

Б.М. Десятков, С.Р. Сарманов, А.И. Бородулин

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ АЭРОЗОЛЬНЫХ «ШАПОК» НАД ГОРОДОМ ОТ ИСТОЧНИКОВ, НАХОДЯЩИХСЯ ВНЕ ЕГО ПРЕДЕЛОВ

НИИ аэриологии ГНЦ ВБ «Вектор», Новосибирская обл.

Поступила в редакцию 3.03.99 г.

Принята к печати 5.05.99 г.

Ранее с использованием системы уравнений динамики пограничного слоя атмосферы нами рассматривалось распространение атмосферного аэрозоля над промышленным центром, являющимся источником аэрозольных загрязнений и характеризующимся ярко выраженной температурной неоднородностью, что приводит к образованию специфических «шапок» примеси над городом. Данная работа является продолжением упомянутой выше. В ней рассматриваются источники примеси, расположенные за городской чертой. При этом источники примеси в городе были «выключены». Производится обсуждение закономерностей суточного изменения концентрации аэрозолей в «шапках» над городом, полученных для различных метеорологических условий.

Введение

В [1] рассматривалась структура аэрозольных «шапок», возникающих над промышленным центром, в результате выбросов автотранспорта и промышленных предприятий в черте города. В данной работе анализируются закономерности возникновения «шапок» над городом в результате действия точечных и плоскостных источников вблизи города. При этом источники примеси в черте города «отключены».

Город представлен в виде квадрата площадью 100 км², расположенного в центре квадратной расчетной области со стороной 36 км. Вертикальная координата ограничена высотой 1,5 км. Характеристики подстилающей поверхности вне города задавались типичными для лесостепи. Городская поверхность отличалась от окружающей ее поверхности величиной альбедо, параметром шероховатости и теплофизическими характеристиками почвы [2, 3].

Для расчетов использовалась математическая модель, аналогичная [4, 5]. Уравнения решались конечно-разностными методами [5, 6]. Число узлов сетки по горизонтали составляло 19 × 19 и 15 по вертикали. Моделировались суточное изменение скорости ветра, температуры, влажности и основные характеристики турбулентности, типичные для июня в Западно-Сибирском регионе при штилевых условиях и ветре, дующем на город со скоростью 2 м/с на высоте 10 м. Поля концентрации примеси рассчитывались для частиц диаметром 10 мкм.

Рассмотрим влияние высотных точечных источников, находящихся на различных расстояниях от города, на вертикальные профили концентрации в пригороде на расстоянии 4 км от города (точка 1), на окраине города (точка 2), в центре города (точка 3), на противоположной от источника окраине города (точка 4) и в пригороде на расстоянии 4 км от города (точка 5). Расчеты проводились для городского «острова тепла» в штилевых условиях и при ветре, дующем на город со стороны источника примеси.

Штиль. Точечный источник на высоте 100 м в 2 км от города

Результаты расчетов даны в табл. 1. В пригороде (точка 1 расположена слева от источника, а сам источник находится между этой точкой и городом) в ночные часы максимальная концентрация C_{max} определялась на высоте источника. Днем координата максимума z_{max} перемещается на высоту 600–700 м, вечером опускается и к 24 ч вновь достигает 100 м. В момент времени $t = 3$ ч $C_{max} = 3,6 \cdot 10^{-3}$ усл. ед., при $t = 18$ ч $C_{max} = 2,1 \cdot 10^{-4}$ усл. ед., т.е. изменение C_{max} в течение суток составляет 17 раз. Перемещение области с максимальной концентрацией и ее изменение объясняются тем, что днем поток воздуха направлен от источника на город, а ночью наоборот.

