

В.С. Комаров¹, Ал-Набелси Талал², В.И. Акселевич², С.Н. Ильин¹

Исследование изменений концентраций вредных загрязняющих веществ в атмосфере Санкт-Петербурга в условиях сложной экологической ситуации

¹ *Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск*

² *Российский государственный гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург*

Поступила в редакцию 30.05.2005 г.

Рассматриваются результаты исследования изменения концентраций вредных загрязняющих веществ в условиях сложной экологической ситуации. В качестве примера анализируется так называемое явление «дымной мглы», накрывшей г. Санкт-Петербург 5 сентября 2002 г.

Введение

Интенсивное развитие промышленности, транспорта и электроэнергетики, наблюдаемое в нашей стране, приводит к постоянному увеличению выброса загрязняющих веществ в атмосферу. Поэтому в настоящее время составной частью мониторинга окружающей среды являются регулярные наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха, которые на территории РФ проводятся более чем на 700 станциях, объединенных в единую Государственную сеть мониторинга загрязнения атмосферы (ГСН). Наблюдения за концентрациями примесей производятся едиными стандартными методами выполнения измерений (стандартные МВИ), правила и программы которых регламентированы [1]. Использование единых программ измерений и методов определения концентраций обеспечивает единство измерений на всей ГСН [2].

Такая система мониторинга, в целом, уже не удовлетворяет современным потребностям государства в информации о состоянии окружающей природной среды. Правда, она может применяться для оперативной работы и создания государственной базы данных, по которой можно было бы выявлять состояние, причины и тенденции изменения параметров окружающей среды. Однако при сложившейся организации ГСН данные о концентрациях загрязняющих веществ имеют, в лучшем случае, суточную задержку. Местные органы власти могут получать информацию о состоянии воздуха постфактум, т.е. за прошедшие дни, но для оперативного мониторинга это не представляет существенной ценности. Экологическую же безопасность населения невозможно обеспечить без оперативного выявления эпизодов наличия высоких уровней концентраций различных примесей, а также аварийных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

При возникновении подобных ситуаций, для принятия своевременных мер по ликвидации отрицательных последствий соответствующими органа-

ми власти, контроль за качеством воздуха должен проводиться в реальном масштабе времени. Решить этот жизненно важный вопрос возможно только с помощью внедрения в ГСН автоматических газоанализаторов (ГА), контролирующих качество воздуха в непрерывном режиме. Введение в состав Государственной сети наблюдения ГА является весьма актуальной задачей, перспективной и практически необходимой для России.

В конце 80-х гг. XX в. были созданы автоматизированные станции контроля загрязнения атмосферного воздуха АНКЭС [3], предназначенные для постоянного контроля за меняющимися во времени и в пространстве характеристиками загрязнения и метеорологическими параметрами воздушного бассейна крупных городов и промышленных центров, а также для оперативного прогнозирования уровней загрязнения. Такая система была введена в нескольких городах СССР. Однако массовое внедрение этих станций в ГСН было прекращено из-за отсутствия финансовых средств в начале 90-х гг. [4].

Наконец, в начале XXI в. в Санкт-Петербурге были созданы восемь автоматизированных станций (на 1.01.2005 их было уже 11, к концу 2005 г. планируется иметь 15), объединенных в единую автоматизированную систему, работа которой контролируется из общего информационно-аналитического центра. Основой станций являются газоанализаторы, сертифицированные как средства измерения. Они серийно выпускаются в Российской Федерации приборостроительным предприятием ЗАО «ОПТЭК». Создание подобной автоматизированной системы контроля загрязнения атмосферного воздуха позволило получить достоверную многолетнюю информацию о состоянии загрязненности воздушного бассейна Санкт-Петербурга, тенденциях и причинах ее изменения. Важным обстоятельством является также то, что наличие непрерывных наблюдений за ходом изменения концентраций вредных загрязняющих примесей, проводимых с интервалом 20 мин, способствует детальному изучению процес-

сов появления и развития сложных (и особенно чрезвычайных) экологических ситуаций, возникающих время от времени на территории города.

В настоящей статье и рассматриваются результаты исследования изменений концентрации вредных загрязняющих примесей в условиях сложной экологической ситуации, возникшей на территории Санкт-Петербурга с 1 по 10 сентября 2002 г. под воздействием мощных дымов. Основной причиной такого явления были объявлены массовые пожары торфяников. Данное явление не удалось своевременно предсказать, и средства массовой информации сообщили о нем постфактум. Не были предсказаны ни начало, ни продолжительность, ни окончание этого явления. Соответственно не сработали оперативно службы МЧС.

