

УДК 551.509.3

**РОЛЬ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ЗАГРЯЗНЕНИИ
АТМОСФЕРЫ ГОРОДА ВЫБРОСАМИ БАЛХАШСКОГО
ГОРНОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА**

О.С. Галаева

А.П. Шапов

В статье показано влияние метеорологических параметров на загрязнение атмосферы г. Балхаша выбросами сернистого ангидрида и пыли от Балхашского горнометаллургического комбината.

Ухудшение экологической и экономической ситуации в г. Балхаше негативно отразилось на демографической ситуации и состоянии здоровья жителей города. За пять лет с 1995 по 1999 гг. общая заболеваемость среди населения города возросла в 2,5...3 раза, увеличивается число аллергических заболеваний, бронхиальной астмы, хронических бронхитов, заболеваний почек, врожденных аномалий у детей и т.д. Наиболее опасные загрязнители атмосферы для г. Балхаша это диоксид серы и пыль.

Основными поставщиками загрязняющих веществ в атмосферу г. Балхаша являются Балхашский горнометаллургический комбинат (БГМК) и ТЭЦ, доля других предприятий в загрязнении атмосферы незначительна и носит локальный характер. В связи с увеличением производства меди в последние годы произошло увеличение массы выбросов в атмосферу от БГМК. В 1999 году выбросы составили 722765 т, из них твердые – 79093 т, газообразные – 643672 т [5]. Комбинат имеет 131 источник загрязнения из них – 125 источников организованных выбросов. Город располагается в непосредственной близости от источников выброса (менее 1 км), поэтому концентрация вредных веществ в воздухе селитебной зоны превышает ПДК в 4...6 раз по пыли и в 6...10 раз по сернистому ангидриду. Максимальная разовая концентрация сернистого ангидрида (SO_2) в 2002 г. превышала 20 ПДК

Город Балхаш расположен на южной, равнинной, окраине Казахского мелкосопочника, на северном берегу оз. Балхаш (рис. 1). Поверхность окружающей город местности представляет собой холмистую равнину с выходами коренных горных пород в виде отдельных скал или холмов с каменистой поверхностью. Относительная высота их редко превышает десяток метров. Поверхность равнины имеет незначительный уклон

в направлении озера. Разность высот между северной и южной частями города составляет 50 м. При строительстве города территория, предназначенная под застройку, была спланирована, поэтому рельеф в пределах города представляет собой слабоволнистую поверхность [2].