Таблица 1

$t, \text{ч}$	Точка 1		Точка 2		Точка 3		Точка 4		Точка 5	
	$z_{max}, \text{М}$	$C_{max}, \text{УСЛ.ЕД.}$	$z_{max}, \text{М}$	$C_{max}, \text{УСЛ.ЕД.}$	$z_{max}, \text{М}$	$C_{max}, \text{УСЛ.ЕД.}$	$z_{max}, \text{М}$	$C_{max}, \text{УСЛ.ЕД.}$	$z_{max}, \text{М}$	$C_{max}, \text{УСЛ.ЕД.}$
0	100	$0,13 \cdot 10^{-2}$	100	$0,55 \cdot 10^{-3}$	700	$0,60 \cdot 10^{-4}$	800	$0,40 \cdot 10^{-5}$	600	$0,89 \cdot 10^{-6}$
3	100	$0,36 \cdot 10^{-2}$	100	$0,46 \cdot 10^{-3}$	800	$0,60 \cdot 10^{-4}$	800	$0,39 \cdot 10^{-5}$	600	$0,77 \cdot 10^{-6}$
6	100	$0,13 \cdot 10^{-2}$	100	$0,50 \cdot 10^{-2}$	850	$0,57 \cdot 10^{-4}$	800	$0,37 \cdot 10^{-5}$	500	$0,64 \cdot 10^{-6}$
8	100	$0,87 \cdot 10^{-3}$	100	$0,30 \cdot 10^{-2}$	900	$0,55 \cdot 10^{-4}$	800	$0,42 \cdot 10^{-5}$	500	$0,65 \cdot 10^{-6}$
10	600	$0,36 \cdot 10^{-3}$	100	$0,12 \cdot 10^{-2}$	900	$0,15 \cdot 10^{-3}$	900	$0,79 \cdot 10^{-5}$	700	$0,11 \cdot 10^{-5}$
12	600	$0,32 \cdot 10^{-3}$	100	$0,10 \cdot 10^{-2}$	1100	$0,13 \cdot 10^{-3}$	1000	$0,14 \cdot 10^{-4}$	800	$0,23 \cdot 10^{-5}$
15	700	$0,22 \cdot 10^{-3}$	100	$0,10 \cdot 10^{-2}$	1100	$0,90 \cdot 10^{-4}$	1100	$0,14 \cdot 10^{-4}$	800	$0,49 \cdot 10^{-5}$
18	700	$0,21 \cdot 10^{-3}$	100	$0,13 \cdot 10^{-2}$	1100	$0,70 \cdot 10^{-4}$	1000	$0,10 \cdot 10^{-4}$	800	$0,50 \cdot 10^{-5}$
20	500	$0,23 \cdot 10^{-3}$	100	$0,17 \cdot 10^{-2}$	800	$0,58 \cdot 10^{-4}$	900	$0,41 \cdot 10^{-5}$	700	$0,65 \cdot 10^{-6}$
22	400	$0,24 \cdot 10^{-3}$	100	$0,75 \cdot 10^{-3}$	700	$0,61 \cdot 10^{-4}$	700	$0,40 \cdot 10^{-5}$	600	$0,10 \cdot 10^{-5}$

На окраине города (точка 2) максимальное значение концентрации примесей всегда находится на высоте источника. При этом $C_{\max} = 0,50 \cdot 10^{-2}$ усл. ед. наблюдается в 6 ч утра, а минимальное $C_{\max} = 0,46 \cdot 10^{-3}$ в 3 ч утра.

В центре и на дальней от источника окраине города (точки 3 и 4) z_{\max} принимает значения от 700 до 1100 м. В дневные часы концентрация больше, чем в ночные. В точке 5 область с C_{\max} находится на высоте от 600 до 800 м. C_{\max} изменяется от $0,49 \cdot 10^{-5}$ днем до $0,64 \cdot 10^{-6}$ усл. ед. ночью.

Отношения дневных концентраций примеси C_{\max} к их ночным значениям равны: 4,4; 2; 1,5; 3,5; 7,5 в точках 1–5 соответственно. На поверхности эти отношения равны: 16; 47; 48; 40; 7,6 соответственно. Таким образом, суточный ход концентрации на поверхности выражен значительно сильнее, чем в «шапке». При этом днем концентрация в «шапке» больше, чем на поверхности, примерно в 0,1; 1,3; 8; 15; 7,5 раз в точках 1–5 соответственно. Ночью эти отношения равны 17; 35; 200; 170 и 112.

