

УДК 502.52:551.5

Оценка качества сети наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха в г. Перми и возможности ее совершенствования

В.А. Шкляев, Л.С. Шкляева

Пермский государственный университет

Структурное подразделение сети постов наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха (ПНЗ) в Пермском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды было создано в 70-х гг. XX в. Основным методическим документом, регламентирующим все основные направления мониторинга, остается изданное в 1991 г. «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» РД 52.04.189-91 [3].

Система мониторинга качества атмосферного воздуха (СМКАВ) создавалась с целью уменьшения вредного воздействия антропогенного загрязнения воздуха (ЗВ) на здоровье человека. В соответствии с этим и шло построение этой системы.

Во-первых, решалась задача управления источниками выбросов через процедуру их регулирования с установлением нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ). Устаревшее производство не позволяет устанавливать ПДВ для всех источников выбросов. Устанавливаются ВСВ – временно согласованные выбросы, временный лимит выброса вредного вещества, который определяется для действующих стационарных источников выбросов с учетом качества атмосферного воздуха и социально-экономических условий развития соответствующей территории в целях поэтапного достижения установленного ПДВ (Закон об охране атмосферного воздуха 1999г.). Одновременно предложено устанавливать лимиты на выбросы ЗВ. Это ограничение выбросов в окружающую среду (ОС) установлено на период проведения мероприятий по охране ОС, в том числе внедрения наилучших существующих технологий, в целях достижения нормативов в области охраны ОС (Закон об охране окружающей среды 2001 г.).

Так, в г. Перми с помощью действующей локальной автоматизированной системы динамического анализа состояния загрязнения атмосферного воздуха и нормирования выбросов «Лада» разработаны и утверждены ПДВ для всех стационарных источников промышленных предприятий. Не учтены источники выбросов передвижного автотранспорта, хотя их доля в формировании высокого уровня ЗА, в связи с увеличением их числа, неуклонно возрастает. По состоянию на 2007 г. проверка соблюдения нормативов ПДВ источников загрязнения атмосферы города выявила их превышения 44 предприятиями. Следовательно, нарушение нормативов ПДВ могло привести к ухудшению КАВ.

Вышеуказанный подход требует обеспечения повсеместного соблюдения нормативных требований к качеству атмосферного воздуха. Для его реализации необходима информационная поддержка систем мониторинга КАВ, ориентированных, прежде всего, на выявление нарушений нормативов качества воздуха (ПДК_{мр}, ПДК_{сс}), где бы и в какое время ни происходили эти нарушения [1, 2]. Такие системы, в том числе в Пермском ЦГМС, функционируют в настоящее время.

Другим подходом, не отрицающим методологию первого, является управление здоровьем населения, а точнее, факторами, которые определяют степень воздействия загрязненного воздуха на здоровье человека [2]. Этот подход развивается в настоящее время в Европейском отделении ВОЗ. Для его реализации необходимо, во-первых, более детальное, чем при первом подходе, знание о пространственно-временном распределении концентрации вредных веществ с приемлемым разрешением. Во-вторых, что не менее важно, необходима информация о плотности распределения населения по территории и о ее детальном изменении во времени. Такой подход позволяет при наличии достаточного объема достоверной информации корректно и более непосредственно оценивать факторы, влияющие на здоровье населения [2]. СМКАВ, ориентированные на информационную поддержку этого подхода, и являются приоритетными для Европейского отделения ВОЗ.

Применение такого подхода должно включать предварительную оценку существующей СМКАВ г. Перми. В рамках поставленной цели решались задачи критического анализа существующей СМКАВ, ее положительных и отрицательных сторон.

Формирование уровня загрязнения атмосферы происходит под влиянием многих факторов: величина выбросов из источников загрязнения атмосферы, их параметры, места их размещения на территории города, особенности городской застройки, физико-географические условия городской территории, наличие водной магистрали (р. Кама), метеорологические условия (МУ), которые доминируют.

