

## ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА НА ГИГИЕНИЧЕСКУЮ ОЦЕНКУ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА ЗДОРОВЬЮ

М.А. Креймер, В.В. Турбинский

*ФБУН «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены»  
Роспотребнадзор, г. Новосибирск, Россия*

Для регулирования качества атмосферного воздуха посредством инженерных, градостроительных и экономических решений применяются максимально разовые и среднесуточные ПДК (СанПиН 2.1.6.1032-01, п. 2.1). Для предотвращения влияния на здоровье при кратковременном подъеме и длительном поступлении в организм человека (СанПиН 2.1.6.1032-01, п. 2.3), а также для возмещения ущерба причиненного здоровью (СанПиН 2.1.6.1032-01, п. 4.2.8) необходим мониторинг атмосферных процессов рассеивания и накопления критических доз и возникновения обстоятельств риска. В развитии этих основных санитарных правил и норм необходимо руководствоваться методическими указаниями [1, 2].

Для совершенствования санитарно-гигиенических заключений по результатам мониторинга, оценки риска здоровью в таблице приведены расчеты по типичным ингредиентам: взвешенные вещества (пыль), диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ), оксид углерода (CO), диоксид азота ( $\text{NO}_2$ ), оксид азота (NO), фенол ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ), сажа, фтористый водород (HF), аммиак ( $\text{NH}_3$ ), формальдегид ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), контролируемые в атмосферном воздухе города Новосибирска на 11 метеорологических постах в 2008 году.

Наличие нулевых определений ингредиентов делает необъективной среднее арифметическое значение всей выборки. Показатели качества атмосферного воздуха населенных мест для пыли,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ , сажи,  $\text{SO}_2$ , HF и  $\text{NH}_3$  могут рассматриваться как асимметричное распределение, у которых до 40 % проб определений занижают значение действующей величины. Только для CO,  $\text{NO}_2$ , NO и  $\text{CH}_2\text{O}$  статистическая оценка распределения характеризует гигиенические эффекты.

Средняя арифметическая, установленная в санитарно-гигиенических целях может быть типичной только для однородной выборки. В гигиене атмосферного воздуха представительная средняя может быть установлена только для значений, не превышающих норматив ПДКсс. В данном диапазоне определений находятся значения пыли, сажи,  $\text{SO}_2$ , CO, HF и  $\text{NH}_3$ .

Второй однородной выборкой являются измерения, свидетельствующие о превышении ПДКсс, но не превышающие токсикологический параметр 10 ПДКсс. В данном диапазоне определений находятся значения  $\text{NO}_2$ , NO и  $\text{CH}_2\text{O}$ .

Третья выборка, основанная на принципах пороговости и на измерениях, превышающих 10 ПДКсс, свидетельствует о клинических эффектах неспецифического характера. К данному уровню прогнозирования негативного действия на здоровье человека можно отнести  $\text{CH}_2\text{O}$  (24% проб более 10 ПДКсс),  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  (1,3),  $\text{NH}_3$  (0,4), HF (0,3),  $\text{NO}_2$  (0,1), сажа (0,04) и NO (0,02). (52  53) Прим. авторов. На стр. 53 приведена таблица, расположенная в конце статьи (53  54).

Максимальные концентрации ингредиентов свидетельствуют о не вычисляемой комбинации метеопараметров, в результате которых в городе возникают условия выраженного и существенного риска здоровью человека. Наиболее высокий риск влияния на здоровье характерен для следующих ингредиентов:  $\text{CH}_2\text{O}$  с максимальным воздействием около 27 ПДКсс и частотой встречаемости в течение года 2 значения на 10 тыс. измерений.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  с максимальным воздействием около 26 ПДКсс и частотой встречаемости в течение года 4 значения на 10 тыс. измерений.  $\text{NO}_2$  с максимальным воздействием около 19 ПДКсс и частотой встречаемости в течение года 1 значение на 10 тыс. измерений.  $\text{NH}_3$  с максимальным воздействием около 17 ПДКсс и частотой

встречаемости в течение года 4 значения на 10 тыс. измерений. HF с максимальным воздействием около 13 ПДКсс и частотой встречаемости в течение года 1 значения на 1 тыс. измерений. NO с максимальным воздействием около 13 ПДКсс и частотой встречаемости в течение года 2 значения на 10 тыс. измерений. Сажа с максимальным воздействием около 11 ПДКсс и частотой встречаемости в течение года 1 значение на 10 тыс. измерений. Для пыли, SO<sub>2</sub> и CO максимально установленная величина в течение 2008 года не превышала 5 ПДКсс.

