

УДК 551.510.04

А. А. БАГДАСАРЯН

## МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА В ЕРЕВАНЕ

В настоящей статье рассмотрены условия запыленности в Ереване в течение года и факторы, определяющие ее концентрацию.

Территория города Еревана находится в Араратской котловине и на механизм местного загрязнения его влияют прежде всего почвенно-климатические условия этой котловины.

Исходным материалом для исследования служили наблюдения за концентрацией пыли на двух стационарных пунктах УГМС Арм. ССР за отдельные годы, охватывающие период с апреля 1971 по апрель 1976 г.г.

Запыленность воздуха обусловлена природными и антропогенными факторами. Среди природных факторов главную роль в запыленности играет сухость почвы и средство переноса ее—ветер. При этом они чаще определяются местными условиями. Однако нередки и случаи переноса пыли на большие расстояния, в зависимости от особенностей крупномасштабной атмосферной циркуляции. Ниже мы остановимся на природных источниках пыли в Ереване.

Пятилетний период измерений пыли, который был в нашем распоряжении, возможно недостаточен для окончательных выводов о годовом и суточном ходе ее концентрации, однако позволяет в первом приближении характеризовать связь между естественными факторами пылеобразования и ее концентрацией в городе.

Анализ величин среднемесячных концентраций пыли выявил семикратное колебание в пределах от 0,3 до 2,0 мг/м<sup>3</sup> и, что очень важно, запыление выше предельно допустимой концентрации (ПДК) во все времена года. Минимальные уровни запыления наблюдались как в осенние месяцы (IX—X, 1971; IX—XI, 1976), так и в зимние и весенние (II, III, 1972; I, II, 1973; XII, 1974; II, III, IV 1975).

Климатические условия конкретной местности изменяются периодически, следовательно и запыленность воздуха должна иметь сезонный ход, то есть максимальные и минимальные ее величины должны отмечаться в определенные сезоны (рис. 1).

Рассмотрим годовой ход изменения концентрации пыли. На рис. 1 кривая (а) построена по средним значениям (данные круглосуточных наблюдений) за 4 года (1972—1975 г.г.). На этом же рисунке представлена аналогичная кривая (б) годового хода, полученная осреднением данных ночных (21-часовой срок) наблюдений за те же четыре года.

Из кривой (а) следует, что начиная с марта месяца до августа включительно происходит непрерывное нарастание концентрации пыли, а в период с августа до марта, в целом ее убывание. Минимум концентрации приходится на март, а максимум—на августе. Если годоводой ход концентрации связать только с характером источника загрязнения, в предположении, что основной составляющей концентрации пыли является пыль естественного происхождения, то в общих чертах легко объяснить ход кривой (а). С увеличением засушливости в теплые месяцы года и усилением горно-долинной циркуляции усиливается подъем пыли с поверхности земли и увеличение концентрации ее в воздухе.

