

Отклик ионосферы на мощные тропические вихри

- О. Г. Онищенко
- Институт космических исследований
РАН; Институт физики Земли РАН

История исследования ионосферы

- Традиционно, при исследовании процессов в ионосфере, учитывалось влияние солнечного излучения, солнечного ветра и возмущений магнитосферы, пренебрегая влиянием нижних слоев атмосферы.

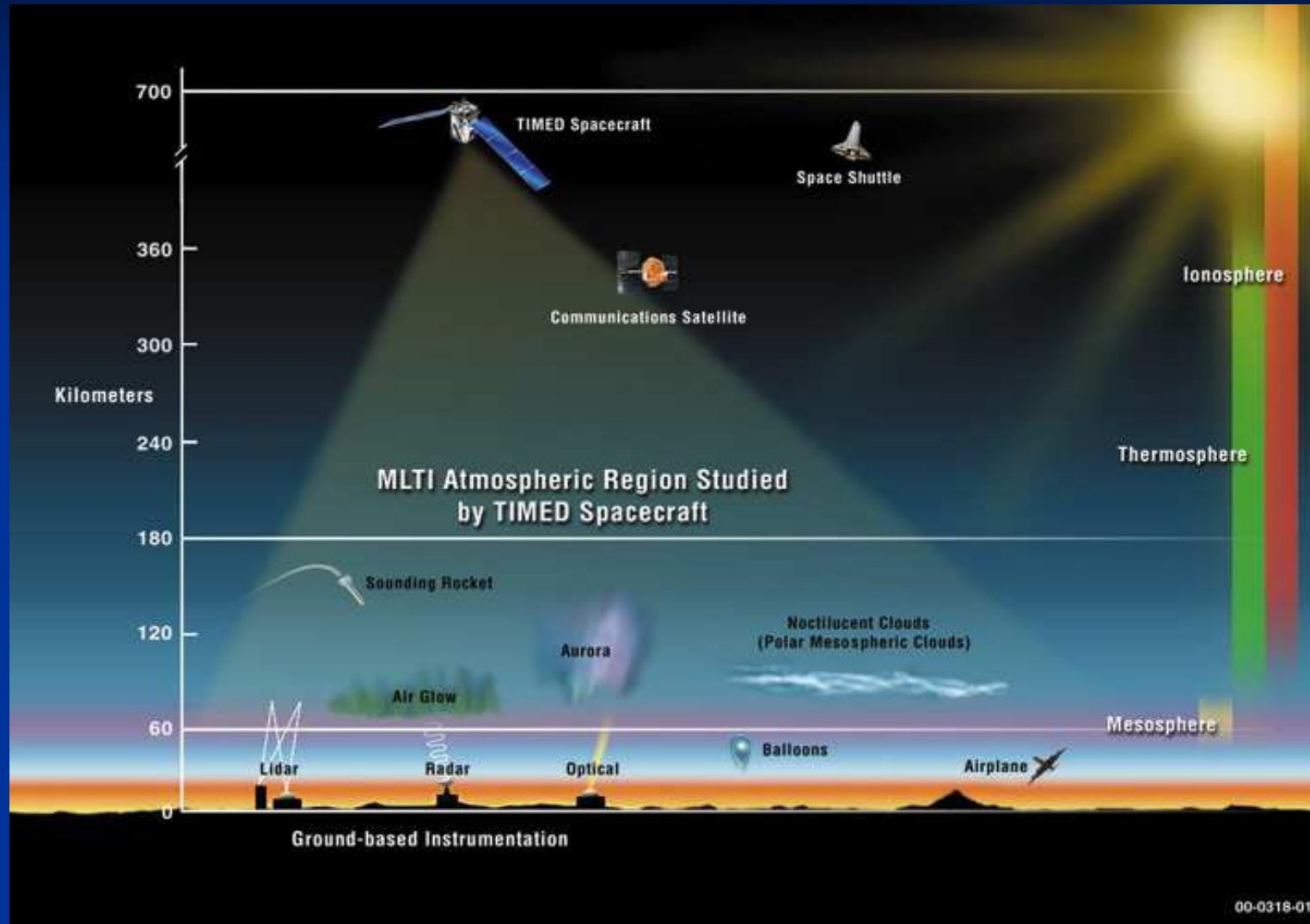
Взаимодействие нейтралов с ионами в ионосфере Земли

- «Изучение взаимодействия планетарных ионосфер с атмосферами в режиме сильных столкновений» выделено в плане научных исследований NASA на 2007 – 2016 годы как проблема особой важности.

