

УДК 550.2

А. Т. АСЛАНЯН

АРХЕЙСКИЕ ВОДОРОСЛИ, ЛУННЫЕ ПРИЛИВЫ
И ГРАВИТАЦИОННАЯ ПОСТОЯННАЯ

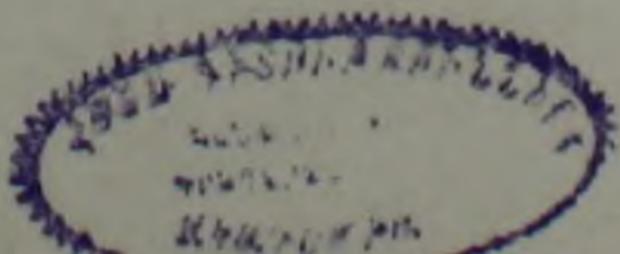
Одними из широко распространенных и древнейших представителей органического мира на Земле являются сине-зеленые водоросли (класс *Cyanophyta*), занимавшие огромные пространства на дне мелководных морских бассейнов. Окаменелые остатки сине-зеленых водорослей и характерные структурированные продукты их жизнедеятельности (строматолиты) известны в мезокайнозое, палеозое (особенно много в ордовике и кембрии), венде, рифее и в дорифейских отложениях (Сибирь, Канада, Африка, Австралия, Индия, Фенноскандия и др.). Недавно остатки сине-зеленых водорослей были открыты в Гренландии в слоях, имеющих возраст $3,8 \cdot 10^9$ лет [см. 9, 26, 28]. До этого открытия наиболее древними считались строматолиты Австралии ($3,3 \cdot 10^9$ лет), Трансвааля ($2,2 \cdot 10^9$ лет), Канады (формации *Biwabick* и *Gunflint*— $2 \cdot 10^9$ лет) [см. 14, 28].

Теория приливной эволюции системы Земля—Луна предполагает, что 2—3,8 миллиард лет т. н. Луна должна была находиться в 2,5—5 раза ближе к Земле, а высота приливов должна была быть в 15—125 раза больше, чем сейчас, когда амплитуда полусуточных океанических приливов достигает 10 м. Кроме того, радиус Земли в течение геологического времени уменьшается со скоростью порядка 5—7 см за 100 лет и в катархейское время он должен был быть больше современного на $1/4$ — $1/3$ и соответственно амплитуда приливов должна была быть по этой причине в 2,5—3,5 раза больше, чем сейчас (см. ниже формулу (3)).

Очевидно, такие мощные приливы разрушили бы дно и берега мелководных бассейнов, создавали бы в них бурные вихри мутьевых потоков и турбидитов и сделали бы невозможным существование водорослевых колоний, тем более, что в те давние времена Земля вращалась по меньшей мере в два раза быстрее, чем сейчас, и частота приливов также была в два раза больше. В то же время довольно однообразные продукты жизнедеятельности сине-зеленых водорослей как в фанерозое, так и в докембрии показывают, что условия обитания их были примерно те же, что и в современную эпоху и что лунные приливы в прошлом имели примерно такую же высоту, что и в новейшее время.

Ниже сделана попытка объяснить это обстоятельство под углом зрения реологии Земли и реологии литосферы в частности.

Потенциал приливообразующей силы Луны на поверхности Земли определяется формулой



$$W = -\frac{1}{2} \frac{GmR^2}{l^3} (1 - 3\cos^2\varphi), \quad (1)$$

где G —гравитационная постоянная, m —масса Луны, R —радиус Земли, l —расстояние между центрами Земли и Луны, а φ —зенитное расстояние Луны.

Амплитуда приливной волны на поверхности Земли определяется выражением

$$A = (1 + k - h) \frac{W}{g} = -\eta \cdot \frac{1}{2} \frac{GmR^2}{l^3} (1 - 3\cos^2\varphi), \quad (2)$$

где комбинация чисел $1 + k - h = \eta$ представляет собой фактор Лява, характеризующий реологию литосферы, лежащей на полужидких массах [см. 12].

Подставляя в (2) $g = Gm/R^2$ (M -масса Земли) и ограничиваясь для конкретности случаем $1 - 3\cos^2\varphi = -2$, получим

$$\bar{A} = \eta \frac{R^4}{l^3}. \quad (3)$$

Укажем, что для абсолютно твердого тела $k = 0$, $h = 0$, $\eta = 1$, для жидкого тела $k = 1$, $h = 2$, $\eta = 0$. Для реальной Земли из астрономических наблюдений получены значения $k = 0,301$, $h = 0,602$ (по другим данным $k = 0,28 - 0,29$, $h = 0,56 - 0,58$), причем эти последние значения считаются асимптотическими значениями обобщенных чисел Лява для высоких частот и бесконечно малых амплитуд колебаний (при суточном вращении), а значения, близкие к $k = 1$ и $h = 2$ — к асимптотическим значениям для низких частот и больших амплитуд [см. 12].

М. С. Молоденский [см. 12, 13] принимает для Земли приближенно $2k = h$, причем лучшее соответствие получается для относительно высоких значений k и h . В работе [2] автора показано, что для литосферы фактор Лява идентичен фактору Пуассона

$$\eta = 1 + k - h = \frac{1 - 2\nu}{1 - \nu}; \quad k - h = \frac{\nu}{1 - \nu}, \quad (4)$$

где ν —коэффициент Пуассона литосферы. Для абсолютно твердой модели литосферы $\nu = 0$, для жидкой модели $\nu = 1/2$, для реальной литосферы $\nu = 0,24$. Из сейсмоакустики известно также, что

$$\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} = \frac{2v_s^2}{v_p^2}, \quad (5)$$

где v_s и v_p —скорости поперечных и продольных волн (для Земли в целом $v_p = 10,37$ км/сек, $v_s = 6,01$ км/сек, для континентальной коры $v_p \approx 6$ км/сек, $v_s \approx 3,5$ км/сек).

