

## Климат и прогноз загрязнения атмосферного воздуха в городе


*Михаил Абрамович Креймер*

Сибирская государственная геодезическая академия, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат экономических наук, доцент кафедры экологии и природопользования СГГА, тел. (383)361-08-86, e-mail: [kaf.ecolog@ssga.ru](mailto:kaf.ecolog@ssga.ru)

Приводятся результаты моделирования параметров метеорологического состояния атмосферы и ее загрязнения в городе. Показано, что экологические методики по расчету концентраций не учитывают ведущие факторы формирования климата и условия рассеивания: солнечную радиацию и атмосферное давление, формирующие ветровой режим и температурные градиенты.

**Ключевые слова** загрязнение, климат, расчет рассеивания, прогноз

Для моделирования закономерностей загрязнения атмосферы использовались контролируемые ингредиенты и метеорологические параметры, измеренные в течение года в городе Барнауле, сохраняющие постоянное значение в пределах одного явления и выбранного интервала осреднения. Между приведенными параметрами были рассчитаны показатели детерминации (находятся в диапазоне от 33% до 71 %) и эластичности (видоизменение функции в процентах при изменении аргумента на 1 %). Рассматриваемые параметры описываются статистическим распределением и поэтому имеют ряд оценок: максимально зарегистрированное и расчетное среднее значение; повторяемость и превышение нормы. Каждое из них выступает индикатором для прогнозирования состояния среды обитания человека.

В рассматриваемой системе не установлены причинно-следственные закономерности между следующими метеопараметрами: скорость ветра (м/с), повторяемость ветра (%) при скорости 6-9 м/с, средняя скорость ветра на высоте 100 м, общая облачность (в баллах), повторяемость приземных инверсий (%) и ингредиентами: формальдегид, сероводород. Сопряженность этих метеопара- (116  117) -метров с ингредиентами может происходить в интервале времени, отличающимся от календарного месяца.

Среди всех метеопараметров наиболее выражена причинная роль атмосферного давления (АД). По показателю эластичности при увеличении АД на 1% средняя месячная концентрация взвешенных веществ уменьшается на 41%, максимально разовая уменьшается на 29%, доля проб, превышающих ПДК для взвешенных веществ, уменьшается на 92%. В тоже время с увеличением АД растет среднемесячная концентрация сажи (34%).


Повышение повторяемости скорости ветра (0-1 м/с) способствует снижению максимально разовых концентраций взвешенных веществ (эластичность -1,4%). Больше всего снижение происходит при скорости ветра 2-5 м/с. В результате этого снижается среднемесячная концентрация сажи (-2,0%), но растет среднемесячная концентрация взвешенных веществ (2,5%) и фенола (1,7%). Также увеличивается максимально разовая концентрация взвешенных веществ (1,8%) и доля проб взвешенных веществ выше ПДК

(5,6%). Рост повторяемости скоростей ветра в диапазоне 10-13 м/с способствует увеличению максимально разовых концентраций диоксида серы (1,4%). При увеличении повторяемости скорости ветра 14-17 м/с снижается средняя месячная концентрация взвешенных веществ (-0,5%), но растет максимально разовая концентрация диоксида серы (1,2%). При увеличении повторяемости больших скоростей (более 18 м/с) снижается средняя месячная концентрация взвешенных веществ (-0,3%) и растет максимально разовая концентрация диоксида серы (0,7%).

Ветра на больших высотах способствуют снижению среднемесячной концентрации взвешенных веществ: на высоте 200 м – (-2,3%), на высоте 500–900 м – (-1,6%) и снижению доли проб взвешенных веществ выше ПДК на высоте 500–900 м – (-3%; -3,4%). Ветра на высоте 900 м способствуют увеличению среднемесячной концентрации сажи (1,1%).

Солнечное излучение способствует снижению средней месячной концентрации сажи (-0,96%) и росту средней месячной концентрации (1,2%) и максимально разовой (0,87%) взвешенных веществ и доли проб взвешенных веществ выше ПДК (2,8%). Высота солнца в полдень и продолжительность солнечного сияния также повторяют закономерности изменения рассмотренных концентраций, но с несколько отличающимися значениями коэффициента эластичности.

При дефиците солнечных дней снижается средняя месячная концентрация взвешенных веществ (-0,32%) и доля проб взвешенных веществ выше ПДК (-0,75%). При данных метеопараметрах увеличиваются максимально разовые концентрации оксида углерода (0,43%) и диоксида серы (0,78%).

Рост суммарной солнечной радиации при ясном небе и действительных условиях облачности приводят к снижению среднемесячных концентраций сажи (-0,47%), увеличению среднемесячных (0,48-0,68%) и максимально разовых концентраций (0,32-0,39%) взвешенных веществ. В условиях облачности рост солнечной радиации приводит к увеличению доли проб выше ПДК (1,1%), увеличению средне- (117  118) -сячной концентрации фенола (0,36%) и снижению среднемесячной концентрации сажи (-0,47%). Создаваемый солнечной радиацией температурный режим приводит к увеличению загрязнения атмосферы взвешенными веществами.