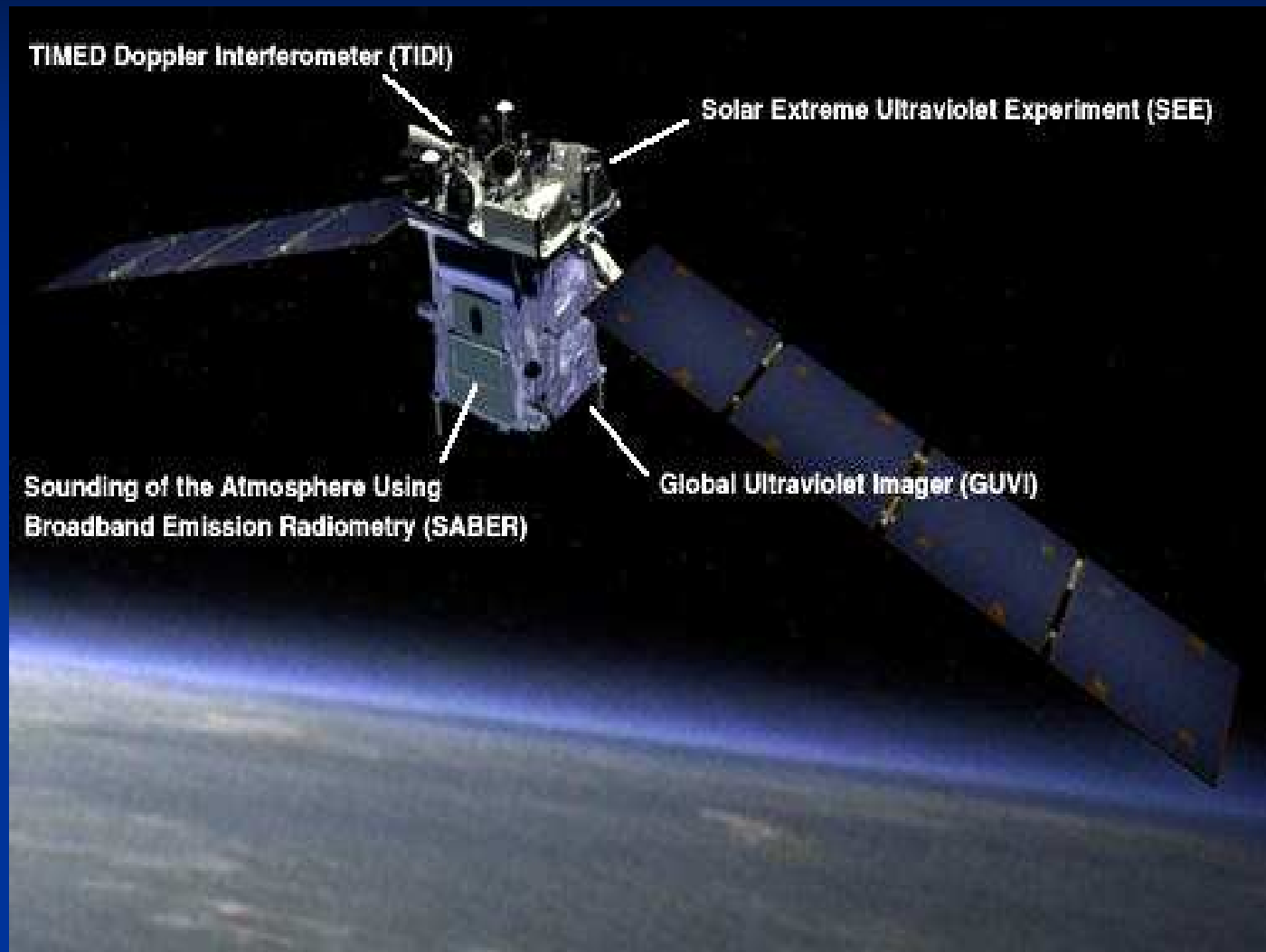
Необходимость пересмотра существующих представлений о физике взаимодействия верхней атмосферы с ионосферой