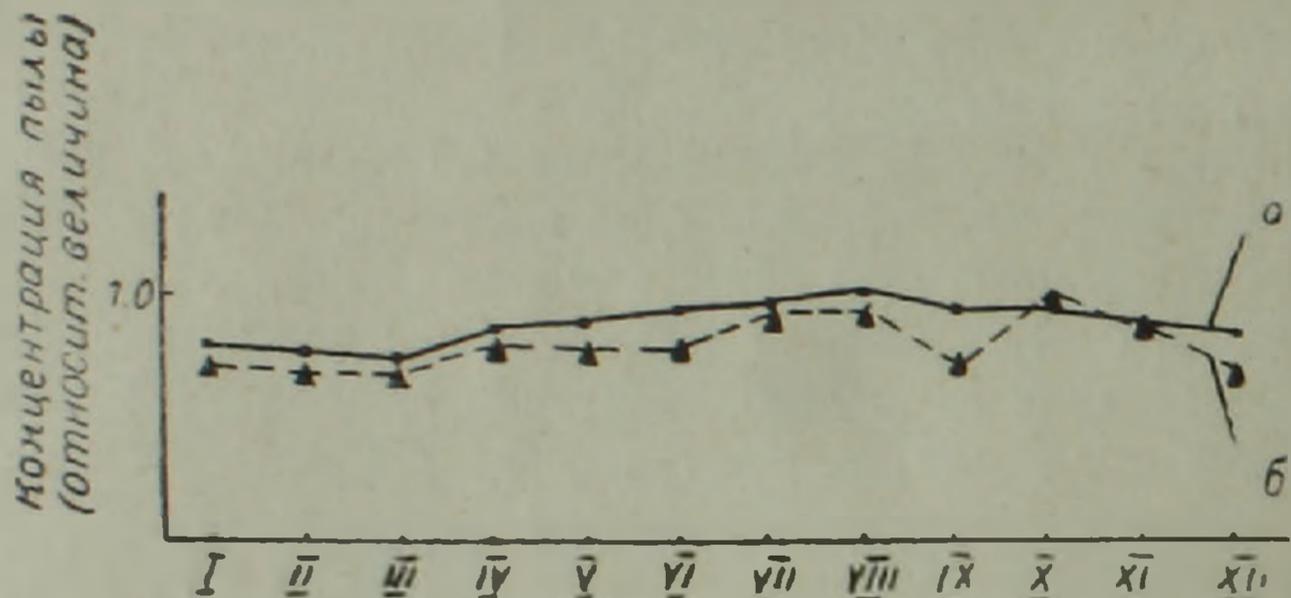


Рис. 1. Годовой ход концентрации пыли в воздухе г. Еревана (1972—1975 гг.).

С увлажнением поверхности земли и появлением снежного покрова, а также ослаблением горно-долинной циркуляции в холодные месяцы года ее концентрация в воздухе уменьшается. Считая, что пыль, выделяемая промышленностью и транспортом, в течение года не подвергается существенным изменениям, можно принять, что полученный нами годоводой ход количества пыли в воздушном пространстве города отражает лишь концентрацию ее из естественных источников.

Как было сказано в начале, интенсивность процесса пылеобразования определяется метеорологическими условиями. Араратская котловина характеризуется своими особенностями. С декабря по февраль в увеличении загрязнения воздуха немаловажную роль играют инверсии температур, штилевая со слабыми ветрами погода. Следовательно, концентрация пыли в этот период в основном зависит от выделения ее промышленными объектами и транспортом. Однако зимние инверсии в целом на величины среднемесячной концентрации пыли отражаются не существенно, ибо, как упоминалось, высокие уровни среднемесячных концентраций пыли приходятся на теплое полугодие, когда вероятность инверсий незначительна. Так, с 14 по 20 февраля 1977 г. отмечалась длительная устойчивая приподнятая инверсия, сопровождающаяся туманом на возвышенностях, окружающих центр города. При этих условиях по разовым наблюдениям отмечается максимальная запыленность воздуха, например, в октябре и ноябре 1976 года запыленность составляла соответственно 7,4 и 6,7 мг/м<sup>3</sup>, а в январе 1977 г.—5,1 мг/м<sup>3</sup>. Отсюда сле-

дует, что в зимний период на увеличение концентрации пыли в воздухе города, при ослабленной роли пыли природного происхождения, значителен вклад пыли антропогенного происхождения.

Атмосферные осадки уменьшают количество пыли не только увлажнением почвы, но и путем удаления из атмосферы примесей, путем механического захвата [10]. Зимой этот процесс протекает более интенсивно, ибо снежинки захватывают аэрозоли. Число дней с твердыми осадками, по многолетним данным, в среднем колеблется от 0,8 в ноябре до 7,8 дней в январе и наблюдаются в период с XI по III месяцы. В эти же месяцы очищение воздуха от пыли осуществляется сравнительно лучше, чем в теплые месяцы года. В зимний период скорости ветра небольшие. Усиление ветра является благоприятным фактором для уменьшения концентрации пыли на фоне снежного покрова и увлажненной почвы, так как при умеренном и сильном ветре разрушаются приземные инверсии.

