

УДК 551.513.551.551.55

Пространственно-временная изменчивость характеристик аэрозолей системы город – пригород (на примере Новосибирска)

Т. С. СЕЛЕГЕЙ¹, К. П. КУЦЕНОГИЙ², Н. Н. ФИЛОНЕНКО¹, С. А. ПОПОВА², Т. Н. ЛЕНКОВСКАЯ¹¹Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт, ул. Советская, 30, Новосибирск 630099 (Россия)

E-mail: selegey@sibnigmi.ru

²Институт химической кинетики и горения Сибирского отделения РАН, ул. Институтская, 3, Новосибирск 630090 (Россия)

E-mail: koutsen@kinetics.nsc.ru

(Поступила 19.05.10)

Аннотация

Проведен анализ среднемесячных, максимальных и минимальных значений массовой концентрации аэрозоля в Новосибирске и на его юго-восточной окраине в период 2005–2008 гг. Выявлено, что уровень загрязнения атмосферного воздуха аэрозолями в городе и пригороде формируется неравнозначно. Наблюдается тенденция более устойчивого характера загрязнения атмосферного воздуха аэрозолями в городе и большая его изменчивость в пригороде.

Ключевые слова: система город – пригород, массовая концентрация аэрозоля, максимальные, минимальные и средние значения, годовой ход, межгодовая изменчивость, синоптическая ситуация, уровень загрязнения атмосферы

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время данных о загрязнении атмосферного воздуха пригородных зон огромных мегаполисов крайне мало, а данных по синхронным измерениям концентраций загрязняющих веществ в городе и на его окраинах практически нет. Вместе с тем пригородные зоны являются местом отдыха городского населения, и любая информация о загрязнении атмосферного воздуха этих территорий представляет огромный интерес.

Цель данной работы – исследование динамики изменения массовых концентраций атмосферных аэрозолей в Новосибирске и на его юго-восточной окраине. Наряду с озоном атмосферные аэрозоли представляют основную опасность для здоровья населения, и не исключено, что в отдельные промежутки вре-

мени атмосферный воздух пригородных зон может быть более загрязненным, чем атмосферный воздух в городе.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для исследования пространственно-временной изменчивости характеристик атмосферных аэрозолей в Новосибирске и его пригороде использованы данные измерений массовой концентрации аэрозоля $C_{\text{мас}}$ (осредненной за сутки концентрации аэрозоля). Наблюдения проводились Институтом химической кинетики и горения СО РАН в Новосибирске и пос. Ключи в период 2005–2008 гг. в рамках программы “Аэрозоли Сибири” [1].

Пункт наблюдений за массовой концентрацией аэрозоля в Новосибирске в период 2005–2007 гг. располагался в Ленинском районе

