

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 307 (2016), 62 – 66

UDK 550.3

**THE LONG-TERM TRENDS IN VARIATIONS
OF THE LENGTH OF DAY AND THE FREQUENCY
OF EARTHQUAKE OCCURRENCE AT THE GLOBE**

Zh.Sh. Zhantayev, G.Ya. Khachikyan, D.Kairatkyzy, A. Andreev

«Institute of Ionosphere» JSC «National Center of Space Research and Technology», Almaty
galina.khachikyan@gmail.com

Key words: angular speed of rotation of the Earth, the global seismic activity

Abstract. Modern knowledge on change of the Earth's angular velocity and its contribution to the variation of the energy of rotation are analyzed. It is shown that increasing angular velocity leads to increasing energy of the Earth's rotation and its compression, that can lead to increasing global seismic activity. The experimental data on variations in 1973-2014 the length of day (LOD), and the frequency of occurrence at the globe the earthquakes with magnitude 4.5 and more are investigated. It is found that in total, the both the angular speed of rotation of the Earth and the frequency of earthquake occurrence at the globe increased that is in agreement with the theoretical predictions.

УДК 550.3

**ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ В ВАРИАЦИЯХ
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЗЕМНЫХ СУТОК И ЧАСТОТЫ
ВОЗНИКНОВЕНИЯ НА ПЛАНЕТЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

Ж.Ш. Жантаев, Г.Я. Хачикян, Д. Кайраткызы, А.Б. Андреев

ДТОО «Институт ионосферы» АО «НЦКИТ, г.Алматы

Ключевые слова: угловая скорость вращения Земли, глобальная сейсмическая активность.

Аннотация. Систематизированы современные знания об изменении угловой скорости вращения Земли и его вкладе в вариацию энергии ее вращения. Показано, что в результате прибавления величины угловой скорости и момента инерции, энергия вращения планеты возрастает и увеличивается ее сжатие, что может привести к усилению сейсмической активности. Проанализированы экспериментальные данные о вариациях продолжительности земных суток и частоты возникновения на планете землетрясений с магнитудой $M \geq 4.5$ за период 42 года (1973-2014гг). Выделены долговременные тренды в вариациях этих параметров, которые показали, что, в целом, угловая скорость вращения Земли возростала от 1973г к 2014г и сейсмическая активность планеты также возростала, что находится в соответствии с теоретическими предсказаниями.

Введение. К теории вращения Земли обращались многие авторы и одной из обобщающих в этом направлении является работа Ж. С. Ержанова и А.А. Калыбаева [1]. Изучение вариаций угловой скорости вращения Земли представляет интерес не только с научной точки зрения, но и очень важно для практики, в том числе, для решения задач прогноза землетрясений. В настоящее время существует убеждение, что задачу прогноза очагов сильных землетрясений, происходящих на фоне тектонических движений в литосфере, необходимо рассматривать одновременно и на

фоне вращательных движений Земли [2]. Не исключено, что начальной стадией развития сейсмического процесса может быть зарождение складки в земной коре, что можно рассматривать как потерю устойчивости формы равновесия слоистой толщи под действием приложенных сил, обусловленных, в том числе, неравномерностью вращения Земли. С такой точки зрения (неустойчивости форм равновесия при изменении угловой скорости вращения Земли) была исследована механика сейсмических процессов на территории Тянь-Шаньского сейсмогена [2]. Показано, что наблюдалось резкое увеличение скорости вращения Земли на рубеже 1870 - 1880гг., что могло стать причиной возникновения сильнейших коровых землетрясений: Верненского 1887г и Чиликского 1889г (с учетом времени релаксации для реологических моделей Земли, составляющем от 10 до 15 лет). Настоящая работа направлена на дальнейшее исследование связи между нестабильностью вращения Земли (продолжительности земных суток) и сейсмической активностью планеты.

