

Upper
Atmosphere
Model

Объединение моделей верхней и нижней атмосферы



Белоушко К.Е.

Мурманский государственный
технический университет

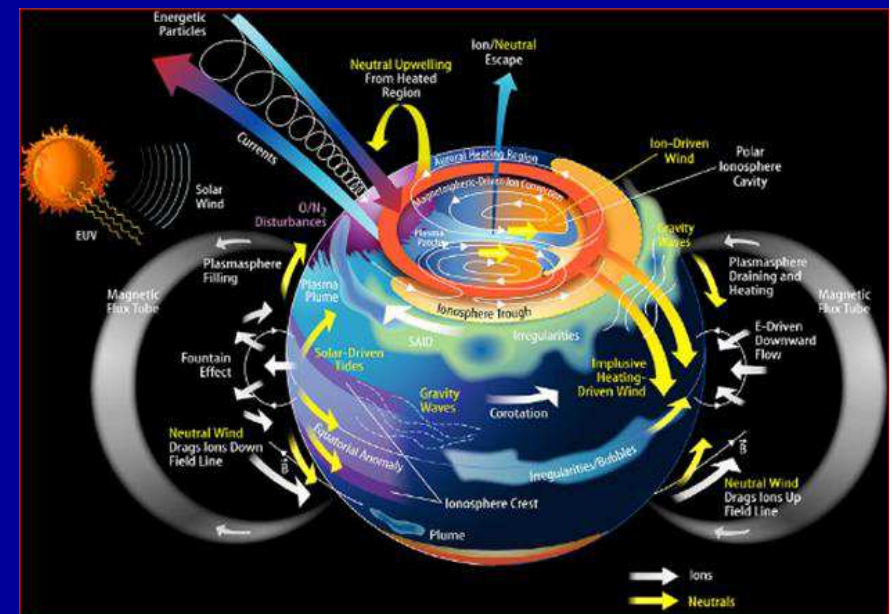
Мурманск

2012

Единая модель атмосферы как инструмент исследования

- Глобальная электрическая цепь
- Метеоконтроль ионосферы
- Атмосферные приливы
- Акустико-гравитационные волны
- Стратосферная аномалия
- Мезосферная динамика

