

Е.О. Лазарева, Е.С. Попова

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ АНТРОПОГЕННЫХ ПРИМЕСЕЙ ВОЗДУХА Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА ЗА ПЕРИОД ВРЕМЕНИ С 1980 ПО 2012 Г. (НА ПРИМЕРЕ ОКСИДА УГЛЕРОДА, ДИОКСИДА АЗОТА, ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ)

E.O. Lazareva, E.S. Popova

FEATURES OF SPATIAL-TEMPORAL DYNAMIC OF ANTHROPOGENIC IMPURITIES OF AIR IN ST. PETERSBURG DURING THE PERIOD OF 1980–2012 (ON THE EXAMPLE OF CARBON OXIDE, NITROGEN DIOXIDE, SUSPENDED PARTICLES)

Рассмотрено влияние синоптических ситуаций на распространение загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Составлен массив данных, содержащий информацию о концентрациях загрязняющих воздух г. Санкт-Петербурга веществ за период времени с 1980 по 2012 г. Проанализированы годовой ход концентраций ряда загрязняющих веществ; пространственно-временная динамика их среднегодовых концентраций.

Ключевые слова: атмосферный воздух, оксид углерода, диоксид азота, взвешенные вещества, геоэкология, автотранспорт.

The influence of synoptic situations on the distribution of polluting substances in the atmospheric air was considered. Air pollutant concentration dataset for the period of 1980 to 2012 was compiled. Annual pollutant concentration variation and spatial-temporal dynamic of their average annual concentration were analyzed.

Key words: atmospheric air, carbon oxide, nitrogen dioxide, suspended particles, geocology, motor transport.

В современном мире геоэкологические проблемы крупных городов приобретают первостепенное значение [4]. Так, к числу приоритетных проблем, связанных с негативным воздействием общества на окружающую среду, относится проблема загрязнения атмосферного воздуха крупных городов. При этом ухудшение экологического состояния воздушного бассейна городов в начале XXI в. происходит на фоне снижения интенсивности промышленной деятельности, что свидетельствует о возрастании роли автотранспорта как ведущего источника загрязнения атмосферного воздуха крупных городов [13]. Для г. Санкт-Петербурга ухудшение экологического состояния воздушного бассейна имеет особое значение, так как оказывает влияние на здоровье жителей города.

Целью данного исследования является анализ особенностей временной изменчивости ряда антропогенных примесей атмосферного воздуха г. Санкт-Петербурга. Для достижения поставленной цели ставятся следующие задачи:

- рассмотреть основные источники загрязнения атмосферного воздуха города;
- ознакомиться с современными технологиями мониторинговых исследований состояния и загрязнения атмосферного воздуха города;

- рассмотреть влияние синоптических условий на распространение загрязняющих веществ в атмосферном воздухе;
- проанализировать годовой ход концентраций ряда загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города;
- проанализировать динамику изменений концентраций ряда загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города.

Уровень загрязнения воздушного бассейна города определяется выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных и передвижных источников. Основной вклад в выбросы стационарных источников создают предприятия электроэнергетики, жилищно-коммунального хозяйства и машиностроения. Среди передвижных источников загрязнения атмосферного воздуха выделяют автотранспорт, выбросы которого в г. Санкт-Петербурге превышают выбросы от стационарных источников и составили в 2011 г. 85 % (374,8 тыс. т) всех антропогенных выбросов [9]. Тенденция увеличения выбросов от автотранспорта обусловлена количеством транспортных средств, пропускной способностью магистралей, техническим состоянием автотранспорта и экологическим качеством продаваемого топлива [2].

Для России средний возраст автотранспортных средств значителен и составляет, согласно данным отдела аналитики АА «АВТОСТАТ», более 10 лет [14]. По данным государственной инспекции безопасности дорожного движения (ГИБДД) прирост автомобильного парка г. Санкт-Петербурга составляет, в среднем, 7–10 % в год.

