

УСЛОВИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ В ВОЗДУХЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ

Т.Д.Агаев

*Сумгайытский Государственный Университет
AZ5008, г. Сумгайыт, 43 квартал*

Выбросы промышленных предприятий, скапливаясь в атмосфере города, взаимодействуют друг с другом, гидролизуются и окисляются под действием влаги и кислорода воздуха, под воздействием солнечной радиации происходит преобразование этих выбросов в новые чрезвычайно токсичные вещества. Другими словами, под воздействием фотохимических процессов, происходящих в атмосфере, вредные выбросы промышленных предприятий города изменяют свой состав и становятся очень вредными для здоровья человека. В статье рассмотрены различные условия преобразования вредных примесей и формирования вторичных загрязняющих веществ в атмосфере промышленных гг. Баку и Сумгайыт. Для этого были использованы данные о загрязнении воздуха этих городов, а также информация наблюдений метеорологических станций, расположенных на Абшеронском полуострове.

Как известно, в воздухе городов с развитыми нефтяной и химической промышленностью и автотранспортом отмечаются фотохимические реакции. Они происходят при определенных условиях: наличии в атмосфере высоких концентраций окислов азота, углеводородов и других загрязнителей, интенсивной солнечной радиации и безветрия или очень слабого обмена воздуха в приземном слое при мощной и продолжительной инверсии. Так, при слабых ветрах перенос примесей замедляется, происходит интенсивное накопление загрязняющих веществ у земли в инверсионном слое. А если еще при таких условиях будет иметь место туман или высокая относительная влажность воздуха ($U \geq 90\%$), то это приведет к тому, что примеси, выбрасываемые промышленными предприятиями, смогут поглощаться водяными каплями. Растворение их может способствовать образованию ранее неизвестного в природе фотохимического тумана. На Абшеронском полуострове приземные инверсии и их сочетания со слабым ветром и относительной влажностью $U \geq 90\%$ наиболее часто отмечаются в осенне-зимние месяцы (Агаев, 2005; 2007; 2008). Наибольшая повторяемость приземных инверсий наблюдается весной с максимумом в мае. В это время года они очень мощны и интенсивны и часто способствуют формированию туманов. Зимне-весенние приземные инверсии в большинстве случаев образуются в теплых воздушных массах, поступающих с юга (40% из

всех случаев) в системе циклона, а в летние месяцы они возникают в воздушных массах, поступающих с севера (рис.1).

Вторичные загрязняющие вещества в атмосфере Абшерона

По данным расчета Госкомстата в течение 2005 г. из всех источников загрязнения в воздушный бассейн Азербайджана поступило более 1054,3 тыс. т вредных примесей (Статистические показатели..., 2006). Из них около 88% приходилось лишь только на Абшеронский регион, который занимает основное место в экономике республики. Большая часть выбросов (557,9 тыс. т) в атмосферный воздух страны относится к стационарным источникам. В последние годы в загрязнении воздушного бассейна республики значительная роль принадлежит автотранспорту. Так, в 2005 году 47% (496,4 тыс. т) от общего объема всех выбросов в атмосферу приходилось на долю автотранспорта.

В загрязнение атмосферного воздуха страны г. Баку вносит свой весомый вклад. Так, в 2005 г. из 557,9 тыс. т. выбросов в воздушный бассейн страны твердые составили 28,2 тыс.т, а газообразные и жидкие вещества – 529,7 тыс. т. Из всех выбросов 464,6 тыс.т приходилось на долю г. Баку, а 27,1 тыс.т – на долю г. Сумгайыта. При этом выбросы SO_2 по стране составили 13,8 тыс.т, NO_2 – 25,8 тыс.т, а CO – 26,1 тыс.т.

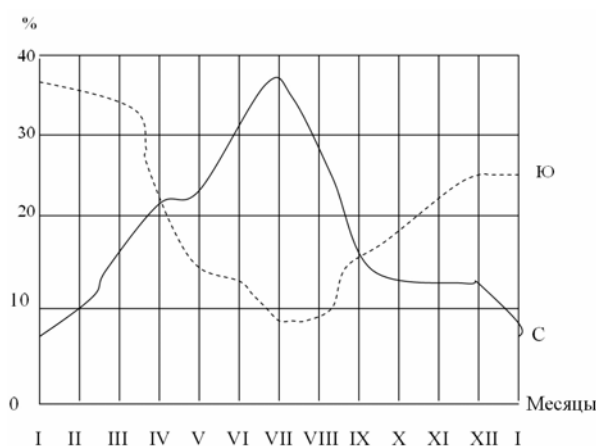


Рис. 1. Годовые изменения повторяемости приземных инверсий температуры воздуха при северных (С) и южных (Ю) направлениях ветра