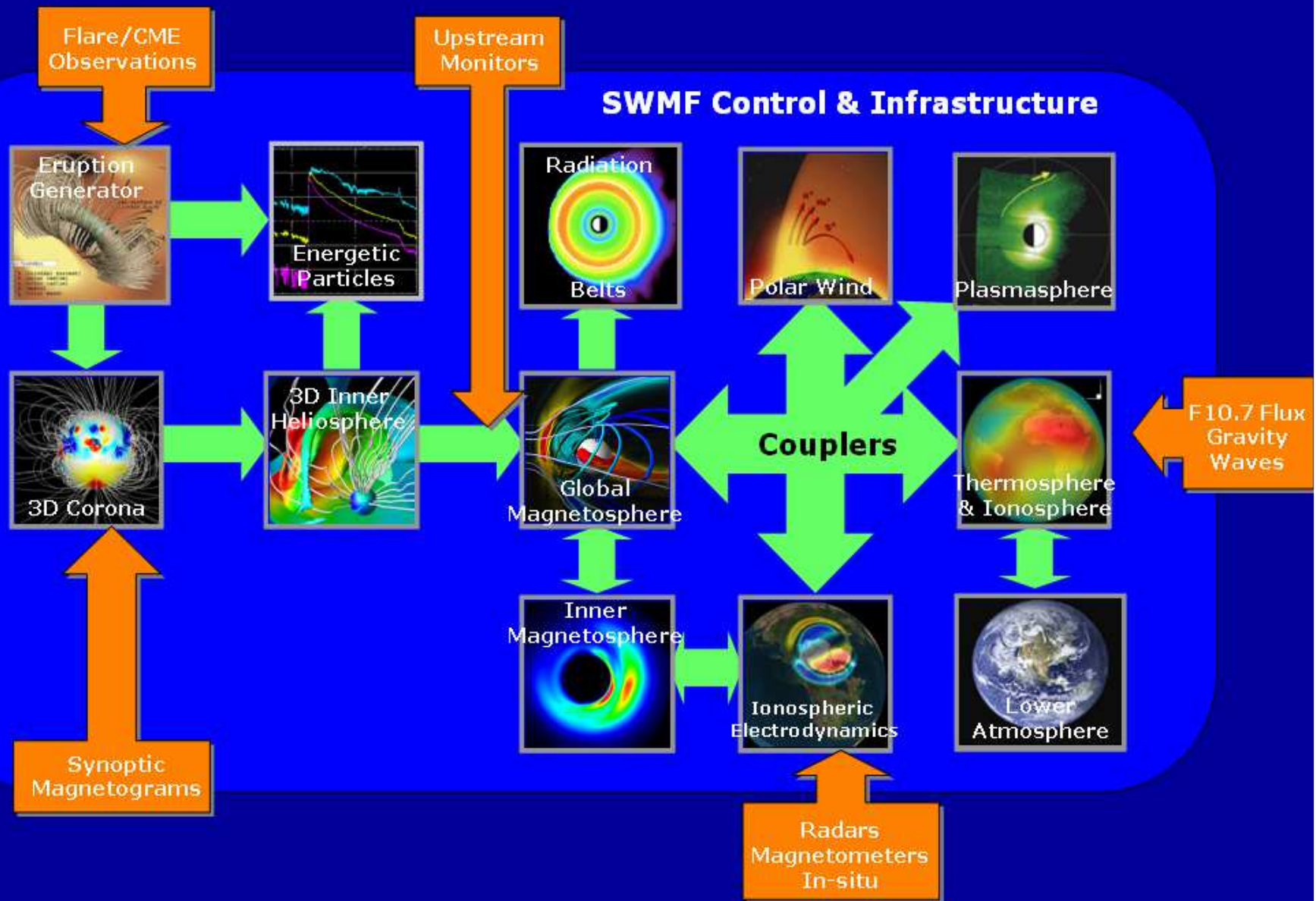
- Процессы в верхней атмосфере

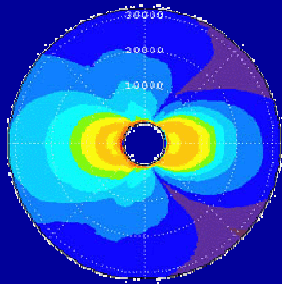


Существующие разработки:

- WACCM-X (NCAR, США)
- WAM (NCER, США)
- SWMF (CSEM, США)
- CMAM (Канада)
- HAMMONIA (Германия)
- Kyushu GCM (Япония)

Space Weather Modeling Framework





Upper Atmosphere Model

Upper Atmosphere Model (UAM)

- Численно интегрируется система квази-гидродинамических уравнений, описывающих законы сохранения частиц, импульса и энергии (уравнения непрерывности, движения и теплового баланса).
- В совокупности с ними в модели решается уравнение для потенциала электрического поля магнитосферного и термосферного динамо-происхождения.
- В зависимости от характера описываемых процессов используются геомагнитные сферическая и дипольная системы координат.



Модель общей циркуляции атмосферы ИВМ РАН

- основана на решении системы полных нелинейных уравнений гидротермодинамики атмосферы в криволинейной сигма-системе координат

Граничные условия

УАМ

нижняя граница:

- по модели MSIS

верхняя граница:

1. диффузионное равновесие
2. независимость от высоты скорости ветра и температуры (нулевые производные)

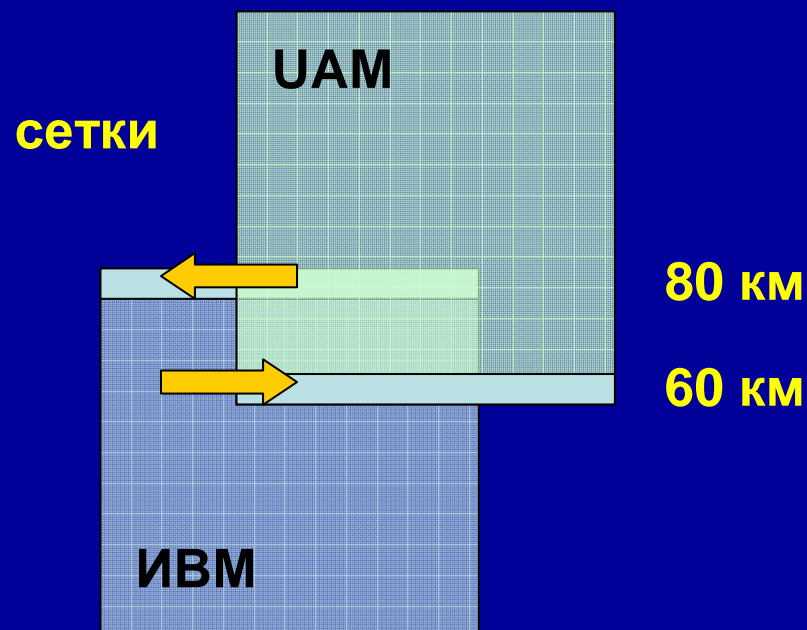
ИВМ

- по моделям почвы и океана

1. нулевые производные

Алгоритм объединения

- итерационный обмен граничными условиями, на перекрывающемся интервале высот (60-80 км).