Под влиянием МУ происходит перемешивание, перенос и рассеивание ЗВ, вымывание их осадками, растворение в туманах и дымках. Поскольку атмосфера содержит большое количество различных веществ естественного и антропогенного происхождения и для нее характерны различные химические процессы, особенно фотохимические реакции, обусловленные поступлением солнечной радиации и изменением температуры воздуха. В процессе трансформации и взаимопревращения примесей в атмосфере появляются новые вещества. Э.Ю. Безуглая упоминает о сотнях реакций, приводящих к появлению вторичных ЗВ. Существующая СМКАВ изучает компоненты загрязнений, являющихся лишь небольшой частицей того, что находится в атмосфере и производится в ней. Следовательно, реализация второго подхода является чрезвычайно сложной проблемой. Например, в атмосферу г.Перми поступает свыше 400 наименований ЗВ без учета трансформации.

Проведем оценку качества существующей системы мониторинга атмосферного воздуха. В соответствии с местоположением в городе, ПНЗ подразделяются на городские фоновые (в жилых районах), промышленные (в зоне влияния промышленных предприятий) авто (вблизи крупных автомагистралей) (рис.1).

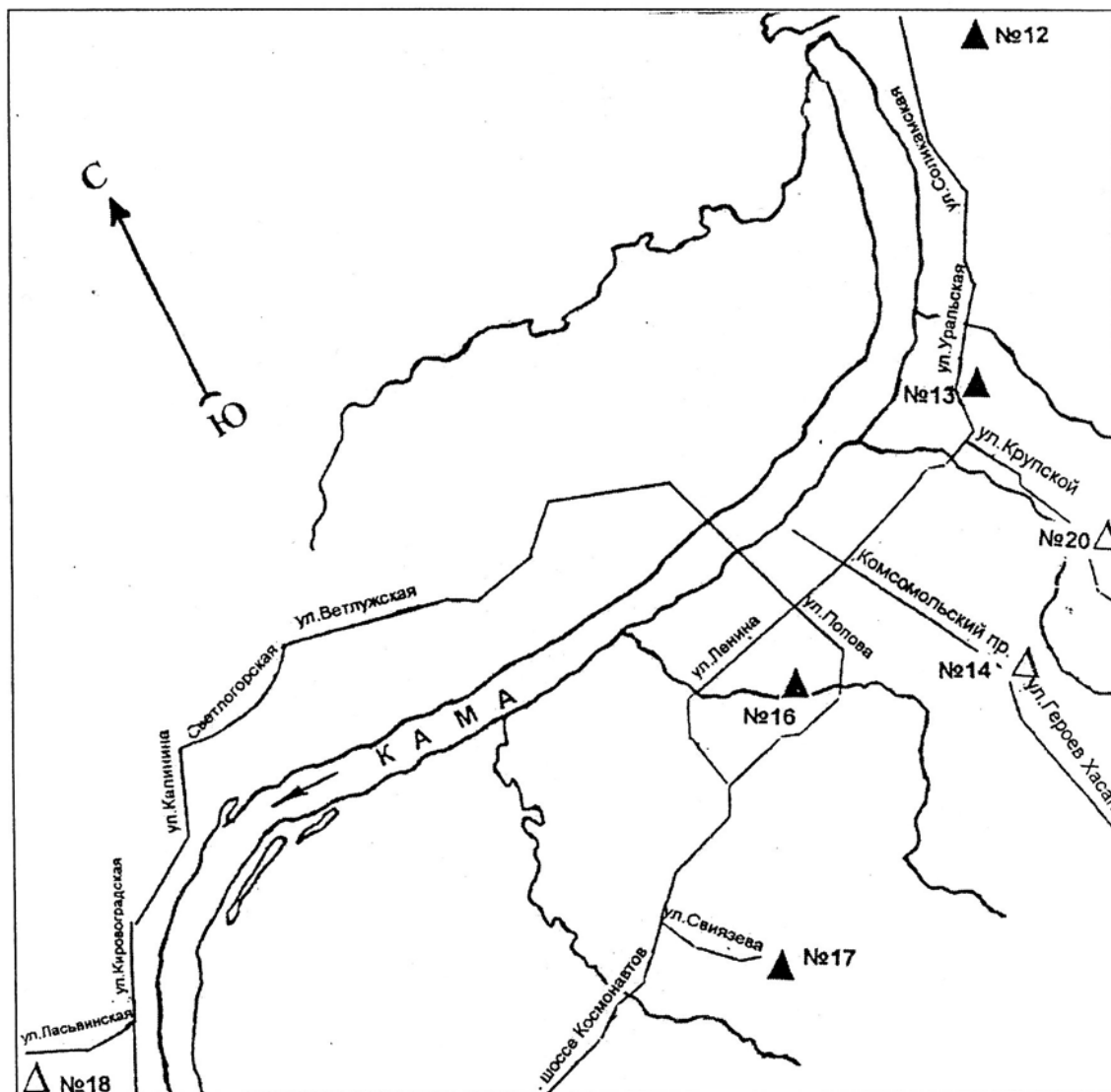


Рис. 1. Схема расположения ПНЗ г. Перми [12]

Для определения уровня ЗА в настоящее время используются различные характеристики ЗВ. Их определение дано, например, в [1, 12]:

- средняя концентрация примеси в воздухе, $\text{мг}/\text{м}^3$ или $\text{мкг}/\text{м}^3$ ($q_{\text{ср}}$);
- максимальная разовая концентрация примеси $\text{мг}/\text{м}^3$ или $\text{мкг}/\text{м}^3$ ($q_{\text{м}}$).

Загрязнение воздуха определяется по значениям средних и максимальных разовых концентраций примеси. Степень ЗВ оценивается при сравнении фактических концентраций с ПДК. Значения ПДК заимствованы из сборника «Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух».

Используются 4 показателя КАВ: индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), стандартный индекс (СИ), комплексный индекс загрязнения атмосферы (КИЗА) и наибольшая повторяемость превышения ПДК (НП). Методика их расчета подробно излагается в [1].