Наблюдаемые реальные приливы на поверхности Земли представляют собой разность между статическим приливом в океане, определяемым фактором $(1+k)$, и приливом в литосфере, определяемым числом Лява h . Поэтому, если в геологическом прошлом массы в литосфере были распределены по закону Архимеда ($\nu=1/2$; $k=1$, $h=2$), то согласно (2) амплитуда прилива на поверхности Земли должна была равняться нулю.

Если в современную эпоху литосфера находится в изостатическом равновесии и такое состояние считается грубым приближением к состоянию гидростатического равновесия, то в архее, по всей вероятности, распределение масс в литосфере приближалось к архимедовому значительно ближе. В историко-геологическом и палеотектоническом плане наиболее приемлемой структурой для архейской литосферы следует считать мелкоглыбовую мозаичную композицию при условии, что в реологической интерпретации вязкое трение между глыбами практически отсутствовало и глыбы уравнивались между собой и подстилающей астеносферой по закону Архимеда.

В этой связи укажем на следующие данные. В структуре роста девонских кораллов с абсолютным возрастом вмещающих слоев $370 \cdot 10^6$ лет отмечено в среднем 399 дневных линий роста, а для современных (голоценовых) кораллов—360 линий [см. 22, 27]. На этом основании считается, что в среднем девоне продолжительность суток была короче современных в отношении $360/399$, т. е. если сутки состоят сейчас из 23,94 ч, то 370 млн. лет. т. н. они состояли из 21,59 ч. По этим данным сутки увеличиваются в течение последних 370 млн. лет на 2,286 сек за каждые 10^5 лет. По последним астрономическим данным, эта оценка составляет 2,3 сек за 10^5 лет [6].

По нашим оценкам, приливное торможение Земли со стороны Луны компенсируется почти полностью контракционным ускорением вращения Земли и указанное выше замедление, установленное по коралловой фауне, приходится, очевидно, на долю приливного трения, возбуждаемого Солнцем. Согласно указанным оценкам при отсутствии влияния Солнца период суточного вращения Земли в современную эпоху должен был быть вдвое короче (12, 17 ч). Эта оценка вписывается в полуэмпирическое правило изохронности вращения планет, согласно которому при отсутствии влияния солнечных приливов все планеты совершают полный суточный оборот за время в пределах от 9,9 до 13,1 ч [см. 24].

Расчеты, основанные на предположении, что в начале геологического времени Луна находилась очень близко от Земли и обращалась вокруг нее с той же угловой скоростью, что и Земля вокруг собственной оси, показывают, что в это время Земля вращалась вокруг оси в 5 раз быстрее, чем сейчас, а полярное сжатие ее равнялось $\epsilon=1/13$.

Из уравнения Лява-Лармора известно, что $k_{\max} = 2\epsilon/q - 1 = 0,9337$ ($\epsilon = 1/298,25$ -полярное сжатие литосферы, $q = 1/288,37$ -геодинамический параметр). Поскольку мы приняли $2k \approx h$, то из (4)

получим $\gamma_1 = 0,067$, а из анализа хода полусуточных приливных волн (по компоненте M_2) получим $1 + k - h = \gamma_1 = 0,685$ [см. 11, 12, 24].

Для количественных оценок обозначим для современной Земли фактор Лява γ_0 , радиус R_0 , угловую скорость вращения ω_0 , угловую скорость вращения Луны n_0 , расстояние между центрами Земли и Луны l_0 , амплитуду приливов A_0 , а для геологического прошлого соответственно γ , ω , n , l , A , а также положим

$$n^2 l^3 = G(M + m) = \text{const.}$$

Тогда из формул (2)–(3) получим

$$\frac{\omega_0}{\omega} \cdot \frac{n}{n_0} = \sqrt{\frac{\gamma_0}{\gamma}}. \quad (6)$$

Если в начале геологического времени Луна вращалась вокруг Земли со скоростью $n = \omega$, а в настоящее время $\omega_0/n_0 \cong 27$ и $\gamma_1 \cong 0,7$, то тогда было $\gamma_0/\gamma_1 = 729$, $\gamma_1 = 0,001$ и, следовательно, массы, слагающие литосферу, находились почти полностью в состоянии гидростатического равновесия ($\gamma_1 = 0$). Подобное состояние достигается практически тогда, когда литосфера оказывается расчлененной на большое количество блоков, вязкое трение между которыми отсутствует. При этом известно, что при длительном действии силы сопротивление трения между такими блоками практически сводится к нулю.

Укажем, что на полюсах разность между радиальным и тангенциальным напряжениями в литосфере, определяемая из выражения

$$\sigma_s = \frac{2}{3} \eta_0 g R \varepsilon,$$

составляла для начала геологического времени $\sigma_s \cong 3 \cdot 10^{10}$ *дин/см²* (при $\rho = 2$ *г/см³*, $R \cong 1,5 \cdot 10^9$ *см*, $g \cong 200$ *см/сек²*, $\varepsilon \cong 1/13$).

При $\gamma_1 = 0,001$ получаем $\sigma_s = 3 \cdot 10^7$ *дин/см²*, а при $\gamma_1 = 0,067$, соответствующем вековому числу Лява $k = k_s = 0,933$, $\sigma_s = 2 \cdot 10^9$ *дин/см²*.

