

Член-корреспондент АН СССР П. Н. КРОПОТКИН, А. Е. ЛЮСТИХ

## СЕЗОННАЯ ПЕРИОДИЧНОСТЬ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ПРИНЦИП НЬЮТОНА — МАХА

Как известно, необходимость использования космологической («ньютоновской») системы отсчета, связанной с массами Метагалактики в целом и их гравитационным полем, возникает при анализе ускорений и вращательного движения (маятник Фуко, ускорение Кориолиса, прецессия). Этот вопрос широко обсуждается в связи с так называемым принципом Маха, согласно которому инерция любого тела обусловлена его гравитационным взаимодействием с массами всей Вселенной (<sup>1-4</sup>). Перемещения по отношению к равномерно распределенной удаленной материи по существу идентичны «абсолютному» движению, фигурировавшему в механике Ньютона и в теории Лоренца (<sup>5</sup>).

Согласно теории, предложенной Р. Дике и основанной на принципе Маха, предполагается зависимость величины гравитационной постоянной  $\gamma$ , измеряемой на движущемся теле, от скорости  $v$  его движения в космологической системе отсчета (<sup>6</sup>). Рассматривалось изменение  $v$  движения Земли в течение года, обусловленное сложением под разными углами двух векторов: скорости орбитального движения Земли  $v_1=30$  км/сек и скорости движения солнечной системы в Галактике и Метагалактике  $v_2 \sim 250$  км/сек. Было показано, что причиной сезонных изменений частоты землетрясений «может быть годовая вариация величины активной гравитационной массы Земли» (<sup>6</sup> стр. 3843), т. е. величины  $\gamma M$  ( $M$  — масса Земли). В условиях переменной гравитации размеры  $R$  и момент инерции Земли  $J$ , а также упругие напряжения в земной коре должны изменяться в соответствии с вариациями  $\gamma M$ . Гармонический анализ данных по 1933 землетрясениям показал наличие периода, соответствующего 365 суткам, с максимумом частоты землетрясений в июне — июле.

Для проверки этих выводов на более обширном статистическом материале нами была произведена обработка мировых данных по 4315 землетрясениям с магнитудой  $m$  от 5,5—6 и выше, за 1904—1952 гг. (<sup>7</sup>) и 5350 землетрясениям с  $m \geq 5,7$  за 1953—1965 гг. (<sup>8</sup>). Количество землетрясений, суммированное по месяцам за эти периоды (рис. 1, А) и по всему периоду 1904—1965 гг. (рис. 1, Б—Г), пересчитано по методу скользящих средних по трехмесячным интервалам, и найденные значения выражены в процентах от среднемесячной величины. На рис. 1, Д, наряду с выровненной кривой, показаны исходные данные по месяцам; отклонения имеют случайный характер и по величине незначительны (0,1—6,8%).

Кривую сезонного изменения частоты землетрясений можно аппроксимировать как синусоиду с амплитудой  $A=10\%$  и максимумом и минимумом, приходящимися на середину июня и середину декабря. Общий вид кривой сохраняется как в 1904—1952 гг., так и в 1953—1965 гг. (рис. 1, А), будучи характерен как для неглубоких (с глубиной очага 0—70 км), так и для глубоких (70—700 км, рис. 1, Б) землетрясений. Отчетливый июньский максимум (117%) и расплывчатый минимум с ноября по март отмечаются, в частности, в распределении 688 наиболее глубоких (300—700 км) землетрясений по месяцам. Сезонные изменения частоты, приблизительно одинаковые по амплитуде и по времени, обнаруживаются также при срав-

нении землетрясений Северного и Южного полушарий (рис. 1, *В*) и землетрясений Тихоокеанской и Азиатско-Атлантической областей (рис. 1, *Г*).

Используя графические данные из работы (9) о количестве землетрясений по месяцам 1950—1963 гг., мы также обнаружили максимум (с превышением против средней величины на 4—6%) в апреле — июне и минимум (с понижением на 4—9,5%) в декабре — феврале. В (9) учтено 22 560 землетрясений, включая многие слабые землетрясения с  $m < 5,5$ .

