

АТМОСФЕРНАЯ РАДИАЦИЯ, ОПТИЧЕСКАЯ ПОГОДА И КЛИМАТ

УДК 551.510.42

Оценка загрязнения атмосферного воздуха г. Новосибирска приземным озоном

Т.С. Селегей, Н.Н. Филоненко, Т.Н. Ленковская*

*ГУ «Сибирский региональный научно-исследовательский
гидрометеорологический институт» Росгидромета РФ
630090, г. Новосибирск, ул. Советская, 30*

Поступила в редакцию 29.06.2011 г.

Проведен анализ среднемесячных и годовых значений концентраций приземного озона в г. Новосибирске за период 2003–2009 гг. Рассмотрены случаи высоких концентраций приземного озона при определенных метеорологических и синоптических условиях. Произведена оценка загрязнения атмосферного воздуха г. Новосибирска приземным озоном с использованием стандартов качества атмосферного воздуха РФ, США и Европейской секции ВОЗ. По стандартам РФ за период 2003–2009 гг. в Новосибирске отмечались 592 дня, когда загрязнение приземным озоном было выше установленных санитарно-гигиенических нормативов чистоты атмосферного воздуха; по стандартам Европейской секции ВОЗ – 29 дней; по стандартам США – один день.

Ключевые слова: концентрация приземного озона, атмосферный воздух, загрязнение; ozone concentration, air mass, advection.

Приземный озон является токсичным загрязняющим веществом, содержание которого в последние десятилетия в городах Северного полушария стало расти с увеличением числа случаев больших концентраций. Вследствие этого Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) включила его в список пяти основных загрязняющих веществ, содержание которых необходимо контролировать при определении качества атмосферного воздуха [1].

К сожалению, постоянный мониторинг за содержанием приземного озона на территории РФ отсутствует. Имеются лишь разрозненные исследования в некоторых городах страны, основанные, как правило, на эпизодических наблюдениях с использованием различного рода газоанализаторов [2–4 и др.].

С целью унификации данных по приземному озону и придания им систематического характера, а также реализации решений Межведомственной комиссии Совета Безопасности РФ по экологической безопасности от 25.10.2001 г. «О мерах по снижению негативного влияния техногенного загрязнения окружающей природной среды на состояние здоровья населения» [5] Гидрометслужбой РФ были организованы пилотные наблюдения за содержанием приземного озона с использованием отечественных газоанализаторов озона типа 3.02.П-А в Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Нижнем Новгороде, Новосибирске, Ростове-на-Дону и Хабаровске.

В Новосибирске, вошедшем в список этих городов, наблюдения за концентрациями приземного озона начали в 2002 г. Вначале они носили эпизодический характер, а с 2003 г. стали стационарными и продолжают оставаться таковыми до настоящего времени. Наблюдения проводятся на двух постах, один из которых (ПНЗА № 26) расположен в центре города внутри жилмассива, другой (ПНЗА № 18) – в промышленной зоне. Из-за малого ряда наблюдений данные наблюдений по ПНЗА № 18 не анализировались.

Наблюдения осуществляет Западно-Сибирский центр мониторинга окружающей среды (ЗапСибЦМС) отечественным озономером 3.02.П-А производства ЗАО «ОПТЭК», который основан на эффекте гетерогенной хемилюминесценции. Прибор в автоматическом режиме выдает значения концентраций озона через каждые 20 мин. Точность измерений ± 6 мкг/м³ в диапазоне концентраций 0–30 мкг/м³ и 20% для больших концентраций.

Озон (O₃) – бесцветный газ с характерным острым запахом. Является сильнодействующим ядом и одним из сильнейших окислителей. При концентрациях озона выше 200 мкг/м³ за 1 ч наблюдается раздражение слизистой оболочки глаз, носа, горла, головная боль. При более высоких концентрациях – кашель, головокружение, общая усталость, резкий упадок сердечной деятельности. По данным [6], даже незначительные концентрации озона (40–90 мкг/м³) для регионов Северного полушария оказывают негативное влияние на рост и продуктивность сосудистых растений, связанное с его проникновением через устьица в растительную клетку,

* Тамара Семеновна Селегей (seleгей@sibnigmi.ru); Надежда Никифоровна Филоненко; Татьяна Николаевна Ленковская.

что в конечном итоге выражается в уменьшении скорости роста растений и их продуктивности.