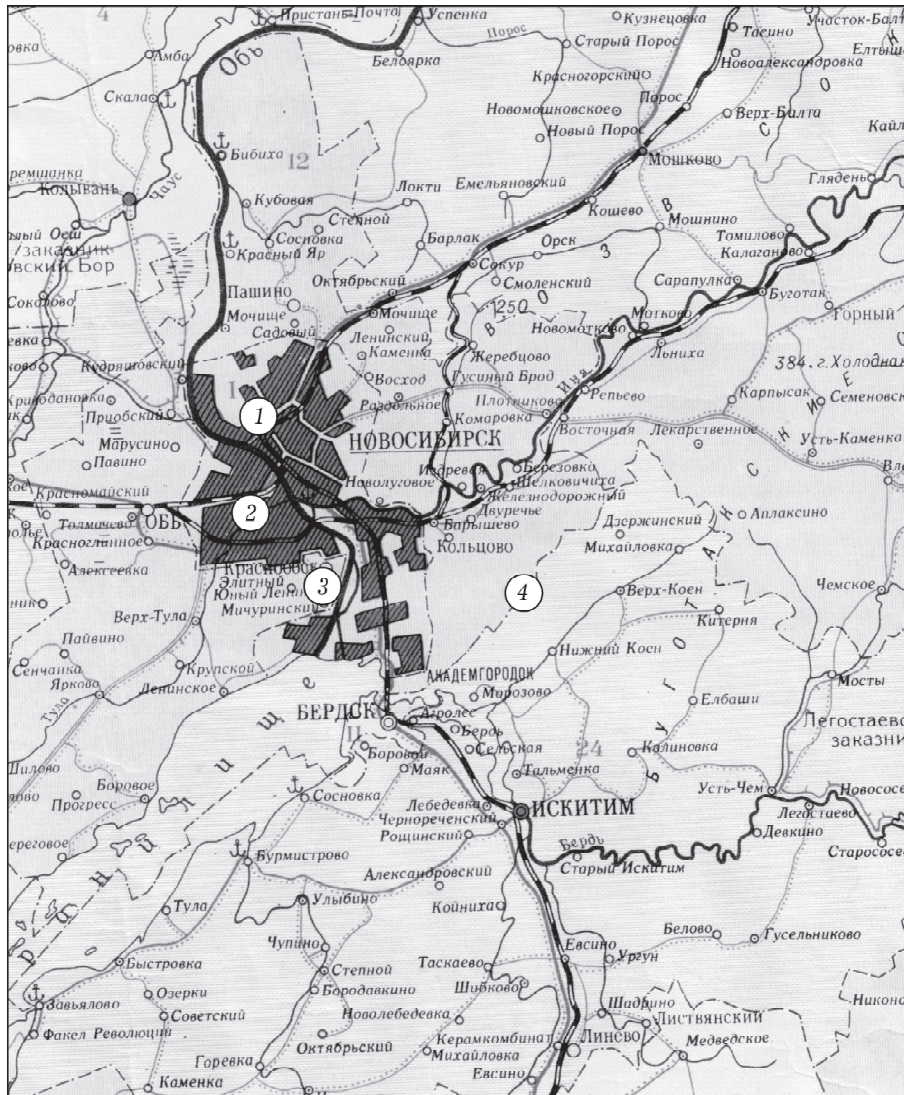


Рис. 1. Расположение пунктов наблюдения за массовой концентрацией аэрозоля в Новосибирске и его пригородах: 1 – ул. Линейная, 33; 2 – горбольница № 34; 3 – метеостанция Огурцово; 4 – пос. Ключи.

на территории горбольницы № 34. В 2008 г. пункт наблюдений был перенесен в Заельцовский район города, что прервало однородность ряда наблюдений в городе: данные пункты удалены друг от друга на расстояние примерно в 7,3 км и находятся под влиянием различных источников загрязнения [2].

В качестве пригородного района Новосибирска выбран пос. Ключи, расположенный в 30 км на юго-восток от центра Новосибирска (в 12 км к востоку от Академгородка).

Местоположение пунктов наблюдений за массовой концентрацией аэрозоля показано на рис. 1.

Отбор проб аэрозоля производился на тонковолокнистые аэрозольные фильтры АФА-ХА-20 с помощью фильтрационной установки, прокачивающей воздух со скоростью $13 \text{ м}^3/\text{ч}$ за 1 сут. Все измерения, как в Новосибирске, так и в пос. Ключи, проводились сериями продолжительностью 30 сут каждая, отдельно по сезонам (зима, весна, лето, осень), зачастую несинхронно, что повлияло на статистическую достоверность полученных результатов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для изучения годового хода массовой концентрации аэрозоля системы город – приго-

ТАБЛИЦА 1

Среднемесячные, максимальные и минимальные значения массовой концентрации аэрозоля в Новосибирске и пос. Ключи, мкг/м³ (2005–2007 гг.)

Показатели	Месяцы года											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	<i>Новосибирск (больница № 34)</i>											
$C_{\text{ср}}$	53.8	51.2	50.7	122.2	84.5	104.6	73.2	71.1	71.3	81.6	–	–
$C_{\text{макс}}$	97.4	100.3	73.4	180.8	128.2	150.6	104.8	104.5	113.1	122.4	–	–
$C_{\text{мин}}$	26.0	26.3	38.5	49.4	42.3	62.5	14.7	28.5	39.1	26.9	–	–
N	19	42	7	16	45	16	45	11	17	49		
	<i>пос. Ключи</i>											
$C_{\text{ср}}$	31.7	35.2	–	46.8	71.0	41.8	35.3	–	30.0	33.3	–	–
$C_{\text{макс}}$	64.1	98.0	–	138.8	297.3	91.0	116.3	–	90.3	135.0	–	–
$C_{\text{мин}}$	10.2	10.4	–	15.5	5.1	8.5	9.8	–	4.9	4.2	–	–
N	35	54		33	56	33	56		23	57		

Примечания. 1. N – число измерений. 2. Прочерк – нет данных.