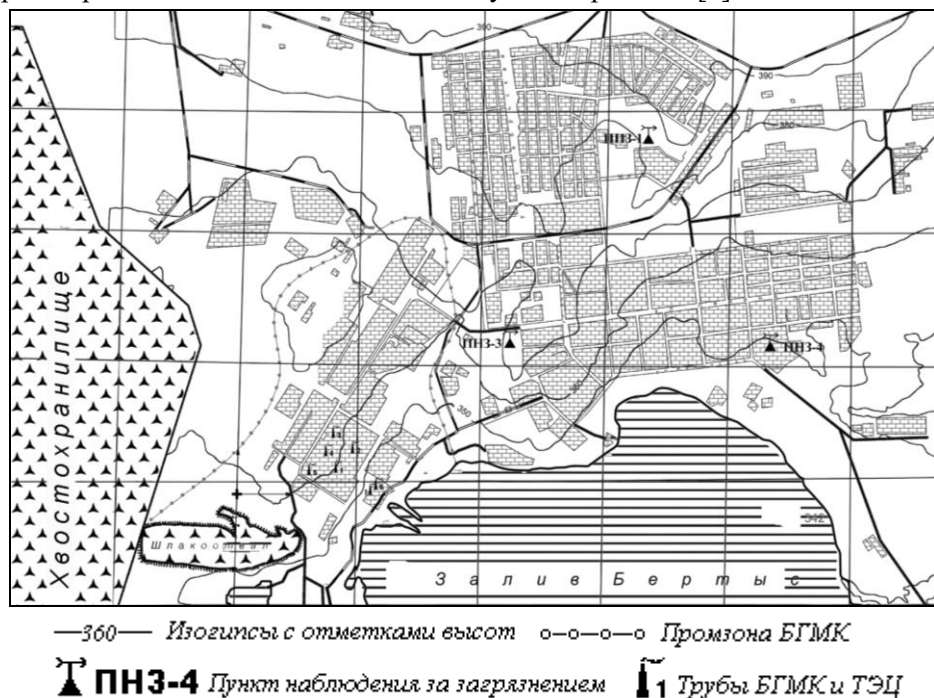


Рис. 1. Карта-схема г. Балхаша.

В северо-западной части города находятся частные, в основном одноэтажные, строения. В восточной – деловой части города и ряде микрорайонов двух–пятиэтажные дома. Улицы в городе достаточно широкие и, для полупустынной зоны, хорошо озеленены. Промышленное предприятие Балхашский горнометаллургический комбинат находится в юго-западной части города. На запад от комбината расположено хвостохранилище, общая площадь которого – 40 км².

Климатические условия г. Балхаша в целом благоприятны для рассеивания выбросов. Потенциал загрязнения атмосферы города около 2,5. Однако близость к мощным источникам выбросов БГМК, ТЭЦ и хвостохранилищу при неблагоприятных направлениях ветра приводит к значительному возрастанию содержания SO₂ и пыли в воздухе.

Среднегодовая скорость ветра составляет 4,7 м/с. Значительных колебаний скорости ветра от месяца к месяцу не наблюдается. Наиболее часты ветры со

скоростями от 4 до 5 м/с (31,5 %), несколько реже ветры от 2 до 3 м/с (25,9 %). Довольно высокая повторяемость ветров 6...7 м/с – 19,8 %. Максимальные скорости ветра 14...15 м/с бывают крайне редко – 0,2 %.

В течение года по многолетним данным преобладают восточные (23 %) и северо-восточные (17 %) ветры, причем наиболее ярко преобладание этого направления выражено в зимний период. Ветры Ю и ЮЗ направлений (при которых факелы БГМК накрывают город) бывают гораздо реже (4 % и 6 % в год соответственно). В многолетнем суточном ходе ветры ЮЗ направления возрастают в сроки 9, 12, 15, 18 часов (т.е. в дневное время) до 10 – 19 %. Штили наблюдаются 18 % в год от общего числа случаев [7].

Характерной особенностью ветрового режима Балхаша является бризовая циркуляция. Днем ветер дует с озера на сушу, ночью наоборот. Бризы начинают развиваться в апреле (6 дней в месяц), в августе их повторяемость достигает 70 % [1].

Характеристика источников загрязнения атмосферного воздуха. Для расчетов полей концентрации примеси в приземном слое атмосферы необходимо знать основные технические параметры источников и их координаты. Для этой цели были использованы данные РНПИЦ «Казэкология» по инвентаризации источников выбросов БГМК [5], дополненные нами данными по источникам ТЭЦ. Анализ этих данных позволил выделить наиболее мощные источники выбросов загрязняющих веществ, которые использовались в дальнейших расчетах. В таблице даны выбранные нами исходные данные для расчетной модели рассеивания выбросов БГМК и ТЭЦ. Выбросы от других источников в расчетах не учитывались, так как из-за малых величин они, в основном, влияют только на загрязнение территории комбината и санитарно-защитной зоны.

Острой экологической проблемой остается хвостохранилище комбината, расположенное западнее г. Балхаша на берегу озера. На хвостохранилище складированы твердые отходы производства обогатительной фабрики комбината, поступающие туда по пульпопроводу. При выплавке меди от 70 до 90 % первичного сырья переходит в отвалы. В хвостохранилище накоплено до 1200 млн. т отходов, содержащих значительное количество тяжелых металлов [4]. Значительная часть этих отходов подвергается выветриванию и выносятся за пределы хвостохранилища

Годовой ход повторяемости и длительность периодов с повышенным уровнем загрязнения. Ежедневно БГМК выбрасывает в атмосферу большое количество пыли, сернистого ангидрида и других примесей.

