corresponds, i. e. the speed of decreasing of the Earth radius makes $dR/dt = -V_r = -2 \cdot 10^{-9} \text{ cm/sec.}$

It should be noted that the difference between the calculated (theoretically) value of the Earth tidal retardation $48 \cdot 10^{-9} \text{ cent}^{-2}$ and observing value of retardation $28 \cdot 10^{-9} \text{ cent}^{-2}$, we attributed thoroughly to the contraction factor. Let us point out that the above mentioned difference has been first accounted for the contraction by Meyermann (1928) whose calculations based on the analysis of the peculiarities of the Moon—Solar eclipse chronology showed that the speed decreasing of the Earth radius was estimated by the quantity of $4,5\text{—}5 \text{ cm}$ for 100 years . The same estimation was obtained by the more modern materials of Parylsky [18].

* * *

Let us bring some evidences of geodynamical activity of the Earth conditioned by the decreasing of the Earth volume.

(1). If at the beginning of the geological time the Earth average density was equal to that of carbonaceous chondrites $\rho_0 = 2,2 \text{ g/cm}^3$, the initial radius must be equal to $R_0 = 8650 \text{ km}$. If the radius reduction at 2280 km accured during the Earth whole existence for $4,6 \cdot 10^9 \text{ years}$, the speed of the radius decreasing will make in average 5 cm for 100 years .

(2). The energy dissipation in the Earth body at the decreasing its radius on the small quantity R according to the following equation will make

$$(3\gamma - 3)\Delta U = W \cdot \frac{\Delta R}{R}, \quad (15)$$

establishing connection between the change of internal heat energy U , potential energy W and decreasing of the radius R , at $\gamma = 3$ (Grüneisen constant for the strongly pressed gas), $W = 2,54 \cdot 10^{39} \text{ erg}$, $R = 6,37 \cdot 10^8 \text{ cm}$ and $R = 6,37 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$ making up $U = 4,3 \cdot 10^{28} \text{ erg/y}$ which is equal to the Earth general thermal waste (from these on the conductive part of thermal waste falls on 10^{28} erg , and the radiogenic heat share makes $\leq 3,6 \cdot 10^{27} \text{ erg}$) [look 5, 20, 24].

At $\gamma = 3$ it dissipates only the 1/6 part of energy of the planet's gravitational field corresponding to the radius decreasing at the R quantity. The remaining part of energy is accumulated in the planet in the form of energy of elastic compression, energy phase transition of the first kind (including metamorphism), energy of the magnetic field, it is spent on the acceleration of the Earth rotation, increasing of the potential energy of the Moon orbital position etc. and it probably transfers into the energy of the Earth orbital movement, into the new formed mountains and plato and others too. At the same time a situation is possible when the diffusion of this energy may reduce to the relatively momentary expansion of the planet, particularly in the cases when the tempo of thermoremoval will be behind the thermoexhalation tempo and when the isothermic character of the contraction is disturbed and the adiabatic process comes into force (look 8). McDonald [15] considers the increasing of the Earth radius for 100 km to be quite possible.

(3) According to the correlation received by the author [6, 2|3

$$\frac{\Delta J}{J} \equiv - \frac{\Delta \omega}{\omega} = \frac{2 \Delta R}{R} = h^0 \Delta \beta \quad (16)$$

the indicated tempo of the Earth radius decrease correlates the moment of the alteration of the Earth inertia too on the level $\Delta J = 3,7 \cdot 10^{35} \text{ g.cm}^2$ and at the amplitude of the Chandler pole wobble $\Delta \beta_{\max} = 0,3''$ at the period of pole oscillation for 25 years (here $L^0 = 1/305,1$ is the Earth dynamic compression).

