

УДК 551. 510. 42 : 502. 3

**ОБ ОЦЕНКЕ ВКЛАДА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В
УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ГОРОДА
(НА ПРИМЕРЕ УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА)**

Академик АН ВШ В.С.Чередниченко
Канд. техн. наук А.А.Тютяев
В.С.Недовесов
А.А.Ложников

Предлагается метод оценки вклада отдельного энергетического предприятия в концентрацию вредных веществ в атмосфере города у земли. Метод основан на тщательных одновременных измерениях с одной стороны - концентрации конкретного вещества при разных метеоусловиях и широком диапазоне изменения нагрузки предприятия за короткий период времени, а с другой - на строгом контроле за технологическим режимом работы предприятия, включая объемы выбросов и концентрацию в них вредных веществ.

Многие города Казахстана с развитой промышленностью характеризуются высокой степенью загрязнения воздушных бассейнов. Анализ организационно-технических решений и экономических санкций показывает, что в целом как контроль так и мероприятия по снижению загрязнения носят констатирующий и запоздалый характер с целью обоснования применения штрафных санкций. В последние годы, кроме того, в связи с переходом к рыночно-ориентированной экономике многие предприятия Казахстана сменили не только объемы выпускаемой продукции, но зачастую и перепрофилировались. Это привело, соответственно, к изменению номенклатуры и объемов выбросов. Появилась неопределенность в установлении источников выбросов некоторых вредных веществ.

С другой стороны, несмотря на спад производства, фоновый уровень загрязнения воздушного бассейна ряда городов, в т. ч. и Усть-Каменогорска остается высоким, что требует усиления мер по управлению качеством окружающей среды, создания и оснащения для этой цели наблюдательной сети средствами автоматизированного контроля параметров валовых выбросов вредных веществ (ВВ) и их приземных концентраций с передачей результатов в центр обработки и принятия решений. Создание такой системы и ее эффективное функционирование возможны только при наличии достоверной информации о номенклатуре и объеме выбрасываемых ВВ каждым предприятием в зависимости от технологического режима производства, резервах по временному уменьшению выбросов на случай неблагоприятных метеоусловий (НМУ).

Согласно [3, 4, 13] под воздействием метеоусловий концентрации ВВ на уровне измерений могут изменяться на 10-20 % при неизменных технологиях производства и неизменных условиях и объемах выбросов. Представляется, что эта цифра сильно занижена, по крайней мере для городов со сложной орографией и метеоусловиями, такими как в Усть-Каменогорске. Уточнение диапазона изменения концентраций ВВ при неизменных режимах и объемах выбросов под влиянием только метеоусловий является следующей важнейшей задачей для конкретного города.

Таким образом, для эффективного контроля и управления качеством окружающей среды города требуется знание следующей информации:

- номенклатура и объемы выбросов ВВ каждым предприятием, вклад каждого предприятия в существующий уровень загрязнения города отдельными ВВ;
- возможные технологические режимы предприятий, способствующие заметному снижению выбросов на случай НМУ;
- диапазон возможного изменения приземных концентраций ВВ при неизменных объемах выбросов под влиянием только метеоусловий.

Знание перечисленных выше видов информации необходимо и в узком практическом плане: обосно-

вания предъявляемых финансовых санкций, разрешения спорных ситуаций. Особенно важно в этом аспекте уметь решать частную задачу: оценивать вклад конкретного предприятия в уровень загрязнения атмосферы тем или иным ВВ.

Эта задача актуальна еще и потому, что чем сложнее орография региона тем труднее правильно учесть другие факторы, определяющие диссипацию, и тем менее надежны прямые теоретические методы расчета концентраций ВВ на основе объемов выбросов [3-12], являющиеся на сегодня единственным для этого средством оценки вклада отдельного предприятия. Представляется поэтому целесообразной разработка альтернативного метода оценки, основанного на результатах измерения реального уровня концентрации ВВ у земли, данных об особенностях его динамики в зависимости от метеоусловий и технологического режима работы предприятия.