По данным измерения ингредиентов в течение 2008 года вклад температуры атмосферного воздуха и скорости воздушных масс является незначительным и разнонаправленным. Коэффициент детерминации температуры отражает влияние на концентрацию сажи 5,7%, SO<sub>2</sub> 3,7%, пыли 2,0% и CH<sub>2</sub>O 1,9%. Коэффициент детерминации скорости ветра в воздухе отражает влияние на концентрацию CO 1,8% и C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH 1,2%.

Метеорологические процессы характеризуются следующей протяженностью: в течение суток – при смене дня и ночи; в виде четырех сезонов года – с выраженными температурными перепадами, видами осадков, направлением ветра и образованием инверсий. В совокупности эти закономерности имеют годовую цикличность с экологической вариабельностью и многолетними солнечно-земными связями. Для оценки суточных колебаний концентраций ингредиентов рассчитывалось уравнение множественной регрессии  $C_{мг/м^3} = K + A_q T (^{\circ}C) + B V_q (м/с)$  (при q = 7, 13 и 19 часов). Значение K (постоянный член уравнения) при температуре и скорости равной нулю свидетельствует о нахождении в атмосферном воздухе «постоянной» концентрации, поддерживаемой за счет природных и техногенных процессов поступления и метеорологических процессов выведения.

K как средний уровень загрязнения, не зависит от времени отбора проб в течение суток для пыли, SO<sub>2</sub>, NO, сажи, HF, NH<sub>3</sub> и CH<sub>2</sub>O. Значения коэффициентов при параметрах температуры и ветра в множественном уравнении регрессии отражают процессы поступления и выноса ингредиентов из атмосферы.

Независимый коэффициент уравнения (K) в утреннее и вечернее время составил 0,2 и равнялся медиане, моде и среднеарифметическому значению статистического распределения содержания пыли в атмосферном воздухе г. Новосибирска 2008 года. В полдень K снижался за счет влияния температуры (T) и ветра (V) вследствие увеличения солнечной активности. В утренние часы действие ветра на значения концентраций пыли в приземном слое носили обратный характер, а в вечернее время – разнонаправленный. Взвешенные вещества в зимний сезон года находятся на уровне 0,1 мг/м<sup>3</sup> (мода), а в остальные сезоны – 0,2. Поступление и вынос пыли из (54  55) атмосферы не нарушает установленный баланс загрязнения по K. Осень является сезоном риска здоровью за счет резкого повышения концентраций пыли до 4 ПДКсс.

Расчетное время жизни в атмосфере SO<sub>2</sub> [3, 4] составляет 4 – 5 суток и по нашим расчетам определяет концентрацию 0,002 мг/м<sup>3</sup> в атмосфере г. Новосибирска. «Окисление до сульфатов озоном или после абсорбции твердыми или жидкими аэрозолями» приводит к снижению концентрации, а преимущественно за счет сжигания угля и нефтепродуктов – K ее восстановлению. Помимо экологических процессов при прогнозировании риска необходимо учитывать изменение агрегатного состояния SO<sub>2</sub>, которое происходит при температуре воздуха -10<sup>o</sup>C. Так SO<sub>2</sub> в газообразном виде образует уровни загрязнения в диапазоне значений от 0,0 до 0,03 мг/м<sup>3</sup> и средней арифметической 0,0012. При температуре атмосферного воздуха ниже кипения SO<sub>2</sub> уровни загрязнения повышаются и находятся в диапазоне от 0,0 до 0,172 мг/м<sup>3</sup> и средней арифметической 0,0036.