Касаясь ранней истории системы Земля—Луна в ее связи с проблемой развития жизни, следует также иметь в виду, что наличие указанных выше водорослевых колоний и других организмов в архейское время предполагает локализацию Земли как индивидуализированной массы на современной ее орбите уже в начале геологического времени.

По закону Стефана—Больцмана температура T на поверхности Земли, обусловленная излучением Солнца, на расстоянии S от Солнца определяется из уравнения

$$E = 4\pi S^2 \varepsilon_0 T, \quad S T^2 = \text{const}, \quad (7)$$

где E —количество солнечной энергии, излучаемой за секунду ($3,9 \cdot 10^{33}$ *эрг*), а ε_0 —постоянная, равная $5,7 \cdot 10^{-5}$ *эрг/(см²·сек·град)*. В афелии $S = 152$ *млн.км*, в перигелии $S = 147$ *млн.км*, а разность

энергий ΔE между этими двумя положениями при одном и том же значении E и T в (7) составит 6,64%.

Из пропорций

$$\frac{\Delta E}{E} = -\frac{4\Delta T}{T}, \quad \frac{\Delta S}{S} = -\frac{2\Delta T}{T} \quad (8)$$

следует, что разность температур в афелии и перигелии при $\Delta S = 5$ млн. км, $\Delta E = 6,64\%$ и при фактической средней температуре поверхности Земли $T = 287^\circ\text{К}$, составит $\Delta T = 4,77^\circ\text{К}$ (для поверхности архейской суши принимается $T = 390^\circ\text{К}$).

Как известно, при отсутствии парникового эффекта максимум температуры на Земле соответствует теоретически положению Земли в перигелии, а минимум — положению в афелии и поскольку в афелии наступает зима, то в случае, если Земля будет находиться постоянно на орбитальном расстоянии, превышающем современный радиус афелия, вся гидросфера окажется замерзшей, наступит глобальное оледенение, будут отсутствовать условия, необходимые для существования и развития знакомых нам форм живых организмов. Равным образом, если Земля будет находиться на орбитальном расстоянии, заметно меньшем, чем современный радиус перигелия, то поверхность ее превратится в раскаленную пустыню, не пригодную для развития тех же знакомых нам форм жизни.

Из указанных выше оценок следует, что Земля могла образоваться в катархейское время (4,5—4,7 млрд. лет т. н.) на современной своей орбите, либо путем аккреции предполагаемого околосолнечного вещества, либо как продукт преобразования (вспучивания) высокоплотного сгустка вырожденного вещества, отделившегося от некоего первичного агломерата при ее катастрофическом распаде и оказавшегося вскоре после отделения на современной своей орбите.

Указанный выше факт о существовании в течение всего архея, протерозоя и фанерозоя сине-зеленых водорослей и соответственно близость условий их существования в течение всей геологической истории (солевой состав вод, температура, освещенность, аэрация, питательные вещества, магнитное поле, высота приливов и др.), указывая на локализацию обитаемой Земли на современной ее орбите уже 4 млрд. лет т. н., в то же время опровергают широко распространенное в космологии и космогонии мнение о быстром уменьшении со временем гравитационной постоянной в законе всемирного тяготения Ньютона и тезис об удалении со временем планет от Солнца. На это обстоятельство впервые указал, по-видимому, Е. Н. Люстих, учитывая лишь данные по развитию фауны и флоры в фанерозое [см. 10].

В 1938 г. П. Дирак [17] выдвинул гипотезу, согласно которой гравитационная постоянная G (современное значение $6,745 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3/\text{г} \cdot \text{сек}^2$) обратно пропорциональна возрасту Вселенной, оцениваемому по новейшим данным в $(18 \div 20) \cdot 10^9$ лет; ослабление G по его оценкам составляет 10^{-7} . Д. Дирборн и Д. Шрамм (1974) оценивают меру абсолютного

уменьшения G за год в пределах $4 \cdot 10^{-11} - 10 \cdot 10^{-11}$. Отправляясь от указанной идеи Дирака, Хильгенберг [20], Халм [19] и позднее Л. Егъед и П. Иордан [18, 21] пытались доказать, что Земля перманентно расширялась (особенно в мезозое и кайнозое), а планеты перманентно удалялись от Солнца [см. 18].

Сторонники концепции Дирака считали, что неприливно-компонента изменения угловой скорости вращения Земли обусловлена вариациями G .

Согласно палеонтологическим данным, для последних 400 млн. лет истории морской фауны относительное изменение угловой скорости вращения Земли составило $d\omega/(\omega dt) = 28 \cdot 10^{-9} \text{ век}^{-1}$. Предсказываемое теорией значение $d\omega/(\omega dt) = 48 \cdot 10^{-9} \text{ век}^{-1}$ (расчетная величина, определяемая всецело приливным торможением Земли под влиянием притяжения Луны и Солнца); наличие неприливной компоненты — $\dot{\omega}/\omega = 20 \cdot 10^{-9} \text{ век}^{-1} = 48 \cdot 10^{-9} \text{ век}^{-1} - 28 \cdot 10^{-9} \text{ век}^{-1}$ объяснялось нами уменьшением объема Земли, соответствующим уменьшению радиуса Земли со скоростью $2 \cdot 10^{-9} \text{ см/сек}$ или $6,37 \text{ см}$ за 100 лет согласно условию $\Delta\omega/\omega = -2\Delta R/R$ [см. 4].