При росте парциального давления водяного пара увеличивается средняя месячная концентрация взвешенных веществ (0,42%) и доля проб выше ПДК (0,91%). При росте относительной влажности воздуха снижается загрязнение атмосферного воздуха взвешенными веществами: средние концентрации на 2,8%, максимально разовые на 2,4% и доля проб выше ПДК на 6,5. В данных метеоусловиях растут среднемесячные концентрации сажи (2,5%). При увеличении количества осадков (мм) на 1% уменьшаются среднесуточные концентрации сероуглерода на 2,3%, окиси азота на 0,73% и максимально разовые соответственно на 3,2% и 1,5%.

В увеличении загрязнения максимально разовыми концентрациями взвешенных веществ играет роль нижняя (менее 2 км) облачность (0,7%). С

увеличением нижней облачности снижается среднемесячная концентрация сероуглерода (-1,8%) и диоксида серы (-3,6%).


Для оценки устойчивости погоды (ясной или пасмурной) рассчитывают коэффициент как отношение числа ясных (пасмурных) дней к повторяемости ясного (пасмурного) неба. Коэффициент устойчивости ясной погоды в г. Барнауле (%) имеет минимальное значение в декабре и максимальное в феврале. Рост этого параметра приводит к снижению максимально разовых концентраций диоксида серы (-7,3%), оксида углерода (-4,7%) и увеличению сероуглерода (9,2%). Рост коэффициента устойчивости неясной погоды приводит к увеличению максимально разовых концентраций диоксида азота (1,4%).

Рост числа дней с туманами обуславливает увеличение загрязнения воздуха среднемесячными концентрациями сажи (0,51%) и снижение доли проб фенола выше ПДК. Наблюдается снижение средних (-0,54%), максимально разовых (-0,56%) концентраций и превышения доли проб ПДК (-1,3%) взвешенных веществ в дни с туманами.

Рост числа дней с метелью способствуют снижению загрязнения воздуха взвешенными веществами и увеличению максимально разовых концентраций диоксида серы (0,59%).

Рост числа дней в месяце с градом приводит к снижению среднемесячных концентраций сажи (-0,27%) и увеличению доли проб фенола выше ПДК (0,34%). Явление града способствует загрязнению воздуха взвешенными веществами.

Пыльная буря приводит к увеличению максимально разовых концентраций взвешенных веществ (0,21%).

Существенную роль и влияние на уровни загрязнения воздуха оказывают приподнятые инверсии (нижняя граница в слое до 250 м). Рост среднемесячной повторяемости таких метеорологических явлений способствует увеличению среднесуточных концентраций сероуглерода (1,5%), сажи (0,67%) и снижению доли проб фенола выше ПДК (-1,1%). (118  119)

**Метеозависимость загрязнения воздуха взвешенными веществами.** За счет увеличения повторяемости ветра со скоростью 2-5 м/с растет загрязнение атмосферного воздуха, оцениваемого в долях проб превышающих ПДК на 5,57%; в среднемесячной концентрации на 2,41%; и максимально разовых концентрациях на 1,86%. Другим значимым метеопараметром является продолжительность светового дня. Его увеличение приводит к росту доли проб выше ПДК (2,78%), максимально разовой (0,87%) и среднесуточной (1,24%) концентрации. Следующим метеопараметром способствующим загрязнению воздуха является высота в полдень (1,65%; 0,51%; 0,72%) и продолжительность солнечного сияния (1,3%; 0,38%; 0,54%). Также рост температуры воздуха, числа дней с градом и парциального давления водяного пара способствует увеличению среднемесячных концентраций, максимально разовых взвешенных веществ и доли проб выше ПДК.


Способствуют снижению в атмосферном воздухе содержания взвешенных веществ увеличение атмосферного давления. Коэффициент эластичности для

гигиенических показателей составляет: доли проб выше ПДК – 92,19%, максимально разовой – 29,19%, и среднемесячной концентрации – 41,36%. Скорость ветра на высоте 200, 500 и 900 м, а так же относительная влажность способствуют снижению: -6,65% -2,4% -2,8% соответственно. В меньшей мере очищению воздуха города способствуют туманы, число дней без солнца.

**Метеозависимость загрязнения воздуха сажей.** Только пять метеопараметров способствуют увеличению среднемесячной концентрации сажи. В большей мере этому способствует рост атмосферного давления (34,59%), относительная влажность воздуха (2,5%), скорость ветра на высоте 900м (1,12%), повторяемость приподнятых инверсий (0,67%), туманы (0,51%).

Снижение загрязнения воздуха сажей происходит при увеличении повторяемости ветра со скоростью 2-5 м/с (-2,0%), продолжительности светового дня (-0,96%) и солнечной активности (высоте солнца в полдень, продолжительности солнечного сияния и радиации).