Штиль. Точечный источник на высоте 400 м в 2 км от города

Увеличение высоты источника до 400 м не меняет качественную картину динамики поля концентрации, но уменьшает значения концентрации в течение суток 1,3–2,6; 2–4; 1,5–4; 2–6 раз в точках 1–4 соответственно.

Штиль. Точечный источник на высоте 100 м в 10 км от города

Результаты расчетов приведены в табл. 2. Качественно картина процесса не меняется. Высота аэрозольной «шапки» и ее суточное изменение аналогичны. Однако в ночное время на окраине города (точка 4) наблюдается S-образный профиль с двумя локальными максимумами на высоте 100 и 700 м. Эта особенность наблюдалась и ранее [1].

Штиль. Точечный источник на высоте 400 м в 10 км от города

Вертикальная структура поля концентрации над городом практически не отличается от случая с источником на

100 м. Высота области с максимальными значениями концентрации практически не изменяется. Данные совпадают с вариантом для источника на высоте 100 м в 2 км от города.

Ветер. Точечный источник на высоте 100 м в 2 км от города

В данном случае C_{\max} всегда находится на высоте источника и поднимается в дальнем от источника пригороде в дневное время до высоты 500 м. Ветер подавляет бризовую циркуляцию. Поэтому отношение максимальных дневных концентраций к максимальным ночным равны: 0,64; 0,38; 0,25; 0,14 в точках 2–5 соответственно. На поверхности эти отношения составляют 2,6; 1,5 и 1,4 в точках 2–4 соответственно. Таким образом, при внешнем ветре суточные изменения концентрации выражены слабее, чем при штиле. Днем концентрация в «шапке» меньше, чем ночью, а в штилевых условиях наоборот. В дневные часы внешний ветер в сравнении со штилем уменьшает концентрацию в «шапке» в точке 1 примерно в 1,7 раза и увеличивает ее в 3, 10 и 11,4 раза в точках 2–4 соответственно. Ночью концентрация в «шапке» увеличивается в 2, 12, 256, 500 раз в точках 2–5.

Ветер. Точечный источник на высоте 400 м в 2 км от города

Увеличение высоты источника до 400 м не меняет качественную картину процесса, но уменьшает значения концентрации. Отношения дневных максимальных значений концентрации к ночным равны 0,6; 0,4; 0,37; и 0,36 в точках 2–5 соответственно.

Ветер. Точечный источник на высоте 100 м в 10 км от города

В данном случае качественная картина также не изменяется. Отношения дневных максимальных значений концентрации к ночным для источника на 100 м и расстояния 2 км равны 0,4; 0,3; 0,2 и 0,17 в точках 2–5 соответственно. Для источника на 400 м и расстояния 10 км они равны 0,6; 0,7; 0,6 и 0,6.