Основным видом моторного топлива является бензин и дизельное топливо (доля автобусов в дизтопливе составляет примерно 62 %, легкового автотранспорта — около 6 %). По экологическому классу топлива Россия существенно отстает от стран Евросоюза, пребывая в стадии плавного перехода на «Евро-5». Отрабатанные газы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) содержат как нетоксичные (водяной пар, углекислый газ), так и токсичные вещества. К числу последних относят: оксид углерода (CO), оксиды азота (NO_x), углеводороды (C_nH_m), диоксид серы (SO_2), а также такие канцерогенные вещества, как сажа, бенз(а)пирен и альдегиды [1].

В целом, выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух города как от стационарных источников, так и от автотранспорта продолжают увеличиваться. Необходимость осуществления постоянного экологического мониторинга атмосферного воздуха в городской среде очевидна и обоснована современными требованиями к качеству окружающей среды.

В работе изучены данные дискретных наблюдений за состоянием атмосферного воздуха Государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды, принадлежащих Федеральному государственному бюджетному учреждению «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБУ «Северо-Западное УГМС»), за период времени с 1980 по 2012 г. Наблюдения осуществлялись на 10 стационарных постах службы, расположенных в 8 административных районах города [9]. Адреса расположения и районная принадлежность постов отражена в табл. 1 [3], по данным которой построена карта-схема, представленная рис. 1. Сеть работает в соответствии с требованиями РД 52.04.186-89 [7].

Таблица 1

Адреса расположения стационарных постов наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха Санкт-Петербурга [3]

№ п/п	Адрес	Район
1	ул. Профессора Попова, д.78	Петроградский
2	ул. Будапештская, д.39	Фрунзенский
4	пр. Гражданский, д.88	Калининский
5	пр. Полостровский, д.47	
6	ул. Инженерная, д.6	Центральный
7	Васильевский остров, 23 линия, д.2а	Василеостровский
8	пр. Новоизмайловский, д.15	Московский
10	пл. Александра Невского	Центральный
12	ул. Отважных, д.6	Красносельский
27	пр. Металлистов, д.3	Красногвардейский



Рис. 1. Карта-схема расположения стационарных постов ФГБУ «Северо-Западное УГМС» наблюдений за загрязнением атмосферного воздуха Санкт-Петербурга

Посты подразделяются на «городские фоновые» в жилых районах (посты № 1, 2, 6, 8, 12); «авто» — вблизи автомагистралей или в районах с интенсивным движением транспорта (посты № 4, 5, 7, 10) и промышленные (пост № 27). Это деление является условным, так как застройка города и размещение предприятий не позволяют произвести чёткое распределение постов. Посты № 1, 4, 8, 27 принято считать опорными; № 2, 5, 6, 7, 12 — неопорными.

На постах осуществляются измерения следующих соединений: взвешенные вещества, диоксид серы, растворимые сульфаты, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, бенз(а)пирен, специфические примеси (сероводород, фенол, хлористый водород, аммиак, формальдегид, бензол, ксилолы, толуол, этилбензол).

Для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха г. Санкт-Петербурга в рамках данного исследования выбраны следующие загрязняющие вещества: оксид углерода, диоксид азота, взвешенные вещества, так как данный набор веществ, являясь продуктами неполного сгорания топлива в ДВС автотранспортных средств, по мнению авторов, вносит основной вклад в выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух города. Так, за 2011 г. из 374,8 тыс. т общих выбросов от автотранспорта на оксид углерода пришлось 296,6 тыс. т, диоксид азота 36,2 тыс. т [9]. Кроме того, указанные вещества оказывают отравляющее, высокотоксичное воздействие на организм человека.

Взвешенные вещества, в свою очередь, представляют собой частицы, которые способны находиться во взвешенном состоянии в течение суток; различны как по химическому составу, так и по происхождению. Особое внимание на сегодняшний день привлекают мелкодисперсные взвешенные частицы диаметром менее 10 мкм (PM_{10}) и менее 2,5 мкм ($PM_{2,5}$), на долю которых приходится порядка 40–70 % общего числа взвешенных веществ [11], что связано с особо вредоносным их воздействием на здоровье человек.

Критерием оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха являются предельно допустимые концентрации (ПДК), значения которых (максимально разовой и среднесуточной) для выбранных соединений отражены в табл. 2 [5, 6].