Расчетное время жизни в атмосфере NO как и NO<sub>2</sub> [3, 4] составляет 5 суток. «Окисление до нитратов после поглощения твердыми и жидкими аэрозолями, фотохимическая реакция с углеводородами» способствует выведению ингредиента из

атмосферы. Изменение агрегатного состояния проходит при температуре ниже максимально установленной в 2008 году ( $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

HF меняет агрегатное состояние с газообразного на жидкое при температуре  $+19,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  и с жидкого на твердое при  $-87,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Содержание HF в газообразном состоянии не описывается множественным уравнением регрессии. Содержание в атмосферном воздухе HF в жидком состоянии при температуре менее  $+19\text{ }^{\circ}\text{C}$  описывается множественным уравнением регрессии, в котором только K является значимой величиной равной 0,0032.

Расчетное время жизни в атмосфере  $\text{NH}_3$  [3, 4] составляет 7 суток. Удаление  $\text{NH}_3$  происходит в результате «реакции с  $\text{SO}_2$  с образованием  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , окисление до нитратов». Растворимость  $\text{NH}_3$  в атмосферной влаге самая высокая среди рассматриваемых ингредиентов ( $62,9\text{ г на }100\text{ г воды}$ ).  $\text{NH}_3$  меняет агрегатное состояние с газообразного на жидкое при температуре  $-33,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  и с жидкого на твердое при  $-77,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что ниже максимально установленной в 2008 году ( $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

$\text{CH}_2\text{O}$  меняет агрегатное состояние с газообразного на жидкое при температуре  $-19,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  и с жидкого на твердое при  $-92\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Содержание  $\text{CH}_2\text{O}$  в газообразном состоянии описывается следующим множественным уравнением регрессии  $C_{\text{CH}_2\text{O}} = 0,0218 + 0,00009 T$ . Содержание  $\text{CH}_2\text{O}$  в жидком агрегатном состоянии описывается следующим множественным уравнением регрессии  $C_{\text{CH}_2\text{O}} = 0,0224 - 0,0012 V$ .

Колебание K в течение суток для CO,  $\text{NO}_2$  и  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  отражает следующие экологические закономерности.

Расчетное время жизни в атмосфере CO [3, 4] составляет 0,3 – 3 года и обусловлено помимо атмосферных циркуляций почвенными процессами и поглощением растительностью. Осенью больше всего встречается нулевых проб (около половины) при определении концентраций CO. Средние арифметические значения концентрации, медиана и мода не превышают  $1,2\text{ мг/м}^3$ , а максимально обнаруженные составляют не более  $5\text{ мг/м}^3$ . Зимой доля нулевых проб снижается до 36,7%, (55  56) весной – до 13,2, а летом – до 4,5%. Соответственно растут средние арифметические показатели загрязнения, но максимальные концентрации определялись только в зимний период. Такие закономерности отражают биосферные процессы поглощения окислов углерода при K от 1,7 до 1,9. Среди всех контролируемых ингредиентов CO характеризуется самой низкой растворимостью в воде –  $0,00284\text{ г на }100\text{ г воды}$ .

Расчетное время жизни в атмосфере  $\text{NO}_2$  как и NO [3, 4] составляет 5 суток. «Окисление до нитратов после поглощения твердыми и жидкими аэрозолями, фотохимическая реакция с углеводородами» способствует выведению ингредиента из атмосферы.  $\text{NO}_2$  до  $-11,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  находится в твердом состоянии. Концентрация в таком агрегатном состоянии описывается множественным уравнением регрессии  $C_{\text{NO}_2} = 0,194 + 0,0033 T - 0,0044 V$ . В диапазоне температур от  $-11,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+20,7\text{ }^{\circ}\text{C}$   $\text{NO}_2$  находится в жидком состоянии, концентрация которого описывается:  $C_{\text{NO}_2} = 0,115 + 0,0008 T$ . В диапазоне температур выше  $+20,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  находится в газообразном состоянии, концентрация которого описывается:  $C_{\text{NO}_2} = 0,114 + 0,0018 V$ . Среди всех контролируемых ингредиентов  $\text{NO}_2$  характеризуется низкой растворимостью в воде –  $0,00618\text{ г на }100\text{ г воды}$ .