Таблица 2

t, ч	Точка 1		Точка 2		Точка 3		Точка 4		Точка 5	
	z_{\max} , М	C_{\max} , усл. ед.	z_{\max} , М	C_{\max} , усл. ед.	z_{\max} , М	C_{\max} , усл. ед.	z_{\max} , М	C_{\max} , усл. ед.	z_{\max} , М	C_{\max} , усл. ед.
0	100	$0,18 \cdot 10^{-3}$	200	$0,33 \cdot 10^{-4}$	700	$0,25 \cdot 10^{-5}$	700	$0,87 \cdot 10^{-7}$	500	$0,44 \cdot 10^{-8}$
3	100	$0,15 \cdot 10^{-3}$	200	$0,30 \cdot 10^{-4}$	700	$0,25 \cdot 10^{-5}$	100	$0,13 \cdot 10^{-6}$	500	$0,37 \cdot 10^{-8}$
6	100	$0,12 \cdot 10^{-3}$	200	$0,29 \cdot 10^{-4}$	700	$0,24 \cdot 10^{-5}$	100	$0,81 \cdot 10^{-7}$	500	$0,30 \cdot 10^{-8}$
8	100	$0,11 \cdot 10^{-3}$	100	$0,33 \cdot 10^{-4}$	700	$0,26 \cdot 10^{-5}$	600	$0,14 \cdot 10^{-6}$	500	$0,34 \cdot 10^{-8}$
10	100	$0,26 \cdot 10^{-3}$	100	$0,47 \cdot 10^{-4}$	800	$0,35 \cdot 10^{-5}$	800	$0,37 \cdot 10^{-6}$	700	$0,16 \cdot 10^{-7}$
12	100	$0,41 \cdot 10^{-3}$	100	$0,13 \cdot 10^{-3}$	900	$0,58 \cdot 10^{-5}$	1000	$0,52 \cdot 10^{-6}$	700	$0,70 \cdot 10^{-7}$
15	100	$0,35 \cdot 10^{-3}$	200	$0,15 \cdot 10^{-3}$	1000	$0,15 \cdot 10^{-4}$	1000	$0,96 \cdot 10^{-6}$	800	$0,17 \cdot 10^{-6}$
18	200	$0,25 \cdot 10^{-3}$	200	$0,11 \cdot 10^{-3}$	1100	$0,14 \cdot 10^{-4}$	900	$0,12 \cdot 10^{-5}$	700	$0,24 \cdot 10^{-6}$
20	100	$0,19 \cdot 10^{-3}$	100	$0,49 \cdot 10^{-4}$	800	$0,24 \cdot 10^{-5}$	700	$0,70 \cdot 10^{-7}$	600	$0,16 \cdot 10^{-8}$
22	100	$0,25 \cdot 10^{-3}$	300	$0,35 \cdot 10^{-4}$	700	$0,26 \cdot 10^{-5}$	700	$0,96 \cdot 10^{-7}$	500	$0,51 \cdot 10^{-8}$

Ветер. Точечный источник. Однородная поверхность

В этом случае суточный ход концентрации выражен слабее, чем при наличии города. В табл. 3 приведены отношения дневных максимальных значений концентрации к ночным для расчетов с учетом города как «острова тепла» (с у.г.) и без учета (б.у.г.). В табл. 3 h – высота источника; L – расстояние от источника до города. Видно, что учет города как «острова тепла» приводит к увеличению амплитуды изменения концентрации в «шапке». Отношения максимальных значений концентрации без учета «острова тепла» и с учетом для дневных и ночных условий даны в табл. 4. Видно, что днем в городе значения концентрации уменьшаются, причем, чем дальше от источника в глубь города, тем это уменьшение сильнее. Ночью концентрация примеси в «шапке» также уменьшена. Исключение составляет вариант с низким и близко расположенным к городу источником ($h = 100$ м, $L = 2$ км).

Штиль. Плоскостной источник

В данном случае в пригороде (точка 1) максимальное значение концентрации всегда находится на поверхности. Так, $C_{\max} = 9,2 \cdot 10^2$ усл.ед. при $t = 3$ ч. При $t = 15$ ч $C_{\max} = 9,8 \cdot 10$ усл.ед. Такое поведение концентрации днем объясняется неустойчивой стратификацией атмосферы. Это приводит к выносу аэрозольных частиц в верхнюю часть пограничного слоя. Из-за этого вертикальный профиль концентрации выравнивается, а значение концентрации у поверхности уменьшается.

В точке 2 максимум всегда находится на высоте 100 м. Абсолютный максимум C_{\max} , равный

$8,6 \cdot 10$ усл.ед., наблюдается при $t = 8$ ч. Далее идет ее плавное уменьшение до $6,6 \cdot 10$ усл.ед. к $t = 15$ ч и $5,1 \cdot 10$ усл.ед. при $t = 22$ ч. Минимальное значение $C_{\max} = 3,1 \cdot 10$ усл.ед. наблюдается при $t = 3$ ч.