Фигура Земли и «критические широты». Под влиянием гравитационного и центробежного потенциала, фигура Земли имеет форму сфероида (геоида), обладающего сжатием: $\varepsilon = (R - H) / R$, где R , H – экваториальный и полярный радиусы планеты, соответственно. Радиус-вектор сфероида (r) при малых сжатиях определяется формулой общего вида [3]:

$$r = R_0 [1 + \varepsilon (1/3 - \sin^2\varphi)], \quad (1)$$

где R_0 – радиус сферы, эквивалентной по объему сфероида, φ – геоцентрическая широта. Из (1) следует, что радиус-вектор $r = R_0$ совпадает со средним радиусом Земли и в первом приближении не зависит от ее сжатия на «критических широтах», определяемых равенством: $\sin^2\varphi_1 = 1/3$, то есть, $\varphi_1 = \pm 35^\circ 15' 52''$.

В работе [4] был проведен анализ фигур вращения и показано, что для всех форм поверхности тела: эллипсоид вращения, самогравитирующее тело постоянного геопотенциала, упруго-деформируемая сфера, сжатие не зависит от инерционных характеристик тела и существует универсальная связь между сжатием (ε) и угловой скоростью вращения (ω) в виде $\varepsilon = C(R_0)\omega^2$, где $C(R_0)$ – есть некоторая постоянная, зависящая от среднего радиуса тела. Полная (гауссова) кривизна поверхности эллипсоида вращения при малых сжатиях в первом приближении определяется уравнением [4]:

$$\kappa = \kappa_1 [1 - 8\varepsilon P_2(\sin\varphi)/3], \quad (2)$$

где $\kappa_1 = 1/R_0^2$ – есть полная кривизна, а $P_2(\sin\varphi) = 1,5\sin^2\varphi - 0,5$ есть зональная сферическая функция второго порядка.

На рис.1 представлены зависимости полной кривизны сфероида от широты при различных величинах сжатия (ε) из работы [5]. Значения полной кривизны приведены к кривизне сферы. Видно, что общие точки пересечения пучка гауссовых кривых находятся на «критических широтах» и в первом приближении не зависят от сжатия, а полная кривизна равна кривизне эквивалентной по объему сферы.

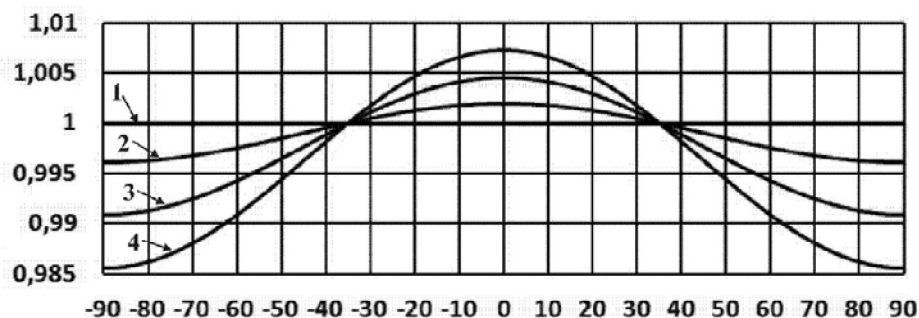


Рисунок 1 – Зависимость полной (гауссовой) кривизны поверхности сфероида от широты для различных величин сжатия: 1. $\varepsilon = 0$ – (сфера), 2. $\varepsilon = 0,00135$; 3. $\varepsilon = 0,00335$ (Земля); 4. $\varepsilon = 0,00535$ [5].

На рис.2 показано распределение относительной объемной плотности кинетической энергии вращения эллипсоида в зависимости от широты из работы [5]. Четко выделяются две критические зоны, в которых фиксируются пиковые значения плотности энергии вращения. Как отмечено в [5], эти зоны отделяют полярные области эллипсоида, где ярко выражена деформация сжатия среды, от экваториальной области, в которой преобладают деформации растяжения.