Эти индексы позволяют дать подробную характеристику степени загрязнения атмосферного воздуха. Так, показатель ИЗА нашел широкое применение в исследовании связи между уровнем ЗВ и заболеваемостью. На основе этих исследований были установлены различные уровни ЗВ.

Установлены четыре категории КАВ в зависимости от уровня загрязнения. Уровень ЗВ считается низким при значениях ИЗА менее 5, повышенным – при ИЗА от 5 до 6, СИ менее 5, высоким при ИЗА от 7 до 13, СИ от 5 до 10 и очень высоким при ИЗА равном или более 14, СИ более 10. Оценку КАВ можно проводить, привлекая к анализу один показатель.

Приведенные показатели имеют как положительные, так и отрицательные стороны при оценке СМКАВ в г. Перми, которая содержала следующие вопросы:

- возможно ли ее использование для второго подхода к управлению КАВ, разработанного в Европейском отделении ВОЗ;
- целесообразно ли с ее помощью оценить тенденции изменения загрязнения воздуха за последние 5-10 лет;
- как усовершенствовать СМКАВ в г. Перми?

Для ответа на данные вопросы привлекалась следующая информация: средние значения концентрации ВВ, определяемые на постах наблюдений за ЗВ, входящих в СМКАВ с 1992 по 2006 г., по ним рассчитывались ИЗА, КИЗА, СИ за этот же период.

Дадим краткую характеристику достоинств и недостатков действующей системы МКАВ. Существующая СМКАВ имеет следующие явно выраженные недостатки:

- очень редкая сеть ПНЗ (всего 7 постов);
- малый спектр определяемых ЗВ (16-28 наименований), хотя в атмосферу в городе выбрасывается свыше 400 ВВ;
- наблюдения проводятся в 07, 13 и 19 ч местного времени, ночью СМКАВ вообще не работает, следовательно, невозможно получить информацию о пространственно-временном распределении концентрации ВВ с приемлемым разрешением;
- отсутствие ночных сроков наблюдений приводит к занижению реального уровня ЗВ и не дает возможности контролировать соблюдение нормативов ПДВ предприятиями и проверять КАВ в период аномальных неблагоприятных метеоусловий (АНМУ), при наступлении которых должны снижаться выбросы.