Таблица 2

Значения ПДК для оксида углерода, диоксида азота и взвешенных веществ [5, 6]

Норматив	Соединение			
	СО	NO ₂		Взвешенные вещества
		до 01.02.2006	с 01.02.2006	
ПДК _{мр} , мг/м ³	5	0,085	0,2	0,5
ПДК _{сс} , мг/м ³	3	0,04		0,15

Установлено, что на уровень загрязнения атмосферного воздуха существенное влияние оказывают синоптические ситуации и характерные для них метеорологические условия. Так, согласно результатам исследований Л.Р. Сонькина, повышенному уровню концентраций примесей в городском воздухе способствуют следующие синоптические ситуации: безградиентное поле, антициклоническая кривизна изобар, тёплая воздушная масса, адвекция тепла в тропосфере. Циклоническая ситуация, ложбина

циклона, прохождение холодного фронта, сопровождающиеся усилением ветра и осадками, в свою очередь, способствуют формированию «сравнительно чистого» атмосферного воздуха [8].

Как известно, климат Санкт-Петербурга носит преимущественно морской характер. Сезонно выделяют весенне-летний и осенне-зимний периоды года. В целом, осенне-зимний период для Санкт-Петербурга характеризует активная циклоническая деятельность, сопровождающаяся увеличением проходящих через город атмосферных фронтов. В весенне-летний период, напротив, количество и интенсивность циклонов уменьшается, в то же время, согласно многолетним наблюдениям на аэродромах города, возрастает повторяемость (более 50 %) антициклонов и малоградиентных барических полей. Как правило, установлению антициклона сопутствует комплекс атмосферных явлений, препятствующий рассеиванию загрязняющих веществ: слабый ветер, инверсии температуры, туманы.

Основными метеорологическими параметрами, в общем, оказывающими влияние на диффузию примесей, являются скорость и направление ветра, вертикальное распределение температуры воздуха, явления погоды (туманы, осадки). Рассмотрим вышеперечисленные параметры и их внутригодовую динамику для г. Санкт-Петербурга. Так, ветровой режим города характеризуется преимущественно западным, юго-западным и южным направлениями, совокупная повторяемость которых за год превышает 50 %. Ветра восточных и северных направлений в г. Санкт-Петербурге наблюдаются реже. При этом западный ветер способствует очищению воздушного бассейна города, а юго-восточный и восточный — напротив, препятствуют. Для Санкт-Петербурга, в целом, средние скорости ветра составляют 2–5 м/с. В течение года, в среднем, скоростям 0–5 м/с соответствует юго-западное направление, 5–15 м/с — южное, более 15 м/с — юго-восточное, повторяемость которых минимальна и носит, преимущественно, порывистый характер. Холодный период года характеризуется усилением скорости ветра, с максимальными значениями в ноябре; в теплый период, напротив, скорости ветра ослабевают, штилевые значения преобладают в июле, августе.

Ранее выявлено формирование повышенного загрязнения воздуха при устойчивой стратификации нижнего слоя атмосферы, при наличии инверсий (приземных и приподнятых). Явление инверсии отмечают в случаях, когда температура воздуха нехарактерно увеличивается с высотой. Инверсионный слой препятствует вертикальному перемешиванию воздуха, задерживая, таким образом, рассеивание примеси в атмосфере, что, особенно при штилевых условиях, способствует возникновению явления застоя воздуха, что обуславливает высокий уровень загрязнения воздушного бассейна. Следует отметить, что в условиях застоя воздуха за счет скопления примесей усиливается эффект так называемого городского острова тепла. Кроме того, повышение температуры воздуха также влечёт повышение уровня загрязнения атмосферного воздуха. Увеличение числа инверсий наблюдается, как правило, при антициклонической погоде. В годовом ходе метеопараметров г. Санкт-Петербург, согласно многолетним наблюдениям, максимальному количеству дней с инверсией, соответствует максимальное количество дней со штилем — весна, лето.