- Недавние (Immel et al., Geophys. Res. Lett., 33, 2006) наблюдения Global Ultraviolet Imager на борту спутника NASA Thermosphere-Ionosphere-Mesosphere Energetics and Dynamics (TIMED), на спутнике IMAGE (Imager Magnetopause-to-Aurora Global Exploration) указывают на необходимость пересмотра существующих представлений о физике взаимодействия верхней атмосферы и ионосферы. Эти наблюдения показали, что невозмущенная солнечным ветром ионосфера регулярно откликается на синоптические движения атмосферы. Приливные атмосферные волны получают отклик в ионосфере.

KA TIMED



KA TIMED



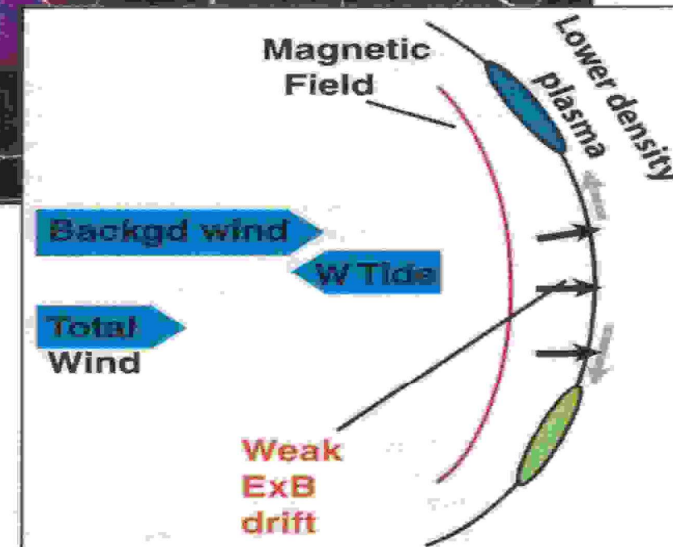
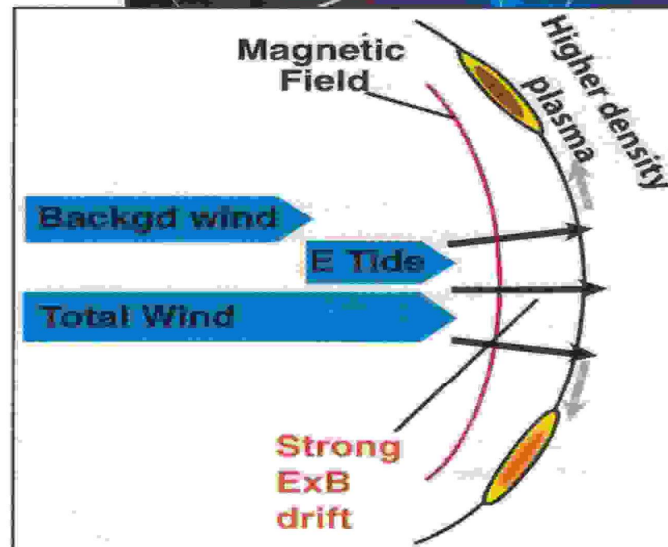
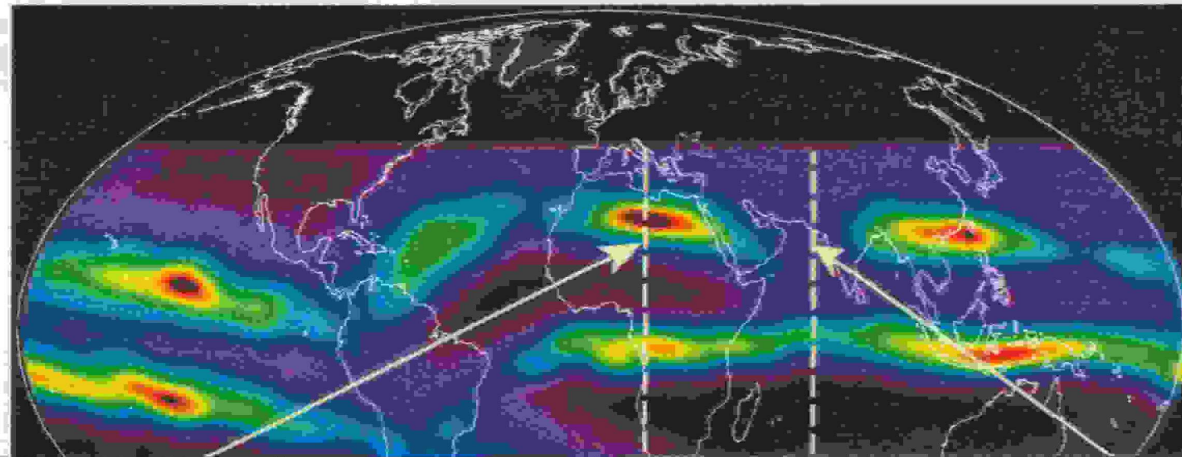
KA TIMED

