

УДК 551.510.42

**ВЛИЯНИЕ СИНОПТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА УРОВЕНЬ  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА ГОРОДА ТАРАЗ**

О.В. Карпова

*По материалам наблюдений за период с 1991 по 1995 год был изучен временной ход концентраций основных примесей в центральные месяцы сезонов в г. Тараз. Рассчитан параметр  $P$ , построены графики его месячного хода, оценено влияние синоптических ситуаций у поверхности земли, на высоте 500 гПа и в слое ОТ 500/1000 на уровень загрязнения. Значения параметра  $P$  в пределах месяца довольно часто изменяются в широких пределах. Установлена высокая зависимость между высокими, экстремально высокими, низкими уровнями загрязнения и барическим полем у поверхности земли, а также толщиной слоя 1000 - 500 гПа.*

В связи с возобновлением роста производства в крупных промышленных городах Казахстана, возникла необходимость изучения метеорологических и аэросиноптических условий, способствующих накоплению примесей у поверхности земли и тем самым ставящих под угрозу здоровье населения. При решении проблемы защиты воздушного бассейна от загрязнения важная, а в ряде случаев решающая роль, отводится метеорологическим аспектам, так как именно ими определяется в основном поведение попавших в атмосферу выбросов. Но для оценки влияния аэросиноптических условий на уровень загрязнения, необходимо изучить содержание примесей в атмосферном воздухе и их поведение под влиянием различных метеорологических условий.

Тараз - промышленный город с населением 315 тыс. жителей [3]. В нем расположены предприятия по производству удобрений и ТЭЦ. Основным источником загрязнения является предприятие по производству удобрений. На ряде предприятий города имеются низкие и неорганизованные источники выбросов, от которых загрязняющие вещества поступают в атмосферу без очистки из-за отсутствия или неисправности газоочистных устройств

В последнее время все большее значение приобретают работы по краткосрочному прогнозу загрязнения воздуха и предотвращению опасно-

го увеличения концентраций примесей в приземном слое атмосферы в периоды неблагоприятных метеорологических условий (НМУ). Проведение таких работ способствует улучшению состояния воздушного бассейна в городах. На основе выполненных разработок [1, 2, 4] прогнозы загрязнения воздуха и предупреждения о возможном НМУ составляются во многих городах. Вместе с тем сохраняется настоятельная необходимость развития и совершенствования таких работ, в первую очередь, с целью увеличения количества обслуживаемых городов и предприятий, а также повышения оправдываемости и эффективности прогнозов наиболее высоких уровней загрязнения атмосферы в городе.

Решение указанных задач в значительной степени связано с анализом синоптических условий загрязнения воздуха. Ранее выполненные исследования [6, 7, 8] показали, что наиболее эффективными являются те методы прогноза, которые в наибольшей степени учитывают физические особенности воздействия метеорологических условий на уровень загрязнения воздуха. В этой связи можно отметить, что синоптическая ситуация включает в неявном виде необходимую для данной задачи информацию о физических процессах в атмосфере – скорость и направление ветра, температура воздуха, стратификация атмосферы, указывает на наличие инверсий, туманов, осадков, вертикальных движений и т.д. Информативность синоптических ситуаций, как предикторов, значительно повышается, если учитывать связи между ними и уровнем загрязнения воздуха в конкретных городах.

Наиболее важен анализ синоптических условий, определяющих формирование высоких уровней загрязнения воздуха, которые представляют повышенную опасность для здоровья людей и окружающей среды. К ним, в первую очередь, следует отнести длительные периоды с высоким уровнем загрязнения, а также редко встречающиеся случаи с экстремально высоким содержанием примесей в городском воздухе. К периодам с повышенным уровнем загрязнения относят эпизоды, когда значение параметра  $P$  колеблется в пределах от 0,21 до 0,35. Если параметр  $P > 0,35$ , то уровень загрязнения считается высоким, экстремально высокий уровень загрязнения обусловлен значениями параметра  $P$ , превышающими 0,45. Параметр  $P$  рассчитывается отдельно для каждого суток или месяца, с помощью нахождения средней по рассматриваемым компонентам загрязнения атмосферного воздуха.

Синоптические ситуации, определяющие уровень загрязнения воздуха в городе, успешно предсказываются существующими способами [5, 9]. Однако анализ синоптических условий загрязнения воздуха связан с определенными трудностями. Часто затруднительна объективная физическая оценка ситуаций вследствие их большой изменчивости, а иногда – нечеткой выраженности. Поэтому целесообразно ориентироваться на наиболее устойчивые ситуации. В ряде случаев, при сходных синоптических условиях, могут различаться погодные характеристики, определяющие уровень концентраций в атмосфере рассматриваемого города.