В ряде публикаций отмечается факт очищения атмосферы от примесей осадками. Однако эффект вымывания наблюдается лишь вне зоны прямого воздействия

источников. Примеси удаляются из атмосферы не только осадками, но и облаками за счёт поглощения каплями или кристаллами. В связи с этим при низкой облачности поглощается приземная часть городской шапки, уменьшая приземную концентрацию примесей. С другой стороны, летом в облачную погоду ослаблен турбулентный обмен, в результате чего может отмечаться повышенное загрязнение воздуха, обусловленное низким выбросами. В туманах, так же как и в облаках, происходит поглощение примесей каплями. Однако эти примеси вместе с каплями остаются в приземном слое воздуха, где создают тем самым значительное скопление вредных веществ.

В процессе изучения данных наблюдений за состоянием атмосферного воздуха ФГБУ «Северо-Западное УГМС» города за период времени с 1980 по 2012 г. по выбранным загрязняющим веществам авторами были отобраны среднемесячные и максимальные концентрации (с обозначением даты и срока) для каждого поста. Полученные данные составили электронный массив, который использовался для реализации цели исследования.

Среднемесячные концентрации загрязняющих веществ в целом по городу представляют собой совокупность подобных концентраций по всем функционирующим постам каждого из 12 месяцев. Совокупность среднемесячных концентраций загрязняющих веществ каждого из 12 месяцев, в целом по городу, за период с 1980 по 2012 г., в свою очередь, отражает осреднённый за 33 года годовой ход концентраций каждого из загрязняющих веществ. Полученные данные представлены в графическом виде на рис. 2.

Рассмотрим тенденции годового хода среднемесячных концентраций ряда антропогенных примесей воздуха г. Санкт-Петербурга за 1980–2012 гг.

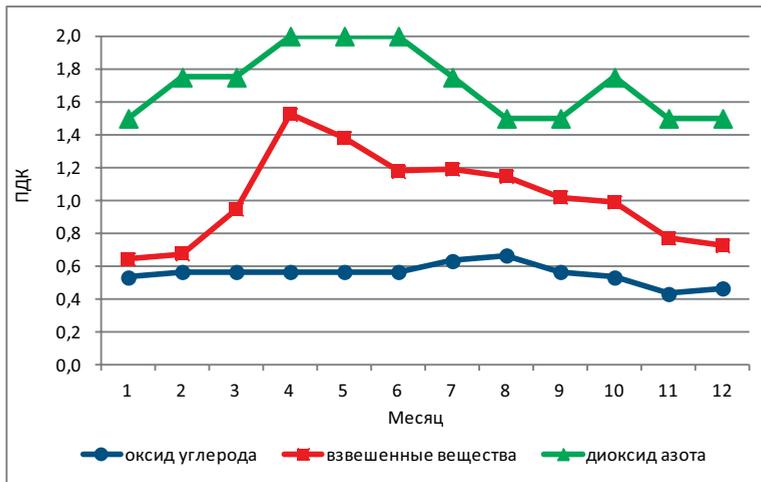


Рис. 2. Годовой ход среднемесячных концентраций, нормированных на ПДК загрязняющих веществ, по г. Санкт-Петербургу, в течение периода с 1980 по 2012 г.

Согласно данным графика годового хода среднемесячных концентраций загрязняющих веществ, представленного на рис. 2, в течение года за период времени с 1980 по 2012 г. максимум указанных выше значений наблюдается для диоксида азота и взвешенных веществ в весенне-летний период, для оксида углерода — в летний (июль,

август); минимум — в осенне-зимний. Причины такого распределения загрязнения воздуха в годовом ходе объясняются закономерностями смены синоптических ситуаций и метеорологических условий, характерных для них. В частности, весенне-летний период года, как было описано ранее, характеризуется для г. Санкт-Петербурга преобладанием антициклонов и малоградиентных барических полей, что сопровождается ослаблением скоростей ветра, а также увеличением повторяемости его штилевых значений; ростом температуры атмосферного воздуха и увеличением повторяемости случаев инверсии, что способствует накоплению загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Комплекс указанных метеопараметров особенно неблагоприятно сказывается на рассеивании примесей от источников, согласно классификации Л.Р. Сонькина, с низкими неорганизованными выбросами, которые, в свою очередь, вносят основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха города (автотранспорт (85 %) [8]. Кроме того, следует учитывать факт увеличения на улицах города в весенне-летний период количества индивидуальных автотранспортных средств.

