

М. А. Волочай, М. Н. Грицаева, Р. Г. Закинян, И. Н. Ларченко, С. А. Сухов, А. А. Крупкин (Ставрополь, СГУ).
Образование ячеистых структур в атмосфере.

Свободная конвекция является, по существу, первопричиной почти всех движений в атмосфере. Примером вертикальной классической рэлеевской конвекции в атмосфере является конвекция, приводящая к образованию над большими пространствами небольших облаков, расположенных в порядке ячеек [1], [2]. Будем предполагать, что плотность слабо зависит от давления по сравнению с зависимостью от температуры (приближение Буссинеска). Будем также считать, что подъем воздушной частицы происходит адиабатически. Введем функцию перегрева $\Delta T(z) = \Delta_0 T - \Delta\gamma z$, тогда выражение для плотности воздушной частицы ρ_i запишется в виде

$$\rho_i = \rho_c(1 - \beta\Delta T). \quad (1)$$

С учетом уравнения статики атмосферы и выражения (1) уравнение движения идеальной жидкости в форме Эйлера в инерциальной системе отсчета в проекциях на ось Z в стационарном случае запишется в виде

$$u \frac{\partial w}{\partial x} + w \frac{\partial w}{\partial z} = \beta g \Delta T. \quad (2)$$

Однако наличие восходящих потоков должно вызвать появление компенсационных нисходящих движений, что математически определяется уравнением неразрывности $\partial u / \partial x + \partial w / \partial z = 0$.

Введем функцию тока ψ :

$$u = \frac{\partial \psi}{\partial z}, \quad w = -\frac{\partial \psi}{\partial x}. \quad (3)$$

Подставляя (3) в (2), получаем

$$-\frac{\partial \psi}{\partial z} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial \psi}{\partial x} \frac{\partial^2 \psi}{\partial z \partial x} = \beta g \Delta\gamma(z_T - z). \quad (4)$$

Представляя решение уравнения (4) в виде произведения двух независимых функций координат $\psi(x, z) = X(x)Z(z)$, получим решение в виде

$$\psi(x, z) = \frac{N_{BV}}{k} \sqrt{z(2z_T - z)} \cos kx.$$

Волновое число k можно оценить выражением

$$k = \sqrt{\frac{\beta g}{2R_d(\gamma_A - \gamma_a)\Delta_0 T}} \Delta\gamma.$$

Отсюда из определений (3) для проекций скорости получим выражения

$$u = \frac{N_{BV}}{k} \frac{z_1 - z}{\sqrt{z(2z_1 - z)}} \cos kx, \quad w = N_{BV} \sqrt{z(2z_1 - z)} \sin kx.$$

Оценим значения полученных постоянных при следующих значениях параметров: $\beta = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$, $\gamma_a = 0,0098 \text{ К/м}$, $\gamma = 0,006 \text{ К/м}$, $R_d = 287 \text{ м}^2/(\text{с}^2 \text{ К})$, $\Delta_0 T = 4 \text{ К}$, $\gamma_A = 0,0342 \text{ К/м}$. Следовательно, $N_{BV} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$, $k = 0,1 \text{ км}^{-1}$, $z_T = 1 \text{ км}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В. В., Гусев А. М. Свободная конвекция в геофизических процессах. — Успехи физических наук, 1983, т. 141, в. 2, с. 311–342.
2. Матвеев Л. Т. Физика атмосферы. СПб.: Гидрометеоздат, 2000, 779 с.