Для проведения анализа изменений концентрации (C , $\text{мг}/\text{м}^3$) различных загрязняющих примесей в условиях сложной (нестандартной) экологической ситуации, наблюдаемой в период 1–10 сентября 2002 г., были использованы:

- данные наблюдений за концентрацией оксида углерода (CO), оксида азота (NO), диоксида азота (NO_2) и пыли, полученные с помощью трех автоматических постов контроля загрязнения атмосферного воздуха: № 6 (Гаванская ул.), № 7 (Таврический пр.) и № 8 (ул. Комарова) – с интервалом 20 мин;

- результаты ручных трехсрочных (7, 13 и 19 ч) наблюдений за концентрацией оксида углерода, оксида азота, диоксида азота, аммиака (NH_3), фенола ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$), формальдегида (HCHO) и пыли, проведенных на пяти пунктах мониторинга загрязнения окружающей среды, находящихся в различных районах г. Санкт-Петербурга: № 1 – Петроградский район (ул. Профессора Попова, 78); № 4 и 5 – Калининский район (Гражданский просп., 88 и Полустровский пр., 47); № 7 – Василеостровский район (В.О. 23 линия, 2 а) и № 8 – Московский район (Новоизмайловский пр., 15), причем наблюдения за аммиаком осуществлялись только на трех постах, за оксидом азота – на двух; за формальдегидом – на одном и за фенолом – на двух постах, но лишь два раза в день;

- официальные данные Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности администрации г. Санкт-Петербурга.

Кроме того, для выяснения причин появления и развития сложной экологической ситуации на территории г. Санкт-Петербурга были использованы также:

- данные наблюдений четырех наземных метеорологических станций: Санкт-Петербург, Пушкин, Лисий Нос и Кронштадт, полученные с интервалом 3 ч;

- результаты температурно-ветрового зондирования ст. Воейково, проводимого два раза в сутки (00 и 12 ч по Гринвичу).

Анализ исходных метеорологических данных показывает, что при производстве наблюдений за погодой с интервалом 3 ч за указанный период

времени наблюдались по информации метеостанции Санкт-Петербург, переданной в систему «Weather», следующие явления погоды: дымка – 10 раз, мгла – 12 раз, дым – 4 раза, ливневый дождь – 2 раза (в том числе между сроками). Кроме того, по данным 2-разовых радиозондовых наблюдений установлено, что в утренние часы (пять из которых сопровождались пониженной видимостью) 9 раз наблюдалась приземная инверсия. В рассматриваемый период только 5 раз наблюдалась устойчивая стратификация, а 15 раз неустойчивая.

Важной особенностью рассматриваемого периода являлся также различный характер показаний отдельных станций. Некоторые станции, расположенные в районе городской черты (Пушкин, Лисий Нос, Кронштадт), регистрировали туман. В то же время в Санкт-Петербурге в сроки наблюдений туман не фиксировался, но в качестве погоды между сроками он тоже отмечался, хотя влажность была относительно низкой.

Остановимся теперь на рассмотрении особенностей изменения концентрации некоторых вредных загрязняющих примесей (и, в частности, оксида углерода, оксида азота, диоксида азота и пыли) в период сложной экологической ситуации, наблюдаемой в Санкт-Петербурге с 1 по 10 сентября 2002 г. Для этого обратимся к рис. 1, на котором приведены графики изменения концентрации указанных загрязняющих примесей во времени.

Как следует из рис. 1,а, в рассматриваемый период времени среднесуточное значение концентрации оксида углерода (обозначено как «среднее») превышало предельно допустимое значение (ПДК сс) в 46% случаев. Наибольшее среднесуточное значение наблюдалось 5 сентября 2002 г. и составляло $12,2 \text{ мг}/\text{м}^3$. Максимальное («Max») значение концентрации оксида углерода превышало предельно допустимое максимально разовое значение (ПДК мр) в 76% случаев. Экстремумы максимальных значений наблюдались 6 сентября ($23,37 \text{ мг}/\text{м}^3$) и 9 сентября 2002 г. ($17,4 \text{ мг}/\text{м}^3$).