**Метеозависимость загрязнения воздуха оксидом углерода и фенолом.** Оксид углерода в незначительной степени подвержен метеозависимости. Только гигиенический показатель максимально разовых концентраций коррелирует со следующими метеопараметрами. Число дней без солнца является причиной увеличения загрязнения данным ингредиентом (0,43%), а рост коэффициента устойчивости ясной погоды приводит к снижению загрязнения оксидом углерода (-4,67%). Метеопараметры в основном способствуют снижению загрязнения атмосферы от фенола. Так с увеличением повторяемости приподнятых инверсий на -1,11% и дней с туманами на -0,74% снижается доля проб фенола выше ПДК. Повторяемость ветра со скоростью 2-5 м/с (1,7%) и солнечная радиация в пасмурную погоду (0,36%) обуславливают увеличение среднемесячных концентраций загрязнения фенолом.

**Метеозависимость загрязнения воздуха сернистыми соединениями.** Загрязнение воздуха диоксидом серы по максимально разовым значениям сопряжено с ростом повторяемости ветра со скоростями от 10 до 18 и более м/с (119  120) (1,4%; 0,86%) и увеличением числа дней без солнца (0,78%). Снижение загрязнения от диоксида серы происходит при росте коэффициента устойчивости ясной погоды (-7,67% для максимально разовых) и низкой облачности (-3,6% для среднемесячных). Максимально разовые концентрации сероуглерода увеличиваются при росте коэффициента устойчивости ясной погоды (9,17%) и повторяемости приподнятых инверсий (1,53%) для среднемесячных значений. Снижение в атмосфере данного ингредиента происходит при увеличении количества осадков (-2,3%; -3,2%) и низкой облачности (-1,86%).


**Метеозависимость загрязнения воздуха диоксидом азота.** Рост количества осадков в городе приводит к снижению среднемесячных (-0,73%) и максимально разовых (-1,48%) концентраций диоксида азота. Установлена прямая зависимость между коэффициентом устойчивости пасмурной погоды (1,41%) и содержанием диоксида азота

Разнонаправленный характер действия метеорологических параметров приводит к тому, что ингредиенты длительное время находятся в атмосферном

воздухе: диоксид серы 4 – 5 суток, диоксид азота от 5 сут. до 4 месяцев, оксид углерода от 100 сут. до 3 лет, сероводород 2 – 4 сут., аммиак 7 сут. [1]

В строительных нормах «Указания по расчету рассеивания в атмосфере вредных веществ (пыли и сернистого газа), содержащихся в выбросах промышленных предприятий» (СН 369-67); «Указания по расчету рассеивания в атмосфере веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (СН 369-74) и «Методике расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (ОНД-86) применяются следующие метеорологические параметры: оседание вредных веществ, турбулентный обмен, температурная стратификация атмосферы.

Поэтому область применения указаний по прогнозированию загрязнения ограничивалась эмпирическими закономерностями. Так СН 369-67 можно было применять для агломерационных фабрик и производств обжига окатышей черной металлургии, конверторных, мартеновских и электросталеплавильных цехов, доменного производства, серы и серной кислоты, нефтеперерабатывающих заводов и котельных. В СН 369-74 область применения, с сохранением эмпирических формул, изменилась в сторону учета аэродинамических теней и длительности застоя примесей, слабых ветров и образования туманов. ОНД-86 дополнены формулами по расчету загрязнения от линейных источников выбросов, группы зданий, на промышленной площадке. Методика предназначена для расчета приземных концентраций в двухметровом слое над поверхностью земли, а также вертикального распределение концентраций. Обязательно учитывается эффект суммации вредного действия ингредиентов.

СН и ОНД не учитывают физико-химические свойства различных ингредиентов, условия их нахождения и выведения из атмосферного воздуха. Климат носит выраженный динамический характер и не учитывается в прогнозировании загрязнения среды обитания человека. (120  121)

Во всех трех указаниях (методиках) рассчитываются максимальные приземные концентрации при неблагоприятных метеорологических условиях и поэтому принято, что в качестве критерия расчетные значения не должны превышать максимально разовую предельно допустимую концентрацию (ПДК<sub>мр</sub>). Экологический подход в данном случае не учитывает лимитирующие признаки вредности. Ингредиенты имеют ПДК<sub>мр</sub>, если обладают рефлекторным действием, которое оценивается по изменениям за 20 - 30 минут. При длительном токсическом действии уровень резорбтивного действия оценивается по среднесуточной концентрации (ПДК<sub>сс</sub>). Поэтому применение формулы о равенстве  $ПДК_{мр} \leq 10 ПДК_{сс}$  неправомерно.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК


1. Семенченко Б.А., Белов П.Н. Метеорологические аспекты охраны природной среды. – М.: МГУ, 1984. – С. 65.

© М.А. Креймер, 2013



Опубликовано:

Креймер М.А. Климат и прогноз загрязнения атмосферного воздуха в городе. / Интерэкспо ГЕО-Сибирь. IX Междунар. науч. Конгр., 15-16 апреля 2013 г., Новосибирск: Междунар. науч. Конф. «Дистанционные методы зондирования земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология»: сб. материалов в 2 т. Т. 2. – Новосибирск: СГГА, 2013. – 200 с. (С. 116 – 121)

(119  120) страницы первоисточника