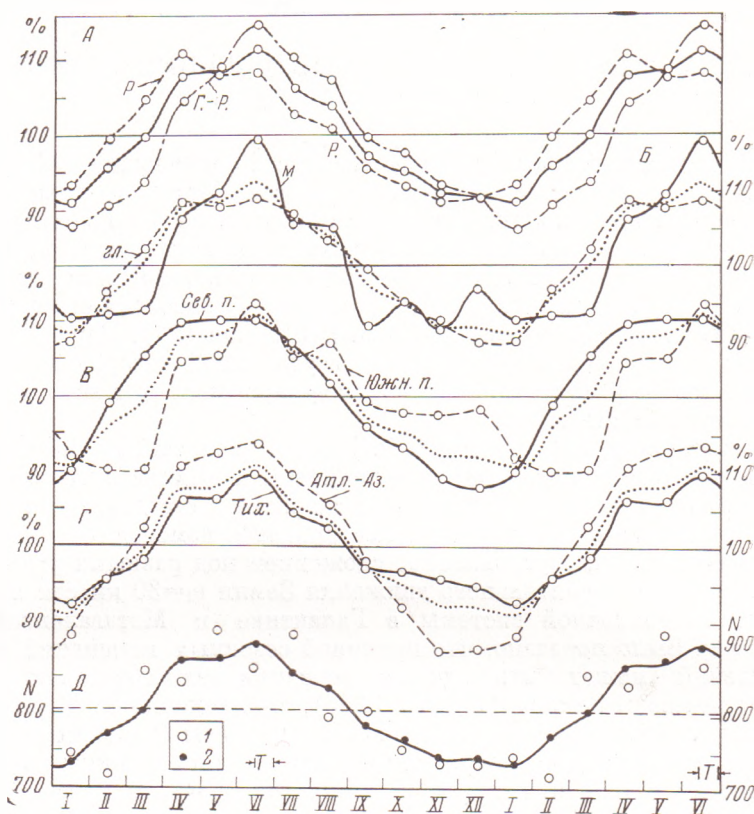


Рис. 1. Сезонные изменения количества землетрясений. Данные по месяцам, выровненные по трехмесячным интервалам (% от среднего количества). *А* — землетрясения за 1904—1952 гг. (отмечены буквами *Г.* — *Р.*, 4315), 1953—1965 гг. (*Р.*, 5350), и по всему периоду 1904—1965 гг. Эта же суммарная кривая повторена на графиках *Б*—*Г* пунктирной линией; *Б* — сезонные изменения числа неглубоких (м.) землетрясений (6926 землетрясения за 1904—1965 гг.) и глубоких (гл.) землетрясений (2739 за 1904—1965 гг., глубина очага 70—700 км); *В* — землетрясения северного полушария (6089) и южного полушария (3576); *Г* — землетрясения Тихоокеанской области (6311) и Атлантическо-Азиатской области (3354); *Д*: 1 — общее число *N* землетрясений по месяцам за 1904—1965 гг., 2 — те же данные, выровненные по трехмесячным интервалам, *T* — время, когда скорость движения Земли в Галактике ( $v = v_s + v_t$ ) достигает максимума

При анализе наиболее сильных ( $m \geq 7$ ) землетрясений Тихоокеанского пояса (10), зарегистрированных с 1897 по 1964 гг. (всего 1263), указанная периодичность не обнаруживается. Они распределены довольно равномерно по месяцам, с несколькими случайными максимумами и минимумами.

Таким образом, сезонная периодичность частоты землетрясений, имеющая глобальный характер, отчетливо проявляется на любой глубине, главным образом, в землетрясениях средней интенсивности ( $7 > m > 5$ ). Поскольку подавляющее большинство (более 83%) землетрясений происходит в обстановке тектонического сжатия, ориентированного почти гори-

зонтально, при дислокациях типа взбросов, взбросо-сдвигов и надвигов (<sup>11</sup>), эта периодичность должна рассматриваться как указание на процессы, увеличивающие сжатие в мае — июле и уменьшающие его через полгода. Небольшие дополнительные горизонтальные напряжения могут играть роль «спускового крючка» в тех случаях, когда благодаря медленному, продолжавшемуся в течение сотен лет, тектоническим деформациям очаг «созрел» для разрыва и быстрых смещений.

По-видимому, поверхностные метеорологические факторы не могут быть причиной глобальной периодичности землетрясений. Так, например, сезонные температурные изменения распространяются очень медленно и проникают неглубоко. В северном и южном полушариях изменения температуры противоположны по фазе, тогда как периодичность землетрясений совпадает по фазе в обоих полушариях. Изменения давления на дно океанов (по сравнению с материками (<sup>12</sup>)), которые могут быть связаны с небольшими вариациями уровня океана при таянии льда и снега, слишком малы, чтобы повлиять на сейсмичность глубоких очагов. К тому же во время максимума землетрясений (июнь) уровень воды в океанах близок к среднему годовому значению, а колебания уровня совершенно не совпадают по фазе с изменениями сейсмичности.

Было показано, что и другие факторы, за исключением общего изменения радиуса Земли в течение года, не могут иметь значения для глобальных вариаций сейсмичности (<sup>6</sup>). Уменьшение  $R$  и  $J=0,33 MR^2$  должно приводить к увеличению скорости вращения Земли около своей оси  $\omega=Q/J$  (так как момент количества движения  $Q=\text{const}$ ). Возможно, вариации составляют небольшую часть сезонных изменений  $\omega$ . Годичные вариации  $\omega$  в основном объясняются метеорологическими факторами — переброской момента количества движения от атмосферы на твердую Землю и обратно (<sup>13, 14</sup>) — и характеризуются максимумом  $\omega$  12—15 июля и амплитудой  $\Delta\omega/\omega=(4,0-5,7) \cdot 10^{-9}$ , что соответствует изменению продолжительности суток в течение полугодия на величину  $\Delta t=0,68-0,98$  мсек.

