

GOVERNMENT OF RUSSIAN FEDERATION

SAINT – PETERSBURG STATE UNIVERSITY



INTERNATIONAL SYMPOSIUM

**«ATMOSPHERIC RADIATION and DYNAMICS»
(ISARD – 2019)**

25 – 27 June 2019, Saint-Petersburg- Petrodvorets

Theses

Saint–Petersburg

2019

Численное моделирование распространения нестационарных акустико-гравитационных волн через критические уровни в верхнюю атмосферу

Гаврилов Н.М.¹ (n.gavrilov@spbu.ru), Кшевецкий С.П.² (renger@mail.ru)

¹Санкт-Петербургский государственный университет, физ. фак., Университетская наб. 7/9, 199034 Санкт-Петербург, Россия

²Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, каф. теор. физики, А. Невского ул. 14, 236016, Калининград, Россия

С использованием численной модели высокого разрешения выполнено моделирование распространения в верхние слои атмосферы акустико-гравитационных волн (АГВ), для которых фоновый профиль ветра содержит критические уровни, где горизонтальная скорость ветра равна горизонтальной фазовой скорости АГВ. Согласно традиционной теории атмосферных волн вблизи этих уровней стремится к нулю вертикальная длина волны, распространяющиеся из тропосферы АГВ сильно диссипируют и не могут доходить до высоких слоев атмосферы. Указанная теория предполагает стационарность волнового процесса, когда амплитуды и другие параметры АГВ не меняются во времени. Численное моделирование выполняется для волновых источников в виде плоских волновых возмущений вертикальной скорости, распространяющихся вдоль земной поверхности. После включения волнового источника возникает первоначальный импульс АГВ, который в течение нескольких минут распространяется до высот 100 км и выше и диссипирует там под действием сильной вязкости и теплопроводности. Вслед за этим возникает интервал установления волнового процесса на всех высотах атмосферы, который может длиться до нескольких десятков периодов волнового источника. Во время этого переходного периода волновой процесс имеет нестационарный характер.

Результаты численного моделирования показывают, что критические уровни фонового ветра не являются непроницаемыми барьерами для нестационарных неустановившихся АГВ. Такие волны могут распространяться до больших высот и оказывать существенное влияние на динамический и тепловой режим верхней атмосферы.

Данное исследование было поддержано Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 17-05-00458).

Numerical simulation of the propagation of nonstationary acoustics-gravity waves through the critical levels into the upper atmosphere

N.M. Gavrilov¹ (n.gavrilov@spbu.ru), S.P. Kshevetskii² (renger@mail.ru)

¹Saint-Petersburg State University, Physics Faculty, 7/9 Universitetskaya nab., 199034 Saint-Petersburg, Russia

²Immanuel Kant Baltic Federal University, Theoretical Physics Department, 14 Alexander Nevsky Str., 236016, Kaliningrad, Russia

The high-resolution numerical model is used to simulate the propagation of acoustic-gravitational waves (AGWs) to the upper atmosphere layers for which the background wind profile contains critical levels, where the horizontal wind velocity is equal to the horizontal AGW phase velocity. According to traditional theories of atmospheric waves, vertical wavelengths approaches to zero near critical levels and AGWs propagating from the troposphere are strongly dissipated and they cannot reach the upper atmosphere. The mentioned theories assume stationary wave process, when the amplitudes and other AGW parameters do not change in the time. Numerical simulations are carried out for the wave sources in the form of plain wave perturbations of vertical velocity, which are propagating along the earth's surface. After the switching on the wave source, initial AGW pulses appear, which during several minutes may propagate to altitudes 100 km and above, where they dissipate under the action of strong viscosity and thermal conductivity. Following interval of the establishment of the wave process at all heights of the atmosphere, can last up to several tens periods of the wave source. During this transition interval, wave process is non-stationary.

Results of the numerical simulation show that the critical levels of background wind are not barriers for unsteady AGW. Such waves can propagate to high altitudes and have an essential affect the dynamic and thermal conditions in the upper atmosphere.

This study was supported by the Russian Basic Research Foundation (grant #17-05-00458).

Исследование влияния солнечной активности на стационарные планетарные волны в средней атмосфере

Коваль А.В.¹ (koval_spbu@mail.ru), Гаврилов Н.М.¹, Погорельцев А.И.²

¹*Санкт-Петербургский государственный университет, физ. фак., Университетская наб. 7/9, 199034 Санкт-Петербург, Россия*

²*Российский государственный гидрометеорологический университет, Воронежская ул. 79, 192007 Санкт-Петербург, Россия*

Перенос энергии атмосферными волнами планетарного масштаба является одним из наиболее важных факторов динамики и теплового режима атмосферы. В данном исследовании мы выполняем численное моделирование общей циркуляции атмосферы с использованием трехмерной нелинейной модели общей циркуляции средней и верхней атмосферы МСВА. Моделирование циркуляции производится на высотах от поверхности до 300 км. Чтобы учесть изменения солнечной активности (СА), в модели задаются различные значения потока радиоизлучения Солнца на длине волны 10.7 см. Чтобы учесть влияние заряженных частиц в ионосфере, в МСВА внедрены ионосферные проводимости для различных уровней СА, и учтены их пространственные и временные зависимости. Основное внимание уделено изучению изменений амплитуд стационарных планетарных волн (СПВ) с зональными волновыми числами 1–4 в средней атмосфере при различной солнечной активности для января–февраля. Для анализа результатов численного моделирования рассчитаны показатели преломления СПВ и потоки Элиассена-Пальма.

Численное моделирование показывает, что амплитуды СПВ в средней атмосфере значительно различаются для разных уровней солнечной активности. Максимальные изменения амплитуд СПВ достигают 10% на средних широтах северного полушария. Различия в пространственных структурах СПВ соответствуют рассчитанным изменениям показателей преломления для СПВ и потокам Элиассена-Пальма.

Investigation of the influence of solar activity on the stationary planetary waves in the middle atmosphere

A.V. Koval (koval_spbu@mail.ru), N.M. Gavrilov¹, A.I. Pogoreltsev^{1,2}

¹*Saint-Petersburg State University, Physics Faculty, 7/9 Universitetskaya nab., 199034 Saint-Petersburg, Russia*

²*Russian State Hydrometeorological University, 79 Voronezhskaya str., 192007 Saint-Petersburg, Russia*

Energy transfer by atmospheric planetary-scale waves is one of the important factors of atmospheric dynamics and thermal regime. We perform numerical modeling of the atmospheric general circulation using improved three-dimensional nonlinear circulation model of the middle and upper atmosphere MUAM, covering the altitudes from the surface to 300 km. In order to take into account changes in solar activity (SA), various values of the solar radio emission flux at a wavelength of 10.7 cm are set in the model. To include the influence of charged particles in the ionosphere on the neutral gas dynamics, conductivities of the ionosphere and their longitudinal, latitudinal and temporal dependences are calculated for different SA levels and implemented into the MUAM. We focus on changes in amplitudes of stationary planetary waves (SPW) with zonal wave numbers of 1–4 in the middle atmosphere under different solar activity for January–February. To analyze the results of the numerical simulation, the planetary wave's refractivity indices and Eliassen-Palm fluxes are calculated.

Numerical simulations show that SPW in the middle atmosphere vary significantly for the different solar activity levels. Maximum changes in SPW amplitudes reach 10% at middle latitudes