

В.И. Букатый, А.С. Самойлов, И.А. Суторихин

Динамика микрофизических параметров приземного аэрозоля г. Барнаула

Алтайский государственный университет,
Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул

Поступила в редакцию 22.01.2004 г.

Осуществлен комплексный подход к изучению основных микрофизических параметров городского приземного аэрозоля на примере г. Барнаула. Представлены микроструктурные данные городского аэрозоля в период с 1991 по 2003 г. Изучена динамика таких параметров, как массовая и счетная концентрации аэрозоля, средний радиус частиц.

Несомненный интерес для решения задачи мониторинга приземного аэрозоля промышленного центра представляют такие его характеристики, как динамика счетной и массовой концентрации в зависимости от времени суток и метеоусловий, а также закономерности распределения аэрозольных частиц по размерам.

Исследования такого рода полезны для объективной оценки роли приземного аэрозоля как климатообразующего фактора в промышленном центре, а также имеют санитарно-гигиеническое значение. При вдыхании загрязненного воздуха вредные вещества, содержащиеся в нем, задерживаются на всем протяжении дыхательного тракта, при этом между размерами частиц и глубиной их проникновения установлена следующая зависимость. Частицы диаметром 7–10 мкм оседают в верхних дыхательных путях на 70–90% и не проникают в глубокие отделы легких. Частицы меньшего диаметра (1–3 мкм) проникают в альвеолярные отделы легких, задерживаются в них на 30–35% и затем, растворяясь, поступают непосредственно в кровь. Более мелкие частицы диаметром менее 0,1 мкм являются менее опасными, поскольку большая их часть выдыхается и не задерживается в легких.

Для оценки степени загрязнения воздуха аэрозольными частицами и, соответственно, качества атмосферы и влияния на здоровье человека необходимо знать различные количественные характеристики аэрозоля, в том числе счетную и массовую концентрации, а также размер частиц. К наиболее опасной респираторной фракции относятся частицы размером 0,3–0,5 мкм [1].

Для исследований использовался комплекс аппаратуры, состоящий из установки для забора аэрозоля на бумажные фильтры, фотометра фотоэлектрического для аэрозолей – ФАН и прибора контроля запыленности воздуха – ПКЗВ-906. Отбор проб для определения массовой концентрации среднечисленного аэрозоля осуществлялся на фильтры типа АФА-ХА-20, взвешенные до и после экспони-

рования. Измерения счетной концентрации среднечисленного аэрозоля проводились при помощи прибора ПКЗВ-906. Данные регистрировались по семи каналам с граничными размерами 0,3–0,4; 0,4–0,5; 0,5–1; 1–2; 2–5; 5–10; 10–100. Погрешности измерений по первому и последнему каналам не нормируются, по второму и третьему каналам составляют 30%, по четвертому и пятому – 40%. Усреднение проводилось по измерениям, полученным в течение 20 мин. Средний радиус аэрозольных частиц, взвешенных в приземном атмосферном воздухе, определялся при помощи фотометра фотоэлектрического для аэрозолей ФАН с погрешностью измерений не более 15%.

На рис. 1 представлен суточный ход массовой концентрации частиц аэрозоля N_m .

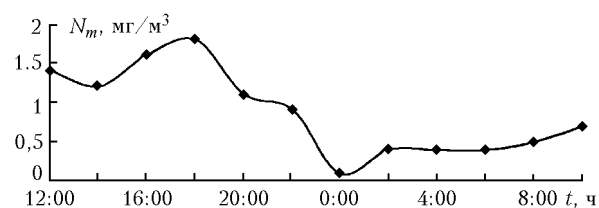


Рис. 1. Суточный ход массовой концентрации 7–8 мая 2003 г.

Измерения производились 7 мая 2003 г. с 12:00 до 24:00 и 8 мая 2003 г. с 0:00 до 10:00 на пр. Красноармейском, 90. Этот район находится в деловом центре Барнаула, вблизи пересечения крупных транспортных артерий города – ул. Молодежной и пр. Красноармейского. Через каждый фильтр прокачивалось 600 л воздуха на высоте 10 м от поверхности земли. Величина массовой концентрации в течение суток варьировала в интервале 0,1–1,75 мг/м³, причем максимальное ее значение получено в 18:00, а минимальное – в 0:00.