род определены ее среднемесячные ($C_{\text{ср}}$), максимальные ($C_{\text{макс}}$) и минимальные ($C_{\text{мин}}$) значения, осредненные за период 2005–2007 гг. (табл. 1).

На рис. 2 показан годовой ход среднемесячных концентраций аэрозоля отдельно для Новосибирска и пос. Ключи. При построении графика среднемесячные значения $C_{\text{ср}}$ для месяцев, когда наблюдения отсутствовали, восстановлены экстраполяцией.

Из данных табл. 1 и рис. 2 следует, что среднемесячные массовые концентрации аэрозоля в Новосибирске в 1.5–2.0 раза выше по сравнению с таковыми для пос. Ключи, поскольку город является средой повышенной запыленности. Самые высокие среднемесяч-

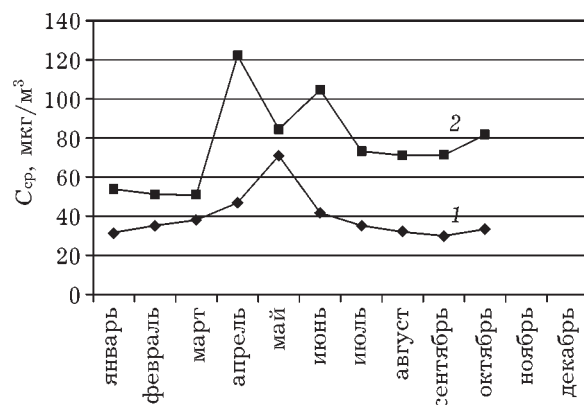


Рис. 2. Годовой ход среднемесячных значений массовой концентрации аэрозоля в пос. Ключи (1) и Новосибирске (2) (2005–2007 гг.).

ные концентрации аэрозоля в Новосибирске наблюдаются в апреле, что обусловлено почвенной эрозией и испарением частиц пыли с поверхности земли, еще не покрытой травяным покровом. В пригородной зоне (пос. Ключи) пик среднемесячных значений массовой концентрации аэрозоля приходится на май. Очевидно, это связано с более поздним таянием снежного покрова и, как следствие, более поздним появлением оголенных участков почвы и цветением растений.

Максимальные значения концентраций аэрозоля за отдельные сутки для Новосибирска в течение всего года (за исключением мая) также выше или сопоставимы с аналогичными данными для пригородной зоны. В мае концентрации аэрозоля в городе почти в 2.5 раза ниже по сравнению с пригородом. Особенно большие различия в максимальных концентрациях аэрозоля зафиксированы в первую и вторую декады мая. По-видимому, это связано с тем, что в этот период территория города уже очищена и начинает покрываться травянистым покровом, в то время как в пригороде с оголенных участков почвы после схода снежного покрова происходит испарение и в воздух поднимается значительное количество пыли.

Минимальные суточные концентрации аэрозоля за период 2005–2007 гг. в Новосибирске в среднем составляли 35 мкг/м³ при колебании этой величины в отдельные месяцы

от 14.7 до 62.5 мкг/м³. В пос. Ключи минимальные концентрации аэрозоля в отдельные сутки уменьшались до 4–10 мкг/м³, и только в апреле (в годы с ранними веснами) они были на уровне 15.5 мкг/м³.

Годовая амплитуда колебаний суточных концентраций аэрозоля (максимум – минимум) в пос. Ключи составила 293 мкг/м³, в Новосибирске – всего 166 мкг/м³. Это свидетельствует о более устойчивом характере формирования массовой концентрации аэрозоля в городе по сравнению с пригородом. Пригородная зона, очевидно, подвержена большему влиянию разнообразных факторов, приводящих к резкому кратковременному увеличению массовой концентрации аэрозоля и быстрому ее спаду. В этом отношении необходимо отметить следующее: пос. Ключи находится под влиянием переноса выбрасываемых загрязняющих веществ от трех промышленных городов. На северо-западе от пос. Ключи находится Новосибирск; в 20 км в юго-юго-восточном направлении расположен г. Искитим, а в 13 км к юго-западу – г. Бердск. Все эти города имеют развитую промышленность и значительный теплоэнергетический комплекс, поэтому могут влиять на формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха в пос. Ключи.