В осенне-зимний сезон чаще формируются синоптические условия, препятствующие накоплению загрязняющих атмосферный воздух веществ, так как указанный выше период времени характеризуется усилением циклонической активности, сопровождающейся усилением ветра и обильными осадками, вымывающими загрязняющие вещества.

Особенности годового распределения взвешенных веществ, наряду с указанными причинами, зависят от наличия или отсутствия снежного покрова. В апреле к известным источникам загрязнения атмосферного воздуха добавляются взвешенные вещества, которые поднимаются с оголённых после схода снега поверхностей; зимой, напротив, подстилающая поверхность, как правило, укутана плотным слоем снега, предотвращая, тем самым дополнительный источник загрязнения.

Совокупность среднемесячных концентраций загрязняющих веществ за все 12 месяцев в году по всем функционирующим постам представляет собой среднегодовую концентрацию загрязняющих веществ в целом по городу. Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ за период времени с 1980 по 2012 г. по г. Санкт-Петербургу отражены в графическом виде на рис. 3.

Рассмотрим динамику и тенденции межгодовой изменчивости среднегодовых концентраций изучаемых антропогенных примесей воздуха г. Санкт-Петербурга за 1980–2012 гг.

При анализе графика (рис. 3) межгодовых изменений средних концентраций оксида углерода следует отметить, что за весь изучаемый период времени (1980–2012 гг.) их значения не превышали ПДК. Анализ графика (рис. 3) особенностей распределения межгодовых изменений средних концентраций диоксида азота над ПДК показывает, что за весь изучаемый период времени среднегодовые концентрации диоксида азота в воздухе превышали санитарную норму. Данное положение вызвано высоким количеством автотранспортных средств, качеством используемого топлива (отставание от стран Евросоюза), отсутствием систем очистки выхлопных газов (установка нейтрализаторов) [2]. Исключения составляют 1984 г. (0,8 ПДК) — минимальная среднегодовая концентрация диоксида азота за весь период времени; 1981, 1985, 1986 гг. (1,0 ПДК). В эти годы отмечено особенно частое преобладание ветров западной четверти, что способствует очищению городского воздуха г. Санкт-Петербург [12]. Максимальная среднегодовая концентрация диоксида азота была отмечена в 1998 г. (2,9 ПДК).



Рис. 3. Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ, нормированные на ПДК, по г. Санкт-Петербургу в течение периода наблюдений с 1980 по 2012 г.

Рассмотрим подробно причины указанного выше превышения концентрации диоксида азота на примере 1998 г. Так, анализ годового хода диоксида азота за 1998 г. (рис. 4), показывает, что наивысшие значения концентраций как среднемесячной, так и максимальной за месяц отмечены в июне. По данным городских наблюдений за диоксидом азота в течение июня 1998 г. максимальная его концентрация ($1,64 \text{ мг/м}^3$) была зафиксирована в Центральном районе (пост № 10) 15 июня в 13:00 ч. Авторами был выполнен анализ архивных данных карт приземных барических образований над Европой [15]. В результате данного анализа выявлена синоптическая ситуация, которая 15 июня 1998 г. определила высокое загрязнение воздуха диоксидом азота в городе: Санкт-Петербург находился в зоне тёплого сектора циклона, как показано на рис. 5.

Для тёплого сектора циклона характерны следующие погодные параметры, способствующие аккумуляции загрязняющих веществ в воздухе: низкая слоистая облачность и туманы адвективного происхождения.

При дальнейшем анализе графика (рис. 3) межгодовых изменений превышения средних концентраций взвешенных веществ над ПДК выявлено, что за весь изучаемый период времени их значения колебались, то превышая уровень в 1,0 ПДК, то понижая значения до санитарной нормы; при этом максимум наблюдался в 2002 г. (1,8 ПДК), когда над Европейской частью России в летние месяцы отсутствовали осадки, а температура воздуха превышала многолетнюю норму.

