

А. Н. РЕВАЗОВ

О ВЫЧИСЛЕНИИ ВАРИАЦИЙ АТМОСФЕРНЫХ МАСС ЗЕМЛИ

В метеорологической литературе широко освещается изменчивость метеорологических элементов [5] и преобразование энергии в атмосфере [3], с которыми тесно связано перераспределение атмосферных масс Земли. Вариации атмосферных масс над любыми частями земной поверхности обуславливают вариации потенциалов атмосферных масс. Поэтому представляет определенный интерес вычисление масс частей атмосферы в глобальном масштабе на ряд лет, на это указывал автор в своем докладе «Метод вычислений атмосферных масс Земли» на XXX научно-технической конференции Львовского политехнического института в октябре 1973 года.

В настоящей статье, представляющей собой изложение упомянутого доклада с учетом дальнейших исследований, анализируются результаты вычисления масс равновеликих частей

атмосферы, ограниченных коническими поверхностями, оси которых проходят через центр Земли и узлы стандартной картографической сетки координат ($\Delta\varphi=5^\circ$, $\Delta\lambda=10^\circ$). Исходным материалом для произведенных расчетов послужили карты изобар приземного слоя, а также карты барической топографии и карты температур стандартных изобарических поверхностей: 500 мб, 300 мб, 100 мб, 30 мб — северного полушария; эти карты составляются и находятся в Гидрометцентре СССР.

По исходным значениям давления и температуры согласно уравнению состояния вычислялись значения плотности в узлах сетки на всех поверхностях

$$\rho = \frac{p}{R \cdot T}, \quad (1)$$

где p и T — соответственно давление и температура в каждом узле сетки на каждой изобарической поверхности; R — газовая постоянная.

Между соответственными узлами сетки (с одинаковыми координатами — φ , λ) соседних уровенных поверхностей принимался линейный закон изменения плотности воздуха в зависимости от высоты

$$\rho = \rho_n - \frac{\rho_n - \rho_v}{H_v - H_n} \cdot h, \quad (2)$$

где ρ — плотность воздуха на высоте h от нижней изобарической поверхности; ρ_n , ρ_v — плотности воздуха в узлах нижней и верхней соседних изобарических поверхностях; H_v и H_n — высоты соответственных узлов верхней и нижней соседних изобарических поверхностей.

Объем части атмосферы, ограниченной конической поверхностью с вершиной в центре Земли и двумя соседними изобарическими поверхностями, определяется формулой.

$$V = \frac{4}{3} \pi \sin^2 \frac{\psi}{4} (L_v^3 - L_n^3), \quad (3)$$

где L_v и L_n — расстояния от центра Земли (от вершины конуса) до соответственных узлов сетки на верхней и нижней соседних изобарических поверхностях; ψ — угол при вершине конуса.

Масса части атмосферы, ограниченной конической поверхностью с вершиной в центре Земли и двумя соседними сферическими поверхностями, проходящими через соответственные точки соседних изобарических поверхностей, вычислялась по формуле

$$m = \rho_m \cdot V, \quad (4)$$

$$\text{где } \rho_m = \frac{\rho_n + \rho_v}{2}.$$

Поскольку в расчет принимались пять изобарических поверхностей, то учитывался слой атмосферы примерно в 25 км по высоте, в пределах которого располагаются свыше 95% всей массы атмосферы Земли. Между пятью изобарическими поверхностями получаются четыре значения m , вычисляемые по формуле (4). Таким образом, вся масса части атмосферы, ограниченная конической поверхностью с вершиной в центре Земли, земной поверхностью и изобарической поверхностью 30 мб, получается как сумма четырех слагаемых m :

$$M = m_1 + m_2 + m_3 + m_4. \quad (5)$$

Автором были составлены алгоритм, а затем программа на символическом языке АЛГОЛ-60 и произведены вычисления на ЭВМ «М-222». В частности, были найдены массы M при $\psi = 4^\circ$ на 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8 января 1972 г. и 1 февраля 1972 года. На каждую из дат были получены по 648 значений M . Причем, согласно используемой сетки координат ($\Delta\varphi = 5^\circ$, $\Delta\lambda = 10^\circ$), на каждую из широт $0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ, 50^\circ, 55^\circ, 60^\circ, 65^\circ, 70^\circ, 75^\circ, 80^\circ, 85^\circ$ приходится по 36 значений M . Для каждой из этих широт выбирались экстремальные значения M (максимальное значение — $M_{\max}$ и минимальное — $M_{\min}$) и вычислялись разности между ними $\Delta M = M_{\max} - M_{\min}$, а также среднеширотные значения M (M_φ). Затем подсчитывались относительные величины, выраженные в процентах

$$\delta M = \frac{\Delta M}{M_\varphi} \cdot 100\%, \quad (6)$$

для каждой широты отдельно.

Как и следовало ожидать, наименьшие значения δM — в Заполярье и в приэкваториальных широтах, но все же и на этих широтах δM достигает значений 4—7%; на широтах 35° — 65° δM достигает 8—11% от соответствующего среднеширотного значения M_φ . Наибольшие пространственные изменения M по всему северному полушарию достигают 12% от среднего значения $M(M_{\text{ср}})$ по 648 значениям M .

Для выявления вариаций атмосферных масс Земли во времени брались разности ($M_2 - M_1$) между соответственными значениями M (с одинаковыми φ, λ) в разные дни. Максимальная величина $M_2 - M_1$ между значениями от 8. I. 72 и 1. I. 72 достигает 6,3% от первоначального значения $M(M_1)$ или 6,6% от $M_{\text{ср}}$. Свыше двадцати из 648 величин $M_2 - M_1$ превышают 4% от их первоначальной величины. Конечно, наибольший интерес для последующих сопоставлений с вариациями потенциалов атмосферных масс представляют собой участки атмосферы Земли, где значительно изменяются не только значение M над конкретным узлом сетки координат, но изменяются значительно и с тем же знаком значения M над всеми восемью соседними узлами. При анализе 648 значений $M_2 - M_1$ соответственно

от 8. I. 72 и 1. I. 72 выявлено восемь таких участков ($\Delta\varphi=10^\circ$, $\Delta\lambda=20^\circ$).

Изучение перераспределений атмосферных масс представляет определенный интерес для гравиметрии, поскольку с ними связаны изменения гравитационного поля Земли. Очевидно, что вариации потенциалов атмосферных масс достигают наибольших значений именно там, где выявлены наибольшие вариации атмосферных масс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алгоритмический язык АЛГОЛ-60. Пересмотренное сообщение. М., «Мир», 1965.
2. Белоусов С. Л., Гандин Л. С., Машкович С. А. Обработка оперативной метеорологической информации с помощью ЭВМ.
3. Борисенков Е. П. Сезонные преобразования энергии в атмосфере Северного и Южного полушарий. — «Труды ААНИИ», 1963, т. 253, с. 109—121.
4. Ланцош К. Практические методы прикладного анализа. М., Физматгиз, 1961.
5. Решетов В. Д. Изменчивость метеорологических элементов в атмосфере. Л., Гидрометеониздат, 1973.
6. Тверской П. Н. Курс метеорологии. (Физика атмосферы). Л., Гидрометеониздат, 1962.
7. Хоган А. Х. Физика атмосферы. Л., Гидрометеониздат, 1969.
8. Чепмен С., Линдзен Р. Атмосферные приливы. Термические и гравитационные. М., «Мир», 1972.

Работа поступила в редколлегию 20 января 1975 года. Рекомендована лабораторией Солнечно-Земных связей Всесоюзного научно-исследовательского гидрометеорологического центра СССР.