

УДК 504.05

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ
ФИЗИКО-СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ И ОЦЕНКА
СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА ПРОМЫШЛЕННЫХ
ГОРОДОВ АПШЕРОНСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

Т.Д. Агаев

Канд. геогр. наук

А.И. Ислам-Заде

В статье рассматриваются возможности использования потенциала загрязнения атмосферы для обеспечения чистоты воздушного бассейна городов.

Введение

Для оценки загрязнения атмосферы промышленных городов, можно воспользоваться такой характеристикой, как потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА). Его расчет основан на результатах изучения влияния метеорологических параметров на изменение концентрации примеси в приземном слое, которое подчиняется логарифмически нормальному закону. Низкие значения ПЗА имеют место в тех районах, где часты метеорологические условия, при которых не происходит накопление вредных примесей в приземном слое, т.е. наблюдаются условия благоприятные для рассеивания примесей. Наоборот, при неблагоприятных метеорологических условиях наблюдаются высокие значения ПЗА.

Цель исследования – определение ПЗА для Апшеронского полуострова и выявление изменений этого показателя с течением времени.

Метод исследования. Как известно, статистическими характеристиками загрязнения воздуха является средняя концентрация (\bar{q} , мг/м³), дисперсия (δ^2), максимальные значения (q_{\max} , мг/м³), коэффициент вариации (V), вероятность концентраций превышающих ПДК ($F = q > \text{ПДК}$) и др. Установлено, что распределение повторяемости наблюдаемых концентраций в каком-либо пункте зависит от мощности источников выбросов, рабочего режима и метеоусловий. При описании распределения повторяемости концентрации можно использовать логарифмически нормальный закон. В этом случае плотность распределения концентрации примеси выражается формулой:

$$f(q) = \frac{1}{Sq\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\ln^2(q/m)}{2S^2}},$$

где S и m – параметры логарифмически нормального распределения.

В работах [1-4] приведены аналитические выражения для средних значений концентрации примеси \bar{q} , дисперсии δ^2 , коэффициента вариации V . На основе этих значений также приведены аналитические выражения для максимальных концентраций примеси q_{\max} , с любой вероятностью ее превышения и для вероятности F появления величины q выше какого-либо значения q_{\max} :

$$\bar{q} = me^{S^2/2}, \quad (1.1)$$

$$\delta^2 = m^2 e^{S^2} (e^{S^2} - 1), \quad (1.2)$$

$$V = \frac{\delta}{\bar{q}} = \sqrt{e^{S^2} - 1}, \quad (1.3)$$

$$q_{\max} = me^{ZS} \sqrt{2}, \quad (1.4)$$

$$F(q < q_{\max}) = \frac{1}{2} \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\ln(qm/m)}{S\sqrt{2}} \right) \right], \quad (1.5)$$

где $Z_K = \frac{\ln(qm/m)}{S\sqrt{2}}$ для вероятности превращения q_{\max} в 0,1 % случаев

$$q_{\max} = me^{3S}. \quad (1.6)$$

Используя данные экспериментальных наблюдений, можно получить все необходимые характеристики загрязнения воздуха, а значение q_{\max} можно получить из (1.1) и (1.2):

$$q_{\max} = \frac{q_{cp}}{\sqrt{1 + \frac{\delta}{q_{cp}^2}}} \exp \left(Z_K \sqrt{2 \ln \left(1 + \frac{\delta}{q_{cp}^2} \right)} \right). \quad (1.7)$$

Как было установлено [1, 2, 5, 6] плотность распределения концентрации вредных примесей в городах Баку и Сумгаите достаточно хорошо описывается логарифмически нормальным законом и средняя концентрация \bar{q} , коэффициент вариации v и вероятность концентрации q выше заданного уровня q_n выражается m и S (формулы 1.1 – 1.7), а интеграл вероятности

$$\Phi(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-t^2} dt = \operatorname{erf}(Z_K), \quad (1.8)$$

где $Z_k = \frac{\ln(q_n/m)}{s\sqrt{2}}$.