Из рис. 1,б видно, что за тот же период среднесуточное значение концентрации оксида азота превышало предельно допустимое значение в 17% случаев. Наибольшее среднесуточное значение наблюдалось 8 сентября 2002 г. и составляло $0,086 \text{ мг}/\text{м}^3$. Максимальное значение концентрации оксида азота не превышало предельно допустимое. Максимальное разовое значение наблюдалось 7 сентября 2002 г. и равнялось $0,384 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Из рис. 1,в видно, что среднесуточное значение концентрации диоксида азота превышало предельно допустимое значение в 53% случаев. Наибольшее среднесуточное значение наблюдалось 5 сентября 2002 г. и составляло $0,092 \text{ мг}/\text{м}^3$. Минимальное значение средней концентрации за данный период наблюдалось 1 сентября 2002 г. и равнялось $0,021 \text{ мг}/\text{м}^3$. Максимальное значение концентрации диоксида азота превышало предельно допустимое значение в 38% случаев. Мак-

симальное значение наблюдалось 5 сентября

2002 г. (0,165 мг/м³).

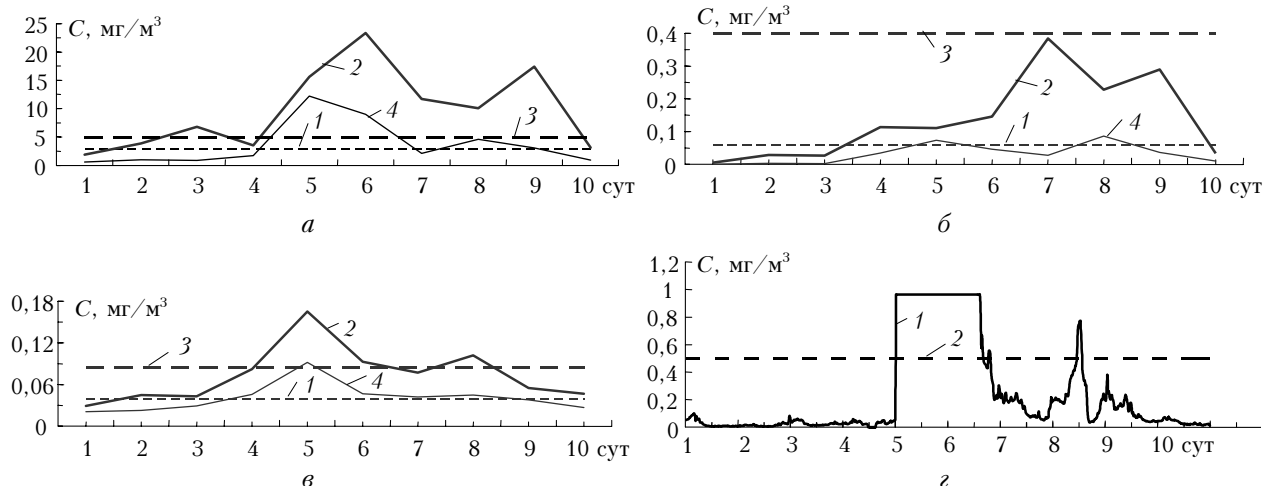


Рис. 1. График изменения концентрации оксида углерода (а); оксида азота (б); диоксида азота (е); пыли (z) во времени: а, б, е – 1 – ПДК сс, 2 – Max; 3 – ПДК мр; 4 – среднее; z – 1 – пыль, 2 – ПДК мр

Сложнее всего оказалась ситуация с пылью, концентрация которой получена по данным поста № 8. Действительно, если среднесуточное значение концентрации пыли превышало предельно допустимое значение в 20% случаев и имело один максимум (0,965 мг/м³), наблюдаемый 5 и 6 сентября, то максимальное разовое ее значение имеет уже два пика превышения ПДК мр (рис. 1, z), первый из которых (0,965 мг/м³) приходится на 5–6 сентября, а второй (0,54–0,77 мг/м³) – на 11–13 ч 8 сентября 2002 г.

По данным наблюдений за концентрациями СО, NO, NO₂, пыли и озона (O₃), в избранный отрезок времени наблюдалось превышение максимальных разовых концентраций СО, NO₂ и пыли. При этом периоды такого превышения далеко не всегда совпадают, что хорошо видно из табл. 1, данные которой получены для поста № 7 «авто» (подобные посты находятся вблизи автомагистралей или в районах с интенсивным движением транспорта) и поста № 8 «городского фонового», т.е. находящегося в жилом районе.

Анализ табл. 1 показывает, что наиболее длительные периоды повышения концентраций загрязняющих веществ относительно максимальных разовых отмечались для СО 4–6 сентября в течение 39 ч, для NO₂ 5 сентября в течение 5 ч и для пыли 5–6 сентября в течение 29 ч подряд.