Такое поведение массовой концентрации обусловлено, по-видимому, следующими факторами: в конце рабочего дня (17:00–18:00) близлежащие улицы (пр. Красноармейский, пр. Социалистический,

ул. Молодежная), являющиеся одними из крупнейших транспортных магистралей города, переполнены автотранспортом, выхлопные газы которого оказывают существенное влияние на состояние приземного аэрозоля в окрестности данного опорного пункта. Этими факторами, с учетом того что к 18:00 атмосферный воздух достаточно прогрет (о зависимости массовой концентрации от температуры окружающего воздуха см. далее по тексту), и объясняется пик на рис. 1.

Исходя из этих соображений, понятен минимум, полученный в 2:00. В это время в деловом центре города практически нет автотранспорта, температура невысока, что позволяет значению массовой концентрации быть близким к фоновому уровню. Как видно из рис. 1, к началу рабочего дня (7:00–9:00) с появлением на улицах автомобилей и повышением температуры массовая концентрация снова повышается.

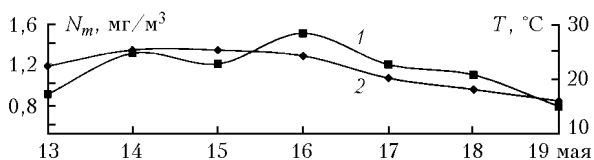


Рис. 2. Временной ход массовой концентрации N_m (1) и температуры окружающего воздуха T (2) 13–19 мая 2003 г.

Пробы аэрозоля для наблюдения за временным ходом массовой концентрации брались ежедневно в 18:00 в период с 13 по 19 мая 2003 г. (рис. 2). Измерения проводились на такой же высоте, объем прокачанного через фильтр воздуха составлял 900 л.

За данный промежуток времени массовая концентрация принимала значения от 0,8 до 1,5 $\text{мг}/\text{м}^3$, температура окружающего воздуха изменялась в пределах от 14 до 25 $^\circ\text{C}$.

На рис. 3 представлены данные о временной динамике среднего радиуса аэрозольных частиц, полученные 2–8 июня 2003 г. при помощи фотометра фотозлектрического для аэрозолей ФАН.

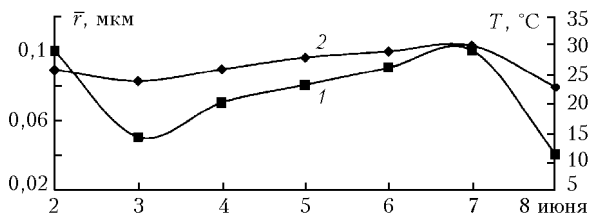


Рис. 3. Временной ход среднего радиуса аэрозольных частиц (1) и температуры окружающего воздуха (2) 2–8 июня 2003 г.

В результате этих измерений, проводимых ежедневно с 18:00 до 18:30, зарегистрирован ход среднего радиуса от 0,04 до 1 $\mu\text{м}$, температура изменялась от 23 до 30 $^\circ\text{C}$.

Полученные результаты говорят о существовании некоторой зависимости среднего радиуса частиц и массовой концентрации аэрозоля от температуры атмосферного воздуха, характер которой подлежит дальнейшему исследованию. На данном этапе можно

утверждать, что более прогретый воздух обладает большей кинетической энергией, что позволяет его конвективным потокам увлекать более крупные частицы с подстилающей поверхности (почва, асфальт).

Основными критериями качества атмосферного воздуха являются предельно допустимые концентрации (ПДК) для населенных мест. В соответствии с ГОСТ 17.2.1.04-77 под ПДК понимается максимальная концентрация примеси в атмосфере, которая отнесена к определенному времени осреднения и при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного воздействия, включая отдаленные последствия и на среду в целом [2].

Для городов с численностью населения от 500 тыс. до 1 млн человек (население Барнаула около 600 тыс.) максимальная разовая ПДК для пыли составляет 2,96 $\text{мг}/\text{м}^3$, среднегодовая — 0,24 $\text{мг}/\text{м}^3$ [2]. Значения массовой концентрации, полученные в ходе проведенных экспериментов (0,1–1,75 $\text{мг}/\text{м}^3$), не превышают максимальную разовую ПДК.