(4) Equating the Earth magnetic moment to the quasidally nutation (gyroscopic) moment [see 7, 14] or equating correspondingly the density of the kinetic energy of the resonance quazidally Earth movement,

$$E_q = \frac{1}{2} k M \omega^2 R^2 \sin^2 \beta = \frac{1}{2} k M v^2 \sin^2 \beta \quad (17)$$

to the density of energy of its magnetic field

$$U_p = \frac{\mu H^2}{8 \pi}, \quad (18)$$

we obtain the value of magnetic field stress

$$H = v \sin \beta \sqrt{4 \pi k \rho}, \quad (19)$$

where v is the rotation speed, β — is the half of the angular opening of nutation cone, k — is the dimensionless moment of inertia, ρ — is the Earth average density. When $\beta_{\max} = 0,3''$ ($\sin \beta = 1,55 \cdot 10^{-6}$), $k' = 0,331$, $\rho = 5,52 \text{ g/cm}^3$, $v = 4,65 \cdot 10^4 \text{ cm/sec}$, we obtain $H = 0,315 \text{ gs}$ [look 7 in detail].

Substituting the expression (16) in (19) we obtain

$$\Delta H = \frac{2 \Delta R}{h^2 R} \cdot V \sqrt{4 \pi k \rho} = q \Delta R. \quad (20)$$

When $q = 0,195 \text{ CGS}$ for the maintenance of the field stress on the level of $0,316 \text{ gs}$, the decreasing of the radius $R = 1,6 \text{ cm}$ or the time for 25 years is demanded, i. e. as much as it is demanded for the increasing of nutation angle to the value $\beta = 0,3$ [look 6, 15, 21].

(5) The equation of heat — conductivity for the compressing Earth one may write down in the form of

$$\nabla (K \nabla T) - C_v \rho V_r \nabla T - \rho C_v \partial T / \partial t + Q = 0, \quad (21)$$

where K is the heatconductive coefficient, C_v is the specific heat capacity, ρ is the density, T is the temperature, t is the time, Q is the heat generation, V_r is the speed of the Earth radius decreasing (∇ — is the Laplace operator). By the Clark estimation (2) when $V_r = 0$ (in the second member of the equation (21) the values of remaining members have the order $10^{-13} - 10^{-14} \text{ cal/(sec. cm}^3)$, $\rho C_v = 1 - 1,5 \text{ cal. g/grad}$, and the radial of the component $\nabla T = 10^{-4} - 10^{-5} \text{ C/cm}$. The mentioned author notes that the member $\rho C_v V_r \nabla T$ will be comparable with the remaining members of the equations, if $(V_r) \geq 10^{-9} \text{ cm/sec}$. and the heat removing it will be realized by the macroscopic movement of masses.

According to the mentioned above calculations $(V_r) = 2 \cdot 10^{-9} \text{ cm/sec}$ consequently, the decisive significance in the heat removes at the Earth contraction perturbational movements of the masses are acquired (convection, gravitational differentiation, volcanism, gas emission, creep etc.).

The speed of temperature wave spreading V_r from the bottom of the solid mantle situated in the depth of z from its surface for the θ time is equal to $V_r = z/\theta$.

Using the model presentation that the contraction influence on the thermoconductivity in the solid body is equivalent to radial exfiltration of elementary heat carriers — phonos, it may be considered that the speed of the incompressible phonon gas ascending advancement is equal to the speed of the Earth radius decrease $(V_r) = 2 \cdot 10^{-9} \text{ cm/sec}$. Then assuming $z = 2880 \text{ km}$, we obtain $\theta = 1,44 \cdot 10^{17} \text{ sec.} = 4,6 \cdot 10^9 \text{ y}$. This is the Earth existence time.

(6), When decreasing of the Earth radius on the quantity ΔR the surface of the lithosphere decreases on the quantity $\Delta S = 8 \pi R \Delta R$ and the energy is released in the lithosphere

$$W_k = 4 \pi R^2 \rho_k g_u H_u \Delta R, \quad (22)$$

where ρ_k is the density, H_k is the thickness and g_k is the gravity acceleration of the lithosphere.