Так, если определить вероятность P_1 и P_2 , которые связаны с некоторыми метеорологическими условиями, способствующими увеличению концентрации вредной примеси выше q_n и $1,5q_n$, то параметры логарифмически нормального распределения (1.1) можно выразить через эти вероятности [3]. Таким образом, в нашем случае имеются следующие характеристики, связанные с уровнем загрязнения атмосферы

q , $P_1(q > q_n)$, $P_2(q > 1,5q_n)$, m и S из формулы (1.8) получаем

$$\Phi(Z_1) = 1 - 2P_1(q > q_n), \quad (1.9)$$

$$\Phi(Z_2) = 1 - 2P_2(q > 1,5q_n), \quad (1.10)$$

$$Z_1 = \frac{\ln(q_n/m)}{s\sqrt{2}}, \quad (1.11)$$

$$Z_2 = \frac{\ln(1,5q_n/m)}{s\sqrt{2}}. \quad (1.13)$$

Тогда m , S и \bar{q} выражаются через Z_1 и Z_2 , и определяются по таблице интегральных ошибок:

$$m = q_n \exp\left(-\frac{0,4}{b_r - 1}\right), \quad (1.14)$$

$$S = \frac{0,4}{\sqrt{2}(b_r - 1)Z_1}, \quad (1.15)$$

$$\bar{q} = q_n \exp\left[\frac{0,04}{(b_r - 1)^2 Z} - \frac{0,4}{b_r - 1}\right], \quad (1.16)$$

где
$$b_r = \frac{Z_2}{Z_1}. \quad (1.17).$$

Представляет интерес точное определение значения q_n . Поэтому по способу перебора были выбраны такие значения q_n , где расчетные значения m , S и \bar{q} соответствовали их экспериментальным значениям. Необходимо отметить, что параметрам m , S и \bar{q} в каждом временном ряду соответствует определенное значение q_n , малейшие колебания q около q_n сопровождаются изменением значений одного из параметров m , S и \bar{q} .

Синхронный анализ рядов q_i , Z_i и $P(q > q_i)$ показывает, что q_n соответствует последнему Z_i со знаком минус, а $P(q > q_i) > 0,5$. Тем самым определение q_n гораздо облегчается. Значение q_n в указанные годы находится в пределах: для SO_2 – (0,1815...0,2874), а для NO_2 – (0,0576...0,0875) (табл. 1.) и они тесно связаны с вероятностью определенных метеорологических условий данного региона. Таким образом по известным значениям q_n определяется $P_1(q, q_n)$ и $P_2(q, q_n)$ и соответствующие сочетания метеорологических элементов. Значит, метеорологические элементы выбираются не из физических соображений, а из фактического уровня загрязнения атмосферы региона. С учетом значений P_1 и P_2 расчет ПЗА выполняется по формуле (1.16). Расчеты показывают, что на Апшероне высокие значения ПЗА отмечаются в зимне-весенние, а низкие значения в летне-осенние месяцы (табл. 2 и 3). Максимальные значения ПЗА в г. Баку отмечаются в марте – 3,8, а в г. Сумгаите в апреле – 3,1. В теплый период года высокие значения ПЗА имеют место в вечерне-ночные часы, а в холодный период года в дневные часы. Проведенный анализ данных показывает, что между значениями m и q_n разница составляет всего 0,0001, т.е. с точностью 0,0001 можно принять, что $q_n = m$.

Таблица 3

Изменение ПЗА на Апшеронском полуострове в течение года (по срокам)

Срок	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
03	2,4	2,5	2,6	2,9	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1	2,9	2,6	2,6
09	2,2	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	2,0	2,2
15	2,2	2,2	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,9	2,2	2,2
21	2,3	2,4	2,5	2,6	2,9	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,2	2,1