Рассмотрим, для начала в общих чертах, этот вопрос применительно к энергетическим предприятиям АО "Алтайэнерго" г. Усть-Каменогорска.

Таблица 1
Средние объемы выбросов (тыс. т/год) энергетических предприятий "Алтайэнерго" и предполагаемая их доля в концентрации примесей ВВ у земли

Наименование предприятий	Выбросы				
	Всего	Твердые	SO ₂	NO _x	CO
Усть-Каменогорская ТЭЦ	25,0	9,5	6,8	7,6	1,5
Согринская ТЭЦ	8,0	2,6	1,9	3,5	0,4
Котельные тепловых сетей	4,0	1,7	0,6	0,7	1,1
Всего	37,0	13,8	9,3	11,8	3,0
В % к выбросам всех предприятий города	28	62,5	13,8	84,0	8,7

Из данных табл.1 следует, что доля предприятий "Алтайэнерго" в общем объеме выбросов, хотя это и требует уточнения, довольно велика (28 %), а по отдельным ингредиентам их вклад считается определяющим: по пыли 62 % и по NO_x - до 84 %.

Соответственно, считается, что и вклад этих предприятий в приземные концентрации примерно такой же, хотя это вызывает определенные возражения. Тем более, что кроме перечисленных в табл.1 ВВ на энергопредприятия возлагается также ответственность за содержащиеся в больших количествах в атмосфере города формальдегид и мышьяк.

Покажем, что вклад энергопредприятий, например, в выбросы NO_x ниже, чем принято считать. Возьмем для этого в качестве исходной информации данные за весну 1994 г., когда после зимнего периода нагрузка уменьшилась почти в 10 раз: если в конце марта сжигалось около 2000 т угля в сутки, то в середине мая только 200 т/с. Очевидно, что чем больше вклад предприятия в концентрацию ВВ и чем больше перепад нагрузки, тем сильнее это должно сказаться на концентрациях и тем легче это оценить количественно.

На рис. и в табл. 2 представлены средние декадные величины сжигаемого угля Q (т/сутки) и средние декадные концентрации NO_x . Поскольку коэффициент очистки остается постоянным, то объем выбросов однозначно определяется количеством сожженного топлива. Поэтому далее количество сжигаемого топлива используется нами как величина, тождественная объему выбросов, но учитываемая более точно.

Примем на время, что вклад предприятий "Алтайэнерго" при полной загрузке составляет 76 % согласно последним расчетам экологов города. Тогда при десятикратном уменьшении нагрузки на энергопредприятия, это должно привести к заметному снижению концентрации NO_x . Попробуем оценить это снижение количественно.

Рассмотрим для этого физические основы, которые возможно использовать. Предположим, что существует только один источник выбросов. С началом его деятельности концентрация ВВ у земли посте-

пенно повышается, а затем наступает равновесное состояние между объемом выбросов ВВ и его концентрацией у земли при неизменных метеоусловиях. При неизменном объеме выбросов концентрация ВВ у земли несколько колеблется только под влиянием метеоусловий. Если источник прекращает выбросы, то через некоторое время наступает полное очищение атмосферы города от данного ВВ. Приняв, что такое очищение происходит только путем замены воздуха в городе на поступающий извне, найдем, что для города размером 10 x 10 км при скорости ветра 1 м/с уже через 4-5 ч наступает полное очищение. Следовательно, среднее переходное время, после которого наступает равновесие между объемом выбросов ВВ в единицу времени и его средней концентрацией в воздухе города у земли не превышает 4-6 ч. Тогда для периодов осреднения, превышающих указанный промежуток времени, можно считать, что между объемом выбросов ВВ и уровнем концентрации существует равновесное состояние. Чем длиннее период осреднения, тем меньше изменчивость метеоусловий между двумя смежными периодами. В то же время, поскольку концентрация ВВ у земли кроме объема выбросов и высоты источника определяется метеоусловиями (орография тоже реализуется через метеоусловия), то можно считать, что для равновесных состояний между различными объемами выбросов ВВ и его концентрациями у земли имеет место линейная связь, по крайней мере в течение одного сезона или значительной его части.