Рассмотрим годовой ход загрязнения атмосферного воздуха города взвешенными веществами в 2002 г. Согласно данным графика (рис. 6), в августе 2002 г. отмечены наивысшие значения концентраций взвешенных веществ как среднемесячной, так и максимальной, при этом среди максимальных концентраций наивысшая зафиксирована на посту № 5 (Калининском районе) и составила $4,9 \text{ мг/м}^3$.



Рис. 4. Годовой ход среднемесячных и максимальных концентраций диоксида азота г. Санкт-Петербург, в течение 1998 г.

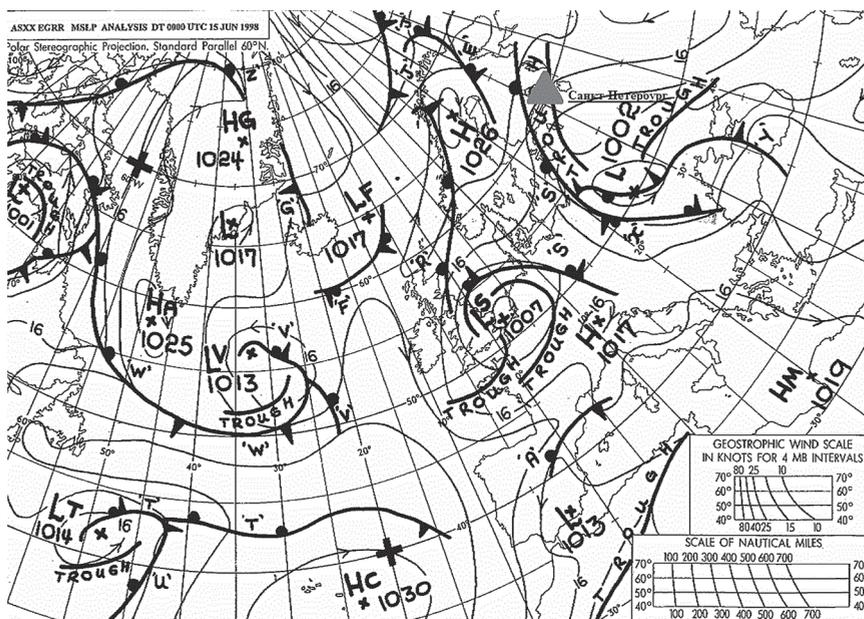


Рис. 5. Карта приземных барических образований над Европой 15 июня 1998 г., за срок 04:00 (00:00 UTC) [15]



Рис. 6. Годовой ход среднемесячных и максимальных концентраций взвешенных веществ г. Санкт-Петербург, в течение 2002 г.

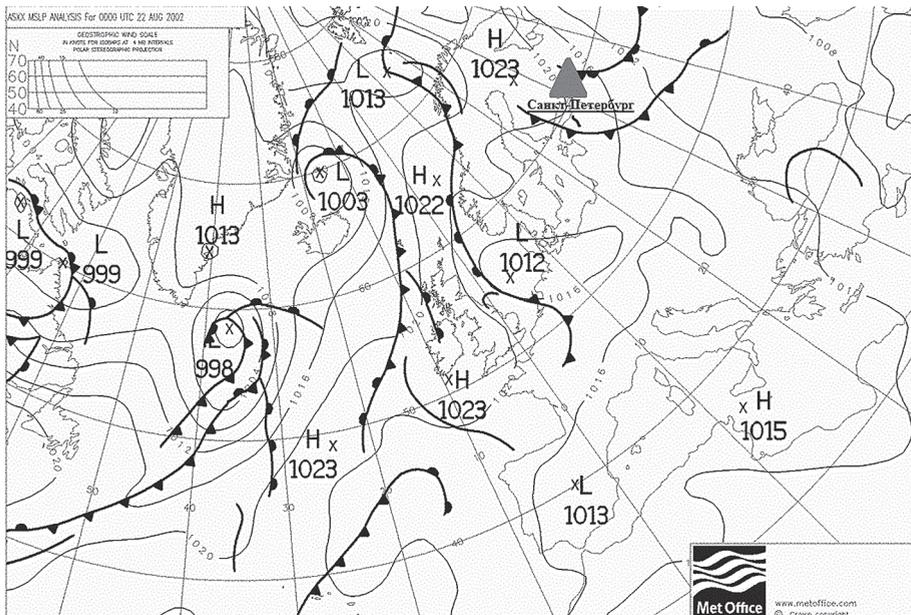


Рис. 7. Карта приземных барических образований над Европой 22 августа 2002 г., за срок 04:00 (00:00 UTC) [15]

