

**50-я научная конференция МФТИ**  
**Факультет проблем физики и энергетики**  
**Секция методов решения обратных задач в физике**

---

УДК 551.513

*Кулямин Д.В.*

Московский физико-технический институт (государственный университет)  
Институт вычислительной математики РАН

**Моделирование квазидвухлетних колебаний  
зонального ветра в экваториальной стратосфере**

В работе рассматривается проблема воспроизведения климатическими моделями квазидвухлетних колебаний (КДК) зонального ветра в экваториальной стратосфере. Это глобальное климатическое явление может быть описано как медленно распространяющиеся вниз западная и восточная фазы зонального ветра, сменяющие друг друга с периодом около 28 месяцев (такие колебания непосредственно наблюдаются в экваториальной зоне на высотах примерно 16–50 км). В широтном направлении интенсивные КДК наблюдаются в узкой полосе около экватора ( $6^\circ$  на север и на юг). Подробный современный обзор всех аспектов КДК приведён в [1]. Значение этого казалось бы локального явления для формирования климата определяется воздействиями на общую циркуляцию атмосферы и на основные атмосферные процессы глобального характера [1].

Несмотря на всю значимость КДК, лишь немногие климатические модели в настоящее время способны воспроизводить это явление. Причиной являются достаточно сложные и не до конца понятные механизмы формирования этого процесса. Считается общепринятым, что в основе КДК зональной скорости в экваториальной стратосфере лежит нелинейное взаимодействие зонального потока и вертикально распространяющихся экваториальных волн. Мы можем условно разбить все экваториальные волны на две группы. К первой группе отнесём крупномасштабные экваториально захваченные волны (их периоды примерно 1–5 дней, зональные длины более 1000 км). Ко второй группе отнесём мелкомасштабные гравитационные волны (с периодом  $\ll 1$  суток и зональными длинами волн примерно 10–1000 км).

Автором рассмотрены описанные механизмы возбуждения КДК и получены результаты для специально построенных упрощённых моделей, описывающих взаимодействие двух указанных типов волн со средним потоком (для длинных волн модель предложена Р. Пламбом [2], а для коротких волн в основе модели лежит механизм обрушения, описываемый параметризацией, предложенной К. Хинсом [3]). За основу при построении моделей было взято одномерное уравнение эволюции скорости

зонального ветра на экваторе (с учётом вертикального перемешивания):

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} - \mu \frac{\partial \bar{u}^2}{\partial z^2} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial (F_{Plumb} + F_{Hines})}{\partial z}.$$

Здесь величины  $F_{Plumb}$  и  $F_{Hines}$  задают потоки количества движения от взаимодействия со средним течением длинных и коротких гравитационных волн соответственно. Следуя работам [2, 3] эти величины задаются следующим образом:

$$F_{Plumb}(z) = \rho(z) \sum_n F_n(z_0) \exp \left( - \int_0^z \frac{N(z')v}{k_n(\bar{u}(z') - c_n)^2} dz' \right),$$

$$F_{Hines}(z) = \rho(z_0)\sigma(z_0)^2 hC(m_i C^+(z) - m_i C^-(z)).$$

Методами численного моделирования рассмотрены два механизма возбуждения КДК. Показана возможность каждого из них самостоятельно воспроизвести аналог КДК в упрощённой системе. Основным результатом доклада является утверждение, что механизм обрушения коротких гравитационных волн самодостаточен для возбуждения колебаний зонального ветра. Численные результаты для двух математических моделей взаимодействия волн со средним течением, из которых можно предположить наличие у системы устойчивого решения в виде предельного цикла. Исследована зависимость характеристик колебаний от параметров модели в обоих случаях (получена пропорциональность периода колебаний и основных волновых параметров для обоих типов волнового взаимодействия). На примере совместной модели получено, что ведущую роль в формировании периода и несимметрии восточной и западной фаз КДК играют планетарные волны, гравитационные же волны играют второстепенную роль, подкачивая недостающую энергию в колебательную систему. Выведены условия, необходимые для реализации КДК в моделях общей циркуляции: высокое вертикальное разрешение для воспроизведения механизма взаимодействия длинных волн на критических уровнях, изменение волнового спектра и понижение влияния побочных процессов (вертикальных движений) на экваторе для механизма обрушения гравитационных волн.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Baldwin M.P., et al.* The Quasi-Biennial Oscillation // Rev. Geophysics. — 2001. — V. 39. — P. 179–229.
2. *Plumb R.A.* The Interaction of two internal waves with the mean flow: implications for the theory of the quasi-biennial oscillation // J. of Atm. Science. — 1977. — V. 34. — P. 1847–1858.
3. *Hines C.O.* Doppler spread parameterization of gravity wave momentum deposition in the middle atmosphere. Part 1, Basic formulation // J. Atm. Terr. Phys. — 1997. — V. 59. — P. 371–386.

---

Представленная выше версия доклада является ознакомительной.

Версию доклада, предназначенную для печати,  
можно найти в факультетском сборнике трудов конференции.  
Электронные материалы конференции публикуются по адресу  
[http://www.mipt.ru/nauka/conf50/plen\\_sections/](http://www.mipt.ru/nauka/conf50/plen_sections/)