Если обратиться к синоптической ситуации, то оказывается, что 4–6 сентября в районе Санкт-Петербурга наблюдался малоподвижный и достаточно мощный антициклон, который обуславливал соответствующую погоду (табл. 2).

Получается, что дымная мгла возникла при слабом юго-восточном ветре и устойчивой стратификации. Возникновение же неустойчивой стратификации и конвективных потоков, а потом усиление сначала юго-западного ветра и в дальнейшем его поворот к западу и северо-западу способствовали рассасыванию дымной мглы. Но даже прогноз изменения вида стратификации и изменения ветра при его малой скорости достаточно сложен, когда встает вопрос о дымной мгле.

Таблица 1

Периоды превышения максимальной разовой концентрации некоторых загрязняющих веществ в Санкт-Петербурге 1–10 сентября 2002 г.

Загрязнители	СО	NO ₂	Пыль
ПДК мр, мг/м ³	5,0	0,085	0,5
Пост № 7	23 ⁴⁰ 4 IX – 14 ⁴⁰ 6 IX	06 ⁰⁰ – 10 ⁰⁰ 5 IX 11 ⁰⁰ 6 IX	20 ²⁰ 4 IX – 14 ⁰⁰ 5 IX
	23 ⁴⁰ 7 IX – 04 ⁴⁰ 8 IX	11 ⁴⁰ 6 IX – 12 ⁰⁰ 6 IX	08 ⁴⁰ 8 IX – 13 ²⁰ 8 IX
	09 ⁰⁰ 8 IX – 12 ²⁰ 8 IX	13 ⁴⁰ 6 IX – 14 ⁴⁰ 6 IX	08 ⁰⁰ 9 IX – 09 ²⁰ 9 IX
	23 ⁰⁰ 8 IX	11 ²⁰ 8 IX – 13 ⁴⁰ 8 IX	
	09 ⁰⁰ 9 IX – 09 ⁴⁰ 9 IX	11 ⁰⁰ 9 IX – 11 ²⁰ 9 IX	
Пост № 8	05 ⁴⁰ 3 IX	10 ²⁰ 5 IX – 15 ²⁰ 5 IX	10 ²⁰ 5 IX – 15 ⁴⁰ 6 IX
	00 ⁰⁰ 5 IX – 14 ⁴⁰ 6 IX	16 ²⁰ 5 IX – 17 ⁰⁰ 5 IX	18 ²⁰ 6 IX – 19 ⁰⁰ 6 IX
	09 ⁰⁰ 7 IX	17 ⁴⁰ 5 IX – 18 ⁰⁰ 5 IX	11 ⁰⁰ 8 IX – 13 ⁰⁰ 8 IX
	22 ⁰⁰ 7 IX – 01 ⁴⁰ 8 IX	11 ⁰⁰ 6 IX – 12 ²⁰ 6 IX	
	03 ⁰⁰ 8 IX	14 ⁰⁰ 6 IX – 14 ²⁰ 6 IX	
	04 ²⁰ 8 IX – 06 ⁰⁰ 8 IX	11 ⁰⁰ 8 IX – 12 ²⁰ 8 IX	
	07 ⁰⁰ 8 IX – 12 ²⁰ 8 IX		
	22 ²⁰ 8 IX – 23 ⁰⁰ 8 IX		
	00 ⁴⁰ 9 IX		
	07 ²⁰ 9 IX – 10 ⁰⁰ 9 IX		

Некоторые метеоусловия в период 4–6 сентября 2002 г. в Санкт-Петербурге

Дата	Время, ч	Ветер		Инверсия приземная		Явления погоды		Стратификация
		направление	скорость, м/с	мощность, м	интенсивность, °С	явление в срок/между сроками	Видимость, км	
04.09.02	00	штиль		405	0,5	–	10	уст.
	12	ЮЗ	2	–	–	–	10	неуст.
05.09.02	00	ЮВ	1	242	3,0	дым	2	уст.
	12	ЮВ	1	–	–	мгла	0,2	уст.
06.09.02	00	штиль		250	2,2	мгла	0,2	неуст.
	12	ЮЗ	2	–	–	мгла	1	неуст.

При анализе изменения загрязненности атмосферного воздуха, о результатах которого говорилось выше, данные разовых значений концентраций сравнивались с ПДК максимальной разовой (ПДК мр), а средних значений – со среднесуточной ПДК (ПДК сс).