Если в городе несколько источников выбросов одного и того же ВВ, то наблюдаемая его концентрация у земли рассматривается как сумма вкладов каждого из источников. При этом связь между объемом выбросов ВВ и вкладом в приземную концентрацию, как уже отмечалось, у каждого источника своя.

Исходя из вышеизложенных соображений, можно считать, что концентрация ВВ в любой момент времени K_{ϕ} , обусловленная выбросами конкретного предприятия будет связана с концентрацией в исходный момент времени K_0 соотношением

$$K_{\Phi} = K_{И} \cdot \frac{Q_{\Phi}}{Q_{И}} \cdot \frac{M_{\Phi}}{M_{И}}, \quad (1)$$

где Q_{Φ} и $Q_{И}$ - объемы выбросов ВВ источником в данный и исходный периоды осреднения; M_{Φ} и $M_{И}$ - потенциал загрязнения атмосферы для тех же периодов. Отношение этих величин для достаточно большого периода осреднения (декада и более) близко к единице.

Поскольку отношение $K_{\Phi}/K_{И}$ определяется $Q_{\Phi}/Q_{И}$, то фактическая суммарная концентрация вредного вещества K_{Φ} в атмосфере города в любой момент времени может быть рассчитана как

$$K_{\Phi} = \frac{K_{Иэ}}{n} + K_{п}, \quad (2)$$

где $K_{Иэ}$ - исходная концентрация ВВ, обусловленная выбросами энергетического предприятия в исходный момент; n - число, показывающее во сколько раз уменьшились объемы выбросов по сравнению с исходным моментом; $K_{п}$ - концентрация, обусловленная выбросами данного вредного вещества прочими предприятиями.

Приняв конец марта 1994 г. за исходный момент для расчетов и пользуясь соотношениями (1) и (2), найдем, какова доля вклада энергетических предприятий в наблюдаемые концентрации NO_x . Поскольку было принято, что в исходный момент вклад энергопредприятий равен 75 %, то тогда среднюю концентрацию NO_x в городе на начало апреля, равную 1,6 ПДК, разделим на две части: 1,2 ПДК - вклад предприятий "Алтайэнерго", а 0,4 ПДК - вклад "прочих" предприятий.

В связи со сбросом нагрузки в течение апреля - мая вклад энергопредприятий будет уменьшаться пропорционально $Q_{\Phi}/Q_{И}$ и составит во второй декаде мая только 0,4 ПДК (см. рис. и табл.2). Поскольку вклад "прочих" предприятий считается небольшим (25 %), то следовало бы ожидать общего снижения концентрации NO_x в городе по закону

Таблица 2

Среднее декадное количество сжигаемого топлива и содержание NO_x

Параметры	апрель, декады			май, декады	
	I	II	III	I	II
Средняя по городу концентрация NO_x	1,6	1,9	2,0	2,1	1,7
Среднее количество сжигаемого топлива, тыс. т/сутки.	1,8	1,3	0,9	0,3	0,2
Относительное количество сжигаемого топлива (доли ед)	1,0	0,72	0,50	0,17	0,11
Доля NO_x от энергопредприятий, ПДК.	1,2 (0,8)	0,96 (0,58)	0,60 (0,40)	0,20 (0,13)	0,13 (0,08)
Предполагаемая доля NO_x от прочих предприятий, ПДК.	0,4 (0,8)	0,4 (0,8)	0,4 (0,8)	0,4 (0,8)	0,4 (0,8)
Фактическое количество NO_x от прочих предприятий, ПДК.	0,4 (0,8)	1,04 (0,32)	1,40 (1,60)	1,90 (1,90)	1,57 (1,60)
Необходимое увеличение объемов выбросов прочими предприятиями при наблюдающихся NO_x	1,0	2,6 (1,65)	3,5 (2,0)	4,8 (2,4)	3,9 (2,25)

Примечание: В скобках даны величины NO_x и объемы выбросов в предположении, что вклад предприятий "Алтайэнерго" в его концентрацию равен 50 %.

