

Моделирование верхней атмосферы и ионосферы в рамках модели Земной системы ИВМ РАН

^{1,2}Кулямин Д.В., ³Останин П.А., ^{1,2}Дымников В.П.

¹Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН

²Институт прикладной геофизики имени академика Е.К. Федорова

³Московский физико-технический институт

В докладе рассматривается проблема моделирования средней и верхней атмосферы, а также ионосферы, на основе разработки моделей общей циркуляции атмосферы в рамках стратегии создания единой глобальной модели Земной системы Института вычислительной математики им. Г.И. Марчука (ИВМ) РАН. Представлены последние результаты по созданию и совершенствованию моделей ИВМ, а также исследований на их основе связей нижних и верхних слоев атмосферы, роли различных процессов в формировании Земной ионосферы, а также циркуляции средней и верхней атмосферы. Подробно рассматривается глобальная модель общей циркуляции атмосферы от поверхности Земли до высот нижних слоев термосферы (0-130 км, пространственное разрешение $2^\circ \times 2.5^\circ$ и 86 вертикальных уровней), которая включает в себя новые параметризации основного физического процесса в нижней области термосферы мезосферы (новый блок расчета радиационного процесса, ионно-нейтральное взаимодействие, новые варианты параметризации гравитационного волнового сопротивления и т.д.). Модель включает в качестве отдельного вычислительного блока плазмохимическую модель формирования нижних слоев ионосферы (D и E слоя).

Показано, что модель способна адекватно воспроизводить основные особенности климатологии и общей циркуляции в стратосфере и мезосфере. Идентифицирована ключевая роль неорографического гравитационного волнового сопротивления и процесса ионно-нейтрального взаимодействия при формировании циркуляции как в мезосфере, так и в нижней термосфере. Обсуждается проблема связи между нижним и верхним слоями атмосферы, в частности, возможного влияния высыпаний энергетических частиц в полярных областях на тропосферную циркуляцию и климат.

Отдельно представлены модели общей циркуляции верхней термосферы (высоты 100-500 км, разрешение $2^\circ \times 2.5^\circ$, 80 вертикальных уровней в изобарической системе координат) и новая глобальная модель динамики F слоя ионосферы (для тех же высот), являющиеся двумя основными блоками совместной модели. Рассматривается проблема исследования и моделирования Земной ионосферы в рамках отдельной задачи, связанной с особой ролью этой среды для спутниковой навигации и радиокommunikаций. Исследованы особенности постановки задачи и предложены методы решения системы уравнений, в основу которых положен метод расщепления по физическим процессам. Приведены результаты численных экспериментов по формированию среднего состояния циркуляции верхней атмосферы и ионосферы при разных условиях, а также по исследованию чувствительности основных полей к возмущениям солнечной активности, потока ионов на верхней границе и других параметров. Представленные модели реализованы в параллельном режиме и используются на суперкомпьютерных системах. Обсуждаются дальнейшие задачи и планы по усовершенствованию рассмотренных моделей.