Наиболее общие сведения, полученные в результате анализа информации [10], указывают на повышенное загрязнение воздуха в антициклонах. При циклонической ситуации городской воздух сравнительно чист, что, очевидно, связано с осадками и усилением ветра. Таким образом, при одних и тех же выбросах загрязнение воздуха в городе меняется в зависимости от синоптических процессов.

Концентрации примесей в воздухе часто меняются под влиянием случайных причин. Резко может возрастать содержание примесей при залповых выбросах на промышленных объектах, при заторах автомашин на перекрестках, при строительных работах, при осуществлении случайных различных выбросов в атмосферу. Наряду с этим существующие методы наблюдений и химического анализа проб воздуха имеют довольно значительные погрешности. Следует также иметь в виду, что ручные (неавтоматические) измерения концентраций допускают возможность ошибок субъективного характера.

Все сказанное приводит к тому, что нельзя быть уверенным в надежности отдельно измеренной концентрации. Однако, в целом, при достаточном осреднении информация правильно характеризует состояние загрязнения воздуха и изменения его уровня в пространстве и времени.

Поэтому для характеристики загрязнения воздуха в целом по городу и установления обобщенных показателей загрязнения, использовался параметр  $P$ . Он основан на фиксации одновременного формирования относительно высоких концентраций примесей в воздухе и ежедневным расчетом их повторяемости по отношению к общему числу наблюдений в течение дня. Эта частотная характеристика является наиболее приемлемой для анализа метеорологических условий загрязнения воздуха. Так, значительный рост концентраций на одном из стационарных постов города, вызванный случайными причинами, мало скажется на значении параметра  $P$ ,

однако может заметно повысить среднюю по городу концентрацию примеси. В то же время неслучайные эпизоды одновременного роста содержания примесей в разных частях города, которые определяются метеорологическими процессами, достаточно хорошо выявляются при рассмотрении ежедневных значений параметра  $P$ .

В статье по материалам наблюдений за период с 1991 по 1995 год изучен временной ход концентраций основных примесей в центральные месяцы сезонов: январь, апрель, июль, октябрь, рассчитан комплексный показатель уровня загрязнения по городу в целом – параметр  $P$ , и построены графики его месячного хода. Для примера показана временная изменчивость параметра  $P$  в июле 1992 (рис.).

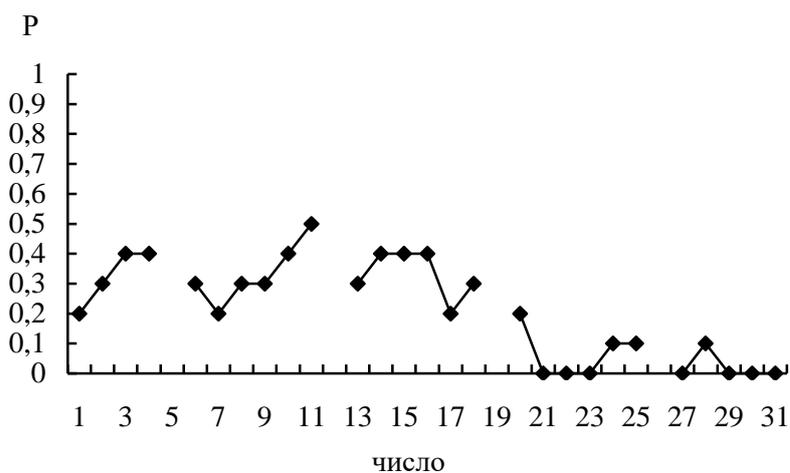


Рис. Значения параметра  $P$  в июле 1992 года.

На графике видно, как значительно может изменяться параметр  $P$  в пределах месяца. В середине месяца наблюдались высокие значения параметра  $P$ , достигающие 0,55, что указывало на экстремально высокий уровень загрязнения, во третьей декаде месяца значения параметра  $P$  не превышали 0,2 – пониженный уровень загрязнения. Анализ синоптических ситуаций показал, что различие в уровнях загрязнения в первой и второй половинах месяца неслучайны. Увеличение значений параметра  $P$  в начале месяца было связано с преобладанием у поверхности земли малоградиентного и антициклонального полей, в которых часто образуются инверсии температуры и застои воздуха, метеорологические условия, способствующие накоплению примесей у поверхности земли. Уменьшение уровня загрязнения во второй половине декады, обусловлено фронтальной деятель-

ностью, которая, как правило, сопровождается усилением ветра и осадками, приводящими к рассеиванию и вымыванию примесей из атмосферы. Таким образом, были проанализированы все случаи повышенного, экстремально повышенного и пониженного уровня загрязнения в центральные месяцы сезонов за период с 1991 по 1995 год.