According to the contraction theory this energy is dispersed into the deformation, metamorphism and redistribution of the lithosphere masses. The work which is necessary for the lithosphere material processing up to the condition of the full waste of the elasticity (up to the anathexis condition) beginning when the deformative stresses reach the level of the elasticity module (the Yunge module) E_k , is equal to

$$W_m = H_k E_k \Delta S = 8 \pi R H_k E_k \Delta R. \quad (23)$$

Assuming $W_k = W_m$, we obtain

$$E_k = \frac{1}{2} \rho_k g_k R. \quad (24)$$

Substituting $\rho_k = 3,13 \text{ g/cm}^3$, $g_k = 980 \text{ cm/sec}^2$, $R = 6370 \text{ km}$, we obtain $E_k = 10^6 \text{ kg/cm}^2$. This is the value of the Yunge module, characteristic for wide spread monolite igneous rocks (see 1, 2).

According to the experimental data the intensive fracture in the same rocks begins at the stresses of order $\sigma_p = E_k/500 = 2000 \text{ kg/cm}^2$ (see 2).

Among the lithosphere deforming structures decisively predominate deformations of shearing (change of form), indicating probably tangential character of deformative forces, appearing in the result of the contraction. Taking into consideration the experimental established coorelation $500 \sigma_k = E_k$ for the estimation of the seismic energy of the lithosphere, it should be considered that in the correlation with the equation (22) it will be equal to

$$W_s \cong \frac{1}{500} \cdot 4 \pi R^2 \rho_k g_k H_k \Delta R.$$

Taking $4 \pi R^2 = 5,1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^2$, $H_k = 75 \text{ km}$ $(\rho g H)_k = 2,5 \cdot 10^{10} \text{ dyn/cm}^2$, $\Delta R = 6,37 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$, we obtain $W_s = 1,6 \cdot 10^{25} \text{ erg/y}$.

* * *

I should like to note in the conclusion that following Jeffreys [10] from the point of view of physics the contraction mechanism of the Earth evolution is irreproachable however on account of incorrect statement of concrete problems on the contraction in some cases absolutely unacceptable geological—geophysical results were obtained and the idea of contraction in its primitive form appeared to be noticeably discredited. In the light of new data at the geological—geophysical problems statement on the contraction it should be considered undoubtedly:

a) Firmly established fact of heterogenous structure of the lithosphere and asthenosphere and in this connection the fact of concentration of the tectonic forces and deformations in the small quantity of narrow zones of the Earth crust in the geocyncline systems, middle—oceanic ridges and fault zones, considering as the concentration (plastic bends) stresses places.

b). Determining the lithosphere elastic stability in the known equations of Euler, Lagrange and Winkler on the analogy with antenna problem of engineering mechanism it is necessary to include the influence of the the lithosphere own weight which leads to about 30 times decreasing of the stress critical value of the lithosphere stability in comparison with the weightless lithosphere problem [see 1, 2].

c). As it has been showed by Devlson and well-grounded later by Jeffreys, Sheydegger, Aslanian and et al [see 2, 10], at the contraction and the mantle strong shrinkage lithosphere compression along the lateral corresponds to the torsion in the upper mantle bringing to the formation of abyssal faults, horst zones and diapiric uplift on the upper mantle.

d). At the stability waste, warp and lithosphere discontinuity the blocks of the last and asthenosphere subjacent fluid masses interact by the rolling mechanism, which strongly facilitates the process of horizontal movements of these blocks and possibility of the mantle diapirism and limited spreading of Red Sea type.

e) The folding of deposits to a definite extentped formed in the warping process and sedimentation (Bertran—Shatsky theory), it is developed at the Inversia of sedimentation zones as a consequence of difference between the arc and cord of these flexure zones (Shatsky, Kosigin, Magnitsky, Aslanian and et al ideas). It is also known that this difference originates during the whole period of intrageosyncline zones and, consequently though the inversia (orogenesis) represents relatively momentary process, the folding in the whole at the contraction mechanism develops imparallel to the whole geocyncline development and is not the act of momentary approach of foreland and perturbation of disposed between them geosynclines.

f). During the period of Chandler pole wobble damping $2\tau = 25 y = 8 \cdot 10^8 \text{ sec.}$ and by the modulus shear $\mu = 1,46 \cdot 10^{12} \text{ dyn/cm}^2$ the Earth elasticity $\eta = \mu\tau$ appear to equal to $6 \cdot 10^{20}$ that at the temperature gradient $1^\circ \text{K}/10^5 \text{ cm}$ provides the possibility of revealing powerful convection currents in the mantle and especially in the asthenosphere.