Для определения уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах РФ используются в качестве статистических характеристик в основном две величины: $q_{\text{ср}}$ – средняя концентрация примеси в воздухе, $\text{мкг}/\text{м}^3$, и q_{max} – максимальная (измеренная за 20 мин) разовая концентрация примеси, $\text{мкг}/\text{м}^3$.

Степень загрязнения воздуха оценивается путем сравнения фактически измеренных концентраций с предельно допустимой концентрацией. Предельно допустимые концентрации устанавливаются на двух уровнях: для максимально разовых концентраций – ПДК_{мр} и для среднесуточных – ПДК_{сс}. В России нет критериев для оценки средних годовых и среднемесячных концентраций, поэтому они сравниваются с ПДК_{сс}. Максимальные концентрации из разовых измерений сравниваются с ПДК_{мр}.

Для приземного озона в РФ установлены следующие критерии чистоты атмосферного воздуха: ПДК_{мр} = 160 $\text{мкг}/\text{м}^3$, ПДК_{сс} = 30 $\text{мкг}/\text{м}^3$ [7].

В табл. 1 показаны значения максимально разовых, среднемесячных и среднегодовых значений концентраций приземного озона (в долях, соответствующих ПДК), измеренные на ПНЗА № 26 в период 2003–2009 гг. Видно, что среднегодовые концентрации приземного озона в Новосибирске до 2009 г. не превышали установленных санитарно-гигиенических критериев чистоты атмосферного воздуха и находились на уровне 0,2–0,9 ПДК_{сс}. В 2009 г. значение среднегодовой концентрации приземного озона превысило стандарт качества атмосферного воздуха в 1,1 раза, что произошло за

счет очень высоких концентраций, наблюдавшихся в весенне-летний период.

Если рассматривать среднемесячные концентрации озона, то они с апреля по июнь превышали ПДК_{сс} в 1,1–2,4 раза. В отдельные годы (2003–2005, 2009) такое явление отмечалось даже в феврале–марте, что связано с выносом озоноемких воздушных масс с южных субтропических территорий. Максимально разовые концентрации приземного озона превышали ПДК_{мр}, как правило, в мае (2003, 2004, 2009 гг.) и только в 2009 г. такое явление наблюдалось и в июле.

Если оценивать загрязнение атмосферного воздуха за каждые сутки отдельно, то в табл. 2 показано количество дней с превышением концентраций озона выше ПДК_{мр} и ПДК_{сс} в каждом месяце рассматриваемого ряда.

Максимально разовые концентрации озона в Новосибирске свой предел 160 $\text{мкг}/\text{м}^3$ превышали крайне мало. За семь рассматриваемых лет такие случаи наблюдались лишь в 2003–2004 гг. по 3 дня в мае в дневное время с 11.00 до 19.00, а также 5 дней в 2009 г. (4 дня – в мае и 1 день – в июле). В остальные годы рассматриваемого ряда концентраций озона выше 160 $\text{мкг}/\text{м}^3$ не наблюдалось. Абсолютный максимум концентраций приземного озона в г. Новосибирске составил 224 $\text{мкг}/\text{м}^3$ и наблюдался 19 мая 2004 г. Что касается количества случаев со среднесуточными концентрациями озона, превысившими ПДК_{сс}, то они имеют вполне внушительный ряд, достигая, например, в 2003 г. 128 дней, а в 2009 г. – 164 дней. В целом за рассматриваемый период количество дней с превышением концентраций выше ПДК_{сс} составило 592.

Таблица 1

Максимально разовые (числитель), среднемесячные (знаменатель) и среднегодовые значения концентрации приземного озона на ПНЗА № 26 г. Новосибирска в долях, соответствующих ПДК