В последнее время в связи с ростом числа автотранспортных средств сформировалась неправильная, на наш взгляд, точка зрения о том, что высокий уровень загрязнения атмосферы на 50-60% определяют выбросы автотранспорта. Для опровержения этого вывода можно привести данные

исследования КАВ с помощью передвижной лаборатории в 7 точках города в ночное время. Точки выбирались с учетом местных условий и жалоб населения на качество воздуха, особенно ночью, когда выбросы автотранспорта практически отсутствуют.

На основе этих наблюдений были даны следующие рекомендации. Оценку КАВ по данным сети ПНЗ желательно проводить только по тем примесям, среднегодовая концентрация которых чаще всего превышает ПДКсс или появилась тенденция роста значений концентраций в последние годы. К таким примесям следует отнести формальдегид. Начиная с 1992 по 2006 г., значения среднегодовых концентраций этого ингредиента изменялись незначительно, но всегда превышали ПДКсс. С 2001 по 2006 г. отмечается тенденция роста значений этой примеси. Она изменялась от 0,006 до 0,014 мг/м³. На рис. 2, заимствованном из сборника «Состояние и охрана окружающей среды Пермской области в 2005 г.», показана зависимость изменений концентраций формальдегида от метеорологических факторов за 2006г.

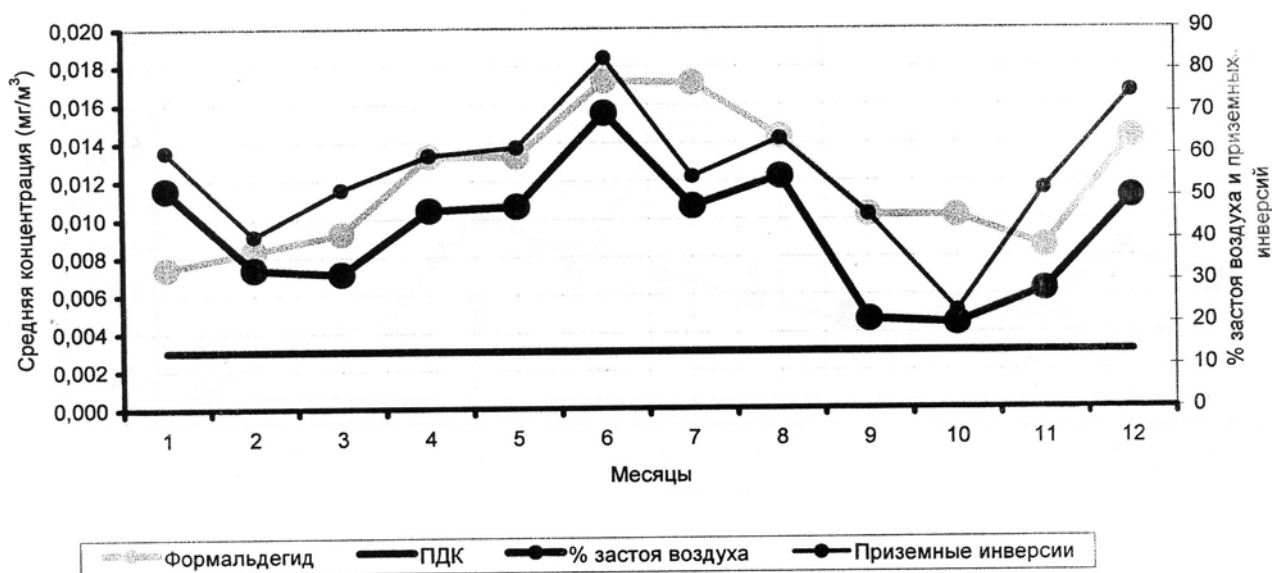


Рис. 2. Изменение концентрации формальдегида при различных метеорологических условиях

Рисунок иллюстрирует особенности годового хода концентрации формальдегида и повторяемости застоев и приземных инверсий.