Большая часть имеющихся в атмосфере промышленных городов твердых частиц и аэрозолей являются вторичными загрязнителями. При рассмотрении табл. 1 можно сделать вывод, что по сравнению с 1995 в 2005 году первичные выбросы вредных примесей из стационарных источников загрязнения атмосферы городов Абшерона заметно уменьшились. Но в последние годы вновь отмечается некоторое повышение выбросов загрязняющих веществ (Статистические показатели..., 2006). Как известно, большая часть выбросов промышленных предприятий состоит из пяти самых распространенных и токсичных вредных примесей: сернистого газа (SO_2), окиси углерода (CO), углеводородов (C_nH_{2n}) и окислов азота (NO_x), пыли. Для г. Сумгайыта, помимо этого, еще характерны выбросы хлора (Cl_2) и фтористого водорода (HF). Взаимодействием этих вредных примесей в воздухе при благоприятных условиях образуются вторичные загрязняющие вещества: сульфаты, пероксиацетилнитраты (ПАН), полициклические углеводороды (ПАУ), аэрозоли фторидов, фотохимические окислители и др.

Окислы азота. Установлено, что окислители вредных веществ в воздухе промышленных городов, в т.ч. озон, являются продуктами реакций окислов азота и углеводородов. Основное место в образовании озона обычно отводят окислам азота. В естественных условиях азот весьма инертен и не вступает в реакции с кислородом. Но в результате сжигания топлива за счет высоких температур образуется значительное количество окислов азота. Как видно из рис.2, в значениях выбросов NO_2 по сравнению с выбросами SO_2 в последние годы (1997-2005 гг.) имеют место незначительные изменения, с небольшим повышением в 2001г. (27,1 тыс.т).

Окислы азота. Установлено, что окислители вредных веществ в воздухе промышленных городов, в т.ч. озон, являются продуктами реакций окислов азота и углеводородов. Основное место в образовании озона обычно отводят окислам азота. В естественных условиях азот весьма инертен и не вступает в реакции с кислородом. Но в результате сжигания топлива за счет высоких температур образуется значительное количество окислов азота. Как видно из рис.2, в значениях выбросов NO_2 по сравнению с выбросами SO_2 в последние годы (1997-2005 гг.) имеют место незначительные изменения, с небольшим повышением в 2001г. (27,1 тыс.т).

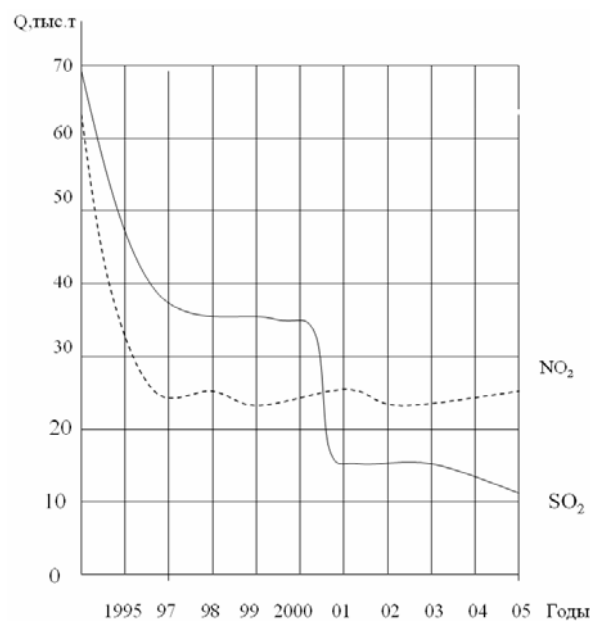


Рис. 2. Изменения концентраций NO_2 и SO_2 в отдельные годы

Таблица 1

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников по республике и гг. Баку и Сумгайыт (тыс. т)

По респ. и городам	1995	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
По респ.	878,6	389,6	442,7	574,7	515,4	577,1	217,4	425,9	539,8	557,9
Баку	623,9	306,7	358,6	326,6	333,8	306,8	110,3	331,4	417,3	464,6
Сумгайыт	40,2	17,8	15,8	40,3	17,6	22,3	13,0	32,3	58,9	27,1
SO_2	50,0	37,8	35,2	36,5	35,1	14,7	13,6	15,5	13,2	13,8
NO_2	31,6	24,4	26,2	24,4	24,2	27,1	26,3	24,2	25,2	25,8

В городах Абшерона основная часть выбросов NO_2 приходится на долю теплоэлектростанций и автотранспорта. Так, максимальные значения NO_2 в г. Сумгайыте отмечаются вблизи автомагистрали, около ТЭЦ-1, а в г. Баку – в “Черном городе”, около шоссе с интенсивным движением транспорта.

