

О.Г. Хуторова, Г.М.Тептин, А.Ф. Латыпов

Эмпирическая модель взаимодействия аэрозоля и химических примесей в урбанизированных условиях

Казанский государственный университет

Поступила в редакцию 9.02.2000 г.

Построена эмпирическая модель взаимодействия загрязняющих примесей разного рода. Эта задача решалась на основе взаимно корреляционного анализа длинных временных рядов концентрации аэрозоля, окиси углерода, окиси и двуокиси азота и других, включая метеопараметры. Выявлены три группы примесей по характеру взаимосвязи. Получено, что в процессе взаимодействия химических примесей и аэрозолей кроме метеоусловий большую роль играют турбулентные процессы.

С 1995 г. в Татарстане проводятся измерения концентрации различных загрязняющих примесей воздуха с целью контроля за экологической ситуацией региона. На данном этапе станции находятся в г. Зеленодольске (54° с.ш., 49° в.д.) и Альметьевске (53° с.ш., 51° в.д.) [1].

Измерительный комплекс состоит из приборов, изготовленных в ФРГ. Станции производят измерения концентрации таких примесей, как окись азота, двуокись азота, двуокись серы, окись углерода и аэрозоль [2].

Все величины измерялись на высоте 2,4 м с интервалом времени 1 мин. За неделю получается более 600 тыс. измерений для каждого вида примеси. Из полученных значений для каждой компоненты примесей сформированы длинные временные ряды.

В качестве примера использован банк данных ежеминутных измерений всех вышеперечисленных величин за период с 1 по 14 октября 1997 г. для пункта Альметьевск (53° с.ш., 51° в.д.).

В работе ставилась задача построения статистически надежной эмпирической модели характера взаимодействия загрязняющих примесей разного рода, включая аэрозоль. Эта задача решалась на основе взаимно корреляционного анализа длинных временных рядов концентрации аэрозоля, окиси углерода, окиси и двуокиси азота и других, включая метеопараметры. Метод взаимно корреляционного анализа заключается в определении коэффициента корреляции между двумя стационарными временными рядами $x(t)$ и $y(t+L)$ в зависимости от сдвига рядов L друг относительно друга [3]. Энергетический спектр колебаний метеоэлементов можно разделить на характерные интервалы по временным масштабам [4]: периодам меньше 10 мин соответствуют акустические, короткопериодные внутренние гравитационные волны, турбулентность. Для оценки интенсивности турбулентных процессов подсчитывалось среднеквадратическое отклонение величины скорости ветра внутри скользящего временного окна шириной 10 мин, поскольку основной вклад в дисперсию скорости ветра дает турбулентность.

Так как процессы, определяющие взаимосвязь аэрозоля и газообразных примесей, имеют сложный характер с временными вариациями, то были проанализированы динамические корреляционные функции, построенные внутри скользящего временного окна. Временное окно

размером 12 ч сдвигалось по длинному ряду ежеминутных измерений с шагом 6 ч. Внутри временного окна подсчитывались взаимно корреляционные функции между двумя временными рядами с предельной задержкой 240 мин. Результаты представлены в виде контурных сечений на рис. 1. На том же рисунке представлены графики температуры и интенсивности турбулентных вариаций, оцененных по дисперсии скорости ветра.

Выявлены три группы параметров по характеру взаимосвязи. Процессы, определяющие атмосферные выбросы и перенос первой группы – CO, NO₂ и NO, имеют сильную взаимосвязь (коэффициент взаимной корреляции 0,7–0,9). Взаимные корреляционные функции концентрации этих примесей симметричны и спадают при увеличении задержки рядов относительно друг друга (рис. 2).