Как в большинстве городов России, в г. Перми максимальные концентрации формальдегида отмечаются в теплую часть года (май-август). В период летнего максимума самые большие значения концентрации находятся в пределах 9-18 мкг/м³. Зимний максимум формируется в декабре. Как отмечала Э.Ю.Безуглая, четко выраженный летний максимум в большинстве городов объясняется реакцией трансформации при высоких летних температурах воздуха и значительной интенсивности солнечной радиации. За счет усиления процессов активизации фотохимических процессов увеличивается количество формальдегида, образующегося

вследствие выбросов углеводородов. Зимний максимум преимущественно связан с выбросами промышленных предприятий и автотранспорта.

Таким образом, в атмосферу города формальдегид поступает различными путями. В результате фотохимических реакций в атмосфере содержатся в большом количестве оксиды азота, металлы, углеводороды, которые необходимы для прохождения фотохимических реакций. Большое количество формальдегида выбрасывается промышленными предприятиями и автотранспортом. Следовательно, этот ингредиент следует отнести к приоритетным ЗВ.

Диоксид азота является вторым по приоритетности ЗВ города, так как он выбрасывается в атмосферу города всеми предприятиями. Он может также образовываться вследствие фотохимических реакций. Диоксид азота принимает непосредственное участие в процессе образования как формальдегида, так и фотохимического смога.

Средние за год концентрации NO_2 в начале исследуемого периода (1996 г.) изменялись в пределах 40-50 $\text{мкг}/\text{м}^3$. В годовом ходе наибольшие концентрации NO_2 наблюдались зимой (увеличение массы выбросов и наличие АНМУ).

Начиная с 1992 по 2006 г., атмосфера города постоянно загрязнена бенз(а)пиреном. Средние годовые концентрации удерживаются в пределах 1,7-3 $\text{нг}/\text{м}^3$.

С 2001 г. отмечается тенденция роста среднегодовых концентраций аммиака. Впервые в годовом ходе наблюдаются превышения ПДКсс в феврале, марте, июне-сентябре в 2006 г. (рис.3).

Основными причинами такой тенденции роста концентрации аммиака являются:

- оживление производства на крупных предприятиях города – ОАО «Минудобрения», ООО «Лукойл-ПНОС»;
- тенденция некоторого снижения выбросов диоксида серы.

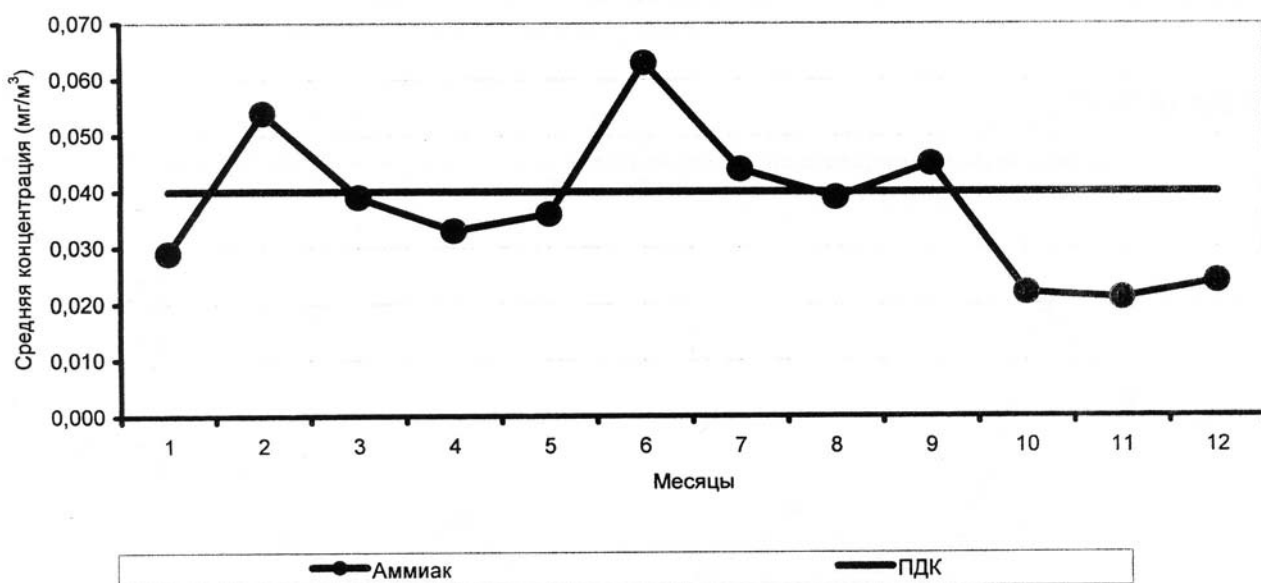


Рис. 3. Годовой ход концентрации аммиака в 2006 г. (по материалам [12])