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Среднее за год
2003	0,6/0,8	0,6/1,0	0,9/1,7	0,9/1,8	1,3/2,0	0,8/1,5	0,8/1,0	0,4/0,5	0,4/0,3	0,3/0,2	0,3/0,1	0,3/0,2	0,9
2004	0,2/0,1	0,9/1,9	0,4/0,5	0,4/0,5	1,4/1,5	0,9/1,7	0,7/0,8	0,9/1,0	0,4/0,4	0,2/0,2	0,3/0,2	0,4/0,2	0,8
2005	0,4/0,4	0,5/0,5	0,8/1,3	0,8/1,5	0,8/1,5	0,7/1,2	0,8/1,0	0,5/0,5	0,1/0,1	0,1/0,0	0,1/0,0	0,0/0,0	0,7
2006	0,1/0,0	0,1/0,1	0,0/0,0	0,1/0,0	0,5/1,0	0,4/0,8	0,4/0,5	0,2/0,3	0,1/0,1	0,3/0,0	0,2/0,0	0,1/0,1	0,2
2007	0,2/0,1	0,2/0,1	0,2/0,2	0,2/0,1	0,2/0,2	0,3/0,3	0,4/0,3	0,3/0,3	0,3/0,1	0,1/0,1	0,1/0,1	0,3/0,0	0,2
2008	0,2/0,1	0,3/0,4	0,5/0,6	0,6/1,1	0,8/1,4	0,6/1,1	0,7/1,0	0,7/0,9	0,7/0,6	0,4/0,3	0,3/0,3	0,5/0,3	0,7
2009	0,4/0,6	0,5/0,7	0,8/1,5	0,8/2,1	1,2/2,4	0,9/1,5	1,1/1,5	0,6/1,0	0,6/0,8	0,6/0,4	0,4/0,3	0,5/0,5	1,1

Таблица 2

Количество дней с превышением концентраций приземного озона в г. Новосибирске выше ПДК_{мр} (числитель) и ПДК_{сс} (знаменатель)

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За год
2003	0/10	0/14	0/21	0/21	3/29	0/20	0/13	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	3/128
2004	0/0	0/21	0/1	0/0	3/16	0/27	0/5	0/12	0/1	0/0	0/0	0/2	3/85
2005	0/1	0/2	0/23	0/24	0/27	0/19	0/18	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/115
2006	0/0	0/0	0/0	0/0	0/6	0/5	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/12
2007	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
2008	0/0	0/0	0/3	0/16	0/23	0/17	0/16	0/11	0/2	0/0	0/0	0/0	0/88
2009	0/5	0/4	0/26	0/30	4/30	0/24	0/22	1/13	0/7	0/0	0/1	0/2	5/164
Итого	0/16	0/41	0/74	0/91	10/131	0/112	0/75	1/37	0/10	0/0	0/1	0/4	11/592

Оценка загрязнения атмосферного воздуха озонном по ПДКсс, равной 30 мкг/м^3 , вызывает определенную критику у специалистов-озоноведов. Так, в работе [8] отмечается, что ПДКсс для населенных мест в РФ необоснованно завышена, не адекватна ощущениям человека и требует пересмотра. Кроме того, ее значение соизмеримо с точностью измерения приборов, с чем мы полностью согласны. Об ощущимом влиянии озона на человека в умеренных широтах Северного полушария можно говорить только тогда, когда концентрации приземного озона превышают 70 млрд^{-1} , что в переводе на привычные единицы составляет примерно 160 мкг/м^3 , т.е. соответствует российской ПДКмр.

В мире существуют различные стандарты качества атмосферного воздуха для оценки степени загрязнения воздуха приземным озоном. Европейская секция ВОЗ для стран Европейского Союза в целях защиты населения от озона установила стандарт, который в среднем за 8 ч светлого времени

суток не должен превышать 100 мкг/м^3 [9]. Стандарты качества воздуха по содержанию озона в США составляют 240 мкг/м^3 (средняя за 1 ч) и 170 мкг/м^3 (средняя за 8 ч) [10].

По американским стандартам воздух г. Новосибирска по содержанию в нем приземного озона считается практически чистым, так как за рассматриваемый период в городе наблюдалась лишь одна ситуация (15 мая 2003 г.), когда концентрация озона превысила стандарт США (170 мкг/м^3 средняя за 8 ч).

Если оценивать качество атмосферного воздуха по приземному озону в стандартах стран ЕС, то такие ситуации в г. Новосибирске наблюдались (табл. 3).

Ситуации высоких концентраций озона $\geq 100 \text{ мкг/м}^3$ в среднем за 8 ч отмечались в 2003 г. 9 раз, в 2004 г. — 8 раз, в 2005 г. — 1 раз, в 2009 г. — 11 раз. В другие годы рассматриваемого периода таких явлений не наблюдалось.

Таблица 3

Даты эпизодов высоких концентраций приземного озона (по стандартам ВОЗ) в г. Новосибирске и характеристика сопутствующих им метеорологических условий (2003–2009 гг.)