- Sun-synchronous (polar orbiting) satellite located approximately 388 miles (625 km) above Earth. Orbit cycle is approximately 1.7 hours / 14 orbits a day.
- Focus on least understood portion of the Earth's atmospheric region (MLTI) extending from 40-110 miles (60 km to 180 km) above the Earth.
- Collected data is being used to predict weather & global warming.
- Mission duration anticipated to be two years (2001-2003).

Для исследования мезосферы, нижней термосферы/ионосферы на КА TIMED были установлены 4 серии приборов

- The Global Ultraviolet Imager (GUVI) is a spatial scanning ultraviolet spectrograph designed to measure composition and temperature profiles, as well as auroral energy inputs.
- The Solar Extreme Ultraviolet Experiment (SEE) comprises a spectrometer and a suite of photometers designed to measure solar soft X-ray, extreme-ultraviolet, and far-ultraviolet radiation.
- The TIMED Doppler Interferometer (TIDI) is designed to measure wind and temperature profiles.
- A multichannel radiometer known as SABER (Sounding of the Atmosphere using Broadband Emission Radiometry) is designed to measure the pressure, temperature, key gases in the oxygen and hydrogen families, infrared cooling, and effects of solar and chemical heating.

Ночное распределение плотности, измеренное TIMED по излучению в дальнем ультрафиолете



Результаты наблюдений

- Волны планетарного масштаба наблюдаются в нейтральной атмосфере вплоть до высот 100 км.
- Аналогичные структуры наблюдаются в ионосфере на высотах 300 – 400 км.

Предмет исследования

- Структура зональных ветров.
- Генерация меандров, трансформирующихся в циклоны и антициклоны в поле зональных ветров.
- Взаимодействие нелинейных структур в атмосфере и ионосфере.