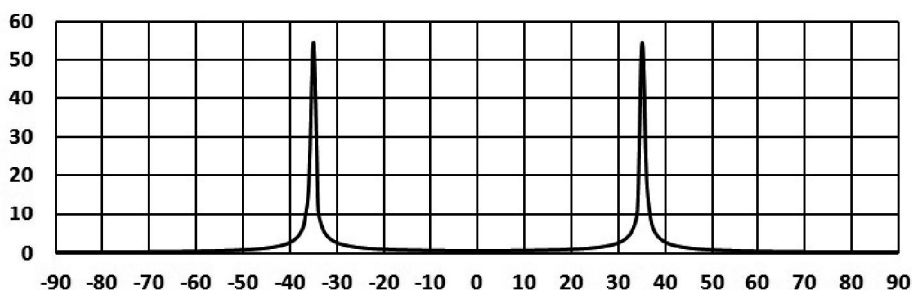


Рисунок 2 – Зависимость относительной объемной плотности энергии вращения эллипсоида от широты [5].

Вариация энергии вращения Земли за счет изменения угловой скорости вращения. Нестабильность угловой скорости вращения Земли должна оказывать влияние на ее общую энергию вращения. При выполнении условия $\omega = \omega(t)$ для вариации кинетической энергии вращения тела получаем [5]:

$$dE = 2E \cdot d\omega / \omega + S dI \cdot \omega^2, \quad (3)$$

где I - момент инерции тела. Выражение (3) показывает, что энергия тела в результате нестабильности вращения должна возрастать в результате прибавления величины угловой скорости и величины момента инерции. Наиболее существенным здесь является рост относительной величины угловой скорости вращения, которая оценена в [6], как $d\omega / \omega \approx 10^{-8}$. Исходя из этого соотношения, величина вариации энергии (E) вращающегося тела составит [5]:

$$dE = 2E \cdot d\omega / \omega \approx 10^{29} \cdot 10^{-8} = 10^{21} \text{ Дж в год.} \quad (4)$$

Эта величина по порядку совпадает с величиной ежегодно выделяемой энергии землетрясений на всей Земле. Таким образом, с учетом вышеизложенного, можно заключить, что при ускорении вращения Земли (*уменьшении продолжительности земных суток*) должна появиться дополнительная энергия, которая (с учетом рис.2) должна быть распределена неравномерно по широтным поясам. Это говорит о том, что величина эффекта связи сейсмичности с вариациями угловой скорости вращения Земли может быть разной для разных широтных поясов, но в целом, сейсмическая активность Земли должна усиливаться при увеличении угловой скорости ее вращения (*уменьшении продолжительности земных суток - Length of Day (LOD)*). Проверке этого предположения посвящен следующий раздел.

Долговременные тренды в вариациях LOD и количестве происходящих на планете землетрясений с $M \geq 4.5$. Точность определения угловой скорости вращения Земли (продолжительности земных суток) существенно улучшилась в 80-годы прошлого века, когда появились новые средства, такие как РСДБ - радиотелескопы со сверхдлинной базой, навигационные спутники (GPS), лазерные наблюдения за специальными спутниками, и стали проводиться наблюдения далеких радиисточников, расположенных в других галактиках, позволившие увеличить точность наблюдений почти на три порядка. Репрезентативные данные о вариациях глобальной сейсмической активности появились практически в то же время, поэтому в данной работе использованы данные за 1973-2014гг по отклонению длительности земных суток от эталонного значения 86400 сек (Delta_LOD), полученные международной службой вращения Земли (<http://www.iers.org/ IERS/EN/DataProducts/data.html>) и данные глобального сейсмологического каталога NEIC, сформированного национальной геологической службой США

(USGS). На рис. 3 на нижней панели представлены вариации годового количества землетрясений с представительной магнитудой $M \geq 4.5$, произошедших на планете в 1973-2014гг (205311 событий), а на верхней панели - вариации параметра (Delta_LOD) за тот же период времени.

