

В.Н. Боков, В.Н. Воробьев, И.А. Серебрицкий

ОЦЕНКА ФОНОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ И ЕГО ПРИГОРОДАХ

V.N. Bokov, V.N. Vorobyev, I.A. Serebritskyi

EVALUATION OF THE BACKGROUND POLLUTION OF ATMOSPHERE IN ST.PETERSBURG AND SUBURBS

В статье рассматривается методология определения фонового уровня загрязнения атмосферного воздуха по данным мониторинга измерения примесей.

Ключевые слова: фоновый уровень загрязнения, мониторинг атмосферных примесей.

The article considers the methodology of definition of background level of atmospheric air pollution according to monitoring of impurity measurement.

Key words: of background level pollution, monitoring of atmospheric air impurity.

В данной работе предлагается простой метод определения фонового уровня загрязнения атмосферного воздуха основанный на данных мониторинга атмосферного воздуха. В отличие от других методов по определению фоновых уровней, для которых необходима более обширная информационная база данных, данный метод использует только измерения примесей с дискретностью в 20 мин.

Оценки фонового уровня загрязнения атмосферного воздуха рассчитывались по данным наблюдений автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга (АСМ) в период с 1 января 2008 г. по 31 декабря 2009 г. по станциям, которые были разделены на городские и пригородные станции.

К пригородным станциям относятся: № 2, 11, 14, 15, 17 и региональная фоновая станция «Шепелево» – Ленинградская область, пос. Кандикюля.

Оценивание фонового уровня выполнялось для основных приоритетных ингредиентов – оксида углерода, оксида и диоксида азота.

Фоновый уровень загрязнения представляется как некий, небольшой, слабо меняющийся и почти постоянный уровень загрязнения, значения которого отличаются для города и пригорода. Наличие такого небольшого постоянного уровня загрязнения четко видно по графикам временного хода ингредиентов измеренных как в пригороде, так и в городе. В качестве примера на рис. 1. представлен временной ход оксида азота измеренного на пригородной станции № 11 (г. Сестрорецк).

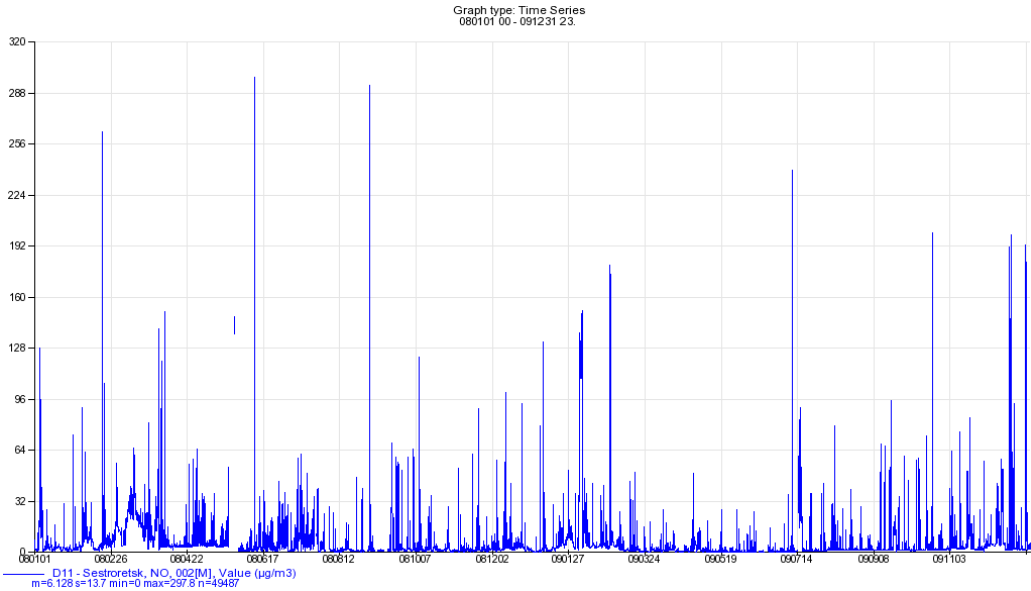


Рис. 1. Временной ход оксида азота по измерениям на станции № 11 за 2008–2009 гг.