Как известно, на территории Калининского района преобладают промышленные объекты (теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) 17, объединённое акционерное общество (ОАО) «ЛОМО», акционерное общество (АО) «Красный выборжец» и другие), кроме того, по территории района проходит более десяти крупных автомагистралей, 5 железнодорожных станций и Финляндский вокзал. Поэтому на протяжении всего изучаемого периода значения концентраций взвешенных веществ на посту № 5 существенно превышали значения концентраций на других постах.

Дальнейший анализ максимальных концентраций взвешенных веществ августа 2002 г. позволяет отметить пост № 7 (Василеостровский район), где 22 августа в 07:00 зафиксировано значение 2,4 мг/м³. Согласно данным рис. 7, отражающего синоптическую ситуацию 22 августа 2002 г., г. Санкт-Петербург находится в области антициклона, что обуславливает повышенные концентрации загрязнения атмосферного воздуха города взвешенными веществами. Кроме того, по состоянию на 23 августа 2002 г. в Ленинградской области было зафиксировано 1185 лесных пожаров, которыми было охвачено 1378 Га [10], при этом выбросы продуктов горения также оказывали влияние на формирование концентрации взвешенных веществ в этот период.

Таким образом, существует ряд причин синоптического характера, определяющих концентрацию примесей в городском воздухе. Они находятся в сложном взаимодействии друг с другом, влияя на особенности распространения выбросов в городе.

В заключении подводятся основные итоги исследования. В числе которых следующие:

1. В результате изучения годового хода загрязняющих веществ (оксид углерода, диоксид азота, взвешенные вещества) за период времени с 1980 по 2012 г. в целом по г. Санкт-Петербургу выявлено, что наибольшие концентрации указанных выше веществ приходятся на весенне-летний период, главным образом, в связи с сезонными изменениями как синоптической ситуации, так и погодных условий в целом.
2. Изучение межгодовой изменчивости рассматриваемых загрязняющих веществ за период с 1980 по 2012 г. по г. Санкт-Петербургу позволяет отметить снижение их концентраций после 1980-х гг., что объясняется спадом промышленного производства. Дальнейшие колебания концентраций загрязняющих веществ обуславливаются особенностями установления той или иной синоптической ситуации, а также погодными условиями.
3. В числе синоптических ситуаций, влияющих на накопление антропогенных примесей в воздухе г. Санкт-Петербурга, в частности, диоксида азота и взвешенных веществ следующие: пребывания территории города в зоне тёплого сектора циклона; установление антициклонального режима.

Литература

1. *Денисов В.Н., Роголёв В.А.* Проблемы экологизации автомобильного транспорта. — СПб.: Изд. МАНЭБ, 2005. — 312 с.
Denisov V.N., Rogal'ev V.A. Problemy ekologizatsii avtomobil'nogo transporta. — SPb.: Izd. MANEB, 2005. — 312 s.
2. *Дмитриев А.Л., Милутина Е.О.* Влияние автотранспорта на экологическое состояние городской среды Санкт-Петербурга. // Ученые записки РГГМУ, 2012, № 26, с.190–196.
Dmitriev A.L., Milyutina E.O. Vliyaniye avtotransporta na ekologicheskoye sostoyaniye gorodskoy sredy Sankt-Peterburga. // Uchenye zapiski RGGMU, 2012, № 26, s.190–196.