$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  меняет агрегатное состояние с газообразного на жидкое при температуре  $+188,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  и с жидкого на твердое при  $+40,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Изменение агрегатного состояния проходит при температуре выше максимально установленной в 2008 году ( $+36\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Колебание концентраций в течение суток может быть обусловлено техногенными факторами.

Солнечная активность изменяет агрегатное состояние ингредиентов и способствует физико-химическим реакциям в атмосфере. Поступление ингредиентов в атмосферу и удаление (сток) приводит к тому, что некоторое время ингредиенты циркулируют в атмосферном воздухе и создают длительное (хроническое) действие на организм человека. Метеорологические измерения не всегда отражают санитарные условия проживания человека. Высокие концентрации ингредиентов в атмосферном воздухе не

определяются простыми и доступными метеорологическими параметрами (температура воздуха, скорость ветра).

Для оценки результатов СГМ важно руководствоваться санитарным поведением ингредиентов в атмосферном воздухе: растворимость, изменение физико-химических свойств, химические реакции, поглощение биосферой.

Для моделирования риска здоровью необходимо знать постоянную циркулирующую часть, метеорологические и орографические условия нарушения баланса между поступлением и удалением (стоком) ингредиентов из атмосферы. Риск возникает при комбинации метеопараметров, приводящих к превышению критических пороговых уровней опасности ингредиента.

В расчетах норм предельно допустимых выбросов по методике ОНД-86 необходимо иметь коэффициенты циркуляции для каждого ингредиента, выбрасываемого в атмосферу, в отдельности. (56  57)

#### Список литературы

1. Выбор базовых показателей для социально-гигиенического мониторинга (атмосферный воздух населенных мест). Методические указания МУ 2.1.6.792-99 утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 19 ноября 1999 г. URL: [http://www.eko-partner.ru/actual\\_legis-lation/35/](http://www.eko-partner.ru/actual_legis-lation/35/) (дата обращения 20.02.2013).

2. Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска. Роспотребнадзор МР 2.1.10.0057-12. – М., 2012. – 48 с.

3. Юнге Х. Химический состав и радиоактивность атмосферы. – М.: Мир, 1965. – С. 15.

4. Химия нижней атмосферы. – М.: Мир, 1976 – С. 156 – 157.

Опубликовано:

Креймер М.А., Турбинский В.В. Влияние климата на гигиеническую оценку атмосферного воздуха и прогнозирование риска здоровью / Актуальные направления развития социально-гигиенического мониторинга и анализа риска: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / под ред. академика РАМН Г.Г. Онищенко, академика РАМН Н.В. Зайцевой. – Пермь: Книжный формат, 2013. – 642 с. (С. 52 – 57).

УДК 614.7(614,1 + 61.6)

(52  57) – страницы первоисточника

**Характеристика метеорологических показателей и гигиенических закономерностей в оценке загрязнения атмосферного воздуха города и прогнозировании риска**