На графиках временного хода ингредиентов наблюдаются выбросы, крайние точки, значительно превышающие их средний уровень. Наличие выбросов позволяет относить временные выборки CO, NO и NO₂ к классу логнормального распределения. Поэтому при расчетах максимальных значений временного ряда необходимо учитывать принадлежность наблюдений CO, NO и NO₂ к классу логнормального распределения.

Для расчета оценки средних концентраций \bar{x} следует ограничить влияние выбросов. Этого можно достичь при использовании робастных оценок для расчета среднего. В случае использования обычного среднего \bar{x} его оценка окажется смещенной, поскольку высокие значения концентрации выбросов «приподнимут» величину среднего. Из статистики известно, что медиана (Me) отражает наиболее часто повторяемые значения функции распределения – 50 % выборки и является робастной оценкой средней величины временного ряда. Различие между \bar{x} и Me тем больше, чем асимметричнее исходное распределение. Медиана, если закон распределения неизвестен, вычисляется по правилу [1]:

$$Me = \begin{cases} X_{(n+1)/2}, & \text{если } n - \text{нечетное} \\ 0,5 (X_{n/2} + X_{n/2+1}), & \text{если } n - \text{четное.} \end{cases}$$

В качестве нормы, т.е. характерных величин примесей принимают значения примесей находящихся на интервале между 25 и 75 % квантилями функции распределения, так называемое интерквантильное расстояние [1]:

$$Q = K_{25} \% - K_{75} \%$$

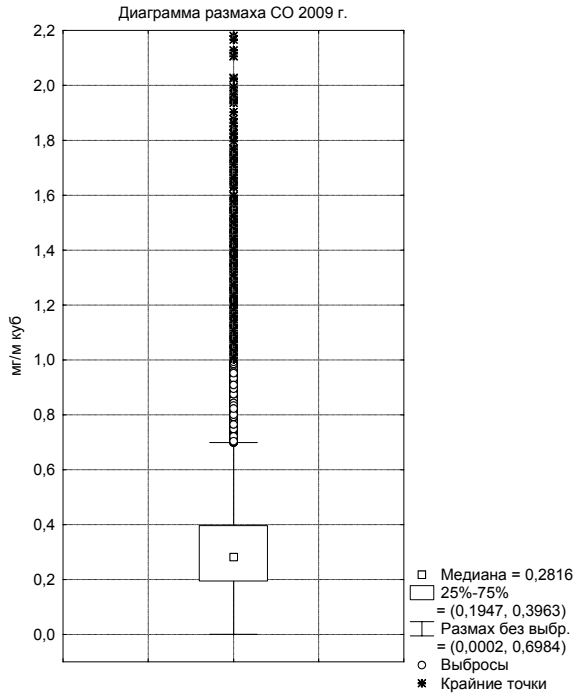
Входящая в интерквантильное расстояние примесь состоит из суммы фоновой примеси и примеси антропогенного происхождения. Суммарная примесь чаще имеют значения выше фоновых примесей и обладают изменчивостью (размахом) существенно большей, чем фоновые примеси. Поэтому, в основном, суммарная примесь находится в интервале нормы Q или достигают максимальных значений.

В зависимости от метеорологических условий величина суммарной примеси может существенно меняться. В случае прохождения циклона с морским воздухом суммарная примесь переносится из пункта наблюдения и оставшаяся фоновая примесь может даже приближаться к нулю. Однако в других случаях значения фоновых примесей приближаются к нижней границы нормы. Таким образом, от нуля до нижней границы нормы в атмосферном воздухе присутствуют примеси, которые отражают малое, но постоянное присутствие примесей. Если в качестве значений фоновой примеси выбрать другую квантиль, например $K_{10} \%$, то становится неопределенной величина нормы суммарной примеси.

Поэтому для определения фонового загрязнения, возможно, рассматривать измерения находящиеся в интервале от нуля до нижней границы нормы, т.е. до квантили $K_{25} \%$. Небольшой, но постоянный уровень загрязнения и составляет около 25 % выборки, что видно по графикам временного хода ингредиента (рис. 1). Основной задачей при оценивании уровня фонового загрязнения является расчет квантилей $K_{25} \%$ для каждой станции и определение средних квантилей $K_{25} \%$ для городских и пригородных станций.