Проблема реологии литосферы рассматривалась также в связи с проблемой диссипации энергии приливного трения. В ряде ранних работ считалось, что эта энергия диссипирует в мелких морях, причем расчеты показали, что вся приливная энергия Луны должна была диссипировать в основном в Беринговом море, притом всего за полсутки. Позднее выдвигались предположения о диссипации энергии приливов в жидких массах мантии и ядра [1, 11, 21]. В. Каула [8] и Д. Макдональд [24] считают, что вся приливная энергия могла более или менее равномерно диссипировать в гидросфере и литосфере, если последняя была бы расчленена на 1000 блоков, могущих перемещаться относительно друг друга. Кинематику такой мозаики рассмотрели Манк и Ревель [25]. В их модели мозаичной литосферы общая величина опускающихся блоков равна общей величине поднимающихся блоков, а тензор инерции флюктуирует, поскольку средние значения широты и долготы поднимающихся блоков в общем не могут не отличаться от таковых опускающихся блоков.

Перемещения блоков литосферы вызывают изменения скорости вращения и изменения в расстоянии между полюсом вращения и полюсом инерции Земли.

Согласно Манку и Ревелю [25], отношение среднеквадратичных значений колебания полюса к колебаниям продолжительности суток равняется

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\sqrt{3}}{2H} \approx 265, \quad (9)$$

где H — динамическое сжатие Земли, равное $1/305,51$.

В работах [3, 4, 5] нами было показано, что для Земли максимальные значения $(m_1) = 7,5 \cdot 10^{-7}$ рад, $(m_2) = 5,07 \cdot 10^{-9}$, причем время затухания колебаний полюса равняется 10 периодам чандлеровских колебаний, т. е. примерно 12 лет. Эти оценки были получены из соотношений $\Delta J/J = -\Delta\omega/\omega = 2\Delta R/R = H(m_1) = m_2$ (J -момент инерций, ω -угловая скорость вращения, R -радиус, а ΔJ , $\Delta\omega$, ΔR -малые изменения J , ω , R) и согласуются с оценкой, даваемой формулой (9). В модели Манка-Ревеля такое согласие указывает в целом на хаотический характер движения блоков литосферы. Условие $\bar{m}_1/\bar{m}_2 \ll 265$ указывало бы на высокую осевую симметрию процессов, обуславливающих покачивание полюса вращения Земли.

По данным Марковица [23], для XX века $\bar{m}_1 = 6,4 \cdot 10^{-7}$ рад, а полупериод затухания покачивания полюса вращения $\tau = 14,28$ лет.

Согласно формуле (9) при $265 \bar{m}_2 = \bar{m}_1$ и $\bar{m}_2 = 2,5 \cdot 10^{-9}$, $R = 6,37 \times 10^8$ см, $\Delta R = 0,764$ см за время $\tau = 14,28$ лет, или $\Delta R = 5,35$ см за 100 лет.

Таким образом, как историко-геологические и палеонтологические, так и астрономические данные указывают на возможный хаотический характер движения блоков литосферы, причем главной причиной этих движений, обуславливающих в свою очередь колебания полюсов, является уменьшение объема Земли. Что касается лунных приливов, то небольшая их высота в архее должна объясняться большой плотностью сети пластических шарниров и разломов в толще литосферы и, возможно, более высокой температурой литосферы и Земли в целом. Наличие однотипных строматолитов в архее, протерозое и фанерозое указывает в первом приближении на неизменность расстояния между Землей и Солнцем и соответственно на относительную неизменность гравитационной постоянной G , по меньшей мере за последние 4 млрд. лет геологической истории.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 9.X.1979.

A. T. ASLANIAN

ARCHEAN ALGAE, LUNAR TIDES AND THE GRAVITATIONAL CONSTANT

One of the wide spread and ancient representatives of the Earth's organic world is blue-green alga (*class of Cyanophyta*) which covers vast territories of the bottom of shallow marine basins. Fossil remnants of the blue-green alga and characteristic structured products of their life activity (stromatolites) are known in Mesocenozoic, Paleozoic (especially much is found in the Ordovician and Cambrian), in Vendian, Riphean and Preriphean deposits (Siberia, Canada, Africa, Australia,

India, Phennoscandia and others). Recently the remnants of the blue-green algae were discovered in Greenland in layers with the age of $3,8 \times 10^9$ years [see 9, 26, 28]. Before this discovery the most ancient ones were considered to be the stromatolites of Australia ($3,3 \cdot 10^9$ years), Transvaal ($2,2 \times 10^9$ years), Canada (formations *Biwabick* and *Gunflint*— $2 \cdot 10^9$ years) [see 14, 28].

The theory of tidal evolution of the Earth-Moon system suggests, that 2–3,8 milliard years ago the Moon must have been 2,5–5 times closer to the Earth, and the height of tides should have been 15–125 times more, than now, when the amplitude of semidiurnal oceanic tides reaches 10 m. Besides, during geologic time the Earth's radius is decreased with the speed of about 5–7 cm for 100 years and during the Katarchean time it must have been more than the modern one for 1/4–1/3, and correspondingly, the tidal amplitude must have been 2,5–3,5 times more than now (see expression 3 below).

Evidently, such powerful tides would have destructed the bottom and coasts of shallow basins, created in them violent whirlwinds of slime streams and turbidities and would have made impossible the existence of algal colonies, especially as in the ancient times the Earth rotated at least twice as quick than now and the tidal frequency was also two times more, than now. Whereas rather monotonous products of blue-green algae life activity in Phanerozoic and Precambrian shows, that their dwelling conditions were nearly the same as in our epoque and that lunar tides had nearly the same height in ancient time as in recent time.

