

Н. Л. БЫЗОВА

## ВЛИЯНИЕ СЕЗОННОГО ПЕРЕНОСА МАСС ВОЗДУХА НА ДВИЖЕНИЕ ЗЕМНОЙ ОСИ

(Представлено академиком В. В. Шулейкиным 8 V 1947)

1. Не вполне шарообразная форма Земли служит причиной так называемой свободной нутации, происходящей, по Чендлеру, с периодом 1,18 года. Наблюдения астрономов над изменением широт, вызываемым нутацией, показывают, что в действительности движения оси, а стало быть, и смещения северного и южного полюсов вращения представляют собой совокупность чендлеровской свободной нутации и некоторого вынужденного движения, которое вызвано силами, меняющимися с годичным периодом.

Первое обстоятельное исследование этих сил было произведено Джефрисом (1), показавшим, что силы эти могут быть порождены периодическим переносом воздушных масс то в одном, то в другом направлении, в зависимости от времени года. Вдобавок к этому предположению, которое высказывали и другие авторы (2) до него, Джефрис считает, что заметную роль должен играть снежный покров.

Однако в распоряжении Джефриса были лишь старые климатологические карты, а вычисление моментов инерции перемещающихся воздушных масс он производил весьма грубо. Промежуток времени между наступлением минимальных температур он принимал неизменно равным 12 месяцам, что верно только в среднем.

В настоящей работе сделана попытка уточненного анализа вынужденной нутации Земли и сопоставления его с наблюдениями.

2. Обозначим мгновенные координаты полюса вращения относительно среднего его положения через  $l$  и  $m$ , период свободной нутации через  $T$ . Пусть, с другой стороны,  $\xi$  и  $\eta$  будут „статические“ отклонения полюса вращения, которые пропорциональны добавкам центробежных моментов инерции, вызванным каким-либо перераспределением воздушных масс. Тогда можно будет записать два простых уравнения:

$$\frac{dl}{dt} = \frac{2\pi}{T} (m - \eta), \quad \frac{dm}{dt} = -\frac{2\pi}{T} (l - \xi). \quad (1)$$

Грандиозные перераспределения воздушных масс происходят под действием неодинакового прогрева воздуха над океаном и над материками (3). В зимнее время над Азией и Европой появляется дополнительная масса воздуха, составляющая  $3 \cdot 10^{14}$  тонн, а в летнее время эта масса стекает к океанам. Как вычисление этой массы, так и все другие вычисления производились по картам Большого советского атласа мира. Разумеется, давления атмосферы, приведенные к уровню моря на этих картах, пришлось перечислять к уровню истинной земной поверхности в соответствующих точках материка. Перечисление

производилось по барометрической формуле, причем значения температур воздуха брались по данным того же атласа. В результате были построены карты изаллобар, то есть карты изменения истинного давления воздуха на земной поверхности за соответствующую часть года (например с июля по январь). Через промежутки в  $\Delta\varphi = 5^\circ$  проводились параллели и отмечались долготы  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  их пересечения с той или иной изаллобарой. Нетрудно показать, что приращения центробежных моментов, вызванные перемещениями воздушных масс, можно представить в виде, удобном для вычисления по таким картам. Именно:

$$\begin{aligned} E &= R^4 \iiint \cos^2 \varphi \sin \varphi \cos \lambda \, d\varphi \, d\lambda \, d\mu = \\ &= R^4 \iint (\sin \lambda_2 - \sin \lambda_1) \cos^2 \varphi \sin \varphi \, d\varphi \, d\mu = \\ &= R^4 \sum \sum [(\sin \lambda_2 - \sin \lambda_1) \Delta\mu] \cos^2 \varphi \sin \varphi \Delta\varphi. \end{aligned}$$

Формула для второго центробежного момента

$$D = R^4 \iiint \cos^2 \varphi \sin \varphi \sin \lambda \, d\varphi \, d\lambda \, d\mu$$

подвергалась аналогичному преобразованию. Во всех этих уравнениях через  $\mu$  обозначена переменная дополнительная масса воздуха. Как видим, эта масса фактически вычислялась как бы по частям: по „ступеням“ приращения масс, расположенным внутри площади какой-либо из построенных изаллобар. Совершенно очевидно, что подобный метод надежнее, чем метод Джефриса, вычислявшего приращения масс в отдельных случайных точках земной поверхности (он брал их в вершинах сферических четырехугольников  $20^\circ \times 10^\circ$ ).