Характерными основными синоптическими процессами, способствующими формированию повышенных уровней концентраций примесей в городском воздухе, считаются безградиентное поле, антициклоническая кривизна изобар, теплая воздушная масса и адвекция тепла в тропосфере. Исследования Сонькина Л.Р.[10], показали, что практически на всей территории России загрязнение воздуха было в среднем повышенным в ситуациях со стационарным антициклоном, малоподвижным гребнем, безградиентным барическим полем. Это объясняется метеорологическими условиями, сопровождающими данные синоптические ситуации: устойчивая стратификация в приземном слое атмосферы, уменьшение скорости ветра и вероятности выпадения осадков. Вынос тепла в средней тропосфере вследствие опускания воздуха приводит к образованию устойчивой приподнятой инверсии, которая является задерживающим слоем для поднимающихся примесей и особенно опасна для городских условий.

Наиболее важен анализ синоптических ситуаций, определяющих формирование высоких уровней загрязнения воздуха, которые представляют опасность для здоровья людей и окружающей среды. К ним в первую очередь следует отнести длительные периоды с высоким уровнем загрязнения, а также редко встречающиеся случаи с экстремально высоким содержанием примесей в городском воздухе.

К периодам с высоким уровнем загрязнения воздуха условно отнесены эпизоды, когда значения параметра  $P \geq 0,35$ . Анализ данных наблюдений показывает, что нередко такие периоды имеют продолжительность 2...3 дня, иногда их продолжительность достигает 10 дней.

Были исследованы синоптические условия формирования периодов с высоким уровнем загрязнения воздуха. Из выбранного ряда были выделены периоды, когда параметр  $P$  превышал 0,35. Затем анализировались синоптические ситуации, наблюдающиеся в течение этих периодов и строились сводные таблицы.

Табл. 1 была построена по данным в центральные месяцы сезонов за период 1991...1995 г. Анализ показал некоторую несопоставимость данных Л.Р. Сонькина, который в своих работах утверждал, что увеличению

концентрации примесей в атмосферном воздухе способствуют антициклональное и малоградиентное поле (МГП) у поверхности земли, и того что получилось у нас.

Таблица 1

Синоптические ситуации, наблюдавшиеся при  $P \geq 0,35$

Антициклоническое поле					Циклоническое поле				МГП
7 (46 %)					76 (50 %)				7 (4%)
ЮЗ	Ю	Центр	ЮВ	З	ТС	ТФ	ХФ	Центр	
41	11	7	6	5	37	25	12	2	

За рассматриваемый период наблюдалось 153 случая, когда  $P \geq 0,35$ . Лишь в 7 случаях наблюдалось малоградиентное поле, что составило 5 %. Антициклоническое поле наблюдалось в 46 % случаев, причем наиболее часто повышенный уровень загрязнения наблюдался на юго-западной (43 случая), южной (11 случаев) перифериях антициклона и в центральной его части. В 50 % случаев высокий уровень загрязнения воздуха наблюдался в поле пониженного давления. Наиболее часто в области теплого сектора (35 случаев) и теплого фронта (25 случаев). Из 60 рассмотренных случаев, когда  $P \geq 0,35$  при циклонических ситуациях в 45 случаях, что составило 75 % наблюдалась инверсия, которая способствовала накоплению примесей в приземном слое атмосферы.

Экстремально высокие уровни загрязнения  $P \geq 0,45$  за рассматриваемый период наблюдались 29 раз (табл. 2). Из рассматриваемого периода экстремально высокий уровень загрязнения в области высокого давления наблюдался в 13 случаев, что составило 45 %, наиболее часто на юго-западной и юго-восточной перифериях антициклона. В 14 случаев, (48 %) при  $P \geq 0,45$ , наблюдалось циклоническое поле, причем наиболее часто экстремально высокий уровень загрязнения наблюдался в области теплого сектора и теплого фронта.

Таблица 2

Синоптические ситуации, наблюдавшиеся при  $P \geq 0,45$

Антициклоническое поле				Циклоническое поле			МГП
12 (45%)				14 (48%)			2 (7%)
ЮЗ	ЮВ	Ю	Центр	ТС	ТФ	ХФ	
8	3	1	1	9	3	2	

В 77 % случаев, когда был отмечен экстремально высокий уровень загрязнения при циклонической ситуации, в приземном слое атмосферы наблюдалась инверсия, в некоторых случаях она сохранялась на протяже-

нии всех сроков наблюдений, что способствовало накоплению примесей у поверхности земли.