В этом же опорном пункте в период с 22 по 29 декабря 2003 г. был проведен цикл экспериментов по измерению счетной концентрации аэрозольных частиц, взвешенных в атмосферном воздухе, в ходе которых была проанализирована суточная (рис. 4) и временная (рис. 5) динамика счетной концентрации.

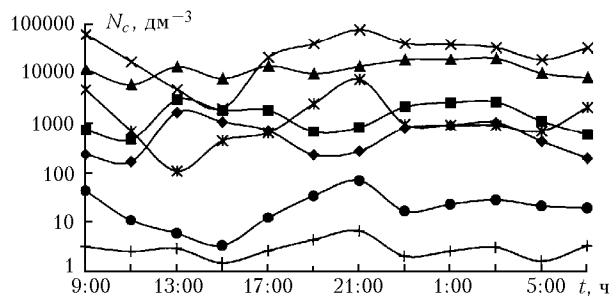


Рис. 4. Суточный ход счетной концентрации частиц различных фракций 24–25 декабря 2003 г. \blacklozenge 0,3–0,4 $\mu\text{м}$, \blacksquare 0,4–0,5; \blacktriangle 0,5–1; \times 1–2; $*$ 2–5; \bullet 5–10; $+$ 10–100

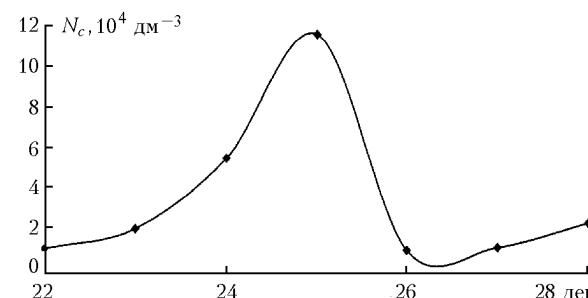


Рис. 5. Временной ход полной счетной концентрации частиц 24–25 декабря 2003 г.

Наблюдение за суточным ходом счетной концентрации частиц различных фракций было проведено 24–25 декабря 2003 г. В течение этих суток температура изменялась от -8 до -16 $^\circ\text{C}$, полная счетная концентрация принимала значения от $1,3 \cdot 10^4 \text{ дм}^{-3}$

(в 15:00 24 декабря) до $1,1 \cdot 10^5 \text{ дм}^{-3}$ (в 21:00 24 декабря). Из рис. 4 видно, что максимумы и минимумы концентраций частиц фракций 0,3–0,4; 0,4–0,5; 0,5–1 мкм совпадают, как совпадают и пики концентраций частиц, имеющих размеры 1–2; 2–5; 5–10; 10–100 мкм. При этом на максимум мелкодисперсных (0,3–1 мкм) частиц приходится минимум грубодисперсных (1–100 мкм), и наоборот.

Для получения временного хода полной счетной концентрации забор проб осуществлялся каждый день с 22 до 28 декабря в 20:00 (см. рис. 5). За данный промежуток времени температура атмосферного воздуха (в 20:00) колебалась в интервале от -7 до -14 °С. Максимум концентрации ($1,1 \cdot 10^5 \text{ дм}^{-3}$) был зафиксирован 25 декабря 2003 г. в ясную, безветренную, без осадков погоду, при температуре -14 °С, давлении 748 мм рт. ст. Нужно отметить, что в этот вечер в окрестности опорного пункта наблюдался характерный смог. Минимум концентрации ($0,93 \cdot 10^4 \text{ дм}^{-3}$) был получен 22 декабря 2003 г. в пасмурную погоду с небольшими осадками в виде снега, при температуре -7 °С, западном ветре со скоростью 8 м/с, давлении 737 мм рт. ст.

Полученные результаты интересно сравнить с результатами экспериментов 1991 и 1995 гг. по измерению концентрации частиц с помощью ПКЗВ-906. Измерения дисперсного состава городского аэрозоля проводились как в течение полных суток (через 1 ч), так и 1 раз в сутки. Обратимся к результатам некоторых измерений. Так, 17–18 апреля 1991 г. был проведен суточный эксперимент на ул. Гоголя, 85. Этот район, наиболее низкий в городе, сильно подвержен загрязнению от многочисленных предприятий, котельных, автотранспорта, печного отопления домов и т.д. Среднесуточная полная счетная концентрация частиц тогда составила $2,5 \cdot 10^5 \text{ дм}^{-3}$, причем минимальное ее значение ($2,4 \cdot 10^3 \text{ дм}^{-3}$) было получено в 11:20 17.04.91 при юго-восточном ветре 1–2 м/с, температуре 6 °С, влажности 90%, а максимальное ($9,4 \cdot 10^5 \text{ дм}^{-3}$) – в 23:10 17.04.91 при юго-восточном ветре 0–1 м/с, температуре 5 °С, влажности 45% [3].