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

Date d 5.VI.1978.

Ա. Տ. ԱՍԼԱՆՅԱՆ
(ՍՍՀՄ)

ԵՐԿՐԱԿՆԴԻ ՇԱՌԱՎՂԻ ԴԱՐԱՎՈՐ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ԱՐԱԴՈՒԹՅԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Տեսակարար ջերմունակության $1,25 \cdot 10^7 \text{ էրգ/գ. աստ. ջերմային հոսքի } > 4 \cdot 10^{28} \text{ էրգ/տարի (կոնդուկտիվ մասը } 10^{28} \text{ էրգ/տարի), ռադիոգեն ջերմության առաջացման } \leq 4 \cdot 10^{27} \text{ էրգ/տարի արժեքների դեպքում երկրագունդն}$

անխուսափելիորեն պետք է սեղմվի, որովհետև նրա միջին ջերմաստիճանը $\leq 3700^\circ K$ զգալիորեն փոքր է հավասարակշռության ջերմաստիճանից $T \geq W/10Cv \geq 6350^\circ K$, որը որոշվում է Վիրիալի թեորեմի համաձայն ($W = 63 \cdot 10^{12}$ սմ²/վրկ², այն է Երկրի գրավիտացիոն պոտենցիալը): Լուսնի կողմից աստղերին ծածկելու 40000 դիտումների արդյունքներից ելնելով վերջերս Մորիսոնի կողմից գնահատվել է Երկրագնդի պոտման մակընթացային արգելակման հաշվարկված մեծությունը՝ $(\omega^0/\omega)_i = -4,8 \cdot 10^{-8}$ հարյուր տարվա ընթացքում, իսկ հնեաբանական ուսումնասիրություններից արգելակման փաստացի արժեքը ստացված է $(\omega^0/\omega)_i = -2,8 \cdot 10^{-8}$ հարյուր տարվա ընթացքում: $\omega R^2 = \text{const}$ դեպքում այդ երկու մեծությունների միջև եղած տարբերությունը՝ $\Delta\omega/\omega = -2 \cdot 10^{-8}$ հարյուր տարվա ընթացքում, համապատասխանում է Երկրագնդի շառավղի $R = 6,37 \cdot 10^8$ սմ փոքրացմանը $\Delta R = 1/2 (\Delta\omega/\omega) \cdot R = 6,37$ սմ չափով հարյուր տարվա ընթացքում, $\Delta R/\Delta t = V_r = -2 \cdot 10^{-9}$ սմ/վրկ արագությամբ: V_r -ի որոշման մի այլ մեթոդ հիմնվում է $2\Delta J/\Delta t = 2\Delta R/R \Delta t = h^0 \Delta\beta/\Delta t$ հարաբերության վրա, որտեղ ΔJ -ն իներցիայի մոմենտի փոփոխությունն է, իսկ $\Delta\beta$ -ն Δt ժամանակի ընթացքում բևեռի շանդիերյան տատանման նուտացիոն անկյան փոփոխությունն է: Աշխարհագրական լայնության միջադրային ծառայության տվյալներով $\Delta\beta = 1,55 \cdot 10^{-5}$ ուղ, $\Delta t = 25$ տարի, նուտացիայի արագությունը $\Delta\beta/\Delta t = 2 \cdot 10^{-15}$ ուղ/վրկ և $\Delta R/\Delta t = V_r = -2 \cdot 10^{-9}$ սմ/վրկ կամ $\Delta R = 6,37$ հարյուր տարվա ընթացքում:

Այս հաշվարկների համաձայն $4,6 \cdot 10^9$ տարի առաջ Երկրագնդի պետք է լինենար մոտ 9300 կմ հասնող շառավղի և $1,8$ գ/սմ³ խտություն:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асланян А. Т. Динамическая проблема геотектоники. МГК, XXI сессия. Сборник докладов советских геологов. Изд. АН СССР, М., 1960.
2. Асланян А. Т. Предельные значения мощности и прочности литосферы в свете теории гравитационного сжатия и приливного торможения Земли. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 1, 1976.
3. Асланян А. Т. Термо-гравитационный критерий изменения объема Земли. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 3, 1976.
4. Асланян А. Т. Об одной возможности оценки равновесной температуры в центре Земли. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 1, 1977.
5. Асланян А. Т. Сжимающаяся Земля как фильтр-прессинговый механизм для экзотрузий магматических расплавов. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 6, 1977.
6. Асланян А. Т. Возбуждение чандлеровских колебаний полюсов как проявление контракции Земли. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 4—5, 1977.
7. Асланян А. Т. Квазисуточная нутация и магнитное поле Земли. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 4, 1978.
8. Бербидж Дж., Бербидж М. Э. Звездная эволюция. Сб. «Происхождение и эволюция звезд». ИЛ., М., 1962.
9. Вейнберг С. Гравитация и космология. «Мир», М., 1975.
10. Джеффрис Г. Земля. ИЛ., М., 1960.
11. Каула У. Введение в физику планет земной группы. «Мир», М., 1971.
12. Кларк С. П. Теплопроводность в мантии. В сб.: «Земная кора и верхняя мантия Земли», «Мир», М., 1972.
13. Кузнецов М. В. Расчет векового замедления вращения Земли по современным котидальным картам. «Физика Земли», № 12, 1972.

14. Ламб Г. Гидродинамика. М., 1947.
15. Макдональд Г. Дж. Ф. Приливное трение. Сб. «Приливы и резонансы в солнечной системе», «Мир», М., 1975.
16. Мельхиор П. Физика и динамика планет. т. II, «Мир», М., 1976.
17. Моррисон Л. Вековое ускорение орбитального движения Луны и вращения Земли. Сб. «Приливы и резонансы в Солнечной системе», «Мир», М., 1975.
18. Парийский Н. Н. О влиянии земных приливов на вековое замедление вращения Земли. «Астрономич. журнал», 37, № 3, 1960.
19. Парийский Н. Н., Кузнецов М. В., Кузнецова Л. В. О влиянии океанических приливов на вековое замедление вращения Земли. «Физика Земли», № 2, 1972.
20. Сорохтин О. Г. Содержание в Земле радиоактивных элементов и радиогенная энергия. В сб.: «Тектоника литосферных плит», Изд. АН СССР, М., 1977.
21. Федоров Е. П. Нутация и вынужденное движение полюсов Земли по данным широтных наблюдений. Известия АН Укр. ССР, Киев, 1958.
22. Aslanian A. T. Anderl sich der Umfang der Erde? Geophys. und Geol. Geophysikalische Vereffentlichungen der Karl—Marx Universitat Leipzig, Dritte serie Band 1, Heft 3, 1977.
23. Aslanian A. T. Excitation of the pole Chandler wobble as the stress reaction on the gravitational contraction on the Earth. Problems of Planetology, vol. 2, IAP, Yerevan, 1977.
24. Irtiyama I. Energy balance in the Earth's interior. Intern. Union of Geodesy and Geophysics, XVI General Assembly, Abstracts of reports, 1975.
25. Lovering M. F., Dell C. I., Johanson M. J. Effect of a shorter day upon biotidiversity. Bull. Geol. Soc. Amer., 83, № 11, 3523, 1972.
26. Meyermann B. Die Schrumpfungsgeschwindinkelt des Erdradius aus astronomischen Beobachtungen. Zeitschr. Geophysik, 4, 153—154, 1928.
27. Newton R. R. Ancient Astronomical Observations and the Accelerations of the Earth and Moon, London, 1970.
28. Wells J. W. Coral growth and geochronometry. Nature, 197, 948—950, 1963.
29. Williams G. E. Geological evidence relating to the origin and secular rotation of the Solar system, Modern Geology, v. 3, № 4, 1972.