

Об учете усредненной вертикальной компоненты ветра в задачах переноса стратосферного аэрозоля

В.И. Грязин, С.А. Береснев*

*Уральский государственный университет им. А.М. Горького
620083, г. Екатеринбург, пр. Ленина, 51*

Поступила в редакцию 10.04.2009 г.

Проведен анализ влияния усредненной вертикальной компоненты ветра на перенос стратосферного аэрозоля при использовании базы данных ассимиляционной модели ОЦА УКМО за 1993–2006 гг. На примере задачи о действии постоянного источника частиц вблизи стратопauзы показано, что учет действия усредненной вертикальной компоненты ветра наряду с учетом гравитационной седиментации и турбулентной диффузии кардинальным образом изменяет стандартные высотные профили относительной концентрации частиц. Представлены результаты для высот левитации в стратосфере частиц различной плотности и размеров при действии на них силы тяжести и силы ветрового давления.

Ключевые слова: стратосфера, аэрозоль, вертикальная компонента ветра, транспортные аэрозольные модели; stratosphere, aerosol, vertical component of wind, aerosol transport models.

Введение

Стратосфера как термически и механически устойчивый атмосферный слой допускает возможность относительно длительного существования в ней достаточно устойчивых стратифицированных аэрозольных облаков и слоев различной природы [1]. В последнее время привлекают внимание не только общеизвестные аэрозольные образования такого рода (сульфатный слой Юнге, полярные стратосферные облака, вулканические облака), но и стратосферные облака от лесных пожаров [2, 3], перистые облака вблизи тропопаузы как в экваториальных, так и в умеренных широтах [4, 5] и др.

Разнообразие свойств стратифицированных слоев твердых аэрозолей в стратосфере (в противоположность каплям слоя Юнге) проанализировано в недавней работе [6]. Пристальное внимание уделяется присутствию в стратосфере биогенного аэрозоля, в том числе жизнеспособных микроорганизмов [7]; выясняются возможные причины повышенного загрязнения сажевыми частицами арктической стратосферы [8].

Известно, что стратосферные аэрозольные облака имеют различные причины и механизмы образования и могут включать в себя как субмикронные, так и неожиданно крупные и массивные частицы — вплоть до десятков микрометров в полярных стратосферных облаках [9]. В связи с этим закономерно возникают вопросы о механизмах проникновения аэрозольных частиц из тропосферы в стратосферу через

барьер тропопаузы, а также о механизмах стабилизации и вертикальной устойчивости стратосферных облаков различной природы.

В предыдущих статьях авторов [10, 11] были впервые проанализированы характерные высотные и климатологические особенности поля усредненной вертикальной компоненты стратосферного ветра на основе использования многолетних данных ассимиляционной метеорологической модели УКМО. Сенсором для получения исходной информации являлся доплеровский интерферометр высокого разрешения HRDI на метеоспутнике NASA UARS, который функционировал в период 1993–2006 гг. Анализ большого массива данных привел к достаточно неожиданным результатам. Во-первых, оказалось, что высотные профили вертикальной компоненты ветра демонстрируют характерные и устойчивые закономерности не только при годовом, но и при 13-летнем усреднении, причем эти закономерности специфичны для географических районов. Во-вторых, скорости усредненной вертикальной компоненты ветра оказались вполне достаточными, чтобы эффективно контролировать вертикальное перемещение достаточно крупных и массивных аэрозольных частиц (размерами до 3–5 мкм и плотностью 1,0–1,5 г/см³) на всей протяженности стратосферы. При этом ветровой перенос стратосферного аэрозоля сводится не только к ослаблению или усилению процесса осаждения частиц в зависимости от знака вертикальной компоненты ветра, но и к возможности образования достаточно широких аэрозольных слоев на различных высотах [10].

Данные выводы побудили авторов обратиться к классическим (например, [12, 13]) и современным

* Виктор Иванович Грязин (blind_faith@mail.ru); Сергей Анатольевич Береснев (Sergey.Beresnev@usu.ru).