In our article we have made an attempt to explain this circumstance from the point of view of the Earth's rheology and that of lithosphere in particular.

The potential of the Moon's tide-forming force on the Earth's surface is determined by the expression

$$W = -\frac{1}{2} \frac{GmR^2}{l^3} (1 - 3 \cos^2 \varphi), \quad (1)$$

where G —is gravitational constant, m —is the Moon's mass, R —is the Earth's radius, l —is the distance between the Earth and Moon centres, and φ —is the zenithal distance of the Moon.

The amplitude of the tidal wave on the Earth surface is determined by the expression

$$A = (1 + k - h) \frac{W}{g} = -\gamma_1 \cdot \frac{1}{2} \frac{GmR^2}{l^3} (1 - 3 \cos^2 \varphi), \quad (2)$$

where the figure combination $1 + k - h = \gamma_1$ represents the Love factor, characterizing the lithosphere rheology, lying on semiliquid masses [see 12].

Substituting $g = GM/R^2$ in (2) and restricting ourselves by the case $1 - 3 \cos^2 \varphi = -2$, we shall get

$$\bar{A} = \eta \frac{R^4}{I^3} \quad (3)$$

Let's point that for absolutely solid body $k = 0$, $h = 0$, $\eta = 1$, for liquid body $k = 1$, $h = 2$, $\eta = 0$. For the real Earth are got the values $k = 0,301$, $h = 0,602$ from astronomical observations (according to other data $k = 0,28-0,29$, $h = 0,56-0,58$), these latest values being considered asymptotic values of Love's generalized numbers for high frequencies and extremely small amplitudes of oscillations (at diurnal rotation) and values, close to $k = 1$ and $h = 2$, are considered to be asymptotic values for low frequencies and big amplitudes [see 12].

M. S. Molodensky [see 12, 13] accepts approximately for the Earth $2k = h$, the best correlation being got for relatively high values k and h . In the work [2] of the author it is shown that for lithosphere the Love factor is identical with the Poisson's factor

$$\eta = 1 + k - h = \frac{1 - 2\nu}{1 - \nu}; \quad k - h = \frac{\nu}{1 - \nu}, \quad (4)$$

where ν is the Poisson's lithosphere coefficient. For absolutely solid model of lithosphere $\nu = 0$, for liquid model $\nu = 1/2$, for real lithosphere $\nu = 0,24$. From seismoacoustics it is also known that

$$\frac{1 - 2\nu}{1 - \nu} = \frac{2V_s^2}{V_p^2}, \quad (5)$$

where V_s and V_p are the speeds of transversal and longitudinal waves (for the Earth in the whole are $V_p = 10,37 \text{ km/sec}$, $V_s = 6,01 \text{ km/sec}$. for, continental crust $V_p \simeq 6 \text{ km/sec}$, $V_s \simeq 3,5 \text{ km/sec}$).

The observed real tides on the Earth surface represent the difference between static tide in the ocean, determined by the factor $(1 + k)$, and the tide in lithosphere, determined by Love member h . Therefore if in the geologic past masses in lithosphere were distributed by the Archimedes law ($\nu = 1/2$, $k = 1$, $h = 2$), then according to (2) the tidal amplitude on the Earth's surface should have been equal to 0.

If in our epoque the lithosphere is in isostatic equilibrium and such state is considered to be rough approximation to the state of hydrostatic equilibrium, then in Archean, most probably, mass distribution in lithosphere approached to Archimedean one considerably greater. In historical-geological and paleotectonic plan the most acceptable structure for Archean lithosphere is necessary to consider fineclumpy mosaic composition on condition that in rheological interpretation viscous friction between blocks practically lacked and blocks were balanced between themselves and the underlying asthenosphere according to Archimedes law.

In connection with this let's point out the following data. In the growth structure of Devonian corals with absolute age of enclosing layers $370 \cdot 10^6 \text{ years}$ in the average it is marked 399 diurnal growth lines, and for contemporary (holocene) corals—360 lines [see 22, 27]. On this

base it is considered that in Middle Devonian the diurnal duration was shorter than contemporary one in relation 360/399, i. e. if the day now consists of 23,94 hours, then 370 mln. years ago it consisted of 21,59 h. According to these data the day was lengthened during the last 370 mln. y. for 2,286 sec. in every 10^5 years. According to latest astronomical data this estimation makes 2,3 sec for 10^5 years [6].

By our estimations, the Earth's tidal retardation from Moon is nearly wholly compensated by contractional acceleration of the Earth's rotation and the above pointed retardation stated by coral fauna falls to the share of tidal friction excited by the Sun. According to the pointed estimations during the absence of the Sun's influence on the Earth diurnal rotation period in contemporary epoche should be twice as short (12, 17). This estimation enters into the semiempirical rule of planets' rotation isochronism according to which in the absence of solar tides influence all the planets make a whole diurnal turn during the time in the range of 9,9—13,1 h. [see 24].

Calculations based on supposition that at the beginning of geological time the Moon was very close to the Earth and rotated around it with the same angular speed as the Earth rotated around its own axis, show that at that time the Earth rotated around its axis 5 times quicker than now and its polar compression was equal to 1/13.

From the Love-Larmore equation it is known that $k_{\max} = 2\varepsilon/q - 1 = 0,9337$ ($\varepsilon = 1/298,25$ -polar compression of the lithosphere, $q = 1/288,37$ -geodynamic parameter). As we assumed $2k \simeq h$, then from (4) we'll get $\eta = 0,067$ and from the analyses of semidiurnal tidal waves running (by component M_2) we'll get $1 + k - h = \eta = 0,685$ [see 11, 12, 24].