Даты обнаружения минимальных и максимальных концентраций аэрозоля в городе

и его пригороде не совпадают, что также свидетельствует о различных факторах, определяющих массовую концентрацию аэрозоля в этих пунктах, в том числе о запаздывании или опережении процессов, приводящих к увеличению массовой концентрации. Тем интереснее проанализировать эпизоды синхронного повышения концентраций аэрозоля в атмосферном воздухе как города, так и пригорода. Так, анализ выборки дней с концентрациями аэрозоля не менее 100 мкг/м³ хотя бы в одном из рассматриваемых пунктов показал, что в большинстве случаев высокие концентрации аэрозолей в атмосферном воздухе города не сопровождалась столь же значительным увеличением их концентраций в атмосфере пригородной зоны. Однако в редких случаях это явление все же имело место. Например, за период 2005–2007 гг. зафиксировано три таких эпизода: 16–19 мая 2006 г., 22–26 апреля 2007 г. и 2–4 мая 2007 г. (табл. 2).

Установлено, что в первом случае (период 16–19 мая 2006 г.) по территории Новосибирска проходила вытянутая с юга на север ложбина (ось Алматы – Омск). При ее прохождении через Новосибирскую область направление ветра изменялось с юго-восточного на северо-западное, скорость ветра $u_{ср}$ составляла около 3 м/с (среднесуточное значение). Очевидно, северо-западные потоки перенесли все

ТАБЛИЦА 2

Периоды синхронных значений концентраций аэрозоля ($C \geq 100$ мкг/м³) в системе город – пригород

Год	Дата	C , мкг/м ³		d_{925}^*	$u_{ср}$, м/с	Синоптическая ситуация
		Новосибирск	пос. Ключи			
2006	16.05	119.2	222.6	ЮВ	2.8	Ложбина с юга
	17.05	128.2	191.0	СЗ	2.8	Малоподвижное поле
	18.05	82.1	195.6	СЗ	2.4	Седловина, дымка
	19.05		168.3	СЗ	3.4	Северная периферия антициклона
2007	22.04	130.1	61.2	ЮВ	1.5	Северо-западная периферия антициклона
	23.04	159.9	114.9	ЮВ	0.8	То же, дымка
	24.04	180.8	96.8	ЮВ	1.1	То же
	25.04	152.2	118.8	ЮВ	1.5	Малоподвижное поле
	26.04	154.8	138.8	ЮЗ	3.5	Северо-западная периферия антициклона
	02.05	120.2	297.3	ЮЗ	4.0	Прохождение теплого фронта
	03.05	92.3	103.3	З	7.6	Теплый сектор
	04.05	101.3	84.1	ЮЗ	3.6	« «

* Направление ветра на АТ-925 гПа.

промышленные и прочие загрязняющие вещества из города на его юго-восточную периферию, где значения концентраций аэрозоля в 1.5–2.5 раза превышали данные для города. Как только 20 мая ветер сменил направление на юго-западное, заток грязного воздуха из Новосибирска в пос. Ключи прекратился, и концентрации аэрозоля уменьшились до 60–80 мкг/м³.

Второй случай (22–26 апреля 2007 г.) наблюдался на фоне антициклонального типа погоды при слабых ветрах (1.0–1.5 м/с) и практически неподвижной атмосфере до высот около 750 м (АТ-925 гПа). Такие условия способствовали большому скоплению загрязняющих веществ над городом и его пригородами в радиусе как минимум 30 км. При этом в центре города концентрации аэрозоля были в 1.5–2.0 раза выше по сравнению с пригородной зоной. Со сменой синоптической ситуации (приближение циклона) произошла активизация турбулентности, и концентрации аэрозоля снизились до 60–80 мкг/м³. Длительное пребывание антициклонального типа погоды, по данным [3], приводит к увеличению в приземном слое воздуха концентраций аэрозольных частиц примерно в 1.5 раза. Рассматриваемый эпизод подтверждает справедливость такого вывода.