В пользу гипотезы Дике об изменении гравитирующей массы и радиуса Земли как основной причине сезонных вариаций сейсмичности (<sup>5, 6</sup>) говорят следующие соображения. Направление  $v_s$  движения Солнца в космологической системе отсчета может быть приблизительно определено по его движению в галактике (к созвездию Лебеда,  $\alpha=330^\circ$ ,  $\delta=54,5$ ; угол, образуемый вектором  $v_s$  с плоскостью эклиптики,  $\theta \sim 60^\circ$ ) и по распределению на небесной сфере тех близких к нам галактик, в спектре которых космологическое красное смещение полностью скомпенсировано доплер-эффектом  $v_s$ .

Если принять (<sup>16, 17</sup>)  $v_s=250$  км/сек.,  $\theta=60-85^\circ$  и считать (<sup>5, 6</sup>), что  $\gamma M = \gamma M_0 [1 + 0,5 (v/c)^2]$ , где  $c$  — скорость света, то

$$\frac{\Delta(\gamma M)}{\gamma M} = \frac{v_{\max}^2 - v_{\min}^2}{2c^2} = \frac{2v_s v_i \cos \theta}{c^2} = (1,4-8,3) \cdot 10^{-8}.$$

Время, когда  $v=v_{\max}$ , т. е. проекция вектора  $v_s$  на плоскость эклиптики совпадает с направлением  $v_i$ , и величины  $\gamma M$  и  $\omega$  достигают максимума, определяется при указанных  $\alpha$  и  $\delta$  как 13—27 июня. Г. Хесс (<sup>6, 15</sup>) подсчитал на основании упругой модели Земли, что при изменениях  $\gamma$  вариация  $(\Delta J/J) = -0,12 (\Delta \gamma/\gamma)$ . Принимая ориентировочно в два раза меньшую величину для соотношения  $(\Delta J/J): [(\Delta \gamma M)/\gamma M]$  и  $\theta=60-85^\circ$ , можно оценить вариацию  $\omega$  за полгода как  $(\Delta\omega/\omega) = -(\Delta J/J) = 0,06 (1,4-8,3) \cdot 10^{-8} = 8 \cdot 10^{-10} - 5 \cdot 10^{-9}$ , что соответствует  $\Delta t_i = 0,07-0,43$  мсек. или от 8 до 50% наблюдаемого сезонного изменения продолжительности суток. Поскольку собственная скорость движения Галактики в космологической системе может иметь компоненту в несколько десятков км/сек, перпендикулярную к направлению движения Солнца в Галактике (<sup>18</sup>), истинное направление

$v_s$  может отличаться от указанного направления  $v_s'$  на  $20-30^\circ$ , а время наибольшего сжатия Земли (при  $v=v_{\max}$ ) — на месяц от указанного выше.

Таким образом, как по времени, соответствующему максимумам сейсмичности и скорости суточного вращения Земли, так и по амплитуде годичных вариаций гипотеза об изменении  $\gamma M$  согласуется с экспериментальными данными. Изменения  $\gamma M$  должны сопровождаться вариациями ускорения силы тяжести ( $0,015$  мгал за полгода, если  $\theta=85^\circ$ ).

Геологический институт  
Академии наук СССР  
Москва

Поступило  
5 IX 1973

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Гравитация и относительность, М., 1965. <sup>2</sup> Р. Х. Дайк, Природа гравитации, сборн. «Наука», 1964. <sup>3</sup> К. П. Стенюкович, Гравитационное поле и элементарн. частицы, «Наука», 1965. <sup>4</sup> С. Brans, R. H. Dicke, Phys. Rev., v. 124, № 3, 925 (1961). <sup>5</sup> П. Н. Кропоткин, Сборн. Поле и материя, М., 1971. <sup>6</sup> W. J. Morgan, J. O. Stoner, R. H. Dicke, J. Geophys. Res., v. 66, № 11, 3831 (1961). <sup>7</sup> В. Gutenberg, C. F. Richter, Seismicity of the Earth, Princeton, 1954. J. P. Rothé, The Seismicity of the Earth, 1953–1965, UNESCO, Paris, 1972. <sup>8</sup> J. F. Simpson, Earth and Planet. Sci. Letters, v. 3, № 5, 417 (1968). <sup>9</sup> S. J. Duda, Tectonophysics, v. 2, № 5, 409 (1965). <sup>10</sup> Л. М. Балакина, А. В. Введенская и др., Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений, «Наука», 1972. <sup>11</sup> P. Kästner, Geophysica (Helsinki), v. 9, № 3, 185 (1966). <sup>12</sup> Н. С. Сидоренков, Астрон. журн., т. 44, № 3, 650 (1967). <sup>13</sup> E. A. Challinor, Science, v. 172, № 3987, 1022 (1971). <sup>14</sup> У. Манк, Г. Макдональд, Вращение Земли, М., 1964. <sup>15</sup> П. П. Шаренго, Астрон. журн., т. 29, № 3, 245 (1952). <sup>16</sup> П. Г. Куликовский, Справочн. любителя астрон., изд. 4, «Наука», 1971. <sup>17</sup> G. Vaucouleurs, W. L. Peters, Nature, v. 220, 868 (1968).