

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПАССИВНОЙ ПРИМЕСИ В КОНВЕКТИВНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ С ПОМОЩЬЮ ГАУССОВОЙ СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИФФУЗИИ

Илюшин Б.Б., Митин И.В.

Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН,
630090, Россия, Новосибирск, пр. Лаврентьева, 1

Анализ распространения пассивной примеси в атмосфере необходим для ряда прикладных задач связанных с защитой окружающей среды и здоровья человека, с задачами физики атмосферы и океана. В данной работе рассматривается диффузия пассивной примеси в конвективном пограничном слое атмосферы, выпущенного из непрерывного точечного источника расположенным на высоте h над поверхностью земли. Из-за несимметричных граничных условий (нагрева снизу и устойчивая стратификация сверху) в конвективном пограничном слое атмосферы образуются крупномасштабные вихревые структуры, которые играют основную роль при диффузии в вертикальном направлении. Слабая зависимость крупномасштабных вихревых структур и вихрей инерционного интервала ("фоновая" турбулентность) позволяют рассматривать перенос примеси под их влиянием как независимые процессы. Моделирование диффузии выполняется с помощью лагранжевого метода, где примесь представляется в виде совокупности точечных частиц. Движение каждой частицы осуществляется полным полем скоростей, которое включает в себя среднее поле скоростей, а также поля крупномасштабных вихревых структур и "фоновой" турбулентности:

$$l(\vec{r}, t + \Delta t) = l(\vec{r}, t) + \vec{V}(\vec{r}, t) \cdot \Delta t$$

где $\vec{V}(\vec{r}, t) = \vec{U} + \vec{\tilde{u}} + \vec{\hat{u}}$. И наконец, из данных расчета лагранжевого метода вычисляется распределение средней концентрации пассивной примеси вдоль потока.

Основной идеей при построении полного поля скоростей в данной работе заключается в отделении и представлении поля крупномасштабных вихревых структур и поля "фоновой" турбулентности. Так как они независимы, то функция плотности вероятности (ФПВ) вертикальной скорости турбулентных пульсаций будет иметь вид:

$$P(\hat{w}, \tilde{w}) = P_b(\hat{w})P_c(\tilde{w}) = \underbrace{\frac{1}{2\pi\sigma_b} \exp\left\{-\frac{\hat{w}^2}{2\sigma_b^2}\right\}}_{\text{ФПВ фоновой турбулентности}} \times \\ = \underbrace{\left[\frac{a^+}{\sigma_c^+} \exp\left\{-\frac{(m^+ - \tilde{w})^2}{2(\sigma_c^+)^2}\right\} \right]}_{\text{Восходящий поток}} + \underbrace{\left[\frac{a^-}{\sigma_c^-} \exp\left\{-\frac{(m^- - \tilde{w})^2}{2(\sigma_c^-)^2}\right\} \right]}_{\text{Нисходящий поток}} \\ \underbrace{\hspace{10em}}_{\text{ФПВ когерентных структур}}$$

Согласно теории ФПВ может быть восстановлена по известным моментам. В данной работе ФПВ вертикальной скорости была восстановлена по первым трем моментам с дополнительными условиями на дисперсии восходящих и нисходящих потоков вихревых структур и на дисперсию "фоновой" турбулентности. Для дальнейшего использования уравнения на четвертые моменты был выполнен анализ области решения системы.

Во время выполнения расчетов были выбраны две характерные высоты расположения непрерывного точечного источника: в середине планетарного пограничного слоя атмосферы и непосредственно вблизи подстилающей поверхности. Результаты расчетов сравниваются с результатами лабораторных измерений [1-3]. Характер распределения восстановленной ФПВ в данной работе согласуется с данными наблюдений в планетарном пограничном слое атмосферы и с данными вычисленными по модели Дирдорффа: выраженная асимметрия скоростных, но менее вероятных восходящих потоков и медленных, но более вероятных нисходящих потоков. Полученные результаты моделирования хорошо согласуются с результатами лабораторного измерений как для источника расположенного в середине планетарного пограничного слоя атмосферы, так и для источника расположенного вблизи подстилающей поверхности. Также результаты сравниваются с расчетами выполненными по другим известным гауссовым моделям распространения примеси. [4,5].

Список литературы:

1. Deardorff, J.W., Willis, G.E., 1985. "Further results from a laboratory model of the convective planetary boundary layer." *Boundary Layer Meteorology* 32, 205–236
2. Willis, G.E., Deardorff, J.W., 1978. "A laboratory study of dispersion from an elevated source within a modelled convective planetary boundary layer". *Atmospheric Environment* 12, 1305–1311.
3. Willis, G.E., Deardorff, J.W., 1981. "A laboratory study of dispersion from a source in the middle of the convective mixed layer." *Atmospheric Environment* 15, 109–117.
4. Baerentsen J.H. and Berkowicz R.: 1984, "Monte-Carlo simulation of plume diffusion in the convective boundary layer", *Atmos. Environ.* 18, 701-712
5. Shuming Du, John D. Wilson and Eugene Yee "A random walk model for dispersion in inhomogeneous turbulence in a convective boundary layer" *Journal: Atmospheric Environment*, 1994, Volume 28, Number 6, Page 1211-1217.