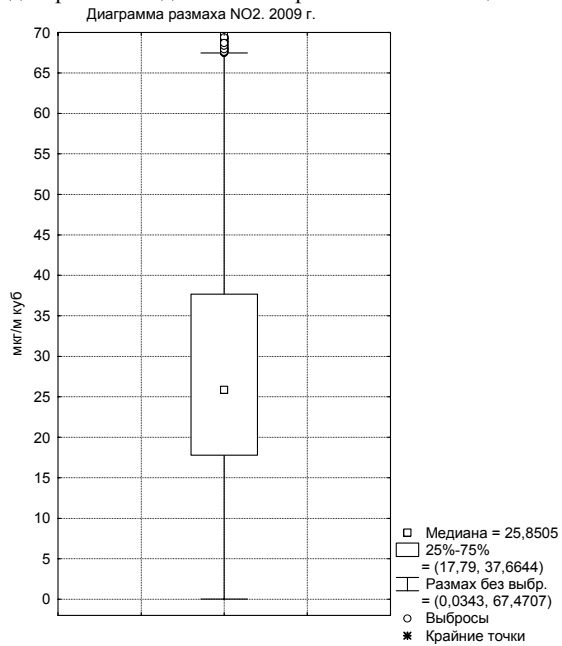
Применив квантильный анализ к обработке данных измерений, можно представить весь ряд наблюдений за год, в виде «ящичков с усами», т.е. нескольких статистических параметров позволяющих охарактеризовать уровень изменчивости примеси на каждой станции [1]. Усы характеризуют минимальное X_{\min} и максимальное X_{\max} измеренные значения. Нижняя граница ящика – $K_{25} \%$, а верхняя граница – $K_{75} \%$ квантили распределения. Точка внутри ящика – оценка медианы. Значения измерений выше X_{\max} , при нормальном распределении, считаются выбросами и крайними точками (на графике это кружочки и крестики) и составляют около от 1% временной выборки (для CO), и примерно, 10 % (для NO).

В качестве примера обработки и представления данных измерений, на рис. 2, 3 представлены графики квантильных диаграмм городской станции (ст. № 9) и пригородной станции (ст. № 11) по измерениям примесей CO и NO₂. На данных рисунках хорошо видны отличия значений Me , X_{\min} , X_{\max} , $K_{25} \%$, $K_{75} \%$ концентраций в зависимости от места их измерений. Для крупных населенных пунктов значения Me и $K_{25} \%$, концентраций NO₂, NO и CO больше, чем для пригородных зон.



Санкт-Петербург, ст.9

Рис. 2. Квантильные диаграммы по данным измерений СО на станциях АСМ. 2009 г.



Санкт-Петербург, ст.9

Рис. 3. Квантильные диаграммы по данным измерений NO₂ на станциях АСМ. 2009 г.

Для каждой городской и пригородных станций все статистические характеристики имеют отличия в зависимости от локальных условий их расположения. С целью корректного сопоставления городских и пригородных станций были рассчитаны средние значения Me . Для общей оценки фоновых загрязнений были рассчитано среднее значение ($K_{25\%}$ среднее) для городских и пригородных станций по всем рассматриваемым ингредиентам. Величины $K_{25\%}$ среднее для городских и пригородных станций сопоставляется с другими статистическими характеристиками примесей на рис. 4 и 5.