решения из модели 1
используются в качестве
нижних граничных
условий для модели 2, а
полученные после этого
решения модели 2
используются в качестве
верхних граничных
условий для модели 1

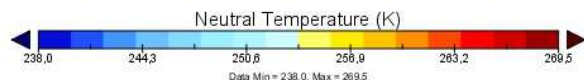
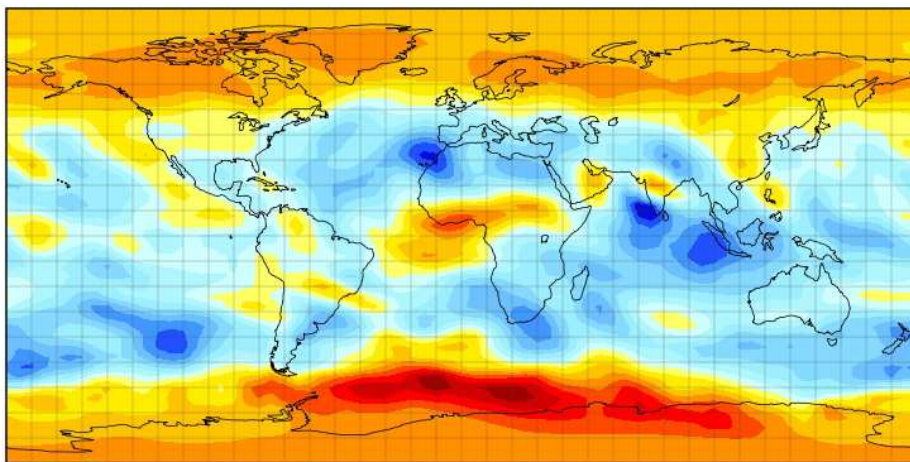
Вспомогательные задачи

- унификации объединяемых моделей на перекрывающемся интервале высот в части пространственных сеток, временных шагов интегрирования и рассчитываемых в узлах сеток параметров.

Для этих целей разрабатывается программная процедура «переходник», в задачи которой входит интерполяция параметров моделей из вертикальной сигма-координаты в метрическую и из географической в геомагнитную систему координат и соответственно обратно, вычисление таких параметров как давление и концентрации малых газовых компонент.

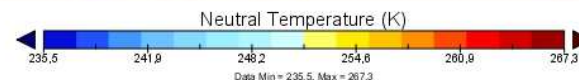
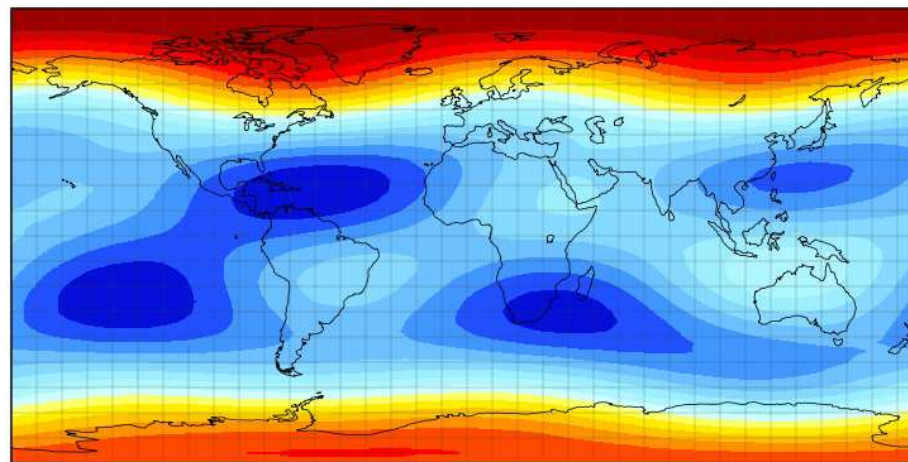
Нижние граничные условия распределение температуры нейтрального газа на высоте 60 км (20.06.2000)