Однако повышенные приземные концентрации этих веществ в воздушной среде г. Балхаша наблюдаются не всегда. Это объясняется воздействием воздушных потоков на рассеивание и унос выбросов БГМК в сторону от города.

Таблица

Характеристика основных источников загрязнения атмосферы

№ источника	Параметр источника					Вещество	Количество загрязняющих веществ выбрасываемых в атмосферу	
	H, м	d, м	u, м/с	V, м ³ /с	T, °C		максимальное, г/с	суммарное, т/год
БГМК								
1	33,0	1,5	5,2	9,1	52	пыль	155	4 429
2	33,0	1,5	5,9	10,3	50	пыль	399	11 371
3	160,0	7,5	6,5	287,3	210	пыль	80	2 294
						SO ₂	2 872	81 886
4	130,0	5,0	5,3	104,5	160	Пыль	793	11 307
						SO ₂	16421	234104
5	130,0	5,0	0,9	16,9	170	Пыль	264	7527
						SO ₂	7 143	203657
6	40,0	12,4	0,2	24,0	300	SO ₂	143	2 036
ТЭЦ								
1	90,0	4,5	4,6	73,6	80	пыль	(81)	(2)
						SO ₂	(54)	(2)
2	162,0	6,3	11,7	364,1	80	пыль	(399)	(13)
						SO ₂	(256)	(8)

На рис. 2 показан среднегодовой ход повторяемости концентраций пыли и SO₂, превышающих ПДК. График получен по данным измерений за рассматриваемый период лет с 1985 по 1990 год по трем ПНЗ. Наибольшая повторяемость высоких уровней загрязнения наблюдается в апреле, мае, сентябре и октябре. В эти месяцы число суток с загрязнением атмосферы выше ПДК изменяется от 11 до 14 %. Повторяемость высоких уровней загрязнения в январе, феврале, июне, июле, августе и ноябре уменьшается до 6...8 %. В декабре она снижается до 4 %. Самым чистым месяцем года в городе является март, когда повторяемость дней с высоким уровнем загрязнения всего лишь 2 %.

Большое значение в воздействии на окружающую среду имеет длительность периода с повышенной концентрацией загрязняющих веществ в воздухе города. Такую информацию можно получить лишь по данным непрерывной регистрации содержания вредного ингредиента в атмосфере. В городе Балхаше в 1987 г. работали два автоматических газо-

анализатора ГКП-1, регистрировавшие содержание SO_2 на постах №1 и №3. По результатам работы этих приборов нами была исследована длительность периодов времени с приземной концентрацией примеси, превышающей ПДК. На рис. 3 приведена повторяемость периодов с повышенным загрязнением воздуха в 1987 г. В районах этих постов чаще всего наблюдались периоды с превышением ПДК длительностью от одного до трех часов. Повторяемость периода длительностью один час на ПНЗ №1 около 50 %, на ПНЗ №3 – 37,7 %. Достаточно часто повышенное загрязнение воздуха наблюдается в течение двух часов – до 25,4 % и 24,7 % соответственно. Реже она достигает 3 часов – 13 % на ПНЗ №1 и 14,6 % на ПНЗ №3. Максимальная продолжительность периода достигала на ПНЗ №1 – 8 час, на ПНЗ №3 – 17 час.

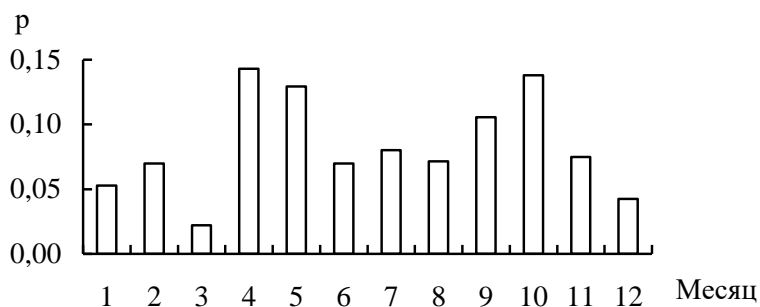


Рис. 2. Средний годовой ход повторяемости концентраций пыли и SO_2 , превышающих ПДК.