В преобразовании NO_2 в атмосфере значительная роль отводится метеорологическим условиям. Так, при выпадении осадков взаимодействие влаги с двуокисью азота превращает ее в азотную кислоту. Образовавшаяся кислота вместе с осадками поступает в почву, что приводит к очищению воздуха и уменьшению концентрации NO_2 в атмосфере города. На Абшеронском полуострове такие условия создаются в зимне-весенние месяцы. Но, в летние и осенние месяцы количество осадков минимально, а величина интенсивности солнечной радиации, достигающей земли, превышает определенный порог, оцениваемый в $\geq 1,00$ ккал/см²мин., что способствует увеличению концентраций NO_2 (превышение ПДК в несколько раз) в воздухе. Большая интенсивность солнечной радиации ведет к увеличению уровня загрязнения воздуха двуокисью азота. Так, например, в гг. Баку и Сумгайыт среднемесячные максимальные значения концентрации NO_2 в теплый период года могут увеличиться до 0,50 мг/м³ и выше.

Окислы серы. В воздухе промышленных городов также образуются сульфаты, единственным путем для образования которых является окисление. Примером перехода газа в жидкость служит кислотный дождь. В этом случае SO_2 в воздухе превращается в H_2SO_4 . Роль SO_2 заключается главным образом в том, что при его фотохимическом окислении образуются неорганические вещества и мельчайшие аэрозоли, состоящие из капелек H_2SO_4 .

Высокая интенсивность солнечной радиации (в июне около 20 ккал/см²), минимальное количество осадков, а также присутствие в воздухе промышленных городов Абшерона окислов азота, озона, углеводородов и других примесей в теплый период года может усилить процесс окисления сернистого газа. В этих условиях время жизни SO_2 может составлять несколько часов.

Основная часть выбросов SO_2 в атмосферу г. Баку приходится на долю нефтеперерабатывающих заводов. Скопление этих вред-

ных примесей в этом городе в основном происходит в северо-восточной части, вокруг НПЗ в радиусе 1,0-1,5 км, а в г. Сумгайыте – вблизи теплоэлектростанций и суперфосфатного завода. Анализ данных загрязнения воздуха Абшерона показывает, что среднемесячные максимальные значения SO_2 и SO_4^{2-} между собой имеют следующую эмпирическую связь:

$$\bar{q}_{\text{SO}_4} = 0,084 \bar{q}_{\text{SO}_2} + 0,031$$

Максимальные значения примеси аэрозоля серной кислоты и растворимых сульфатов в городах Абшерона преимущественно наблюдаются в утренние и вечерние часы при слабом ветре в штилевую погоду. В более чистом воздухе в час в сульфаты преобразуется от 1 до 20% SO_2 . В пригородной зоне среднее отношение $\text{SO}_2 / \text{SO}_4^{2-}$ может составлять примерно 1:1.

В загрязнении воздуха прибрежной части Абшерона особая роль принадлежит Бакинской бухте, как самому грязному водоёму всего бассейна. Здесь толщина нефтенасыщенных отложений достигает 8,5 м (Панин и др., 2005; Мехтиев, Гюль, 2006). Этому способствует не только ограниченный водообмен с открытым морем, но и тот огромный объем городских отходов, который сбрасывался сюда долгие годы, образуя толщу по существу антропогенных грунтов. Как следствие, происходило вторичное загрязнение окружающей среды за счет их взмучивания в штормовую погоду. Так при продолжительных ветрах южного направления в бухту в большом количестве нагоняются нефтепродукты, которые создают экологически напряженное состояние. Для контраста стоит привести в качестве примера различие между содержанием нефтяных примесей в Бакинской бухте (95,1 мг/г) на урезе воды ($h = 0-1,0$ м) и в районе месторождения Гюнешли (0,01 мг/г) ($h=115-200$ м) (Мехтиев, Гюль, 2006). Высокий уровень загрязнения бухты также оказывает влияние на ее кислородный режим. На прибрежных станциях часто наблюдаются низкие концентрации растворенного кислорода. Это свидетельствует о том, что в районе Бакинской бухты процессы загрязнения доминируют над процессами самоочищения. Здесь из-за пленочного загрязнения аэрация вод недостаточна, ис-

парения этих загрязнителей увеличивают концентрацию углеводородов в воздухе.