Вторая группа – это аэрозоль и газообразные компоненты, имеющие значимую взаимную корреляцию (0,5–0,8), причем величина взаимно корреляционной функции имеет большие значения при отрицательной задержке временных рядов измерений, т.е. при опережении концентрации аэрозоля. Это, вероятно, обусловлено, во-первых, большей скоростью оседания аэрозоля в приземном слое по сравнению с CO и NO и, во-вторых, временем переходных процессов истечения газа из частиц аэрозоля при увеличении инсоляции. Максимальные величины кросс-корреляции наблюдаются при опережении ряда аэрозоля на время около 20 мин. Этот факт говорит о том, что 20 мин – наиболее вероятное время переходных процессов преобразования неоднородностей концентрации взвешенных частиц. На рис. 1 представлены суточные вариации взаимно корреляционных функций (сдвиг в часах отложен по оси абсцисс). Видно, что днем даже при сдвиге до 2 ч корреляция рядов аэрозоля и газов значительна (0,3–0,1). В те же моменты отмечаются максимальные значения температуры (минимальные значения влажности) и интенсивности турбулентных движений. Процесс, определяющий связь аэрозоля и газов, по-видимому, связан с динамикой атмосферы, так как даже при небольших значениях температуры, но протяженных по времени увеличениях интенсивности турбулентных движений (5, 6, 9, 13, 14-е сут) возрастает связь концентрации аэрозоля с концентрацией CO, NO₂, NO, SO₂.

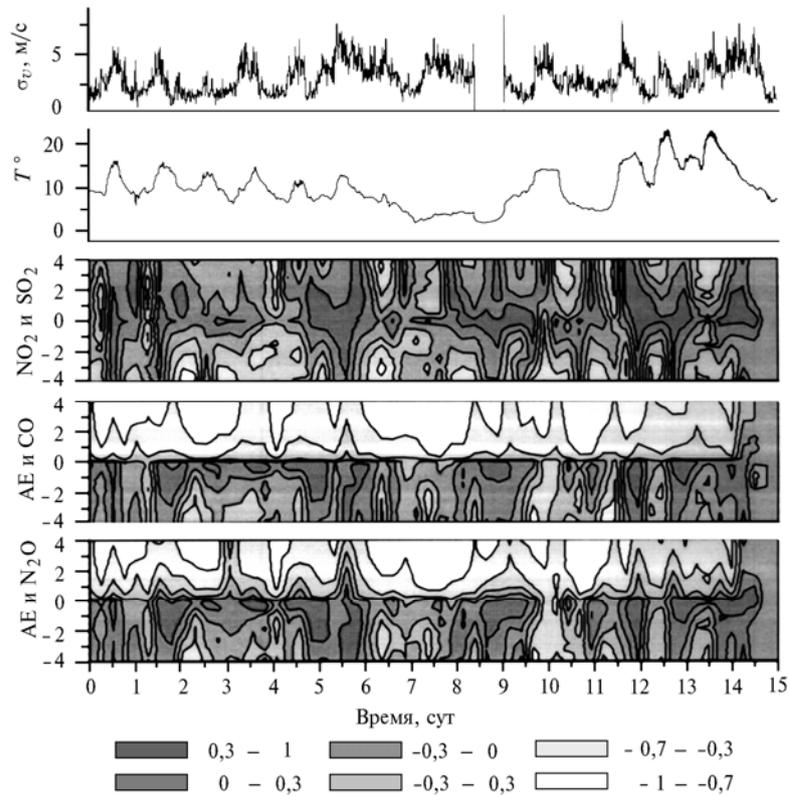


Рис. 1. Временные ряды интенсивности турбулентных вариаций скорости ветра σ_v , температуры T , сечения взаимных корреляционных функций аэрозоля АЕ и газообразных примесей на плоскости (время, сут – ось абсцисс, сдвиг, ч – ось ординат)