Согласно данным СМКАВ, диоксид серы практически никогда не превышал ПДКсс. В настоящее время наметилась тенденция снижения за год концентраций диоксида серы и выбросов (табл. 1).

Начиная с 1992 г. значения среднегодовых концентраций варьировали в пределах 0,011-0,018 мг/м³, т.е. превышения ПДКсс не наблюдалось. Возможная причина увеличения концентрации аммиака может быть связана с тем, что

Таблица 1

Динамика выбросов диоксида серы

Территория	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Пермский край, тыс.т	73,428	54,891	44,707	45,035	36,095	29,638	19,100	13,500	12,070	13,148
г.Пермь, соотношение в валовом выбросе, %						27	15	10	20	11

с ним вступает в реакцию диоксид серы. Следовательно, чем выше концентрация SO₂, тем меньше концентрация аммиака, и, наоборот, снижение концентрации SO₂ может приводить к росту концентрации аммиака. Этот вывод соответствует тенденциям роста аммиака во многих крупных городах России [1].

Анализ самых информативных показателей, наиболее полно характеризующих уровень хронического, длительного загрязнения воздуха в городе, приведен в табл. 2, 3 и на рис. 4. Значение ИЗА за исследуемый период соответствует высокому уровню загрязнения атмосферы, обусловленному высокими значениями концентраций формальдегида, диоксида азота, фенола, бенз(а)пирена, хлороводорода, фтористого водорода. Величины ИЗА изменялись от 8,5 до 12,7 в 1997, 1998 гг.