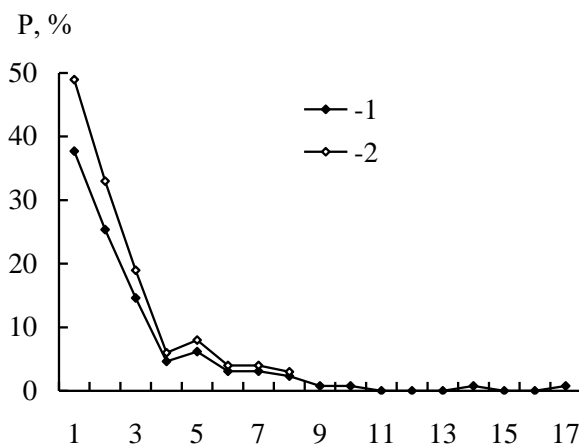


Рис. 3. Повторяемость периодов загрязнения атмосферы с различной длительностью. 1 – на ПНЗ №3, 2 – на ПНЗ №1.

Для целей вероятностного прогноза длительности периода повышенного загрязнения воздуха в районе ПНЗ были рассчитаны и построены кривые накопленной вероятности (обеспеченности) этих периодов по данным регистрации на ПНЗ №1 и ПНЗ №3. Кривые обеспеченности для ПНЗ №1 представлены на рис. 4.

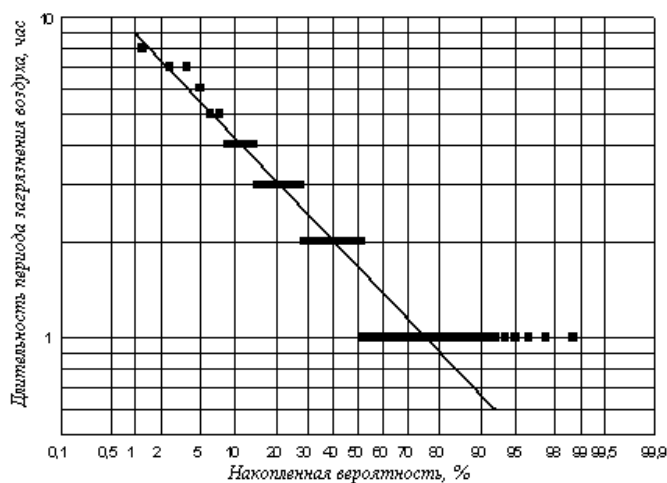


Рис. 4. Обеспеченность периодов загрязнения воздуха различной длительности в г. Балхаше по данным непрерывной регистрации концентрации в 1987 г., ПНЗ №1.

Хорошо видно, что наибольшую вероятность имеют кратковременные интервалы повышенного загрязнения воздуха. В районе ПНЗ №1 вероятность того, что загрязнение продлится один час, равна 75 %, 2 часа – 40 %, 3 часа – 20 %. Вероятность, что этот период будет длиться более 9 часов очень мала и не превышает 1 %. В районе ПНЗ №3 вероятность указанных периодов времени несколько выше и составляет соответственно 80, 50, 30 и 5 %.

Зависимость приземных концентраций от скорости и направления ветра. Расположение основных источников выбросов примесей в атмосферу БГМК, ТЭЦ и хвостохранилища в юго-западной части города логически приводит к выводу, что загрязнение города Балхаша должно происходить в основном при западных и юго-западных направлениях ветра. На рис. 5 приведены полученные нами зависимости концентрации SO_2 от направления и скорости ветра, а на рис. 6 аналогичные зависимости для пыли.