Суточная динамика массовой и полной счетной концентрации была прослежена также в течение суток 19–20 апреля 1995 г. на пр. Красноармейском, 90. Этот район расположен, как и предыдущий, в деловом центре города, но несколько выше. Он не менее подвержен загрязнению от предприятий, котельных, автотранспорта, печного отопления домов, а также характеризуется песчаной почвой и более интенсивным движением воздушных масс.

Измерения проводились с 14:00 ч 19.04.95 до 14:00 ч 20.04.95. Величины массовой и счетной концентраций в течение суток варьировали в интервалах $0,37$ – $1,76 \text{ мг/м}^3$ и $3,37 \cdot 10^3$ – $8,21 \cdot 10^4 \text{ дм}^{-3}$ соответственно, причем минимум полной счетной концентрации зафиксирован в 23:00 19.04.95, а максимум – в 10:00 20.04.95. Изменение температуры в данный период составило 1 – 9 °С [4].

Обратимся к результатам суточного эксперимента 4 октября 1997 г., проведенного исследователями [5] недалеко от предыдущего опорного пункта, на пересечении пр. Красноармейского и ул. Партизанской. За время проведения данного эксперимента значения полной счетной концентрации варьировали в диапазоне $3,3 \cdot 10^2$ – $1,7 \cdot 10^5 \text{ дм}^{-3}$, причем минимум зафиксирован в 16:00, а максимум – в 6:00. В течение этих суток температура изменялась от 5 до 23 °С. Следует отметить, что данные исследования проводились в условиях повышенного загрязнения города дымовым аэрозолем.

В 2003 г. в опорном пункте на пр. Красноармейском, 90, величина массовой концентрации в течение суток 7–8 мая варьировала в интервале $0,1$ – $1,75 \text{ мг/м}^3$, а наблюдение за ходом счетной концентрации в течение суток 24–25 декабря 2003 г. выявило изменение счетной концентрации в пределах $1,3 \cdot 10^4$ – $1,1 \cdot 10^5 \text{ дм}^{-3}$.

Таким образом, можно отметить следующую закономерность поведения полной счетной концентрации приземного аэрозоля г. Барнаула. В период с 1991 по 2003 г. существует тенденция к уменьшению максимальных значений концентрации, тогда как ее минимальные значения, напротив, увеличиваются из года в год. Важной особенностью, кроме того, является уменьшение полной счетной концентрации за эти годы практически в 5 раз.

1. Булдаков Л.А. Радиоактивные вещества и человек. М.: Энергоатомиздат, 1980. 160 с.
2. Атмосфера: Справочник / Под ред. Ю.С. Седунова. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. С. 472–473.
3. Моношкіна В.Г., Суторихин И.А. Сравнительная характеристика спектров размеров частиц приземного аэрозоля Алтайского края // Оптика атмосфер. и океана. 1995. Т. 8. № 4. С. 579–582.
4. Букатый В.И., Исаков А.А., Кисляк Н.В., Суторихин И.А., Черненко Р.П. Динамика микрофизических характеристик приземного аэрозоля г. Барнаула // Оптика атмосфер. и океана. 1996. Т. 9. № 6. С. 743–747.
5. Каплинский А.Е., Кисляк Н.В., Суторихин И.А. Динамика накопления дымового аэрозоля в пониженной части территории г. Барнаула // Оптика атмосфер. и океана. 1998. Т. 11. № 12. С. 1341–1343.

V.I. Bukatyi, A.S. Samoiloov, I.A. Sutorikhin. Dynamics of microphysical parameters of surface aerosol in Barnaul.

The combined approach to study of main microphysics parameters of urban surface aerosol in Barnaul has been realized. The microstructure data of the urban aerosol for the period 1991–2003 are presented. The dynamics of such parameters as the mass and number concentration of aerosol and the average radius of particles is studied.