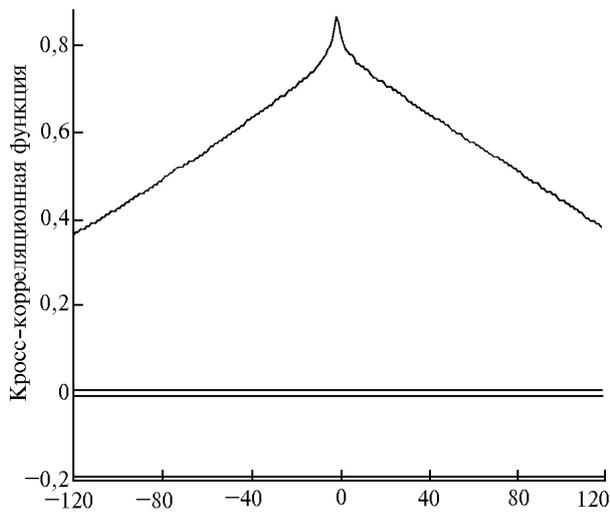


Рис. 2. Взаимная корреляционная функция концентрации CO и NO

Третью группу по типу взаимодействия составляет связь концентрации SO_2 с концентрацией CO, NO_2 , NO. При сильной корреляции (0,6–0,8) величина взаимно корреляционной функции имеет большие значения при положительной задержке временных рядов измерений, т.е. при опережении концентрации SO_2 (см. рис. 1).

Различные модели переноса примесей показывают, что большую роль играют турбулентность, планетарные и мезомасштабные волны [5–7].

Наблюдения концентрации примесей в нескольких пространственно-резонансных пунктах позволили найти скорости переноса примесей в городе: для взвешенных частиц и CO она составляет в среднем 0,4 м/с, а для NO и NO_2 – 0,5 м/с, в то время как средняя величина скорости ветра за наблюдаемый период составила 3,7 м/с.

В процессе связи взвешенных частиц и аэрозолей кроме метеоусловий большую роль играют турбулентные и мезомасштабные волновые процессы, которые способствуют увеличению их локальной концентрации. Проведен взаимный корреляционный анализ рядов концентрации тех же примесей, сглаженных за 10 мин, с рядом интенсивности турбулентности. Анализ показал, что величина коэффициента корреляции выше уровня значимости, но невысокая, примерно 0,3, следовательно, турбулентность увеличивает концентрацию взвешенных частиц, возможно, за счет переноса [7]. Невысокую величину корреляции можно объяснить нелинейным характером связи интенсивности турбулентных процессов с концентрацией взвешенных частиц.

1. Shepovskih A.I., Safin R.N., Khutorova O.G. // Environmental radioecology and applied ecology. 1997. V. 3. N 3. P. 19–28.
2. MeduiUm–SENSOR g6mbH. Экологический измерительный комплекс: Учебный материал для технического и гарантийного обслуживания. Ч. 1, 2. Берлин, 1994. 50 с.
3. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. Т. 1. М.: Мир, 1971. 312 с.
4. Монин А.С. Прогноз погоды как задача физики. М.: Наука, 1969. 184 с.
5. Kao C.-Y.J., Barr S., Quintanar A., Langley D., Glatzmaier G.A., Malone R.C. // Geophys. Res. Lett. 1995. V. 22. N 8. P. 941–944.

6. Walton J.J., Maccracken M.C., Ghan S.J. A global-scale Lagrangian trace species model of transport, transformation, and removal processes // J. of Geophys. Res. 1988. V. 93. N 6. P. 8339–8354.

7. Бородулин А.И., Майстренко Г.М., Чалдин Б.М. Статистическое описание распространения аэрозолей в атмосфере. Новосибирск, 1992. 123 с.

O.G. Khutorova, G.M. Teptin, A.F. Latypov. **Empirical model of interaction between aerosol and chemical impurities under conditions.**

In this paper the empirical model of relationship of a different sort of polluting impurities is found. This task was solved based on the cross-correlation analysis of long time series of concentration of aerosol, oxide of carbon, oxide and nitrogen dioxide, and meteoroparameters. Three group of impurities have been detected depending on the character of correlation. It is obtained, that interaction chemical impurities and aerosols depends on turbulent processes.