На практике принято [5], что случаи, когда содержание одного или нескольких веществ превышает максимальную разовую предельно допустимую концентрацию:

– в 20–29 раз при сохранении этого уровня более 2 сут;

– в 30–49 раз при сохранении этого уровня от 8 ч и более;

– в 50 и более раз

квалифицируются как экстремально высокое загрязнение атмосферного воздуха (ЭВЗ), а в 10 и более раз – как высокое загрязнение (ВЗ).

В сентябре 2002 г. уровень загрязнения воздуха в целом по городу отмечался как «высокий». Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносили диоксид азота и взвешенные вещества. Значение стандартного индекса (СИ), представляющего собой наибольшую измеренную за короткий период (20 мин) концентрацию загрязняющей примеси, нормированную на ПДК этой примеси [1, 6], составило для диоксида азота 9,8, а для взвешенных веществ 7,8. Повторяемость превышения ПДК мр концентрациями диоксида азота и взвешенных веществ составила 28,3 и 22,9% соответственно. Средний уровень загрязнения воздуха взвешенными веществами составил 2,8 ПДК сс, диоксидом азота – 1,8 ПДК сс. Уровень загрязнения воздуха такими примесями, как фенол, хлористый водород, аммиак, – «повышенный». Значения СИ для этих веществ составили 3,2; 1,6 и 3,9 соответственно.

Загрязненность воздуха во всех районах города, где проводились наблюдения за содержанием в нем диоксида серы, оксида азота, сероводорода, была незначительной: средние за месяц и разовые значения концентраций не превышали установленных норм. Содержание тяжелых металлов в воздухе города не превышало ПДК.

В сентябре 2002 г. загрязненность атмосферного воздуха продолжала оставаться самой высокой в городе в Центральном, Калининском и Кировском районах.

Таким образом, проведенные исследования и анализ хода синоптической ситуации и погодных условий, а также построенные графики и таблицы, иллюстрирующие изменение метеопараметров и показателей загрязнения атмосферы, позволили выявить главные особенности и причины загрязненности атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге в условиях сложной экологической ситуации. Кроме того, полученные результаты позволяют сформировать некоторые общие выводы, касающиеся организации и ведения экологического мониторинга на уровне мегаполиса, а именно:

1. Система мониторинга состояния окружающей среды в целом и атмосферного воздуха, в частности, должна быть многоуровневой, с удобным циркулярным и оперативным обменом информацией сверху вниз и сбором информации снизу вверх.

2. Каждый пост должен быть оснащен средствами связи (лучше мобильной и компьютерной) для организации оперативного обмена информацией.

3. Минимальный комплект датчиков должен включать анализаторы, позволяющие в экспресс-режиме определять концентрацию SO_2 , NO_x , CO , сажи, O_3 и пыли.

4. Необходима разработка приборов, улавливающих запах гари и дыма и количественно определяющих степень загрязнения воздушного пространства, приводящего к нарушению комфортного состояния человека и вызывающего резкий рост астматических приступов.

Создание подобной системы позволит исключить неожиданное возникновение сложных экологических ситуаций, подобных сложившейся в Санкт-Петербурге 1–10 и особенно 5 сентября 2002 г., и реально защитить здоровье населения в условиях сильного загрязнения.

1. *Руководство по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.186-189. М., 1991. С. 3–120.*

2. Закон РФ «Об единстве средств измерений». Ведомости Съезда народных депутатов Российской Федерации и Верховного Совета Российской Федерации. № 23. 10 июня 1993 г. М.: Издание Верховного Совета Российской Федерации.
3. Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Охрана окружающей среды. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 423 с.
4. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология. М.: Логос, 2000. 407 с.
5. Порядок подготовки и представления информации общего назначения о загрязнении окружающей природной среды: Приказ Росгидромета № 156 от 31.10.2000.
6. Исаев А.А. Экологическая климатология. М.: Научный мир, 2001. 458 с.

V.S. Komarov, Al-Nabelsi Talal, V.I. Akselevich, S.N. Il'in. **Research of changes in concentrations of harmful pollutants substances in the atmosphere of Saint Petersburg under the conditions of an extreme ecological situation.**

Results of research of change in the concentration of harmful pollutants under the conditions of an extreme ecological situation are considered. As an example, the so-called phenomenon of a «smoky haze», covering Saint Petersburg on September, 5, 2002, is analyzed.