Методы исследования

- Лабораторные исследования
- Численное моделирование
- Теоретическое исследование
- Спутниковые наблюдения

Вихри и зональные течения в E-слое ионосферы

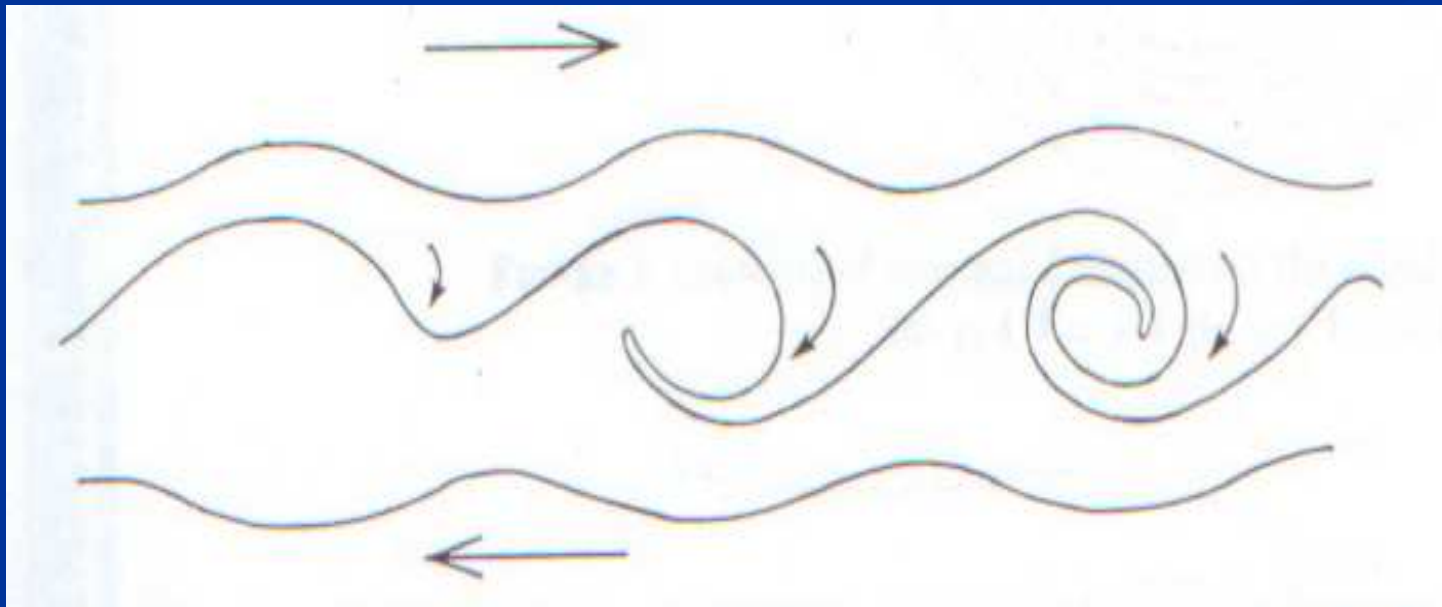
- Режим сильных столкновений. Взаимодействие ионов с нейтралами.
- Вихри и зональные ветры замагниченных волн Россби в E-слое ионосферы.
- Аналогия с синоптическими вихрями и зональными течениями в атмосфере.

Вихри и зональные течения в F-слое ионосферы

- Вихри ионно-дрейфовых, альфвеновских и дрейфово-альфвеновских волн.
- Генерация зональных структур в верхних слоях ионосферы.
- Связь со структурами в нижней ионосфере?

Неустойчивость Кельвина – Гельмгольца

Развитие возмущений в пространстве и времени



Результаты лабораторного и численного моделирования

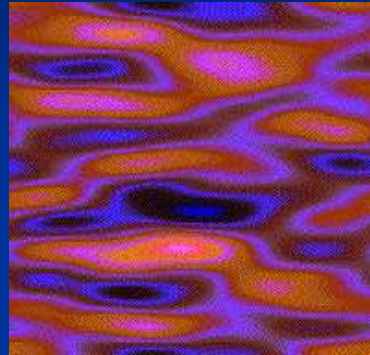
- Самоорганизация вихревых структур и зональных ветров является одной из основных особенностей планетарных волн.
- Зональный ветер – саморегулирующаяся система сдвиговых течений, где источником служит модуляционная неустойчивость волн Россби в турбулентной атмосфере, а стоком – неустойчивость КГ.