Для сравнения были рассмотрены случаи, когда значение параметра  $P$  было меньше 0,5 (табл. 3).

Таблица 3

Синоптические ситуации, наблюдавшиеся при  $P < 0,5$

Антициклоническое поле	Циклоническое поле				Малоградиентное поле
8 (22%)	26 (72%)				2 (6%)
	ХФ	Центр	ТС	ТФ	
	15	6	4	1	

Анализ табл. 3 показал, что в 72 % случаев пониженный уровень загрязнения наблюдается в области циклонической деятельности. Наиболее часто в области холодного фронта (15 случаев) и центра циклона (6 случаев), что объясняется увеличением скорости ветра и выпадением осадков в зоне влияния фронтов и наибольшей интенсивностью нисходящих движений в центре области пониженного давления; в областях теплого сектора и теплого фронта пониженный уровень загрязнения наблюдается довольно редко, так как вероятность возникновения условий, приводящих к накоплению примесей, здесь несколько выше, чем, например, в центре циклона.

В поле повышенного давления из рассмотренного периода пониженный уровень загрязнения наблюдался лишь 8 раз, объясняется это тем, что в антициклонах формируются условия, которые способствуют накоплению примесей и увеличению их концентраций у поверхности земли.

Если сравнить данные табл. 2 и табл. 3, то можно видеть, что в малоградиентном поле равновероятно возникновение периодов с пониженным уровнем загрязнения и экстремально высоким. Малоградиентное поле пониженного давления характеризуется малооблачной погодой, но в летние месяцы в горных и предгорных районах местами могут отмечаться дожди ливневого характера, а малоградиентное поле повышенного давления характеризуется ясной погодой со слабыми ветрами во все сезоны года. Антициклоническое поле при экстремально высоких уровнях загрязнения наблюдается гораздо чаще, чем при пониженном уровне загрязнения. Как известно, поле высокого давления, как правило, сопровождается слабыми ветрами и инверсиями температуры, что способствует накоплению примесей у поверхности земли. В случае стационарного антициклона такие метеорологические условия наблюдаются в течение нескольких суток, примеси накапливаются в воздушном бассейне города и достигают экс-

тремально высоких концентрации. Пониженный уровень загрязнения при стационарном антициклоне в г. Тараз не наблюдался. В случаях с пониженным уровнем загрязнения чаще наблюдается циклоническое поле - усиление ветра и осадки, связанные с фронтальной деятельностью, рассеивают и вымывают примеси из атмосферы.

Наряду с оценкой синоптической обстановки у поверхности земли, были рассмотрены карты АТ 500. Анализ табл. 4 показал, что повышенный уровень загрязнения наиболее часто наблюдается в стационарных антициклонах и малоподвижных гребнях, реже в ложбинах высотных циклонов. В 19 % случаев повышенный уровень загрязнения наблюдался при широтном расположении высотной фронтальной зоны. В области малоградиентного поля высокий уровень загрязнения наблюдался лишь в 7 % случаев.

Таблица 4

Синоптическая ситуация на поверхности АТ 500 г Па

Уровень загрязнения	Антициклон	Гребень	Циклон	Ложбина	ШВТ	МГП
P > 0,35	7 (4 %)	53 (35 %)	3 (2 %)	51 (33 %)	29 (9 %)	10 (7 %)
P > 0,45		12 (41 %)	3 (10 %)	11 (38 %)	2 (7 %)	1 (4 %)
P < 0,1		7 (19 %)	1 (2 %)	21 (60 %)	7 (19 %)	-

Примечание: ШВТ – широтный вынос тепла.

Экстремально высокий уровень загрязнения наиболее часто наблюдается в высотных гребнях (41 % случаев), немного реже в ложбинах высотных циклонов (38 % случаев), поэтому можно сказать, что синоптическая обстановка на высоте 500 гПа не является показательной для прогноза высокого уровня загрязнения, но достаточно показательна для прогноза пониженного уровня загрязнения: в 60 % случаев пониженный уровень загрязнения наблюдался в ложбине высотного циклона.

В высотном гребне и при ШВТ по 19 % случаев пониженного уровня загрязнения, 2 % приходится на центр высотного циклона. Установлено, что высокий и экстремально высокий уровни загрязнения наиболее часто наблюдаются в гребнях тепла 58 % и 62 %, соответственно (табл. 5).

Таблица 5

Синоптическая ситуация в слое ОТ 500/1000

Уровень загрязнения	Гребень тепла	Ложбина холода
P > 0,35	89 (58%)	64 (42%)
P > 0,45	18 (62%)	11 (38%)
P < 0,1	5 (14%)	31 (86%)

Несколько реже в ложбинах холода 42 % и 38 %. Пониженный уровень загрязнения в области высотной ложбины наблюдался в 86 % случаев, а в области гребня тепла лишь в 14 % случаев.