For quantitative estimations we designate for the contemporary Earth the Love factor τ_0 , radius R_0 , angular speed of rotation ω_0 , the Moon's angular speed of rotation n_0 , distance between the Earth's and Moon's centres l_0 , amplitude of tides A_0 , and for the geologic past correspondingly, τ, ω, n, l, A also let's assume

$$n^2 l^3 = G(M + m) = \text{const.}$$

Then from expressions (2)–(3) we'll get

$$\frac{\omega_0}{\omega} \cdot \frac{n}{n_0} = \sqrt{\frac{\tau_0}{\tau}}. \quad (6)$$

If at the beginning of the geologic time the Moon rotated around the Earth with the speed of $n = \omega$, and at present $\omega_0/n_0 \cong 27$ and $\eta \cong 0,7$, then at that time it was $\tau_0/\tau = 729$, $\eta = 0,001$ and consequently, masses, forming the lithosphere were nearly wholly in the state of hydrostatic equilibrium ($\eta = 0$). Such a state is achieved practically only when the lithosphere is divided into a great quantity of blocks, viscous friction between which is absent. With this it is known that on prolonged effect of the force the resistance of friction between such blocks is practically brought to 0.

Let's point that on the poles the difference between radial and tangential tensions in the lithosphere is determined from the expression

$$\sigma_s = \frac{2}{3} \tau_0 g R \varepsilon$$

made for the beginning of geologic time at $\sigma_s \simeq 3 \cdot 10^{10} \text{ dyne/cm}^2$ (when $\rho = 2 \text{ g/cm}^3$, $R = 1,5 \cdot 10^9 \text{ cm}$, $g = 200 \text{ cm/sec}^2$, $\varepsilon = 1/13$). With $\tau_0 = 0,001$ we get $\sigma_s = 3 \cdot 10^7 \text{ dyne/cm}^2$, and with $\tau_0 = 0,067$, corresponding to the secular Love number $k = k_s = 0,933$, $\sigma_s = 2 \cdot 10^9 \text{ dyne/cm}^2$.

Touching upon the early history of the Earth-Moon system in its connection with the problem of the life development it should be taken into consideration that the presence of the above mentioned algal colonies and other organisms in Archean time suggests the Earth's localization as an individualized mass on its contemporary orbit already in the beginning of geological time.

According to Stephan-Boltzmann's law the temperature T on the Earth's surface stipulated by the Sun's radiation on the distance of S from the Sun is determined from the equation

$$E = 4\pi S^2 \sigma_0 T, \quad ST^2 = \text{const}, \quad (7)$$

where E —is the quantity of solar energy, emitting in a second ($3,9 \cdot 10^{33} \text{ erg}$) and the constant σ_0 equal to $5,7 \cdot 10^{-5} \text{ erg/(cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{grad)}$. In aphelion $S = 152 \text{ mln. km.}$, in perihelion $S = 147 \text{ mln. km.}$ and difference of energies ΔE between these two positions at one and the same value of E and T in (7) will make $6,64\%$.

From proportions

$$\frac{\Delta E}{E} = - \frac{4\Delta T}{T}, \quad \frac{\Delta S}{S} = - \frac{2\Delta T}{T} \quad (8)$$

it follows that the temperature difference in aphelion at $\Delta S = 5 \text{ mln. km.}$, $\Delta E = 6,64\%$ and at actual average temperature of the Archean land is accepted $T = 390^\circ \text{ K}$).

As it is known in the absence of hothouse effect maximum of the temperature on the Earth corresponds theoretically to the Earth's position in perihelion and minimum to the position in aphelion and as in aphelion winter begins, then in case if the Earth is constantly at orbital distance exceeding the present aphelion's radius then all the hydrosphere will appear frozen, a global glaciation will take place, conditions necessary for existence and development of familiar to us forms of living organisms will be absent. Equally, if the Earth is at orbital distance, noticeably less than the present radius of perihelion then the surface of it will turn into incandescent desert not suitable for development of those familiar to us forms of life.

From the above pointed estimations it follows that the Earth could be formed in Katarchean time ($4,5-4,7 \text{ mlrd. years ago}$) on its present orbit, either by accretion of supposed circumsolar material

or as transformation (swelling) product of degenerated material of high density separated from a certain primary agglomerate during its catastrophic desintegration which soon after separation turned out to be on its present orbit.

The above pointed fact of the blue-green algae existence during the whole Archean, Proterozoic and Phanerozoic and correspondingly propinquity of their conditions of existence during the whole geologic history (water saline composition, temperature, illumination intensity, aeration, nutritous substances, magnetic field, tidal height etc) pointing to localization of the inhabited Earth on its present orbit already 4 *mlrd* years ago, at the same time denies the wide-spread in cosmology and cosmogony opinion about quick decrease of gravitational constant during the time in Newton's law of universal gravitation, and thesis about removal of planets from the Sun in the course of time. To this first evidently pointed E. N. Lushchich, considering only data on fauna and flora development in Phanerozoic [see 10].

In 1938 P. Dirac [17] suggested a hypothesis according to which the gravitational constant G (present value is $6,745 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3/(\text{g} \cdot \text{sec}^2)$) is inversely proportional to the Universe's age which by recent data is estimated as $(18-20) \cdot 10^9$ years, weakening G by his estimations makes 10^{-7} . D. S. Deerborn and D. N. Schramm (1974) estimate the measure of absolute decrease G in a year in $4 \cdot 10^{-11} - 10 \cdot 10^{-11}$. Starting from Dirac's pointed idea, Hilgenberg [20], Halm [19] and later L. Egyed and P. Jordan [18, 21] tried to prove that the Earth was permanently extending (especially in Mesozoic and Cenozoic) and planets were permanently removing from the Sun [18].