Хлор и фтор. Как было отмечено, для г.Сумгайыта характерны выбросы таких токсичных веществ, как хлор и фтор. Основным источником выброса хлора является завод поверхностно-активных веществ, а фтора и фтористых соединений – суперфосфатный и алюминиевый заводы.

Хлор в 2,5 раза тяжелее воздуха. Один килограмм жидкого хлора при испарении дает 316 л газа. При испарении жидкий хлор образует с водяными парами белый туман. Хлор весьма реакционный, образует соединения почти со всеми химическими элементами. В воде частично гидролизует до HCl, HOCl. В атмосфере хлор под действием солнечной радиации, влаги, озона и кислорода воздуха образует различные хлоридные соединения. Анализ среднемесячных максимальных значений концентрации хлора и хлоридов показал, что высокие значения этих загрязнителей отмечаются вблизи завода поверхностно-активных веществ, при слабых северо-западных ветрах и штиле, так как хлор тяжелее воздуха, то при слабых северо-западных ветрах распространяется не очень далеко. Происходит скопление и увеличение концентрации хлора ($>0,10 \text{ г/м}^3$) вблизи завода, и эти выбросы преобразуются в хлориды, высокие значения ($>0,05 \text{ мг/м}^3$) которых также отмечаются около завода поверхностно-активных веществ.

Фтористые соединения, как и другие гаалогенные соединения, входят в реакцию почти со всеми химическими элементами. В воздушном бассейне под действием солнечного излучения, водяного пара, озона и кислорода они преобразуются в другие более токсичные вещества и аэрозоли. Газы фтористого водорода в воде гидролизуются, образуя кислоту, а в воздухе они образуют аэрозоли фторидов. Анализ среднемесячных максимальных значений концентраций фтористого водорода и аэрозолей фторидов показывает, что они между собой имеют следующую связь:

$$\bar{q}_{\text{аэр.фт.}} = 0,93\bar{q}_{\text{HF}} - 0,018$$

Учитывая то, что алюминиевый завод находится близко к городу, то в образовании высоких уровней аэрозолей фторидов в воздухе города большая роль также принадлежит этому заводу. Существующая технология и состояние оборудования алюминиевого завода не позволяет уменьшить значения концентрации фтористых соединений. Поэтому при обычном режиме работы этого завода величина концентраций аэрозолей фторидов в атмосфере в основном определяется метеорологическими факторами, особенно направлением и скоростью ветра, а также влажностью воздуха. Следует отметить, что в настоящее время большой вклад в загрязнение атмосферы г. Сумгайыта вносит алюминиевый завод. Так, в течение 2007 г. воздушный бассейн города несколько раз сильно загрязнялся выбросами этого завода, а концентрации вредных примесей имели высокие значения.

В заключение следует отметить, что полученные результаты имеют важное практическое значение и могут быть использованы при организации работ по контролю загрязнения атмосферы, при осуществлении градостроительных мероприятий, при планировании взаимного размещения промышленных комплексов и жилых массивов, при проведении мероприятий по защите воздушного бассейна от загрязнения и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

- АГАЕВ, Т.Д. 2005. Роль сочетания метеорологических условий в загрязнении воздуха. *Изв. Пед. Унив.*, 1, Баку, 62-68.
- АГАЕВ, Т.Д. 2007. Климатические характеристики, определяющие перенос и рассеивание примесей в атмосфере. *Научные известия СДУ, раздел естественных наук*, 7, 4, Сумгайыт, 46-51.
- АГАЕВ, Т.Д. 2008. Промышленные выбросы сернистых соединений в загрязнение атмосферы городов. *Тр. Географического общ. Азерб.*, XII, Баку, 225-231.
- ПАНИН, Г.Н., МАМЕДОВ, Р.М., МИТРОФАНОВ, И.В. 2005. Современное состояние Каспийского моря. Наука. Москва. 356.
- МЕХТИЕВ, А.Ш., ГЮЛЬ, А.К. 2006. Техногенное загрязнение Каспийского моря. Элм. Баку. 180.
- СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ Азербайджана. 2006. Седа. Баку. 872.

Рецензент: к.г.н. М.С.Гасанов