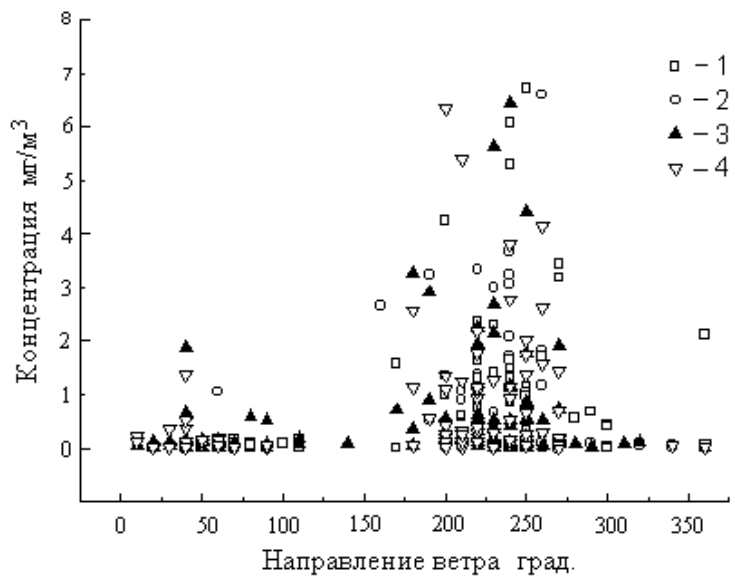


Рис. 5. Зависимость загрязнения г. Балхаша (пост 3) двуокисью серы от направления ветра. 1 – скорость ветра 5 м/с, 2 – 6 м/с, 3 – 7 м/с, 4 – 8 м/с.

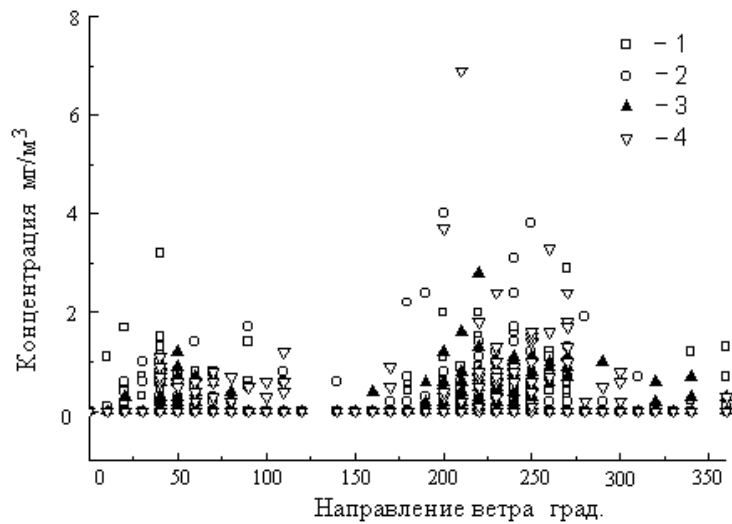


Рис. 6. Зависимость загрязнения г. Балхаша (пост 3) пылью от направления ветра. 1 – скорость ветра 5 м/с, 2 – 6 м/с, 3 – 7 м/с, 4 – 8 м/с.

Для SO_2 , как видно на рис. 5, высказанное выше предположение в основном подтверждается. Для пыли кроме этого направления потока выделяются и другие румбы направления ветра, при которых её концентрация превышает ПДК. Это превышение ПДК происходит и при ССВ...В

направлениях. Особенно значительным оно бывает при малых скоростях ветра и штилях. По-видимому, это связано с вращением вектора скорости с высотой в пограничном слое атмосферы над городом и изменением вследствие этого формы факелов выбросов, а так же влиянием бризовой циркуляции. Кроме того, существенное влияние могут оказывать и орграфические факторы, обуславливающие изменение скорости и направления ветра над поверхностями с различной шероховатостью. Это существенно усложняет разработку метода прогноза загрязнения воздуха пылью.