3. Информационный бюллетень загрязнённости атмосферного воздуха и водных объектов Санкт-Петербурга за 2004 г. Бюллетень. — СПб.: 2004. — 27 с.
Informatsionnyy byulleten' zagryaznyennosti atmosfernogo vozdukha i vodnykh ob'ektov Sankt-Peterburga za 2004 g. Byulleten'. — SPb.: 2004. — 27 s.
4. *Музалевский А.А., Яйли Е.А.* Комплексная оценка геоэкологической обстановки в крупных городах и промышленных зонах. // Ученые записки РГГМУ, 2006, № 3, с.98–109.
Muzalevskiy A.A., Yayli E.A. Kompleksnaya otsenka geoekologicheskoy obstanovki v krupnykh gorodakh i promyshlennykh zonakh. // Uchenye zapiski RGGMU, 2006, № 3, s.98–109.
5. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест: ГН 2.1.6.695-98.
Predel'no dopustimyye kontsentratsii (PDK) zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfernom vozdukhel naselennykh mest: GN 2.1.6.695-98.
6. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест, дополнения и изменения 2 к ГН 2.1.6.1338-03: ГН 2.1.6.1983-05.
Predel'no dopustimyye kontsentratsii (PDK) zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfernom vozdukhel naselennykh mest, dopolneniya i izmeneniya 2 k GN 2.1.6.1338-03: GN 2.1.6.1983-05.
7. Руководство по контролю загрязнения атмосферы: РД 52.04.186-89.
Rukovodstvo po kontrolyu zagryazneniya atmosfery: RD 52.04.186-89.
8. *Сонькин Л.Р.* Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы. — Л.: Гидрометеиздат, 1991. — 223 с.
Son'kin L.R. Sinoptiko-statisticheskii analiz i kratkosrochnyy prognoz zagryazneniya atmosfery. — L.: Gidrometeoizdat, 1991. — 223 s.
9. Состояние загрязнения атмосферного воздуха городов на территории деятельности ФГБУ «Серо-Западное УГМС» за 2012 г. Ежегодник. Под ред. А.А. Луковской; ФГБУ «Серо-Западное УГМС». — СПб.: 2013. — 161 с.
Sostoyanie zagryazneniya atmosfernogo vozdukha gorodov na territorii deyatel'nosti FGBU «Sero-Zapadnoe UGMS» za 2012 g. Ezhegodnik. Pod red. A.A. Lukovskoy; FGBU «Sero-Zapadnoe UGMS». — SPb.: 2013. — 161 s.
10. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории Российской Федерации за 2002 г. Ежегодник. Под ред. Э.Ю. Безуглой; ФГБУ «ГГО». — СПб.: 2003. — 59 с.
Sostoyanie zagryazneniya atmosfery v gorodakh na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2002 g. Ezhegodnik. Pod red. E.Yu. Bezugloy; FGBU «GGO». — SPb.: 2003. — 59 s.
11. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2010 г. Ежегодник. Под ред. Э.Ю. Безуглой; ФГБУ «ГГО». — СПб.: ООО РИФ «Д'АРТ», 2011. — 224 с.
Sostoyanie zagryazneniya atmosfery v gorodakh na territorii Rossii za 2010 g. Ezhegodnik. Pod red. E.Yu. Bezugloy; FGBU «GGO». — SPb.: OOO RIF «D'ART», 2011. — 224 s.
12. Экологическая обстановка в Санкт-Петербурге. Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина. — СПб.: ФорматТ, 2004. — 784 с.
Ekologicheskaya obstanovka v Sankt-Peterburge. Pod red. D.A. Golubeva, N.D. Sorokina. — SPb.: FormatT, 2004. — 784 s.
13. *Morrison J.* Sustainable development. — UK: Profile Books, 2002. — 370 p.
14. Средний возраст иномарок в России — 9 лет. Аналитическое агентство АВТОСТАТ. — Электронный ресурс: [<http://www.autostat.ru/news/view/14571/>].
Sredniy vozrast inomarov v Rossii — 9 let. Analiticheskoe agentstvo AVTOSTAT. — Elektronnyy resurs: [<http://www.autostat.ru/news/view/14571/>].
15. Meteoweb.ru. Карты погоды. — Электронный ресурс: [<http://meteoweb.ru/maps.php>].
Meteoweb.ru. Karty pogody. — Elektronnyy resurs: [<http://meteoweb.ru/maps.php>].