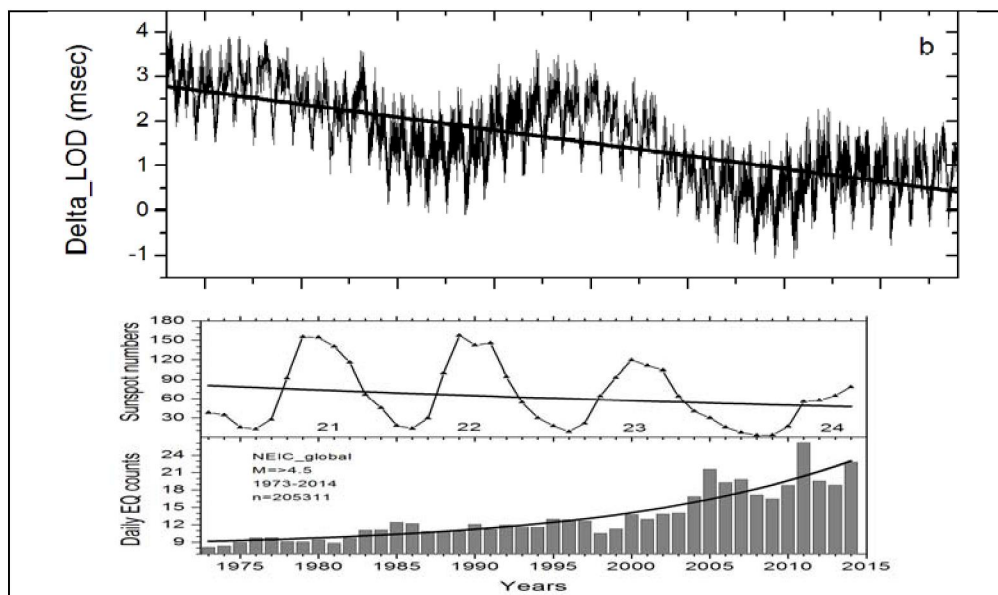


Рисунок 3 – Вариации годового количества землетрясений с $M \geq 4.5$ (нижняя панель) и отклонения продолжительности земных суток от эталонного значения (Delta_LOD - верхняя панель) в 1973-2014гг.

Жирные черные линии на рис.3 представляют долговременные тренды в исходных данных. Видно, что тренды для двух рядов находятся в противофазе. Длительность земных суток в целом уменьшалась от 1973 к 2014гг, а количество происходящих на планете землетрясений - увеличивалось. Уменьшение продолжительности земных суток говорит об ускорении вращения Земли от 1973г к 2014г. В соответствии с соотношениями (2, 3), при ускорении вращения Земли должна появиться дополнительная энергия, которая затем может выделиться, в том числе, в виде землетрясений. С учетом этих знаний следует ожидать, что сейсмическая активность планеты, в целом, должна была увеличиваться от 1973г к 2014г, что и наблюдалось на самом деле (тренд на нижней панели рис.3). По рисунку 3 также видно, что в вариациях продолжительности земных суток (угловой скорости вращения Земли) имеются и более короткие периодичности, как регулярного, так и нерегулярного характера. Исследование этих периодичностей в связи с вариациями сейсмической активности Земли будет предметом наших дальнейших исследований.

Заключение. Систематизированы современные знания об изменении угловой скорости вращения Земли и его вкладе в вариацию энергии ее вращения. Показано, что в результате прибавления величины угловой скорости и момента инерции, энергия вращения планеты возрастает и увеличивается ее сжатие, что может привести к усилению сейсмической активности. Проанализированы экспериментальные данные о вариациях продолжительности земных суток и частоты возникновения на планете землетрясений с магнитудой $M \geq 4.5$ за период 42 года (1973-2014гг). Выделены долговременные тренды в вариациях этих параметров, которые показали, что, в целом, угловая скорость вращения Земли возрастала от 1973г к 2014г и сейсмическая активность планеты также возрастала, что находится в соответствии с теоретическими предсказаниями.