В точке 3 максимальное значение концентрации колеблется от высоты 750 м ночью до 1100 м днем. При этом $C_{\max} = 1,2 \cdot 10$ усл.ед. при $t = 15$ ч и $C_{\max} = 3,1 \cdot 10$ усл.ед. при $t = 5$ ч. То есть в отличие от точек 1 и 2 днем концентрация в «шапке» больше, чем ночью. С момента $t = 22$ ч и до $t = 0$ ч наблюдается S-образный профиль с двумя локальными максимумами.

В точке 4 днем картина такая же, как и в точке 3, с той лишь разницей, что область с максимальным значением концентрации на 100–200 м ниже. В ночные часы максимум концентрации находится на высоте 100 м. $C_{\max} = 1,9$ усл.ед. при $t = 15$ ч, $C_{\max} = 0,21$ усл.ед. при $t = 20$ ч и 0,68 при $t = 3$ ч.

В точке 5 днем максимум концентрации находится на высоте 800–900 м. В ночные часы он опускается до 500 м. Максимальное значение $C_{\max} = 0,57$ усл.ед. наблюдается при $t = 18$ ч, минимальное $C_{\max} = 0,2 \cdot 10^{-1}$ усл.ед. при $t = 6$ ч. Отношения максимальных дневных значений концентрации к максимальным ночным равны: 0,1; 2,1; 3,9; 2,8; 20,9 в точках 1–5 соответственно. Таким образом, основные закономерности динамики высоты аэрозольной «шапки» от плоскостного источника и амплитуды изменения концентрации в течение суток примерно такие же, как и в случае с точечными источниками. В табл. 5 приведены значения концентрации на поверхности. Отношения дневных максимальных концентраций к ночным примерно такие же, как и для точечного источника.

Таблица 3

h , м	L , км	Точка 1		Точка 2		Точка 3		Точка 4		Точка 5	
		б.у.г.	с у.г.	б.у.г.	с у.г.	б.у.г.	с у.г.	б.у.г.	с у.г.	б.у.г.	с у.г.
100	2	10	10	0,77	1,5	1,9	2,6	2,2	4,1	2,4	7,0
400	2	100	50	0,80	1,6	1,5	2,4	1,3	2,7	1,0	2,8
100	10	0,2	0,5	0,45	2,6	2,4	3,4	2,6	5,0	2,8	5,7
400	10	0,7	0,5	0,77	1,7	1,0	1,5	0,8	1,6	0,7	1,7

Таблица 4

h , м	L , км	Точка 1		Точка 2		Точка 3		Точка 4		Точка 5	
		День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь
100	2	1,3	1,0	1,2	1,5	1,2	1,4	1,0	1,3	2,3	0,9
400	2	1,4	0,5	1,2	1,0	1,3	0,9	1,5	0,8	2,1	0,8
100	10	1,0	1,0	1,2	1,0	1,3	0,9	1,6	0,9	2,5	0,9
400	10	1,0	1,0	1,2	0,9	1,3	0,9	1,6	0,9	1,9	0,8

Таблица 5

t , ч	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5
3	$0,90 \cdot 10^{-3}$	$0,10 \cdot 10^{-1}$	$0,44 \cdot 10^{-1}$	$0,22 \cdot 10^{-1}$	$0,31 \cdot 10^{-3}$
15	$0,97 \cdot 10^{-2}$	$0,47 \cdot 10^{-2}$	$0,29 \cdot 10^{-1}$	$0,20 \cdot 10^0$	$0,75 \cdot 10^{-1}$

Ветер. Плоскостной источник

Значения концентрации в аэрозольной «шапке» и на поверхности даны в табл. 6, 7. Максимум концентрации над городом в точках 2 и 3 всегда находится на высоте 100 м, а в точках 4 и 5 поднимается до высоты 200–400 м. Отношения дневных максимальных

значений концентрации к ночным максимальным равны: 0,24; 0,47; 0,39; 0,36; 0,35 в точках 1–5 соответственно. Такие же отношения на поверхности равны: 0,23; 1,29; 1,6; 1,4 и 0,7. Таким образом, при внешнем ветре суточные изменения концентрации выражены слабее, чем при штиле. Днем концентрация в «шапке» меньше, чем ночью. При штиле наоборот.