пыль	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>2</sub>	NO	фенол	сажа	HF	NH <sub>3</sub>	CH <sub>2</sub> O
Доля определений на уровне 0 концентраций, в %									
81	44	9	3	4	55	64	59	39	6
Доля определений концентраций на уровне 1 ПДКсс и ниже, %									
85	98	95	10	35	65	96	79	76	6
Доля определений концентраций выше 1 ПДКсс но ниже 10 ПДКсс, %									
15	2	5	90	65	34	4	21	24	70
Доля определений концентраций на уровне 10 и более ПДКсс, %									
0	0	0	0,1	0,02	1,3	0,04	0,3	0,4	24
Максимально установленное значение концентрации в ПДКсс									
4	3	3	19	13	26	11	13	17	27
Частота встречаемости в течение 2008 года максимальных значений 10 и более ПДКсс в расчете на 1000 или 10000 измерений									
не регистрируется			1 : 10000	2 : 10000	4 : 10000	1 : 10000	1 : 1000	4 : 10000	2 : 10000
Вклад в течение года температуры воздуха (°C) в изменение концентрации ингредиента в атмосферном воздухе. Коэффициент детерминации, %									
2,0 прямая	3,7 обратная	0,6 прямая	0,5 прямая	0,1 обратная	0,5 прямая	5,7 обратная	нет	0,5 прямая	1,9 прямая
Вклад изменения скорости ветра (м/с) в течение года в изменение концентрации ингредиента в атмосферном воздухе. Коэффициент детерминации, %									
нет	нет	1,8 обратная	0,2 обратная	0,3 обратная	1,2 обратная	0,5 обратная	нет	0,4 прямая	0,1 обратная
Уравнение множественной регрессии по данным наблюдения за 2008 год $Cmг/м^3 = K + A_q T (°C) + B V_q(м/с)$ (при q = 7, 13 и 19 часов)									
K <sub>7</sub> = 0,207 A <sub>7</sub> = 0,001 B <sub>7</sub> = - 0,003	K <sub>7</sub> = 0,002 A <sub>7</sub> = - 0,00006 B <sub>7</sub> = 0,00003	K <sub>7</sub> = 1,895 A <sub>7</sub> = - 0,069	K <sub>7</sub> = 0,124 A <sub>7</sub> = 0,0002 B <sub>7</sub> = - 0,002	K <sub>7</sub> = 0,086 B <sub>7</sub> = - 0,001	K <sub>7</sub> = 0,004	K <sub>7</sub> = 0,02 A <sub>7</sub> = - 0,0007 B <sub>7</sub> = - 0,001	K <sub>7</sub> = 0,003	K <sub>7</sub> = 0,03	K <sub>7</sub> = 0,02 A <sub>7</sub> = 0,0001
K <sub>13</sub> = 0,189 A <sub>13</sub> = 0,002 B <sub>13</sub> = 0,003	K <sub>13</sub> = 0,002 A <sub>13</sub> = - 0,00006	K <sub>13</sub> = 1,747 A <sub>13</sub> = 0,01 B <sub>13</sub> = - 0,027	K <sub>13</sub> = 0,116 A <sub>13</sub> = 0,0004	K <sub>13</sub> = 0,082	K <sub>13</sub> = 1,452 A <sub>13</sub> = 0,02 B <sub>13</sub> = - 0,1	K <sub>13</sub> = 0,02 A <sub>13</sub> = - 0,0004	K <sub>13</sub> = 0,003	K <sub>13</sub> = 0,03 A <sub>13</sub> = 0,0003 B <sub>13</sub> = 0,001	K <sub>13</sub> = 0,02 A <sub>13</sub> = 0,0001
K <sub>19</sub> = 0,205 A <sub>19</sub> = 0,001	K <sub>19</sub> = 0,002 A <sub>19</sub> = - 0,00005	K <sub>19</sub> = 1,911 B <sub>19</sub> = - 0,047	K <sub>19</sub> = 0,122 A <sub>19</sub> = 0,0003 B <sub>19</sub> = - 0,001	K <sub>19</sub> = 0,087 B <sub>19</sub> = - 0,001	K <sub>19</sub> = 0,003	K <sub>19</sub> = 0,02 A <sub>19</sub> = - 0,0006 B <sub>19</sub> = - 0,001	K <sub>19</sub> = 0,003	K <sub>19</sub> = 0,03 A <sub>19</sub> = 0,0003 B <sub>19</sub> = 0,002	K <sub>19</sub> = 0,02 A <sub>19</sub> = 0,0001
Температура кипения и плавления, (°C)									
	-10 и -75	-191,5 -205,02	+ 21,3 и -11,1	-152 и -163,6	+182 и +43		+19,9 и -87,2	- 33,3 и - 77,75	-19 и -92