Все изменения атмосферного давления над поверхностью океана автоматически выравниваются за счет соответственного смещения уровня воды. Поэтому переменная масса, зависящая от времени, принималась одинаковой на всем протяжении мирового океана. По примеру Джефриса, был учтен и меняющийся во времени снежный покров; однако его роль оказалась относительно небольшой. При вычислении  $\xi$  и  $\eta$  по значениям  $E$  и  $D$  были учтены деформации тела Земли за счет ее упругости. При этом поправочный множитель был испытан в двух вариантах: по Джефрису <sup>(3)</sup>  $x = 0,625$ , по Розенхеду <sup>(4)</sup>  $x = 0,75$ .

3. За нуль были приняты координаты  $\xi$  и  $\eta$ , соответствующие июлю. При этом условия значения координат для января и для промежуточных месяцев (октября и апреля) оказались следующими:

Без учета снежного покрова:

	VII	X	I	IV
$\xi$ . . . . .	0	1,4	2,05	0,4
$\eta$ . . . . .	0	6,6	8,0	4,3

С учетом снежного покрова:

$\xi$ . . . . .	0	1,4	2,05	0,4
$\eta$ . . . . .	0	6,6	8,6	4,3

в  $0'', 01$  дуги меридиана

По этим точкам находились уравнения смещения полюса во времени. Без учета поправочного множителя  $x$  они получались в виде:

$$\xi = -0'', 0117 \sin 2\pi(t + 0,21),$$

$$\eta = 0'', 0446 \sin 2\pi(t + 0,25).$$

При джефрисовом значении  $x=0,75$ :

$$\xi = -0''0085 \sin 2\pi(t + 0,21),$$

$$\eta = 0''033 \sin 2\pi(t + 0,25).$$

При розенхедовом значении  $x=0,625$ :

$$\xi = -0''007 \sin 2\pi(t + 0,21),$$

$$\eta = 0''028 \sin 2\pi(t + 0,25).$$

На основании многолетних наблюдений за изменениями широт во всех странах Орлов (<sup>6</sup>) вывел средние значения  $l$  и  $m$  в уравнении (1):

$$l = 0''088 \cos 2\pi(t + 0,31),$$

$$m = 0''075 \sin 2\pi(t + 0,31).$$

Дифференцируя эти уравнения Орлова по времени и подставляя производные от  $l$ ,  $m$  и сами функции в (1), получим:

$$\xi = 0''0,$$

$$\eta = 0''03 \sin 2\pi(t + 0,31).$$

4. Как видим, выражения для  $\xi$  и  $\eta$ , полученные нами теоретически, хорошо совпадают с результатами обработки громадного материала наблюдений, произведенной Орловым.

Остается объяснить резко выраженное непостоянство вынужденной нутации Земли. Для этого необходимо было исследовать изменчивость амплитуд  $\xi$  и  $\eta$ , вызванную непостоянством минимальных и максимальных температур воздуха, а следовательно, и непостоянством переносимых масс. Исследование, проведенное по материалам Центрального института прогнозов, показывает, что в продолжение десятилетия с 1921 по 1931 г. амплитуда колебаний  $\eta$  менялась не более, чем в полтора раза в ту или иную сторону; величина  $\xi$  не проявляла какой-либо периодичности и всегда была ничтожно мала.

Повидимому, изменчивость амплитуд нутации вызывается не столько изменчивостью амплитуд температуры воздуха, сколько непостоянством промежутка времени между наступлениями минимальных температур в смежные годы. Объясняется это тем, что период свободной нутации равен 1,18 астрономического года, а „геофизический год“ (промежуток времени между минимумами температур воздуха) иногда может приближаться к этой величине. В справедливости подобной гипотезы убеждает хотя бы пример 1907 г., когда амплитуда нутации за один год возросла на  $0''08$ . В предположении полного резонанса между собственными и вынужденными колебаниями был вычислен путь полюса с 1907 по 1909 г. Результаты вычислений воспроизведены на рис. 1 пунктирной кривой с точками. На том же рисунке сплошной кривой нанесен путь полюса по Орлову (<sup>7</sup>).