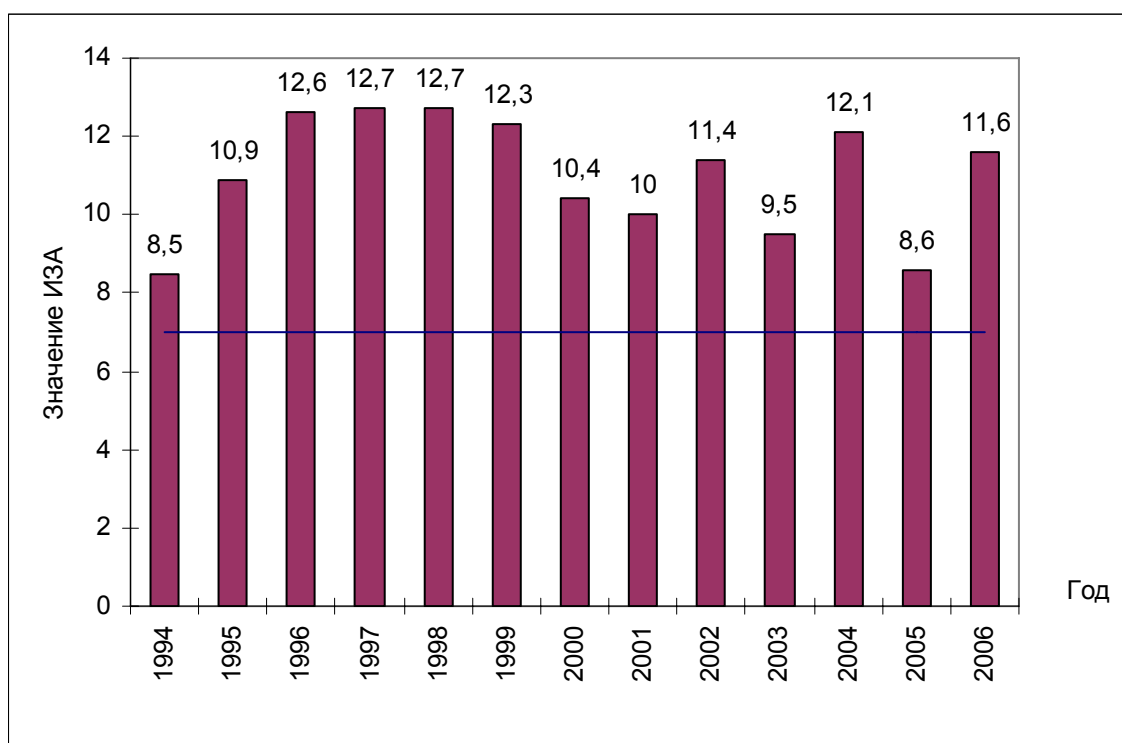


Рис. 4. Динамика ИЗА в г. Перми

Этот показатель отражает хронический длительный высокий уровень ЗА в г. Перми. Значения КИЗА₅ по районам города (табл. 2) иллюстрирует наличие высокой степени загрязнения атмосферы в Мотовилихинском районе – 1-е место, в Индустриальном районе – 2-е место и в Свердловском районе – 3-е место, хотя и в других районах города значения КИЗА₅ свидетельствуют о высоком уровне загрязнения атмосферы.

Таблица 2

Значения КИЗА₅ по районам города

Район	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Среднее
Индустриальный	16,8	14,2	13	13,2	4,8	9,1	7	8,3	10,6	11	10,80
Свердловский	12,1	10,7	12,5	12,4	9,2	11,1	11,2	12,3	6,2	9,9	10,76
Мотовилихинский	6,2	10,2	9,1	16,2	13,6	13,9	11,4	11,6	9,4	11,8	11,34
Кировский	5,6	6,9	7,3	9,5	12,7	9,3	6,1	6,1	6,5	9,5	7,95
Ленинский	8,6	9,8	6,6	8,2	10,2	9,6	7	6,2	9,2	7,3	8,27
Орджоникидзевский	8,3	5,2	4,6	11,4	9,8	8,9	8,2	9	6,4	6,4	7,82

Анализ стандартного индекса (табл. 3) подтверждает наличие высокого уровня загрязнения атмосферы, например, такими примесями, как хлористый водород, имеющий тенденцию роста СИ (в 2005 г. величина СИ характеризуется очень высоким уровнем ЗА).

Таблица 3

Значения СИ

Вещество	Годы				
	2002	2003	2004	2005	2006
Взвешенные	1,4	6,0	1,4	1,4	1,6

вещества					
Диоксид серы	0,3	1,1	0,2	0,5	0,3
Оксид углерода	4,2	4,8	3,8	2,8	4,6
Диоксид азота	6,9	5,2	5,9	7,5	6,7
Оксид азота	0,8	3,0	0,2	0,6	0,4
Сероводород	6,3	9,0	6,3	1,5	1,3
Фенол	5,0	3,5	5,0	3,5	5,6
Фтористый водород	1,8	1,6	2,5	2,4	2,8
Хлористый водород	6,5	8,6	4,1	15,5	9,7
Аммиак	2,1	1,4	6,0	3,5	3,2
Формальдегид	5,8	3,7	6,1	4,7	7,3
Бензол	2,8	0,6	0,6	2,2	1,5
Ксилол	1,7	3,3	2,9	1,9	2,7
Толуол	0,5	0,5	0,5	1,6	0,5
Этилбензол	7,0	5,4	4,7	6,0	4,0
Бенз(а)пирен	3,0	3,0	3,9	6,5	7,4

Такая же преимущественная тенденция увеличения СИ отмечена для таких ЗВ, как диоксид азота, формальдегид, бенз(а)пирен.

Таким образом, проведенная оценка КАВ в г. Перми позволила сделать следующие выводы.

1. В течение 12 последних лет в период спада промышленного производства в городе сохранялся высокий уровень хронического длительного загрязнения воздуха во всех районах города. Особенно большое ЗА было в 3 районах: Мотовилихинском, Индустриальном и Свердловском.