Ветер. Плоскостной источник. Однородная поверхность

Значения концентрации в аэрозольной «шапке» и на поверхности приведены в табл. 8, 9. Отношения максимальных дневных концентраций к ночным равны: 0,24; 0,55; 0,43; 0,4; 0,4 в точках 1–5 соответственно. То есть суточные изменения концентрации в «шапке» чуть меньше, чем при учете «острова тепла». Отношения максимальных дневных концентраций на поверхности к ночным равны: 0,24; 1,3; 1,1; 1; 1 в точках 1–5 соответственно. То есть концентрация на поверхности не изменяется.

Отношения дневных максимальных значений концентраций к ночным максимальным с учетом города как острова тепла (с у.г.) и без учета его (б.у.г.) даны в табл. 10. Учет города как острова тепла приводит к увеличению амплитуды изменения концентрации в «шапке». Отношения максимальных значений концентрации без учета острова тепла и с учетом его в дневных и в ночных условиях приведены в табл. 11. Днем в городе в «шапке» в ближних к источнику точках 2 и 3 значения концентрации уменьшены и увеличены в дальних точках 4 и 5. Ночью в городе концентрация примеси в «шапке» в точке 2 уменьшена и увеличена в дальних точках 3–5.

Таблица 6

t, ч	Точка 1		Точка 2		Точка 3		Точка 4		Точка 5	
	z _{max} , М	C _{max} , усл.ед.	z _{max} , М	C _{max} , усл.ед.	z _{max} , М	C _{max} , усл.ед.	z _{max} , М	C _{max} , усл.ед.	z _{max} , М	C _{max} , усл.ед.
0	0	110	100	21	100	18	100	16	100	14
3	0	110	100	21	100	18	100	16	100	14
6	0	43	100	12	100	8,7	100	7,1	100	6,4
8	0	110	100	21	100	18	100	15	100	12
10	0	27	100	10	100	7,1	100	5,8	200	5,0
12	0	25	100	9,6	100	6,9	200	5,7	300	4,9
15	0	26	100	9,8	100	7,0	200	5,8	400	4,9
18	0	33	100	11	100	7,9	200	6,3	300	5,6
20	0	110	100	17	100	11	100	8,3	200	7,0
22	0	120	100	21	100	19	100	17	100	14

Таблица 7

t, ч	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5
3	0,11·10 ⁺³	0,40·10 ⁺¹	0,35·10 ⁺¹	0,32·10 ⁺¹	0,43·10 ⁺¹
15	0,26·10 ⁺²	0,77·10 ⁺¹	0,55·10 ⁺¹	0,45·10 ⁺¹	0,31·10 ⁺¹

Таблица 8

t, ч	Точка 1		Точка 2		Точка 3		Точка 4		Точка 5	
	z _{max} , М	C _{max} , усл.ед.	z _{max} , М	C _{max} , усл.ед.	z _{max} , М	C _{max} , усл.ед.	z _{max} , М	C _{max} , усл.ед.	z _{max} , М	C _{max} , усл.ед.
0	0	110	100	20	100	17	100	14	100	12
3	0	110	100	20	100	17	100	14	100	12
6	0	43	100	13	100	9,8	100	8,0	100	6,9
8	0	110	100	20	100	16	100	13	100	9,9
10	0	27	100	11	100	7,4	100	5,7	100	4,7
12	0	26	100	11	100	7,2	100	5,5	100	4,6
15	0	26	100	11	100	7,3	100	5,6	100	4,7
18	0	33	100	12	100	8,5	100	5,6	100	4,7
20	0	120	100	24	100	18	100	13	100	9,5
22	0	120	100	21	100	17	100	15	100	13