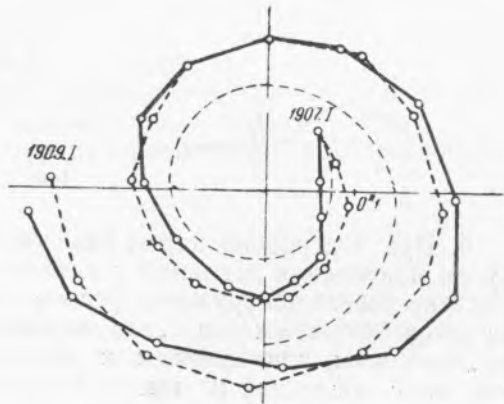


Рис. 1

Тонкая пунктирная кривая соответствует отсутствию резонанса. Рис. 1 показывает, что гипотеза о резонансе приводит к результатам, хорошо совпадающим с действительностью. Замечательно, что о наличии резонанса свидетельствуют метеорологические летописи, имеющиеся в Главной геофизической обсерватории: по данным метеорологического архива ГГО, в 1906 г. минимальные температуры в Центральной Сибири (в Новосибирске) наблюдались в феврале; в 1907 г. они соответствовали январю, а в 1908 г. минимальные температуры снова оказались в феврале. Следовательно, „геофизический год“ на промежутке между минимумами 1906—1907 гг. равнялся 11 месяцам (0,92 астр. года), а „геофизический год“ 1907—1908 гг. составлял 13 месяцев (1,1 астр. года).

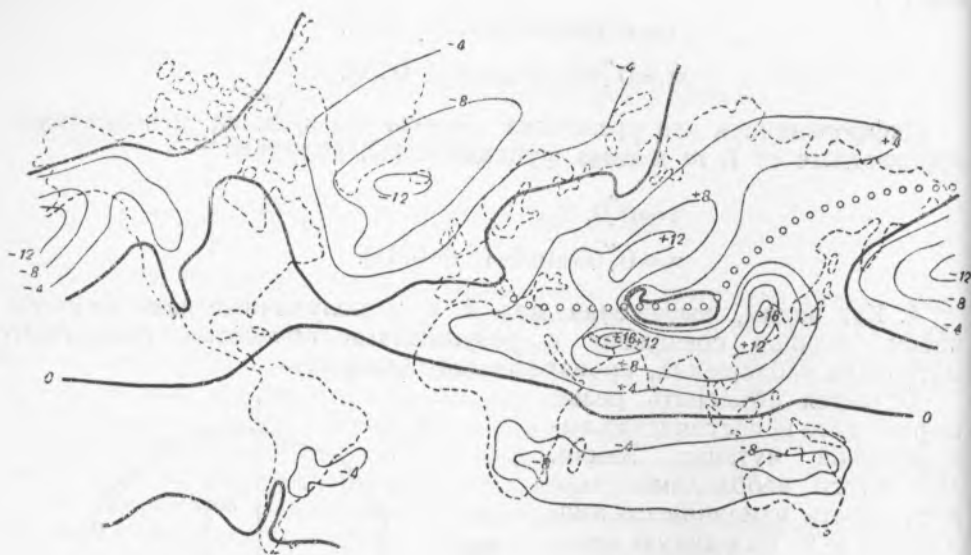


Рис. 2

5. При построении карты изаллобар „июль—январь“, вычисленных путем приведения давлений к истинному уровню земной поверхности, попутно было обнаружено весьма важное обстоятельство, которое остается скрытым на „искусственных“ изаллобарах, вычисленных по давлениям, приведенным к уровню моря (в отношении переносимых масс последние не имеют никакого физического смысла). Именно, на протяжении материков Азии и Европы резко обрисовалась грань, отделяющая северо-западную область от юго-восточной. На протяжении первой области лежит громадный „холм“ дополнительных масс, обусловленный деятельностью зимнего муссона. На протяжении второй области лежат два таких холма, но здесь они обусловлены деятельностью летнего муссона. На рис. 2 воспроизведена схематическая карта найденного естественного районирования муссонов (она грубо построена по точной карте, служившей для вычисления дополнительных воздушных масс).

Черноморская  
гидрофизическая станция  
Академии Наук СССР

Поступило  
8 V 1947

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Н. Jeffreys, The Earth; its Origin, History and Physical Constitution, 1929.  
<sup>2</sup> W. Schweydar, Zur Erklärung der Bewegung der Rotationpole, 1919, S. 362.  
<sup>3</sup> В. В. Шулейкин, ДАН, 52, № 5 (1946). <sup>4</sup> Н. Jeffreys, M.R.A.S., No. 76, 499 (1916). <sup>5</sup> L. Rosenhead, M.N.R.A.S., G.S. II, No. 3, 140 (1929). <sup>6</sup> А. Я. Орлов, ДАН, 51, № 7 (1946). <sup>7</sup> А. Я. Орлов, ДАН, 37, № 9 (1942).