Тогда из формулы (1.16) получаем

$$ПЗА = 2,24 \frac{\bar{q}}{q_n}, \quad (1.18)$$

с учетом (1.8), (1.16) и (1.18) получается

$$ПЗА = 2,24 e^{s^2/2}. \quad (1.19)$$

Таблица 1

Временная изменчивость ПЗА и соответствующие характеристики загрязнения атмосферы г. Баку

q_n	m	S	\bar{q}	\bar{q}/q_n	Z_1	Z_2	P_1	P_2	S/P_2	ПЗА
SO₂										
0,2063	0,2064	0,6300	0,252	1,222	-0,0024	0,4526	50,14	26,28	2,40	2,7
0,1815	0,1814	0,7623	0,243	1,339	-0,0020	0,3758	50,11	29,91	2,54	3,0
0,1876	0,1877	0,6560	0,233	1,242	-0,0038	0,4351	50,22	27,09	2,42	2,8
0,2874	0,2876	0,6022	0,345	1,200	-0,0028	0,4748	50,15	25,28	2,38	2,7
0,2396	0,2399	0,5945	0,286	1,194	-0,0043	0,4794	50,24	25,08	2,37	2,7
NO₂										
0,0719	0,0720	0,7424	0,095	1,321	0,0128	0,3773	50,72	29,83	2,49	3,0
0,0675	0,0676	0,6830	0,085	1,259	-0,0090	0,4159	50,51	27,39	2,44	2,7
0,0813	0,0813	0,7754	0,110	1,353	-0,0035	0,3700	50,20	30,19	2,56	3,0
0,0875	0,0876	0,6091	0,107	1,223	-0,0083	0,4330	50,46	26,26	2,39	2,8
0,0576	0,0577	0,6091	0,069	1,198	-0,0135	0,4640	50,75	25,76	2,36	2,7

Таблица 2

Повторяемость (%) различных метеорологических условий, создающих ПЗА на Апшеронском полуострове

Условия	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Приземная инверсия	17	13	13	22	31	25	13	17	18	16	19	16	19
Приподнятая инверсия	67	73	71	54	45	46	54	55	56	57	63	71	59
Скорость ветра 0,1 м/с	13,5	10,0	10,5	13,0	13,3	13,0	11,7	11,9	10,9	10,0	12,3	14,7	12,1
Застой	5	3	3	6	8	7	5	4	4	4	6	5	5
Туман	0,1	0,2	0,2	0,7	0,7	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4
ПЗА	2,6	3,5	3,8	2,8	2,5	2,3	2,1	2,1	2,0	2,0	2,1	2,3	2,5

Из (1.17) следует, что при определении ПЗА параметр распределения S играет важную роль. По сравнению с формулой (1.16) формула (1.18) более проста, но результаты расчета по ним имеют один порядок.

Как известно, $S = -tg\alpha$, уклон прямой линии, соответствующий кумулятивному распределению логнормальных данных характеризует величину дисперсии концентрации. Последняя в основном определяется метеоусловиями. Результаты расчета показывают, что между S и P_2 существует связь – $S = 2,24P_2$, которая представляет собой сумму повторяемости приподнятых инверсий над источником выброса ($P_{ин.}$), а также штилевых зон в указанном ($P_{шт.}$) слое. Подставляя значения S в (1.17), получаем:

$$ПЗА = 2,24e^{2,93} \cdot P_2^2. \quad (1.20)$$

Таким образом, предложенными аналитическими выражениями (1.18 – 1.20) с учетом значения P_2 , S и \bar{q} можно определить значение ПЗА. Проведенные расчеты показали, что ПЗА для Апшеронского региона колеблется от 2,7 до 3,0 (табл. 2). Согласно расчетам диапазон изменения ПЗА на Апшеронском полуострове относится к зоне повышенного загрязнения воздуха городов.

Установлено, что ПЗА часто хорошо согласуется с изменениями средней концентрации атмосферных загрязнителей. Это можно видеть на рисунке, где показано годовое изменение среднемесячных концентраций сернистого газа и показателя ПЗА.