Дата	Продолжительность периода, ч	Концентрация озона, мкг/м^3		Синоптическая ситуация	Максимальная температура воздуха, °С	Минимальная относительная влажность, %	Δt 0–500 за 7 ч	Атмосферные явления	Среднесуточная скорость ветра, м/с	Продолжительность солнечного сияния, ч
		Средняя за период	Максимальная за период							
20.03.03	02–10	121	151	Антициклон	–4,1	63	–1,7		4,8	10,1
23.03.03	11–19	121	130	Теплый сектор	2,4	76	–3,8		3,1	2,7
27.03.03	06–19	127	139	»	2,9	58	–1,5		3,9	4,4
12.04.03	12–19	131	148	»	6,1	47	–1,2		4,0	9,6
09.05.03	10–20	131	151	Антициклон	21,2	32	3,9	Дымка	2,1	13,1
10.05.03	11–21	148	177	»	24,0	25	5,2	Дымка	1,6	12,9
11.05.03	11–20	135	148	»	26,4	25	5,0	Дымка	1,9	12,6
14.05.03	11–19	141	162	»	26,3	23	6,0	Дымка	1,6	12,9
15.05.03	13–21	172	202	»	27,5	23	7,0	Дымка	1,5	13,1
12.02.04	02–17	131	148	Теплый сектор	0,6	72	–3,9		5,0	2,8
18.05.04	11–19	139	195	»	36,1	16	9,8	Дымка	1,8	13,4
19.05.04	11–24	153	224	Теплый сектор	35,2	13	9,0		1,4	14,1
23.05.04	10–21	129	139	»	23,0	25	3,0		3,1	11,8
28.05.04	11–20	127	151	Антициклон	27,8	30	5,3		1,1	14,6
29.05.04	11–20	125	147	»	29,1	27	7,6	Дымка	1,0	13,7
30.05.04	10–20	139	205	Седловина	28,9	26	6,1	Дымка	1,4	12,7
20.06.04	11–19	121	152	»	29,6	35	2,3	Туман	1,1	14,5
02.04.05	02–12	125	149	»	–4,4	66	–4,8		3,8	11,7
19.04.09	05–21	111	122	Антициклон	9,5	31	–4,3		3,3	12,7
7.05.09	12–21	110	147	»	14,1	25	0,6		1,6	14,1
8.05.09	12–21	150	189	Седловина	20,9	26	6,1		1,9	13,6
9.05.09	10–22	139	185	»	25,1	33	5,8		2,3	7,5
10.05.09	10–20	157	199	»	25,6	22	6,6		2,9	12,4
11.05.09	10–20	127	141	Теплый сектор	26,2	22	7,7		3,8	11,9
12.05.09	10–22	145	181	Тыл циклона	24,6	29	2,3		2,1	10,9
16.05.09	11–21	111	132	МПНД*	26,6	29	5,7		3,3	11,1
9.06.09	13–21	119	146	МПВД**	30,3	47	5,0		1,4	13,0
10.06.09	00–08	118	155	МПНД*	28,8	63	0,0	Гроза	2,9	7,0
18.07.09	12–20	143	169	МПВД**	25,5	57	2,4	Дымка	1,4	8,5

*МПНД — малоградиентное поле пониженного давления;

**МПВД — малоградиентное поле повышенного давления.

В табл. 3 дополнительно приведена характеристика метеорологических условий, сопровождавших появление периодов с концентрациями озона в среднем за 8 ч, равными или более ≥ 100 мкг/м³.

Как правило, ситуации длительного присутствия высоких концентраций приземного озона в Новосибирске наблюдались в апреле–мае–июне, в остальные месяцы такие ситуации были крайне редки. Апрельские, майские и июньские периоды наблюдались преимущественно в мощных малоподвижных антициклонах или седловинах, а также в размытых малоподвижных барических образованиях при глубоких утренних инверсиях, которые быстро разрушались с восходом Солнца и сменялись к середине дня хорошо выраженной турбулентностью в слое 0–500 м. Повышение концентраций озона начиналось в 10.00–11.00 утра и заканчивалось с заходом Солнца в 20.00–24.00. Погода сопровождалась слабым ветром и ясным малооблачным небом. Максимальная температура воздуха превышала 20–30 °С, а относительная влажность воздуха опускалась до 25% и ниже. Эти случаи можно было охарактеризовать естественным повышением концентраций озона за счет высоких температур воздуха и солнечного сияния, присущих весенним месяцам, если бы в последующие годы при тех же самых синоптико-метеорологических условиях такие концентрации не наблюдались. Это наталкивает на мысль, что в 2003, 2004, 2009 гг. территория Новосибирска подвергалась значительной интервенции обогащенных озоном воздушных масс, поступающих с южных субтропических районов Азии и Ближнего Востока. Периоды с высокими концентрациями озона в марте 2003 г., феврале 2004 г., апреле 2005 и 2009 гг. связаны с выходом южных циклонов, которые в теплых секторах несли воздушные массы с озоном из тех же субтропиков [11].