INM
h = 60 km



Модель INM

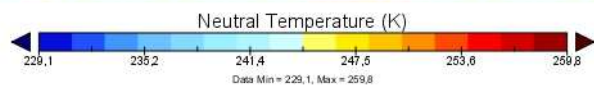
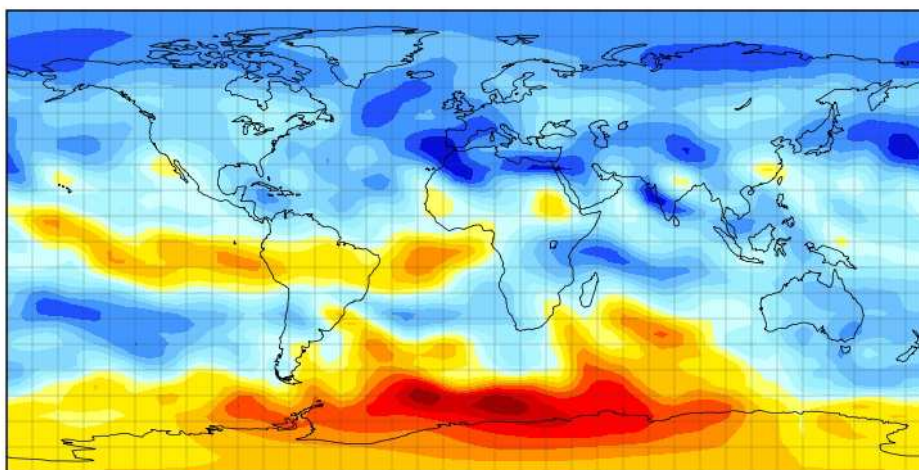
MSIS
h = 60 km



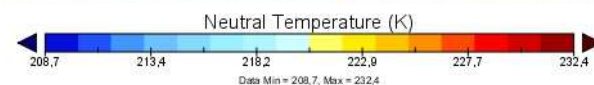
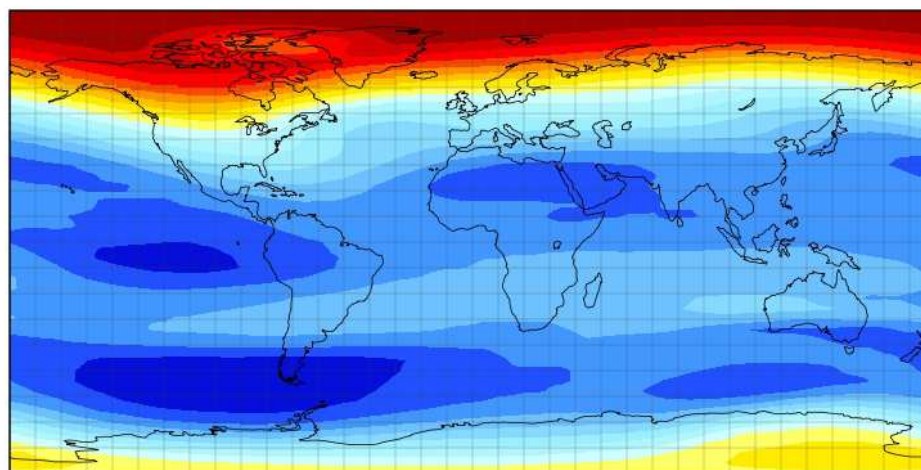
Модель MSIS