Adherents of Dirac's conception considered that nontidal component of the Earth's rotation angular speed change is stipulated by G variations.

According to paleontologic data for the last 400 *mln. years* of the marine fauna history the relative change of the Earth's rotation angular speed made $d\omega/(\omega dt) = 28 \cdot 10^{-9} \text{ cent}^{-1}$. Predicted by the theory the value $d\omega/(\omega dt) = 48 \cdot 10^{-9} \text{ cent}^{-1}$ (calculated value determined wholly by the Earth's tidal retardation under the influence of the Moon and Sun's gravity); the non-tidal component presence $\omega/\omega 48 \cdot 10^{-9} \text{ cent}^{-1} - 28 \cdot 10^{-9} \text{ cent}^{-1} = 20 \cdot 10^{-9} \text{ cent}^{-1}$ we explained by the Earth's volume decrease corresponding to Earth's radius shortening with the speed of $2 \cdot 10^{-9} \text{ cm/sec}$ or 6,37 *cm* for 100 years according to condition $\Delta\omega/\omega = -2\Delta R/R$ [see 4].

The problem of lithosphere rheology was examined also in connection with the dissipation problem of tidal friction energy. In a number of earlier works it was considered that this energy dissipates in shallow seas, the calculations showing that all the tidal energy of the Moon must have dissipated primarily in the Bering sea only for half a day. Later suggestions were made about dissi-

ipation of tidal energy in liquid masses of the core and the mantle. [1, 11, 24]. W. Kaula [8] and G. McDonald [24] consider that all the tidal energy could more or less equally dissipate in the hydrosphere and lithosphere if the latter were divided into 1000 blocks, able to displace in relation to each other. Munk and Revelle [25] have considered the cinematics of such a mosaic. In their model of the mosaic lithosphere the general value of the lowering blocks is equal to the general value of rising blocks and the inertia tensor fluctuates, as the average values of latitude and longitude of rising blocks in general cannot but differ from such of lowering blocks.

Displacement of lithosphere blocks causes change of rotation speed and change in the distance between the rotation pole and inertia pole of the Earth.

According to Munk and Revelle [25] the relation of the meanroot values of the pole oscillations of the diurnal duration is equal to

$$\frac{m_1}{m_3} = \frac{\sqrt{3}}{2H} \approx 265, \quad (9)$$

where H is the dynamic compression of the Earth, equal to $1/305,51$.

In the works [3, 4, 5] we have shown that for the Earth maximum values $(m_1) = 7,5 \cdot 10^{-7} \text{ rad}$, $(m_3) = 5,07 \cdot 10^{-9}$, the damping time of the pole oscillation being equal to 10 periods of Chandler oscillations, that is, nearly to 12 years. These estimations were received from correlations $\Delta J/J = -\Delta\omega/\omega = 2\Delta R/R = H(m_1) = m_3$ (J is the inertia moment, ω is the angular speed of rotation, R is the radius, and ΔJ , $\Delta\omega$, ΔR are the small changes J , ω , R), and are coordinated with estimation given by expression (9). In the Munk-Revelle model such coordination points in the whole to the chaotic character of lithosphere blocks movement. The condition $\bar{m}_1/\bar{m}_3 \ll 265$ would point to the high axial symmetry of processes stipulating swinging (oscillation) of the Earth's rotation pole.

According to Markowitz [23] for the XX century $\bar{m}_1 = 6,4 \cdot 10^{-7} \text{ rad}$ and the damping semiperiod of the rotation pole swinging $\tau = 14,28 \text{ y}$.

According to formula (9) when $265 \bar{m}_3 = \bar{m}_1$ and $\bar{m}_3 = 2,5 \cdot 10^{-9}$ at $R = 6,37 \cdot 10^8 \text{ cm}$ corresponds to $\Delta R = 0,764 \text{ cm}$ for the time $\tau = 14,28 \text{ years}$ or $\Delta R = 5,35 \text{ cm}$ for 100 years.

So, the historical-geological and paleontological data as well as astronomical data point to the possible chaotic character of the lithosphere blocks movement, the main cause of these movements, stipulating in its turn the oscillations of the poles, being contraction of the Earth's volume. As to the lunar tides their small height in the Archean must be explained by high density of plastic hinges and faults in the lithosphere strata and possibly by more high temperature of the lithosphere and the Earth in general. Presence of monotypic stromatolites in the Archean, Proterozoic and Phanerozoic points in the first approximation to the invariability of the distance between the Earth and the Sun and correspon-

dingly to the relative invariability of the gravitational constant G , at least during the last 4 *mlrd* years of geologic history.

Ա. Տ. ԱՍԼԱՆՅԱՆ

ԱՐԽԵՅԻ ԶՐԻՄՈՒԹՆԵՐԸ, ԼՈՒՍՆԻ ՄԱԿՐՆԹԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ
ԵՎ ԶԳՈՂԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՀԱՍՏԱՏՈՒՆԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Նորագույն հետազոտությունները պարզել են, որ կապտականաչ ջրի-մուտներն անընդմեջ լայն տարածում են ունեցել Երկրի պատմության վերջին 4 միլիարդ տարիների ընթացքում գոյություն ունեցող ծանծաղ ծովերի հատակում: Այս նշանակալից փաստից հետևում է, որ՝

Ա. Մովային կյանքի պայմանները Երկրի վրա վերջին 4 միլիարդ տարիների ընթացքում եղել են մոտավորապես միօրինակ:

Բ. Մովային ավազաններում Լուսնի կողմից հարուցված մակընթացային ալիքների ամպլիտուդան եղել է մոտավորապես միևնույնը, ուստի լիթոսֆերայի կոշտությունը արխեյից դեպի անտրոպոգեն անընդհատ աճել է. ընդամին վաղ շրջանում նա կազմված է եղել ավելի մեծ թվով բլոկներից և զանգվածների բաշխումը նրանում ենթարկվել է Արքիմեդի օրենքին. միաժամանակ ենթադրվում է, որ լիթոսֆերայի և ողջ Երկրի ջերմությունն արխեյում եղել է ավելի բարձր, քան այժմ:

Գ. Երկրագունդն իբրև ինքնուրույն երկնային մարմին ձևավորվել է իր ժամանակակից ուղեծրի վրա սրանից առնվազը 4 միլիարդ տարի առաջ, քանի որ ավելի փոքր S շառավիղ ունեցող ուղեծրի վրա ($S \ll 147$ միլիոն կմ) նրա մակերևույթը կնժանվեր շիկացած ջրազուրկ անապատի, իսկ ավելի մեծ շառավիղ ունեցող ուղեծրի դեպքում ($S \gg 152$ միլիոն կմ) նրա մակերևույթը (օվկիանոսներն ու ծովերը ներառյալ) պատված կլիներ հավելածական սառույցներով (օրգանական կյանքի մեզ ծանոթ ձևերի գոյությունն այդ պայմաններում կլիներ անհնարին):

Դ. Նյուտոնի համաշխարհային ձգողության օրենքի հաստատուն գործակցի մեծությունը վերջին 4 միլիարդ տարիների ընթացքում մնացել է անփոփոխ:

Ե. Լիթոսֆերայի բլոկների փոխադարձ տեղաշարժերն ունեն քառսային (կոնվեկտիվ) բնույթ, քանի որ Երկրի պատույտի արագության տատանումների մեծությունը և նրա բևեռների ճոճման կիսաամպլիտուդայի հարաբերությունը մոտավորապես հավասար է նրա դինամիկական կծկման մեծությանը ($1/305,5$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Асланян А. Т. О внутренней температуре и химизме Земли. Известия АН Арм. ССР, геол. и географ. науки. № 3, 1963.

2. Асланян А. Т. Об эквивалентности факторов Лява и Пуассона в теории приливного торможения и горизонтального распора земной коры. Геомеханика, № 6, 1975.
3. Асланян А. Т. Возбуждение чандлеровских колебаний полксов как проявление контракции Земли. Известия АН Арм. ССР Науки о Земле, № 4—5, 1977.
4. Асланян А. Т. К расчету скорости векового изменения радиуса Земли. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 5, 3—11, 1978.
5. Асланян А. Т. К динамике системы Земля-Луна. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, т. 33, № 1, 1979.
6. Бакушин П. И., Блинов Н. С. Служба точного времени. «Наука», М., 1977.
7. Дарвин Г. Дж. Приливы. «Наука», М., 1963.
8. Каула У. Введение в физику планет Земной группы. «Мир», М., 1971.
9. Криштофович А. Н. Палеоботаника. ГОНТИ, Л., 1957.
10. Люстих Е. Н. Некоторые замечания об использовании физики в геотектонических построениях. Известия АН СССР, серия геол., № 1, 1962.
11. Манк У., Макдональд Г. Вращение Земли. «Мир», М., 1964.
12. Мельхиор П. Земные приливы. «Мир», М., 1968.
13. Молоденский М. С. Влияние вязкости на фазу земных приливов. Известия АН СССР, серия геофиз., № 10, 1963.
14. Cailleux A. Geologie generale. Masson, 1976.
15. Dicke R. H. The Earth and Cosmology. Science, 138, 1962.
16. Dicke R. Gravitation, an enigma, Journ. Washington Acad. Sci., 48, 213, 1958.
17. Dirac P. A. M. A new basis for cosmology. Proc. Roy. Soc., 165, 1938.
18. Egyed L. Dirac's cosmology and the origin of the solar system. Nature, 186, 1960.
19. Halm J. K. E. An astronomical aspect of the evolution of the Earth. Journ. Astr. Soc. S. Afr., 4, 1935.
20. Hilgenberg O. L. Von Wachendem Erdball, Geissmann und Bartsch, Berlin, 1933.
21. Jordan P. Geophysical consequences of Dirac's hypothesis, Rev. Mod. Phys., 34, 1962.
22. Lambeck K. The Earth's paleorotation. Tidal friction and the Earth rotation. Springer-Verlag, 1978.
23. Markowitz W. Comparison of ILS, IPMS, BIH and Doppler polar motions with theoretical. Rep. to commissions 19 and 31, XXI Intern. Astr. Union, Grenoble, 1976.
24. McDonald G. J. T. Tidal friction. Rev. Geophys. 2, 3, 467, 1966.
25. Munk W., Revelle R. On the Geophysical interpretation of irregularities in the rotation of the Earth. Mon. Not. Roy. Astron. Soc., Geophys. Suppl., 6, 331, 1952.
26. Piper J. D. A. Geological and Geophysical evidence relating to continental growth on dynamics and the hydrosphere in precambrian times: a review and analysis. Tidal friction and the Earth rotation. Springer Verlag, 1978.
27. Scrutton C. T. Periodicity in Devonian coral growth. Palaeontology, vol. 7, part 4, 1964.
28. Walter M. R. Stromatolites, Elsevier Sci. Publ. Comp., Amst.-Oxf.-N. Y., 1976.