В теплое время года, в особенности в летние месяцы горно-долинная циркуляция усиливается и является одним из определяющих запыление факторов. Ветровой режим способствует увеличению запыленности за счет пыли, приходящей главным образом из предгорья и частично поднимаемой с территории самого города. Усиление ветра, обусловленное местными климатообразующими факторами, не способствует выносу пыли за пределы Араратской котловины, и она накапливается в ее пределах. Если же выпадают осадки, то чаще всего в послеобеденные часы, т. е. когда усиливается ветер.

Рассмотрим данные о суточном ходе запыленности воздуха города в связи с метеорологическими условиями. Кривая (б) годового хода ночной запыленности (рис. 1) в целом повторяет ход первой кривой (составленной из осреднения дневных и ночных наблюдений) и показывает, что среднесуточные концентрации пыли выше ночных (т. е. величины дневных концентраций больше ночных) за исключением октября. Из рисунка также следует, что превышение дневных концентраций пыли наиболее ощутимо с апреля по сентябрь, что позволяет предположить, что количество пыли, поднимаемой с поверхности земли ветром в атмосферу г. Еревана, существенно. Максимальное превышение среднесуточной величины пыли над ночной наблюдается в сентябре, что, по-видимому, связано с усилением ветровой эрозии почвы, наблюдаемой в этот период. И хотя в сентябре частота выпадения атмосферных осадков (3,3 дня) больше, чем в августе (2,7 дня), однако это незначительное превышение не обеспечивает достаточного увлажнения почвы и не препятствует вздыманию ветром в атмосферу пыли. Следует отметить, что воздух из тропических широт проникает в Армению в течение всего года. Однако наиболее часто это наблюдается в теплое полугодие. При крупных меридиональных преобразованиях атмосферной циркуляции тропический воздух проникает в Армению, что сопровождается знойной и сухой погодой. В эти периоды концентрация пыли в воздухе в Ереване резко возрастает и густая дымка окутывает город. Исследование

циркуляционных особенностей летнего периода показало, что запыленный воздух проникает главным образом из пустынь севера Аравии, находящихся на небольшом расстоянии от Еревана [2, 6, 9].

В октябре наблюдается увеличение прохождения холодных фронтов, которое сопровождается увеличением облачности и выпадением продолжительных фронтальных осадков [1]. Эти осадки практически могут выпасть в любое время суток и отличаются большой продолжительностью, чем, по-видимому, можно объяснить превышение ночной концентрации пыли над среднесуточными (рис. 1). Кстати, на октябрь приходится и максимально разовая наблюдаемая концентрация пыли, равная  $7,4 \text{ мг/м}^3$ .

Таким образом представив общую картину запыления воздуха в Ереване, попытаемся использовать установленные закономерности в целях прогноза запыленности.

Несмотря на короткий ряд измерений запыленности в Ереване, мы попытались путем применения статистического анализа [7, 8] получить связи между среднемесячными величинами запыленности и метеорологическими параметрами. Было применено уравнение линейно-множественной регрессии, позволяющее учитывать совокупность факторов, влияющих на величину запыленности.

Отбор наиболее эффективных метеорологических величин, в первом приближении, выполнен на основе графической связи, а далее по степени корреляции соответствующих отобранных величин. Из всех исследованных метеорологических элементов для теплого полугодия были отобраны температура поверхности почвы и средняя скорость ветра.

Общий вид уравнения множественной регрессии

$$Y = ax_1 + bx_2 + \dots + a_n x_n + C. \quad (1)$$

В данном случае

$$Y = ax_1 + bx_2 + C, \quad (2)$$

где  $Y$ —запыленность ( $\text{мг/м}^3$ );

$x_1$ —средняя скорость ветра у земной поверхности ( $\text{м/сек}$ );

$x_2$ —температура поверхности почвы (в градусах Цельсия);

$a, b, c$ —исковые константы.

Частные коэффициенты корреляции ( $r$ ) оказались равны:

$$r_{yx_1} = 0,78,$$

$$r_{yx_2} = 0,71,$$

$$r_{x_1x_2} = 0,54.$$

Сводный коэффициент корреляции  $R = 0,85$ . Вероятная ошибка сводного коэффициента корреляции  $E_R = 0,06$ .

Следовательно,  $R$  находится в пределах  $0,79 \leq R \leq 0,91$ .