Работа выполнена в рамках проекта РБП-076: «Разработать методические основы оценки сейсмической опасности на основе данных о вариациях солнечной активности, геомагнитного поля и скорости вращения Земли». Регистрационный номер (РН) 0115PK01276.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ержанов Ж. С., Калыбаев А.А. Общая теория вращения Земли, М.: Наука, 1984, 254 с.

[2] Жантаев, Ж. Ш. Модель напряженного состояния неоднородной земной коры и ее приложение к условиям Тянь-Шаньского сейсмогена [Текст] : автореф. дис. докт. физ.мат. наук: 04.00.22 Геофизика / Жантаев, Ж. Ш. Алматы : [б. и.], 1995, 34 с.

[3] Stacey F.D., Davis P.M. Physics of the Earth, N.Y.: Cambridge Univ. Press, 2008, 552 p.

[4] Poincaré H. Figures d'équilibre: d'une masse fluide. Paris: C. Naud, 1902, 210 p.

[5] Левин Б.В., Е.В. Сасорова, А.В. Доманский. Свойства «критических широт», вариации вращения и сейсмичность Земли. Вестник ДВО РАН, 2013, № 3, с. 3-8.

[6] Сидоренков Н.С. Физика неустойчивостей вращения Земли. М.: Наука, Физматлит, 2002, 384 с.

REFERENCES

[1] Erzhanov J.S., Kalybayev A.A. General Theory of the Earth's rotation, M.: Nauka, 1984, 254 p. (in Russian).

[2] Zhantayev Zh. Sh. The model of stressed state of the inhomogeneous earth's crust and its application to the conditions of the Tien-Shan seismogene. Synopsis of the PhD, Almaty, 1995, 34 с.

[3] Stacey F.D., Davis P.M. Physics of the Earth, N.Y.: Cambridge Univ. Press, 2008, 552 p.

[4] Poincaré H. Figures d'équilibre: d'une masse fluide. Paris: C. Naud, 1902, 210 p.

[5] Levin B.V., EV Sasorova, A.V. Domanski. Properties of "critical latitudes", variations of rotation of the Earth and seismicity. Bulletin of DVO RAS, 2013, № 3, p. 3-8.

[6] Sidorenkov N.S. Physics of the Earth's rotation instabilities. M.: Nauka, Fizmatlit, 2002, 384 p.

ЖЕР СІЛКІНІСІНІҢ ПАЙДА БОЛУ ЖИЛІКТЕРІ ЖӘНЕ ЖЕР ТӘУЛІКТЕРІНІҢ ҰЗАҚТЫҚ ВАРИАЦИЯСЫНЫҢ ТРЕНДТЕРІ

Ж.Ш. Жантаев, Г.Я. Хачикян, Д. Кайратқызы, А.Б. Андреев

ЕЖШС «Ионосфера институты»

«Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы» АҚ, Алматы

Түйін сөздер: жердің айналу бұрыштық жылдамдығы, ғаламдық сейсмикалық белсенділік.

Аннотация. Қазіргі заманғы біліммен Жердің айналуының бұрыштық жылдамдығының өзгерісіне және оның айналу энергиясының вариациясына қосқан үлесін жүйелендіреді. Бұрыштық жылдамдық және инерция мезеті шамаларын қосу нәтижесінде, ғаламшардың айналу энергиясы артады және сығылуы үлкейеді, сонымен қатар сейсмикалық белсенділіктің артуына әкеліп соғатыны көрсетілген. Өлеміндегі жер сілкіністерінің магнитудасы $M \geq 4.5$, 42 жыл кезеңінде (1973-2014жж.) пайда болу жиілігіне және жердің тәуліктік вариациясының ұзақтығы бойынша эксперименттік деректерге талдау жасалды. Теориялық болжауға сәйкес келетін, белгіленген осы параметрлер вариациясының ұзақ мерзімді трендтері үшін, жердің тәуліктік айналу бұрыштық жылдамдығы вариациясының мәліметтері 1973-дан 2014-ке дейінгі аралықта артқандығы және ғаламшардың сейсмикалық белсенділігі де өсетіндігі көрсетілді.

Поступила 17.06.2016 г.