Концентрация загрязняющих веществ на различных расстояниях от оси факела. Используемые для расчета рассеяния загрязняющих веществ от высотных источников модели не учитывают большое количество факторов, влияющих на распространение этих веществ, в частности, сложной задачей является расчет рассеяния в условиях городской застройки.

Для определения точности расчетов и корректировки параметров модели необходимо иметь информацию о поле концентрации рассеиваемых веществ на высоте 1,5 м в пределах городской застройки. Такая информация может быть получена при проведении подфакельных наблюдений. Эти наблюдения выполнялись в г. Балхаше экспедициями Казгидромета по методике регулярных наблюдений – отбор проб производился только по оси факела. Наблюдений по расширенной программе, когда отбор проб производится в точках расположенных поперек потока на различных расстояниях от источника [6] и позволяющих оценить поперечную диффузию, в городе не проводилось.

Поэтому представляет интерес оценить диффузию загрязняющих веществ поперек потока по данным наблюдений на стационарных постах. Для этого нужно определить расстояние от оси факела до ПНЗ на момент выполнения измерений концентрации загрязняющих веществ. В этом случае можно по данным наблюдений на трех постах получить информацию о концентрации этих веществ в трех точках на известном расстоянии от источника и оси факела. Предварительно по карте Балхаша были определены расстояния от условной точки центра тяжести организованных источников до ПНЗ и азимуты на эти посты. Расстояния до постов оказались следующими: ПНЗ №3 – 1620 м, ПНЗ №1 – 3530 м, ПНЗ №4 – 3440 м, азимуты на эти посты равны 54°, 44° и 75° соответственно.

Для выполнения расчетов использовались данные за период с 1985 по 1990 годы. Из них был проведен отбор по следующим критериям. Отображены случаи с направлениями ветра в пределах 180 – 320°, при которых загрязняющие вещества выносятся на жилые массивы. Для каждого из загрязняющих веществ отбирались те случаи, когда хотя бы на одном из постов уровень загрязнения превышал ПДК. Рассчитанные данные были сгруппированы по периодам года: декабрь – февраль – зимние месяцы; март; апрель, май – неустойчивый весенний переходный период; июнь – сентябрь – летние месяцы; октябрь, ноябрь – неустойчивый осенний период. Рассчитанные данные были обработаны в графоаналитическом пакете программ ORIGIN, пример представлен на рис. 7...10.

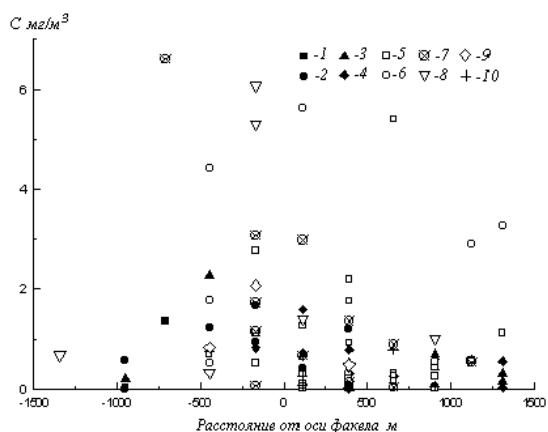


Рис. 7. Концентрация SO_2 на различных расстояниях от оси факела, пост №3, июнь – сентябрь. 1 – скорость ветра 1 м/с; 2 – 2 м/с; 3 – 3 м/с; 4 – 4 м/с; 5 – 5 м/с; 6 – 6 м/с; 7 – 7 м/с; 8 – 8 м/с; 9 – 9 м/с; 10 – 10 м/с.