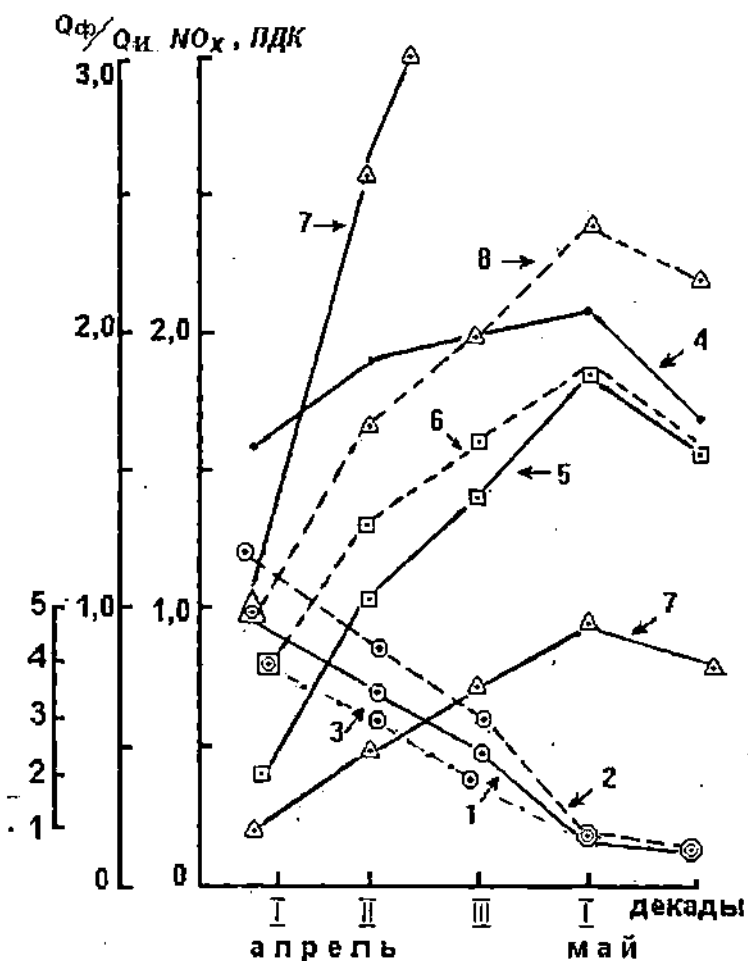


Рис. 1. Временной ход количества сжигаемого топлива, концентрации NO_x и вклада энергетических и прочих предприятий.

- 1- количество сжигавшегося топлива (доли ед.);
- 2- вклад энергопредприятий, если $Q_{нэ}$ равен 75 %;
- 3- вклад энергопредприятий, если $Q_{нэ}$ равен 50 %;
- 4- фактическая средняя декадная концентрация NO_x ;
- 5- вклад прочих предприятий, если $Q_{нэ}$ равен 25 %;
- 6- вклад прочих предприятий, если $Q_{нэ}$ равен 50 %;
- 7- необходимое увеличение объемов выбросов прочими предприятиями, если $Q_{нп}$ равен 25 %;
- 8- необходимое увеличение объемов выбросов прочими предприятиями, если $Q_{нп}$ равен 50 %.

$$\frac{K_{\phi}}{K_{\alpha}} = \frac{Q_{\phi \varepsilon}}{Q_{\phi \varepsilon} + Q_{\phi \Pi}}, \quad (3)$$

Из выражения (3) можно видеть, что чем больше начальный вклад данного предприятия в суммарную концентрацию т.е. при $Q_{\phi \varepsilon} \gg Q_{\phi \Pi}$, тем быстрее эта концентрация уменьшается, затем при примерном равенстве вкладов $Q_{\phi \varepsilon} \approx Q_{\phi \Pi}$ наступает замедление, а затем при $Q_{\phi \varepsilon} \ll Q_{\phi \Pi}$ вклад отдельного предприятия становится малозаметным.

