

УДК 551.465.1.1

УСИЛЕНИЕ СИНОПТИЧЕСКИХ ВИХРЕЙ, ЛОКАЛИЗОВАННЫХ В НИЖНЕЙ ТЕРМОСФЕРЕ

В. И. Петвиашвили, Н. В. Петвиашвили, А. Я. Фельдштейн

Рассмотрено распространение на высотах 70—100 км стационарных крупномасштабных вихрей в термосфере. Получено аналитическое решение для трехмерного солитона-вихря, представляющего собой суперпозицию циклонических и антициклонических возмущений. В качестве источника энергии для поддержания вихря предложены экзотермические реакции слипания атомарного кислорода с образованием молекулярного кислорода и озона в результате тройных столкновений. Обсуждены возможные ионосферные проявления термосферных вихрей (зимняя аномалия в слое *D*, пятистая структура *F*-слоя).

1. Составляющий атмосферу Земли нейтральный газ на всех высотах находится в непрерывном движении. Источником медленных, крупномасштабных движений, получивших название синоптического ветра, являются как внешние к атмосфере процессы (неоднородный нагрев солнечным излучением, высыпания энергичных частиц), так и внутренняя потенциальная энергия, накапливаемая в атмосфере. На малых высотах потенциальная энергия запасается, в основном, в виде водяного пара. Конденсация паров воды приводит к интенсивному выделению тепла. Такой процесс может усиливать ветер определенной структуры, что приводит к возникновению тропических циклонов (тайфунов) [1]. На высоте нижней термосферы 70—100 км возможен другой источник потенциальной энергии — атомарный кислород. Рекомбинация атомарного кислорода в результате тройных столкновений приводит к образованию молекулярного кислорода или озона и выделению тепла [2]. Как и при конденсации водяного пара, здесь возможно усиление ветра, если он имеет определенную структуру. В обоих случаях в естественных условиях атмосферы происходит процесс, обычно реализующийся в химических реакторах, простейшим примером которого служит горение в печи.

Известны два типа крупномасштабных синоптических структур в атмосфере: циклоны и антициклоны. Внутри циклонов давление понижено и циркуляция ветра направлена в сторону вращения Земли. Внутри антициклонов давление повышенено и циркуляция направлена в противоположную сторону. Градиент давления в структурах обоих типов компенсируется суммой сил Кориолиса и центробежной, причем для вихрей синоптических масштабов преобладает сила Кориолиса.

Целью настоящей работы является построение в рамках геострофического приближения трехмерных структур синоптических вихрей-солитонов, которые могут усиливаться за счет накопленной в нижней термосфере химической энергии. Качественно исследуется их динамика и энергетика.

2. Движение нейтралов на высотах нижней термосферы удовлетворительно описывается уравнениями гидродинамики. Выделим следующие основные параметры, влияющие на пространственно-временное распределение ветра на рассматриваемой высоте: частоту Кориолиса Ω_c , частоту Брента—Вайсяля Ω_b , скорость звука c_s , радиус Россби r_R , шкалу высот атмосферы H и скорость Россби, или дрейфовую скорость Θ_R .

тивного коэффициента рекомбинации из-за повышения температуры и увеличение концентрации NO за счет турбулентного переноса с больших высот. Оба условия естественным образом выполняются внутри рассмотренных выше термосферных вихрей. Другим следствием существования вихрей могут быть крупномасштабные зоны повышенной и пониженной концентрации плазмы на высоте максимума слоя F ионосферы [6]. Появление таких зон связывается либо с изменением нейтрального состава под влиянием дополнительного перемешивания нейтралов, вносимого связанным с солитоном перемещением атмосферных составляющих по вертикали, либо с появлением дополнительной системы интенсивных горизонтальных движений.

Выражаем благодарность Л. М. Ерухимову, Г. С. Иванову-Холодному и Б. С. Рябову за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хргиан А. Х. Физика атмосферы. — М.: Гос. ун-т, 1986.
2. Брасье Г., Соломон С. Аэрономия средней атмосферы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1987.
3. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика. — М.: Мир, 1984.
4. Берестов А. Л. // Изв. АН СССР. Сер. ФАО. 1979. Т. 15. № 6. С. 648.
5. Петвиашвили Н. В. // Изв. АН СССР. Сер. ФАО. 1988. Т. 24. № 7. С. 713.
6. Иванов-Холодный Г. С., Петвиашвили Н. В. и др. // Геомагнетизм и аэрономия. 1988. Т. 28. № 1. С. 55.
7. Nicolet M. // Rev. Geophys. Space. Phys. 1975. V. 13. № 5. P. 593.
8. Кошелев В. В., Климов Н. Н., Сутырин Н. А. Аэрономия мезосферы и нижней термосферы. — М.: Наука, 1983.

Межведомственный Геофизический комитет
АН СССР

Поступила в редакцию
17 марта 1988 г.

AMPLIFICATION OF SYNOPTICAL VORTICES LOCALIZED IN THE LOWER THERMOSPHERE

V. I. Petviashvili, N. V. Petviashvili, A. Ya. Fel'dstein

Propagation of stationary large-scale eddies in thermosphere at 70—100 km heights is obtained. The solution is super-position of cyclone and anticyclone disturbances. Exothermic reactions of atomic oxygen recombination into molecular oxygen and ozone as a result of triple collisions are suggested as a source of energy for vortex maintenance. Possible ionospheric manifestations of thermospheric vortices (*D* region winter anomaly, *F* region patchy structure) are discussed.