Таблица 9

t, ч	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5
3	0,11·10 ⁺³	0,64·10 ⁺¹	0,52·10 ⁺¹	0,43·10 ⁺¹	0,36·10 ⁺¹
15	0,26·10 ⁺²	0,82·10 ⁺¹	0,55·10 ⁺¹	0,43·10 ⁺¹	0,35·10 ⁺¹

Таблица 10

Точка 1		Точка 2		Точка 3		Точка 4		Точка 5	
б.у.г.	с.у.г.	б.у.г.	с.у.г.	б.у.г.	с.у.г.	б.у.г.	с.у.г.	б.у.г.	с.у.г.
0,24	0,24	0,55	0,47	0,43	0,39	0,40	0,36	0,40	0,35

Таблица 11

Точка 1		Точка 2		Точка 3		Точка 4		Точка 5	
День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь	День	Ночь
1,0	1,0	1,1	1,67	1,1	0,94	0,96	0,87	0,96	0,86

Выводы

Точечный источник вблизи города при штиле создает «шапку» на высоте, изменяющейся от 100 м ночью до 1100 м днем. Отношения дневных максимальных концентраций в «шапке» к ночным изменяются от 1,5 раза в ближней к источнику точке города до 3,5 раза в дальней. На поверхности эти отношения изменяются от 40 до 48 раз. Отношения максимальных концентраций в «шапке» и на поверхности днем находятся в диапазоне от 1,3 до 15 и ночью от 35 до 170 в зависимости от положения точки в городе. Высота точечного источника и его расстояние от города слабо влияют на пространственную структуру «шапки».

При наличии внешнего ветра «шапка» всегда находится на высоте источника над городом и поднимается до 500 м в дальнем от источника пригороде в дневное время. Циркуляция, обусловленная «островом тепла», приводит к тому, что отношения максимальных дневных концентраций к максимальным ночным находятся в диапазоне от 0,64 на ближней к источнику окраине города до 0,25 на дальней окраине. Днем концентрация в «шапке» меньше, чем ночью. В штилевых условиях наоборот.

Плоскостной источник примеси вблизи города в штилевых условиях создает «шапку» на окраине города вблизи

источника на высоте 100 м, в центре она поднимается до 750 м ночью и до 1100 м днем. На дальней окраине и там же в пригороде ее высота на 100–200 м ниже, чем в центре. Изменение концентрации за сутки такое же, как и при точечном источнике.

При внешнем ветре суточные изменения концентрации выражены значительно слабее, чем при штиле. Днем концентрация в «шапке» меньше, чем ночью, а в штилевых условиях наоборот. На ближней к источнику окраине города и в центре «шапка» всегда находится на высоте 100 м, а на дальней от источника окраине и в пригороде она поднимается до 200–400 м.

1. Десятков Б.М., Сарманаев С.Р., Бородулин А.И. Численное моделирование структуры аэрозольных «шапок» над промышленными центрами // Оптика атмосферы и океана. 1998. Т. 11. № 6. С. 573–579.
2. Ландсберг Г.Е. Климат города. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 248 с.
3. Оке Т.Р. Климаты пограничного слоя. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 360 с.
4. Гутман Л.Н. Введение в нелинейную теорию мезометеорологических процессов. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 295 с.
5. Пененко В.В., Алоян А.Е. Модели и методы для задач охраны окружающей среды. Новосибирск: Наука, 1985. 256 с.
6. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М.: Наука, 1982. 320 с.

B.M. Desyatkov, S.R. Sarmanaev, A.I. Borodulin. Numerical Modeling of a Structure of Aerosol «Tops» over a Town from Outside Sources.

Using the equation system of the atmospheric boundary layer dynamics we have earlier considered the atmospheric aerosol dispersion over an industrial center, which is a source of aerosol pollution characterized by well-defined thermal inhomogeneity causing the peculiar «tops» of pollutants over a city. This work is an extension of the above one. The pollutant sources located outside the city are considered for the case when the city pollutant sources are «turned off». The data for diurnal variations in aerosol concentration in the «tops» over a city obtained for various meteorological conditions are discussed.