Таким образом, в условиях Новосибирска в отдельные годы могут наблюдаться концентрации приземного озона выше установленных для этой примеси санитарно-гигиенических критериев чистоты атмосферного воздуха как по стандартам РФ, так и по стандартам Европейской секции ВОЗ и США, хотя все три оценки дают совершенно различные результаты. По стандартам РФ за период

2003–2009 гг. в Новосибирске в общей сложности насчитывается 592 дня, когда загрязнение озоном было выше нормы, в то время как по стандартам ВОЗ таких дней насчитывается 29, а по стандартам США всего один день. Как видно, разница в оценках существенна, и этот вопрос, очевидно, нуждается в дискуссии.

1. Еланский Н.Ф., Звягинцев А.М., Тарасова О.А. Исследования тропосферного озона в Европе и России // Метеорол. и гидрол. 2003. № 1. С. 125–128.
2. Антохин П.Н., Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Белан С.Б., Скляднева Т.К., Толмачев Г.Н. Многолетняя изменчивость озона и аэрозоля в районе Томска и оправдываемость прогноза их среднегодовых концентраций на десятилетие // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 9. С. 772–776.
3. Демин В.И., Белоглазов М.И. Взаимодействие тропосферного озона с водным аэрозолем в горных условиях Арктики // Оптика атмосфер. и океана. 2009. Т. 22, № 7. С. 650–653.
4. Белан Б.Д. Тропосферный озон. 1. Свойства и роль в природных и техногенных процессах // Оптика атмосфер. и океана. 2008. Т. 21, № 4. С. 299–322.
5. Приказ Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды № 1 от 4.01.2002 «О выполнении поручения Правительства РФ от 08.12.2001 № ХВ-П9-21167».
6. Семенов С.М., Кухта Б.А., Рудкова А.А. Оценка воздействия тропосферного озона на высшие растения // Метеорол. и гидрол. 1997. № 12. С. 35–37.
7. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. СПб.: Интеграл, 2005. 290 с.
8. Звягинцев А.М. Основные характеристики изменчивости содержания озона в нижней тропосфере над Европой // Метеорол. и гидрол. 2004. № 10. С. 46–55.
9. Защита окружающей среды Европы. Четвертая оценка / Европейское агентство по окружающей среде. Копенгаген, 2007. 452 с.
10. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье населения / Региональные публикации ВОЗ. Европейская секция. Копенгаген, 2002. 293 с.
11. Селегей Т.С., Филоненко Н.Н., Ленковская Т.Н. Зависимость концентраций приземного озона от адвективных факторов (на примере г. Новосибирска) // Оптика атмосфер. и океана. 2010. Т. 23, № 12. С. 1080–1086.

T.S. Selegey, N.N. Filonenko, T.N. Lenkovskaya. Estimate of Novosibirsk city atmospheric air pollution by the ground ozone.

The paper considers the influence of advection factors on the occurrence of ground-level ozone concentrations in the Novosibirsk city. In certain years the entrance of ozone-rich air masses from southern areas provided unseasonably high concentrations of the ground-level ozone observed during the first half-year period. This was confirmed by dependence between month mean ground-level ozone concentrations and month mean air temperatures.

The study revealed that advection factor was apparent also during the passing of frontal boundaries between air masses. Passing of the cold front resulted in ozone concentration decrease approximately by 40%, while passing of the warm front – in concentration increase by 25–30%.

The paper includes results of the analysis of synoptic situations which caused the occurrence of high ground-level ozone concentrations due to an advection of air masses from southern areas, as well as due to the inflow of ozone from the stratosphere.