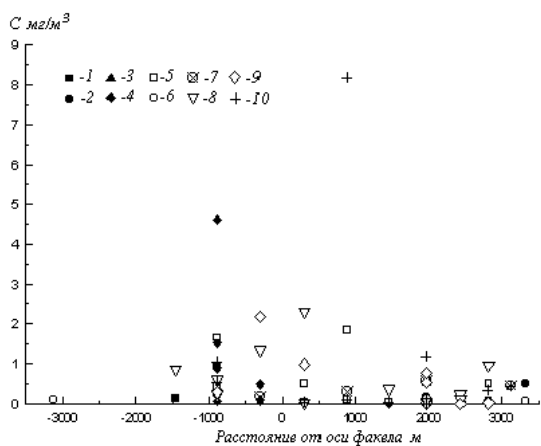


Рис. 8. Концентрация SO_2 на различных расстояниях от оси факела, пост №4, октябрь, ноябрь. 1 – скорость ветра 1 м/с; 2 – 2 м/с; 3 – 3 м/с; 4 – 4 м/с; 5 – 5 м/с; 6 – 6 м/с; 7 – 7 м/с; 8 – 8 м/с; 9 – 9 м/с; 10 – 10 м/с.

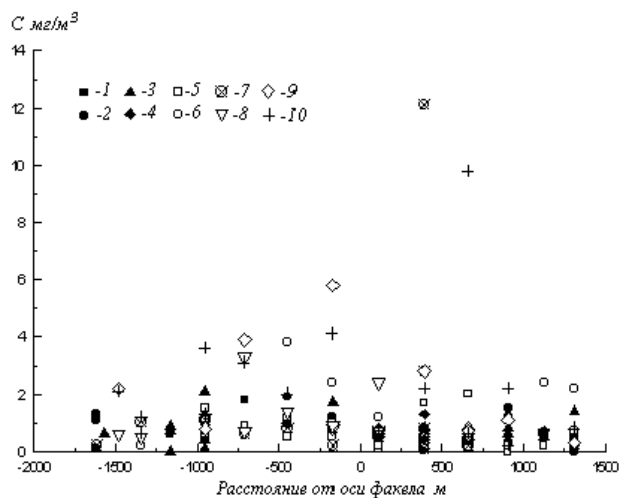


Рис. 9. Концентрация пыли на различных расстояниях от оси факела, пост №3, июнь-сентябрь. 1 – скорость ветра 1 м/с; 2 – 2 м/с; 3 – 3 м/с; 4 – 4 м/с; 5 – 5 м/с; 6 – 6 м/с; 7 – 7 м/с; 8 – 8 м/с; 9 – 9 м/с; 10 – 10 м/с.

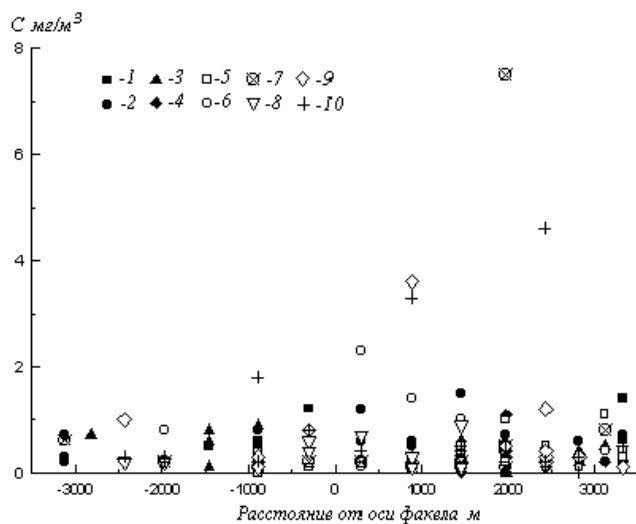


Рис. 10. Концентрация пыли на различных расстояниях от оси факела, пост №4, июнь-сентябрь. 1 – скорость ветра 1 м/с; 2 – 2 м/с; 3 – 3 м/с; 4 – 4 м/с; 5 – 5 м/с; 6 – 6 м/с; 7 – 7 м/с; 8 – 8 м/с; 9 – 9 м/с; 10 – 10 м/с.

Анализ полученных данных показывает, что распределение концентрации диоксида серы, в основном, подчиняется Гауссову распределению.