Таким образом, изогипсы ОТ 500/1000, являются показательными для прогноза пониженного уровня загрязнения, для прогноза высокого и экстремально высокого уровней загрязнения наиболее рационально использовать прогностическое расположение очагов тепла и холода на картах ОТ 500/1000. Выявлено, что высокий уровень загрязнения часто наблюдается в области изотахи, очерчивающей очаг тепла в средней тропосфере, а пониженный уровень загрязнения наиболее часто отмечается в области холода.

В результате выполненных исследований получено следующее: высокий уровень загрязнения в антициклоническом поле наиболее часто отмечается на юго-западной периферии антициклона, в поле низкого давления в области влияния теплого сектора и теплого фронта. Экстремально-высокий уровень загрязнения в поле высокого давления наиболее часто наблюдается на юго-западной и юго-восточной перифериях антициклона, в циклоническом поле - в области теплого сектора.

Низкие уровни загрязнения наблюдаются значительно чаще в области низкого, чем в области высокого давления. Причем наиболее часто низкий уровень загрязнения отмечается в областях холодного фронта и центра циклона, то есть там, где имеют место наиболее интенсивные нисходящие движения.

В 75 % случаев при высоком уровне загрязнения и в 77 % случаев при экстремально-высоком уровне загрязнения в циклоническом поле, у поверхности земли наблюдалась инверсия, в отдельных случаях - на протяжении всего дня. Наиболее часто высокие и экстремально-высокие уровни загрязнения наблюдаются в областях барических и термических гребней, а низкие уровни загрязнения в подавляющем большинстве случаев отмечаются в областях барических и термических ложбин. Как правило, областям холода на картах ОТ 500/1000, соответствует пониженный уровень загрязнения, а областям тепла – повышенный уровень загрязнения воздуха.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безуглая Э. Ю. Особенности загрязнения воздуха городов и роль метеорологических факторов. – В кн.: Проблемы контроля и обеспечения чистоты атмосферы.- Л.: Гидрометеиздат, 1975. С. 14 – 20.

2. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения уровня городов.- Л.: Гидрометеиздат, 1980.- 183 с.
3. Безуглая Э.Ю., Расторгуева Г.П., Смирнова И.В. Чем дышит промышленный город. Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 155 с.
4. Берлянд М.Е., Соломатина И.И., Сонькин Л.Р. О прогнозировании загрязнения воздуха. // Метеорология и гидрология. – 1972. – № 9. – С. 24 – 29.
5. Иванова Е.И., Сонькин Л.Р. Прогнозирование загрязнения воздуха в Ленинграде // Метеорология и гидрология. – 1976. – № 12. – С. 32 – 46.
6. Методические указания по прогнозу загрязнения воздуха в городах. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. – С. 5 - 16.
7. Методические указания по прогнозу загрязнения воздуха в городах с учетом метеорологических условий. – М.: Гидрометеиздат, 1986.- С.19 – 23.
8. Сонькин Л.Р. Некоторые возможности прогноза содержания примесей в городском воздухе // Труды ГГО: - 1974.- Вып. 314.- С 48 – 56.
9. Сонькин Л.Р., Николаев В.Д. Синоптический анализ и прогноз загрязнения атмосферы // Метеорология и гидрология. – 1993. – № 5. – С. 14 – 19.
10. Сонькин Л.Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. - С. 51 – 58.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

### **ТАРАЗ ҚАЛАСЫНЫҢ АУА АЛҚАБЫНЫҢ ЛАСТАНУ ДЕҢГЕЙІНЕ СИНОПТИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙДЫҢ ӘСЕР ЕТУІ**

О.В. Карпова

*1995 жыл мен 1991 жыл аралындағы кезеңдерде бағылау материалдары бойынша Тараз қаласында орталық айлардың маусымдарында негізгі жоспардың концентрациясының уақытына жүргізу туралы оқылды. Параметр Р есептелді, сондай-ақ 500 гПа биіктігінде ж.,не ОТ 500/100 ластану деңгейінде жер беті бойынша синоптикалық жағдайдың „сері бағаланды. Яғни параметр Р ай ішінде кез келгенде жиі өзгеріп отыруы анықталды. Биіктік аралында, іте биіктікпен, тменгі ластану деңгейімен ж.,не жер бетінің барикалық алқабында, сонымен бірге 1000-500 гПа жабатының жалықтығының жоғары бағынылы орнатылды.*