По известным из статистики формулам вычисления параметров уравнения регрессии определим величины искоемых констант. Константы оказались равными:  $a = 0,35$ ,  $b = 0,02$ ,  $c = 0,08$ .

Подставляя найденные величины в уравнение (2) и решив относительно  $Y$ , получим

$$Y_1 = 0,35 x_1 + 0,02 x_2 + 0,08. \quad (3)$$

Средняя квадратичная ошибка данного уравнения ( $S_y$ ) оказалась равной 0,14.

В заключение отметим, что определяющими факторами запыленности воздушного пространства г. Еревана являются почвенно-климатические условия Араратской котловины с резко выраженной в теплое полугодие горно-долинной циркуляцией воздуха. Концентрация пыли увеличивается при переносе ее из районов пустынь севера Аравии и севера Африки при соответствующей макромасштабной меридиональной циркуляции.

Концентрация пыли имеет хорошо выраженный годовой ход. Минимальная концентрация пыли приходится на март, а максимальная — на август. В летние месяцы количество пыли возрастает при усилении ветра, а в зимние месяцы, наоборот, при штилевой подготовке и приземных инверсиях температуры воздуха.

На содержание пыли в воздухе оказывают влияние и атмосферные осадки; вымывание ее лучше осуществляется при снегопадах.

Полученные в работе статистические данные можно использовать при разработке способов прогнозирования запыления воздуха в городах с аналогичными природными условиями.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 21.VII.1978.

Ա. Ա. ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ

ՕՂԻ ՓՈՇՈՏՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ՕՂԵՐԵՎՈՒԹԱՔԱՆԱԿԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԸ  
ԵՐԵՎԱՆ ՔԱՂԱՔՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հողվածում քննարկված են օդի փոշոտվածության որոշակի բնութագրերը՝ կապված քաղաքի օդերևութաբանական պայմանների հետ:

Ուսումնասիրությունը կատարվել է Հայկական ՍՍՀ Ջրաօդերևութաբանական վարչության ցանցի՝ երկու կետերում հնգամյա դիտարկումների տրվյալների հիման վրա: Տրված է օդի փոշոտվածության տարեկան ընթացքը, փոշու բնական աղբյուրների սեզոնային փոփոխությունները և դրանց կապը օդի ջերմաստիճանի, մթնոլորտային տեղումների և քամու ուժի հետ:

Տարվա տաք կեսի համար առաջարկվում է օդի փոշոտվածության կանխատեսման հավասարում:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Александрян Г. А. Атмосферные осадки в Армянской ССР. Ереван, Изд-во АН Арм. ССР, 1971.

2. Багдасарян А. Б. Циркуляционные факторы климата Армянского нагорья. Известия АН Арм. ССР, сер. геол. и геогр. наук, т. 10, № 1, 1957.
3. Безуглая Э. Ю. и др. Годовой и суточный ход содержания атмосферных примесей в городских условиях. Тр. ГГО, вып. 254, 1971.
4. Безуглая Э. Ю., Соськин Л. Р. Влияние метеорологических условий на загрязнение воздуха в городах Советского Союза. В кн. «Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы», Гидрометиздат, Л., 1971.
5. Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Гидрометиздат, Л., 1975.
6. Кристостурян Р. Т. Климатическое описание Армянской ССР. Л., 1938.
7. Лучшева А. А. Практическая гидрология. Гидрометиздат, Л., 1976.
8. Першина Р. А., Соськин Л. Р. Возможности прогнозирования загрязнения воздуха в городе методом линейного регрессионного анализа. Тр. ГГО, вып. 387, 1977.
9. Погосян Х. П. Сезонные колебания общей циркуляции атмосферы. Тр. ЦИП, вып. 1 (28), 1947.
10. Селезнева Е. С., Петренчук О. П. Об удалении примесей из атмосферы облаками и осадками. В кн. «Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы». Л., Гидрометеониздат, 1971.
11. Соськин Л. Р., Денисова Т. П. Метеорологические условия формирования периодов интенсивного загрязнения воздуха в городах. Тр. ГГО, вып. 238, 1969.