В нашем случае, однако, на фоне десятикратного снижения выбросов предприятиями "Алтайэнерго" вместо ожидаемого снижения концентрации NO_x примерно в четыре раза согласно (2) и (3) наблюдается заметный рост его концентрации от декады к декаде (рис. и табл.2). Пользуясь тем же выражением (1), посчитаем, во сколько раз должны увеличиться объемы выбросов прочих предприятий, чтобы получить наблюдаемое содержание NO_x . Можно видеть из данных табл.2, что они должны увеличиться примерно в 5 раз.

Наибольшую сезонную изменчивость объемов выбросов имеют энергетика и автотранспорт [1, 2, 3, 9, 11, 14]. От зимы к лету количество автомобилей заметно увеличивается и это может частично объяснить рост NO_x весной. Однако среднее статистическое увеличение сжигаемого автотранспортом топлива увеличивается при этом не более чем в три раза. Следовательно имеет место так же и неправильная исходная оценка относительного вклада предприятий "Алтайэнерго" и прочих. По некоторым предварительным оценкам, например, [5], вклад предприятий "Алтайэнерго" в концентрацию NO_x не превышает 40 %. Взяв его равным 50 %, мы получили бы более объяснимый ход концентрации NO_x в весенний период.

Исходная концентрация NO_x , обусловленная энергопредприятиями составит 0,8 ПДК, которая затем уменьшится до 0,1 ПДК к середине мая. В то же время доля прочих предприятий возрастет с 1,0 ПДК до 1,8 - 2,0 ПДК т.е. примерно в 2 раза. Такой прирост концентрации NO_x , может обеспечить автот-

ранспорт, однако очевидно, что среди прочих источников NO_x кроме автотранспорта заметный вклад вносят и другие предприятия. Доля этого вклада могла бы быть уточнена при наличии более полной информации о количестве сжигаемого топлива автотранспортом в динамике по декадам.

Разобранный выше пример важен не только тем, что он указывает на завышение вклада предприятий "Алтайэнерго" в концентрацию NO_x у земли. Помимо этого он показывает, что вклад отдельного предприятия в приземные концентрации любого ВВ может быть достаточно точно подсчитан при определенных условиях.

Работа предприятий "Алтайэнерго", как и других энергетических предприятий, характеризуется высокой стабильностью технологии, наличием практически единственного источника выбросов - трубы, хорошо организованной эффективной системой контроля за выбросами, качеством топлива и количеством выдаваемой продукции. В то же время нагрузка предприятий в течение года изменяется в 5 - 8 раз, что дает возможность увязать объемы выбросов ВВ с их концентрацией в широком диапазоне. С учетом этого вклад предприятий "Алтайэнерго", в первую очередь УК ТЭЦ как основного источника выбросов в атмосферу города, в т.ч. экстремальных уровней в зависимости от метеоусловий и орографии может быть оценен более точно при следующих условиях:

- воссоздании детализированной обстановки пространственного распределения концентраций конкретного ВВ;
- знании распределения ВВ с высотой, по крайней мере в слое от земли до высоты трубы;
- одновременном с измерениями концентраций производством метеорологических наблюдений за температурой, направлением и скоростью ветра в т.ч. их распределением по высоте;
- наличии данных о режимах работы котлов ТЭЦ, очистных устройств, количестве и качестве сжигаемого топлива, содержании ВВ в дымовых газах после очистки;
- знании особенностей местной циркуляции, обус-

лавливаемой орографией, способствующей накоплению примесей в определенных районах города независимо от местоположения источника выбросов;

- знании динамики изменения концентраций ВВ в зависимости от метеоусловий при неизменных объемах выбросов;

- наличии данных о концентрациях ВВ при экстремальных нагрузках, а также при смене режима работы предприятия.

Оценка вклада отдельного предприятия может выполняться с разными уровнями детализации (временная и пространственная изменчивости в зависимости от влияющих факторов), но полную картину можно получить только при выполнении перечисленных выше условий, требующих обширных экспедиционных исследований и измерений концентрации во многих точках города и его предместьях по крайней мере четыре раза в год: летом и зимой во время экстремальных нагрузок и осенью и весной - при переходных режимах. Наблюдения постов контроля за загрязнением в остальное время могут служить для получения статистических зависимостей между уровнем загрязнения каждым ВВ и метеорологическим потенциалом атмосферы с целью последующего использования этих зависимостей при прогнозировании уровня загрязнения при НМУ т.е. при управлении уровнем загрязнения.