Ширина факела значительно превышает рассчитанную по ОНД-86 [3], что объясняется влиянием городской застройки. На ПНЗ №4, т.е. на расстоянии 3,5 км от источника, наблюдается отклонение оси факела от направления ветра вправо, к югу, (рис. 8), что обусловлено, по-видимому, большей скоростью ветра над водоемом за счет меньшей шероховатости поверхности и большой длине разгона. Наиболее сильно такое отклонение отмечается в осенние месяцы. Отклонение факела, но в меньшей степени, наблюдается так же на первом и третьем постах. Для пыли на ПНЗ №3 так же характерно Гауссово распределение концентрации, на больших расстояниях (рис. 9), оно становится почти равномерным по ширине потока. Отклонение факела в сторону озера отмечается так же и по концентрации пыли.

Анализ зависимости концентрации загрязняющих веществ от расстояния до оси струи факела позволяет оценить масштабы поперечной турбулентной диффузии и в дальнейшем контролировать результаты вычислений полей концентрации.

Проведенные исследования позволили выделить основные особенности района. В годовом ходе загрязнения воздуха пониженной повторяемостью выделяется весенний месяц март, а повышенной – переходные месяцы сезонов: май, июнь, октябрь, ноябрь. Подтверждена гипотеза о влиянии на загрязнение города диоксидом серы юго-западных и западных направлений ветра у земли. Полученные зависимости концентраций SO_2 от направления ветра для различных значений скорости (от штиля до 11 м/с и выше) имеют максимальную повторяемость в интервале азимутов $170...300^\circ$. При небольших скоростях ветра загрязнение иногда может быть и при СВ ветре.

Загрязнение города пылью имеет более сложный характер. В районе ПНЗ №3 при небольших скоростях ветра концентрации пыли больше ПДК могут наблюдаться практически при всех направлениях ветра. При скорости ветра свыше 9 м/с большие концентрации пыли бывают при западных ветрах – очевидно, начинает влиять вынос пыли с хвостохранилища комбината. Двух-трех кратные повышения могут быть при ССВ и В направлениях. Сложная картина формирования полей концентраций пыли, возможно, связана с вращением вектора ветра в пределах пограничного слоя атмосферы над городом и гравитационным выпадением грубодисперсного аэрозоля. Это значительно усложняет разработку метода прогноза загрязнения города пылью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бурман Э.А. Местные ветры. –Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 342 с.
- 2 Конобрицкая Е.М. Карагандинская область. – Алма-Ата, Изд-во Акад. наук КазССР, 1954. – 256 с.
- 3 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86). – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 68 с.
- 4 Проблемы гидроэкологической устойчивости в бассейне озера Балхаш. / Под ред. А.Б. Самаковой. – Алматы, Изд-во «Каганат», 2003. – 584 с.
- 5 Проект нормативов предельно-допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу предприятия «Балхашский горнометаллургический комбинат»: Отчет / Республиканский научно-производственный и информационный центр «КАЗЭКОЛОГИЯ». – Алматы – Балхаш, 1999. – 180 с. – Отв. исполн. А. Кучменко.
- 6 Руководство по контролю загрязнения атмосферы / Под ред. М.Е. Берлянда, Г.И. Сидоренко. –Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 448 с.
- 7 Справочник по климату СССР. Вып. 18. Ч. 3. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 520 с.

Казахский научно исследовательский институт экологии и климата

**БАЛҚАШ ТАУ-КЕН МЕТАЛЛУРГИЯ КОМБИНАТЫ
ШЫҒАРЫНДЫЛАРЫМЕН ҚАЛА АТМОСФЕРАСЫНЫҢ
ЛАСТАНУЫНДАҒЫ МЕТЕОРОЛОГИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРДІҢ
МАҢЫЗЫ**

О.С. Галаева

А.П. Шапов

Мақалада Балқаш қаласы атмосферасының Балқаш тау-кен металлургия комбинатынан шығатын күкірт андигриді және шаң шығарындыларымен ластанудағы метеорологиялық параметрлердің әсері көрсетілген.