В последнем случае (2–4 мая 2007 г.) зафиксированное максимальное значение массовой концентрации аэрозоля в пос. Ключи (297.3 мкг/м³) отмечалось при прохождении теплого фронта. Фронт сопровождался ветрами со скоростью 4–7 м/с и двигался с юго-запада. Этот случай можно охарактеризовать как поступление за-

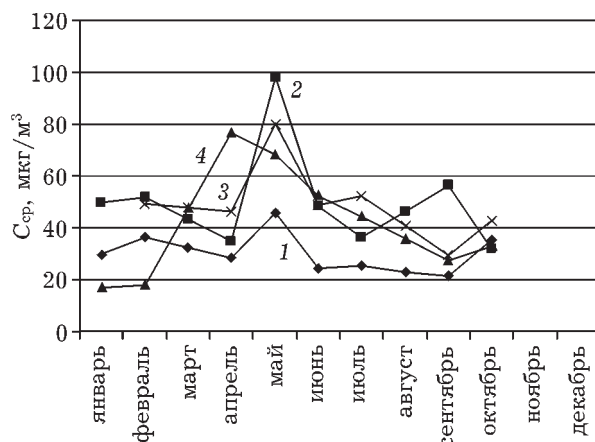


Рис. 3. Годовые колебания среднемесячных концентраций аэрозоля в пос. Ключи: 1 – 2005 г., 2 – 2006 г., 3 – 2007 г., 4 – 2008 г.

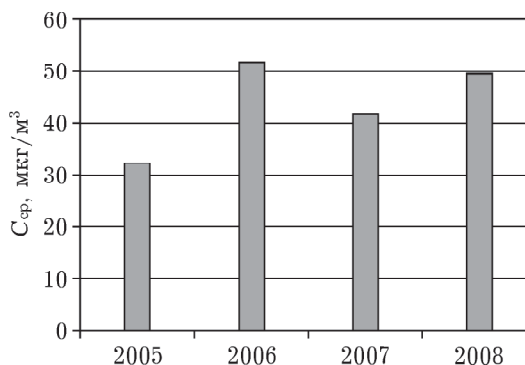


Рис. 4. Среднегодовые концентрации аэрозоля в пос. Ключи.

грязненного пылью воздуха с юго-западной территории Новосибирской области.

Накопленные данные по массовой концентрации аэрозоля в пос. Ключи позволяют сделать вывод о межгодовой изменчивости этой величины (рис. 3 и 4). В то же время проследить межгодовую изменчивость среднемесячных значений массовой концентрации аэрозоля в Новосибирске в пункте измерений на базе горбольницы № 34 невозможно ввиду малого количества наблюдений.

Видно (см. рис. 3), что среднемесячные значения массовой концентрации аэрозоля в пос. Ключи претерпевают не только значительные сезонные, но и годовые колебания. Так, в 2005 г. содержание аэрозолей в атмосферном воздухе было минимальным и примерно в 1.5. раза меньше по сравнению с остальными годами. Наибольшее содержание аэрозолей в воздухе отмечается в 2006 и 2008 гг. (см. рис. 4).

Коэффициенты корреляции между массовой концентрацией аэрозоля в пос. Ключи и массовой концентрацией аэрозоля в Новосибирске, полученные по синхронным наблюдениям, показали умеренную тесноту связи. В среднем за год коэффициент корреляции r между этими двумя величинами равен 0.40. И только в отдельные сезоны (летом) он уменьшался до 0.16, что обусловлено различными сроками образования максимальных концентраций в городе и пригороде. Ниже приведены данные по величине r в различные времена года:

Параметр	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
r	0.35	0.32	0.16	0.28	0.40
N	47	43	41	47	178

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, уровень загрязнения атмосферного воздуха пылью в городе и в пригороде формируется неравнозначно. Просматривается тенденция более устойчивого характера загрязнения атмосферного воздуха пылью в Новосибирске и большая его изменчивость в пос. Ключи, что свидетельствует о наличии ряда факторов, влияющих на этот процесс в юго-восточной пригородной зоне города.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Аэрозоли Сибири / отв. ред. К. П. Куценогий. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. 547 с.
- 2 Селегей Т. С. Формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах Сибири. Новосибирск: Наука, 2005. 347 с.
- 3 Плауде Н. О., Стулов Е. А., Монахова Н. А., Вычужанина М. В., Сосникова Е. В., Гришина Н. П. // Метеорология и гидрология. 2007. № 3.