При выполнении экспедиционных измерений желательно, чтобы другие источники загрязнения работали в обычном режиме. Несоблюдение этого условия усложняет последующие расчеты оценки вклада, но не делает их невозможными, что было показано на примере с NO_x .

Экспедиционные измерения, связанные с оценкой вклада, не являются повторением комплексных или эпизодичных обследований согласно [10,11], поскольку они приурочены к определенному режиму работы предприятия и при этом контролируется весь его технологический процесс.

Изложенные выше подходы и метод ориентированы на оценку вклада в существующий уровень загрязнения энергетического предприятия, как наиболее организованного и поддающегося контролю. Однако эти

подходы могут быть применены и к оценке вклада предприятий других отраслей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникеев В.А., Конн И.З., Скалкин Ф.В. Технологические аспекты охраны окружающей среды. - Л.: Гидрометеоиздат, 1984.-190 с.
2. Балацкий О.Ф., Мельник Л.Г., Яковлев А.Ф. Экономика и качество окружающей среды.- Л.: Гидрометеоиздат, 1984. - 190 с.
3. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. -Л.: Гидрометеоиздат, 1975.-448 с.
4. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. - Л.: Гидрометеоиздат, 1985.-273 с.
5. Исследование динамики приземных концентраций ВВ от теплоисточников "Алтайэнерго": Отчет о НИР/ЭИ и КазГУ.- N ГР 019500299069. - Алматы: 1995. - 40 с. - Научный руководитель В.С. Чередниченко.
6. Руководящий документ. Методика определения платежей за загрязнение окружающей среды. - Алматы: Изд. Минбиозкоресурсов РК, 1994.-24 с.
7. Руководящий документ. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. - Л.: Гидрометеоиздат, 1987.-93 с.
8. Руководящий документ. Отраслевая инструкция по нормированию вредных выбросов в атмосферу для тепловых электростанций и котельных. РД 34.02.303-91. - Свердловск: Уралтехэнерго, 1991.-66 с.
9. Рихтер Л.А., Волков Э.П., Покровский В.Н. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов ТЭЦ.- М.: Энергоиздат, 1981.-295 с.
10. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04. -186-89.- М.: Гидрометеоиздат, 1991.-693 с.

11. Сборник законодательных нормативных и методических документов для экспертизы воздухоохраных мероприятий. - Л.: Гидрометеиздат, 1986.-319 с.
12. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. -Л.: Гидрометеиздат, 1986.-183 с.
13. Сонькин Л.Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы. - Л.: Гидрометеиздат, 1991.-223 с.
14. Экологические проблемы энергетики. Под ред. Папина А.А. - Новосибирск: Наука, 1989.-322 с.

КазГУ им. аль - Фараби
АО "Алтайэнерго"

ҚАЛА АУАСЫНЫҢ ЛАСТАНУ ДЕНГЕЙІНЕ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ӨНДІРІС ОРЫНЫНЫҢ ҮЛЕСІН БАҒАЛАУ ТУРАЛЫ

ҒА ЖМ академигі	В.С.Череди́нченко
Техн. ф. канд.	А.А. Тютяев
	В.С. Недовесов
	А.А. Ложников

Қалалық атмосфераның төменгі қабатында зиянды қоспаларының қоюлануына жекелеген энергетикалық өндіріс орындарының үлесін бағалау әдісі көрсетіледі. Әдістің негізінде мүқият бір уақыттық өлшеу жатады, бір жақтан - әр түрлі метеожағдайда белгіленген заттың жиналуы және қысқа уақыттық кезеңде өндіріс орындарының жұмыс істеуінің кең диапазонда өзгеруі, ал екінші жақтан - өндіріс орнының технологиялық жұмыс тәртібін, сонымен қатар шығарудың көлемі және оның ішінде зиянды қоспалардың қоюлануын қатаң бақылау.