Результаты численного моделирования

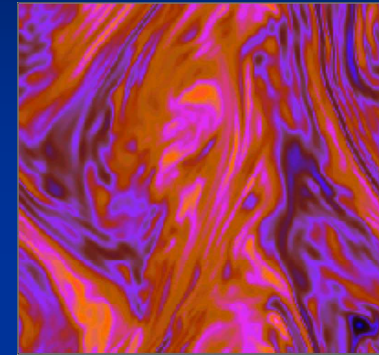
Флуктуации плотности на квазилинейной стадии



$\Omega_i t = 0$

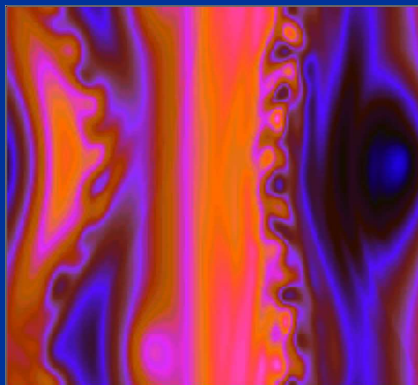


$\Omega_i t = 800$

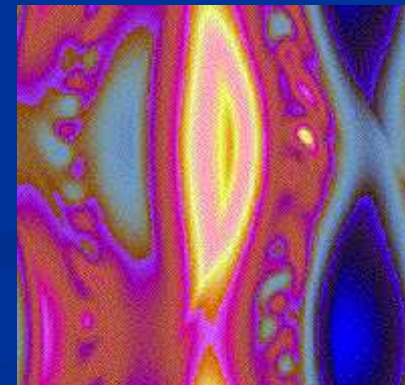


$\Omega_i t = 1400$

Вихревые структуры и зональные ветра на нелинейной стадии



$\Omega_i t = 2000$



$\Omega_i t = 4600$

Механизм взаимодействия

- Приэкваториальная атмосфера является местом, где зарождаются мощные тропические циклонические вихри - тайфуны
- Тайфуны, несущие большое количество влаги могут служить источником приливов планетарного масштаба.
- Электронная концентрация в ионосфере также максимальна вблизи экватора (область экваториальной аномалии).

ВЫВОД

- В приэкваториальной области наиболее эффективно взаимодействие планетарных возмущений атмосферы и ионосферы. Одновременные наземные и спутниковые наблюдения планетарных структур в этой области позволят изучить физические процессы, ответственные за взаимодействие нелинейных структур.
- Интерпретация наблюдений на спутнике IMAGE.

Заключение

- **Выяснение деталей этого взаимодействия требует новых спутниковых наблюдений скорости ветров, плотности нейтралов и ионов, состава ионосферы с одновременным измерением профилей этих параметров на высотах 100 – 400 км. как в дневное, так и в ночное время.**

Новые проекты

- В мае 2008 года NASA был выведен спутник NICE (Neutral Ion Coupling Explorer) предваряющий новые исследования в рамках программы SMEX (Small Explorer). Оптические приборы позволят восстановить профили ветра нейтральной атмосферы, состав и плотность ионов, кроме того, предполагаются *in situ* измерения электрического поля. NICE – спутник с траекторией имеющей наклон 28 градусов и максимальное удаление – 550 км.

NICE (Neutral Ion Coupling Explorer)

- Новая мульти-спутниковая программа NASA NICE направлена на исследование влияния химии и динамики верхних слоев атмосферы на ионосферу.
- Назревшая необходимость таких исследований выражена в научной программе NASA.

NICE (Neutral Ion Coupling Explorer) предстоит исследовать:

- Электродинамику зональных течений в ионосфере.
- Проникновение планетарных структур из атмосферы в ионосферу.
- Степень изменения нейтрального состава ионосферы при таком взаимодействии атмосферы с ионосферой.
- Степень зависимости планетарных возмущений ионосферы от возмущений атмосферы.



***Спасибо
за внима-
ние!***