Результаты модельных расчётов

INM
h = 65 km



MSIS-TT
h = 65 km



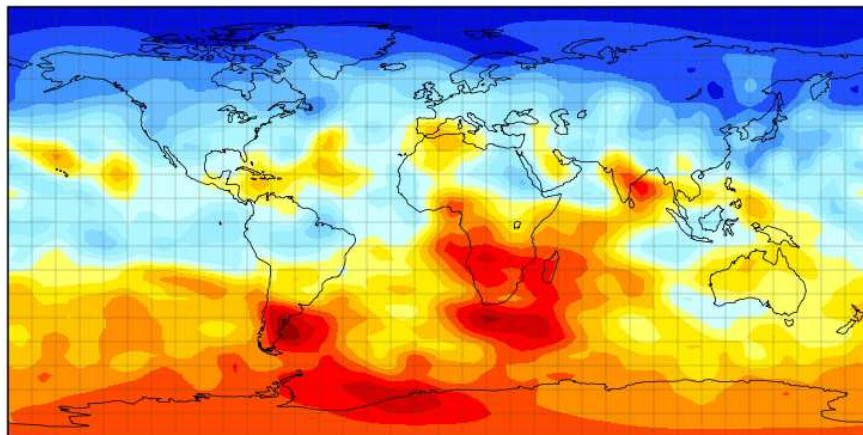
УАМ с условиями по INM

УАМ с условиями по INM

распределение температуры нейтрального газа, 65 км

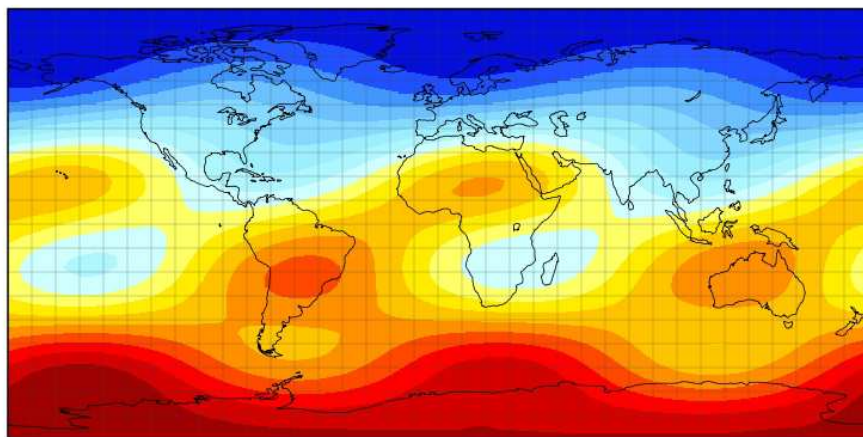
Результаты модельных расчётов

INM
h = 80 km



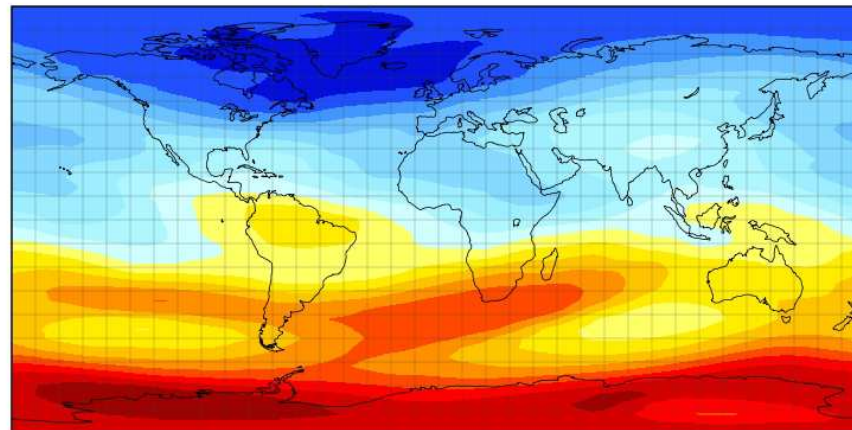
INM

n = 80 км



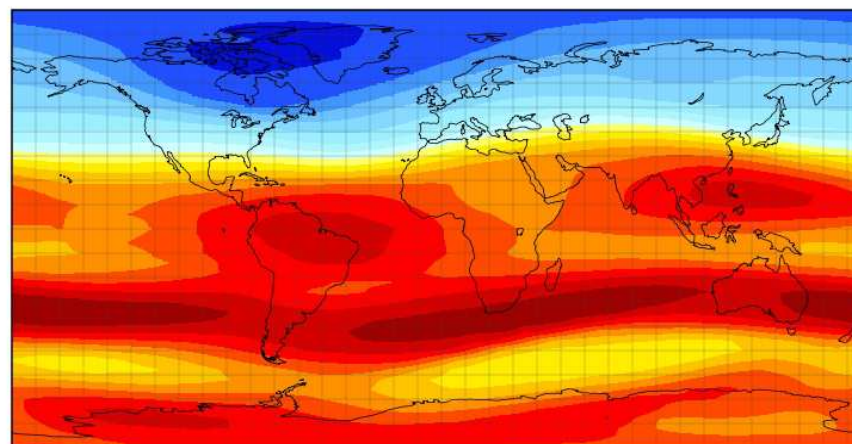
MSIS

INM-TT
h = 80 km



UAM с условиями по INM

n = 80 км



UAM с условиями по MSIS

распределение температуры нейтрального газа, 80 км

Благодарности:

А.А. Намгаладзе (Мурманск, МГТУ)

Е.М. Володин (Москва, ИВМ РАН)

О.В. Мартыненко (Мурманск - Торонто)