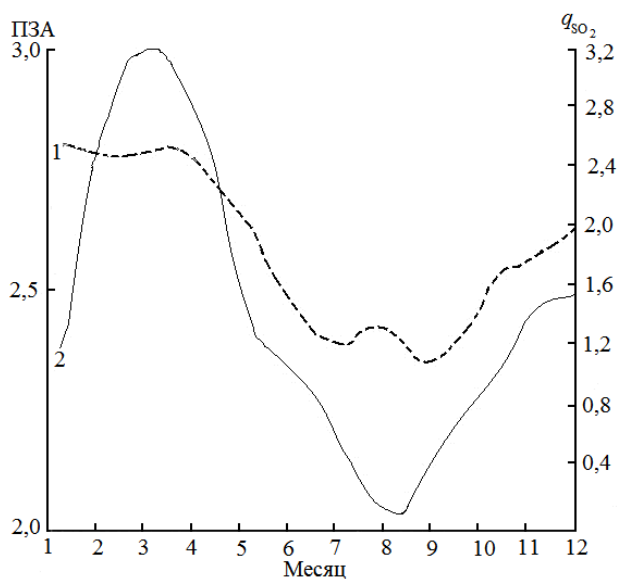


Рис. Годовой ход концентрации сернистого газа (1) и ПЗА (2) в г. Баку.

Как видно, значения концентрации сернистого газа и показателя ПЗА имеют синхронный ход, с максимальными значениями весной и минимальными – летом и в начале осени. Некоторое отклонение имеет место в конце лета, когда увеличивается концентрация сернистого газа от высотных источников промышленных объектов. Зимой и весной высокие значения ПЗА на Апшеронском полуострове определяются частой повторяемостью антициклональной погоды, обуславливающей слабые ветры и устойчивую стратификацию атмосферы. В это время повторяемость приземных инверсий превышает 30 %. Вероятность появления инверсий в вечерне-ночные часы велика. Такая ситуация, при высоком ПЗА, способствует сохранению застоя воздуха в пограничном слое и ограничивает рассеивание вредных примесей в атмосфере.

В заключение следует отметить, что мероприятия по обеспечению чистоты воздуха городов следует планировать на те периоды, когда наиболее вероятны неблагоприятные метеорологические условия. Понятно, что невозможно избежать таких погодных условий, но на промышленных объектах, расположенных в этих районах следует уделять большое внимание очистным сооружениям и эффективности их работы. При выборе района для строительства новых промышленных объектов необходимо учитывать ПЗА, а также экономическую целесообразность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаев Т.Д. Метеорологический потенциал загрязнения атмосферы // Труды географического общества Азербайджана. – Том IX. – Баку. – 2004. – С. 333-337.
2. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. – Л.: Гидрометиздат, 1980. – 184 с.
3. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 448 с.
4. Горчиев А.А., Рафиев Р.М., Агаев Т.Д. Методы определения фоновых значений концентрации вредных примесей в атмосфере, для оценки экологической нагрузки на окружающую природную среду // Доклады АН Азербайджанской ССР. – Баку: Т. XVIII. – №5. – 1987. – С. 42-47.
5. Горчиев А.А., Рафиев Р.М., Агаев Т.Д., Мамедов А.А. Физико-статистический метод прогноза степени загрязнения воздушного бассейна крупных городов. // В кн. Человек и биосфера. – Баку, 1986.
6. Agayev T.D., Shirinova D.V., Ahmedova A.F. Methods of Determination of Absheron contamination potential. /Energy, Ecology, Economy, 4th Baku International congress. Baku – September 21-24 1999.

7. Islamzadeh A.I. Determination metrological potential in Sumgayit air basin contamination. Azerbaijan National Aerospace Agency (ANASA). Bulletin of ANASA. ISSN 0235-6031, №2 (8), P. 91-94, Баку, 2005.

Сумгайытский Государственный Университет, Азербайджан
Сумгайытский Центр Экологической Реабилитации, Азербайджан

**АТМОСФЕРАНЫҢ ЛАСТАНУ ПОТЕНЦИАЛЫНЫҢ
КӨРСЕТКІШТЕРІН АНЫҚТАУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ АПШЕРОН
ТҮБЕГІНІҢ ӨНЕРКӘСІПТІК ҚАЛАЛАРЫНЫҢ АУА БАССЕЙНІ
ТАЗАЛЫҒЫН ТЕКСЕРУ МАҚСАТЫНДА ҚОЛДАНУ**

Т.Д. Агаев

Геогр. ғылымд. канд. А.И. Ислам-Заде

Мақалада қалалардың ауа бассейндерінің тазалығын қамтамасыз ету үшін атмосфераның ластану потенциалы көрсеткіштерін қолдану мүмкіндіктері қарастырылды.