2. Положительные стороны системы СМКАВ:

– определение приоритетных ЗВ – формальдегида, диоксида азота, фенола, бенз(а)пирена, хлороводорода в атмосферном воздухе;

– обнаружение некоторого уменьшения величины выбросов и средних годовых концентраций диоксида серы с одновременным увеличением концентраций аммиака – результат ослабления реакций нейтрализации в атмосфере города, дополняющего увеличение выбросов этого ингредиента в атмосферный воздух;

– достаточно частое определение разовых превышений ПДК практически всех веществ, мониторинг которых проводится на ПНЗ (помимо приоритетных ЗВ в атмосферном воздухе). Следовательно, предприятия города превышают разрешенный выброс ВВ (ПДВ) или же не сокращают их в период возникновения АНМУ.

3. Отрицательные стороны СМКАВ:

– отсутствие ночных сроков наблюдений на ПНЗ. В результате этого нет возможности оценить пространственно-временное распределение примесей с необходимым разрешением. Следовательно, затруднено управление КАВ с учетом экспозиции населения и его заболеваемости;

– невозможность определения увеличения концентрации оксида углерода в атмосфере города вследствие роста количества автотранспортных

средств на дорогах города, сопровождающегося заторами, длительными остановками и работой двигателя на холостом ходу у светофора;

– мониторинг приоритетных ЗВ, упомянутый выше, проводится не на всех ПНЗ города, что затрудняет анализ изменений этих ЗВ во времени и пространстве, их недоучет приводит к занижению величины индекса КИЗА, а следовательно, к занижению отмечаемого высокого уровня ЗА;

– мониторинг ЗВ, средний уровень которых не превышает ПДКсс в течение длительного периода наблюдений (взвешенные вещества, диоксид серы, некоторые тяжелые металлы). Следует организовать, например, мониторинг концентраций PM_{10} (мелкие взвешенные частицы диаметром менее 10 микрон), оказывающих крайне опасное воздействие на здоровье человека [1];

– отсутствие подфакельных наблюдений и мониторинга маркерных и приоритетных веществ в жилых кварталах и селитебной территории города;

– отсутствие ПНЗ в самых «нагруженных» автотранспортом центральных районах города (ПНЗ на улице Уральской не отражает реальный уровень ЗА выбросами автотранспорта).

Следует широко использовать результаты расчетного мониторинга системы «Лада», позволяющего дополнительно выделять приоритетные загрязняющие вещества и территории города, на которых необходимы мониторинговые наблюдения с помощью передвижной лаборатории.

Библиографический список

1. *Безуглая Э.Ю.* Воздух городов и его изменения / Э.Ю. Безуглая, Н.В. Смирнова. СПб.: Изд-во «Астерион», 2006. 235 с.

2. *Мониторинг* качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека. Региональные публикации ВОЗ. Европейская серия. 2001. №85. 293 с.

3. *Руководство* по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89. М.: Гидрометеиздат, 1991. 693 с.

4. *Состояние* и охрана окружающей среды Пермской области в 1999 году. Пермь, 2000. 133с.

5. *Состояние* и охрана окружающей среды Пермской области в 2000 году. Пермь, 2001. 118с.

6. *Состояние* и охрана окружающей среды Пермской области в 2001 году. Пермь, 2002. 171с.

7. *Состояние* и охрана окружающей среды Пермской области в 2002 году. Пермь, 2003. 132с.

8. *Состояние* и охрана окружающей среды Пермской области в 2003 году. Пермь, 2004. 184с.

9. *Состояние* и охрана окружающей среды Пермской области в 2004 году. Пермь, 2005. 200с.

10. *Состояние* и охрана окружающей среды Пермской области в 2005 году. Пермь, 2006. 225с.

11. *Состояние и охрана окружающей среды Пермского края в 2006 году*. Пермь, 2007. 231с.

12. *Справка о состоянии атмосферного воздуха города Перми за 2006-2007 гг.* (по данным ГУ Пермский ЦГМС). Администрация города Перми. Муниципальное учреждение «Бюро экологической информации».