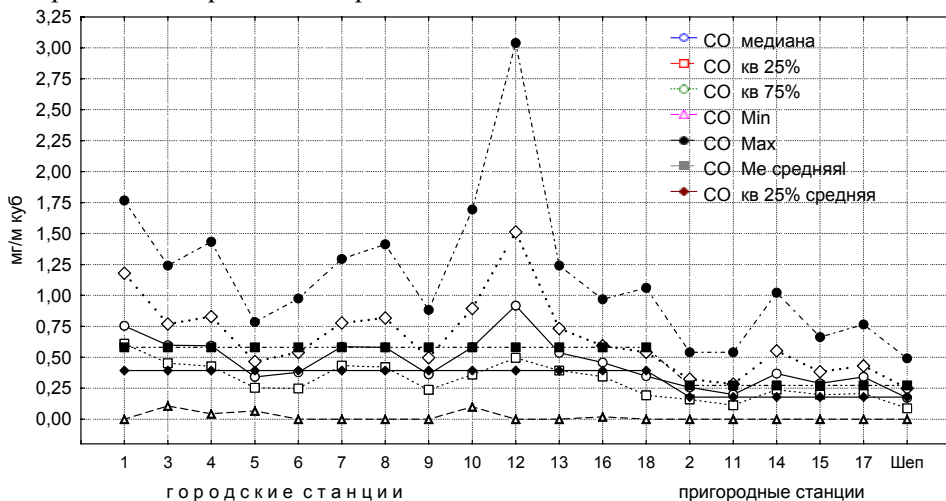


Рис. 4. Статистические характеристики CO по данным измерений на станциях АСМ и среднегодовые значения по всем станциям квантили $K_{25\%}$, и медианы (Me)

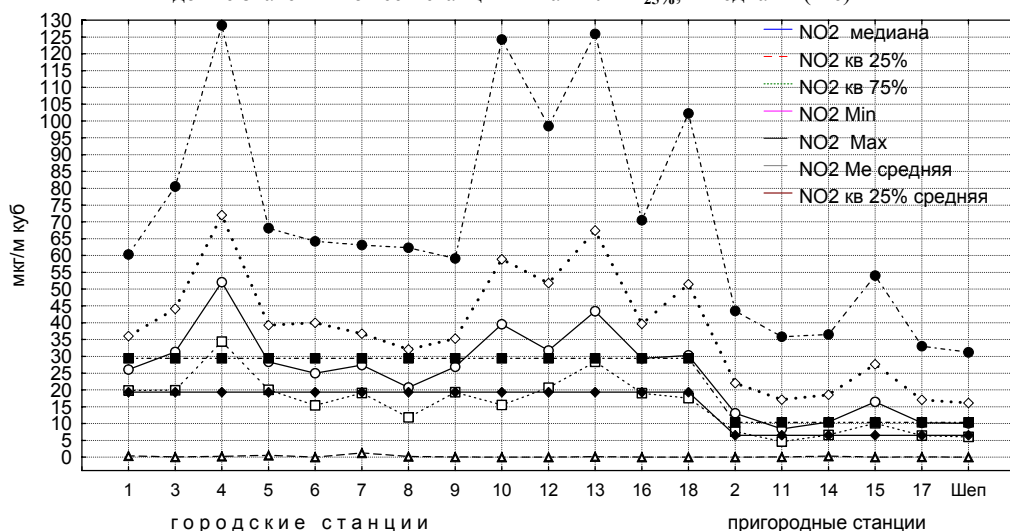


Рис. 5. Статистические характеристики NO₂ по данным измерений на станциях АСМ и среднегодовые значения по всем станциям квантили $K_{25\%}$, и медианы (Me)

Анализируя статистические характеристики примесей $K_{25\%}$, $K_{75\%}$ медиану, и средние значения $K_{25\% \text{ среднее}}$ и $Me_{\text{ среднее}}$ по всем станциям (рис. 4, 5) отметим ярко выраженные различия между городскими станциями и пригородными по всем пяти статистическим параметрам. Представленные данные (графики измерений) и результаты расчетов позволяют принять, в качестве фонового уровня города и пригородных зон, значения $K_{25\% \text{ среднее}}$ для рассматриваемых примесей.

Количественные оценки среднего фонового загрязнения для Санкт-Петербурга и его пригородов представлены в табл. 1. Из таблицы видно, что, городской фон превышает фоновое загрязнение в пригородах по CO примерно в 2 раза, по NO примерно в 5 раз и по NO почти в 3 раза.

Таблица 1

Оценки среднего фонового загрязнения в Санкт-Петербурге и его пригородах
(значения $K_{25\% \text{ среднее}}$)

Атмосферные примеси	Территориальное расположение станций АСМ	
	Пригородные	Городские
CO (мг/м ³)	0,2	0,4
NO (мкг/м ³)	1,2	5,0
NO2 (мкг/м ³)	6,5	19,2

Предлагаемый метод определения фонового уровня загрязнения атмосферного воздуха основанный на данных мониторинга атмосферного воздуха позволяет унифицировать и решать ряд научных и практических задач в области экологии.

Литература

1. Тьюки Д. Анализ результатов наблюдений. Разведочный анализ. – М.: Мир, 1981, с. 693.