



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное Государственное Бюджетное Образовательное Учреждение  
Высшего Образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии, климатологии и охраны атмосферы  
**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)

На тему : «Метеорологические аспекты формирования загрязнения  
воздуха в районе антропогенных объектов (автомагистралей)»

**Исполнитель Коротков Руслан Арсеньевич**

**Руководитель** кандидат географических наук, доцент кафедры  
метеорологии, климатологии и охраны атмосферы  
**Абанников Виктор Николаевич.**

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой

  
\_\_\_\_\_  
Подпись

Кандидат физико-математических наук, доцент  
**Сероухова Ольга Станиславовна**

«30» 05 2022г.

Санкт-Петербург  
2022

## Введение

В современном мире проблема экологии и безопасности окружающей среды стоит крайне остро. Всё чаще поднимается вопрос о правильном и безвредном эксплуатировании природных ресурсов. Одной из явных проблем является риск проживающего населения в районах с большой степенью эмиссии в окружающую среду продуктами горения. Автотранспорт на данный момент времени является одним из распространенных и востребованных средств передвижения, а, следовательно, и одним из «поставщиков» загрязняющих веществ в окружающую среду. Существует ряд химических соединений, которые особо опасны для здоровья людей, находящихся в зоне выброса топливных испарений и выхлопных газов.

При высоком трафике на дорогах (большой интенсивности и плотности потока), а так же неблагоприятных метеорологических условиях и особенностях построек жилых кварталах, находящихся близ автомагистралей, есть вероятность происшествия неблагоприятной ситуации для людей, так как все вышеперечисленные факторы оказывают препятствующее влияние на естественную очистку воздуха от вредных автомобильных выбросов.

Метеорологические параметры атмосферы играют одну из ключевых ролей в процессе самоочищения атмосферы, а так же способствуют или препятствуют циркуляции чистого воздуха в окружающей среде.

Цель данной работы:

Провести анализ влияния метеорологических аспектов на формирование загрязнения воздуха в районе антропогенных объектов, а, конкретнее, автомагистралей.

Для достижения этой цели в работе были поставлены следующие задачи:

- рассмотреть влияние метеорологических параметров на процесс загрязнения окружающей среды
- рассмотреть ряд химических соединений и их влияние на организм человека при выбросе в атмосферу
- изучить методы контроля данных и нормы предельно допустимых концентраций веществ
- подготовить архивные данные для обработки
- на примере данных за два дня оценить влияние различных метеорологических параметров на состояние загрязнения атмосферы

# **1. ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА. ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ**

## **1.1. Метеорологические факторы, влияющие на качество атмосферного воздуха.**

Метеорологические аспекты, влияющие на факторы уровня загрязнения воздуха различны. Опираясь на сборник «Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге», можно выделить несколько действующих природных факторов:

- атмосферное давление;
- температура воздуха;
- скорость и направление ветра;
- влажность;
- другие метеорологические явления, возникающие не так часто (осадки, туманы и др.).

В сочетании определенной синоптической обстановки и состоянии атмосферы (стратификации), эти факторы могут значительно изменить содержание вредных веществ в атмосфере. В связи с периодическим появлением неблагоприятных синоптических условий возникает необходимость их мониторинга.

### **1.1.1. Атмосферное давление**

Различные параметры атмосферного давления, например: рассредоточение, интенсивность, изменение его продолжительности и частоты; способствуют формированию таких факторов, как стратификация атмосферы, циркуляционные условия, в целом, климатические условия.

Одним из самых неблагоприятных состояний для воздушного пространства в пределах городских территорий (с точки зрения экологии) является установка на продолжительный срок высокого давления.

Существует целый ряд атмосферных явлений, способствующих предотвращению рассеивания вредных веществ, а, так же, свободной циркуляции воздуха, таких как: слабый ветер, инверсия, дымки и туманы.

Наличие антициклона является одной из причин возникновения фотохимического смога при больших объемах вредных автомобильных выбросов.

На территории Санкт-Петербурга наблюдается интенсивная циклоническая деятельность, этим и обуславливается особенность района: изменчивость и широкий диапазон атмосферного деления.

### 1.1.2. Температура

Немаловажным параметром определения климатических характеристик является температура.

От температурного режима зависит то, как будет сказываться эффект урбанизации. Во время продолжительного периода низких температур (холодная зима) происходит интенсивное отопление помещений, вследствие чего город превращается в, так называемый, «остров тепла». В летний период, при нагревании солнечной радиацией, городские здания и сооружения, а так же дорожное покрытие могут стать факторами, значительно повышающими температуру окружающего воздуха.

Зачастую повышение температуры в атмосфере приводит к загрязнению воздуха. Такая тенденция в особенности наблюдается в летний период времени, когда число источников загрязнения возрастает.

При температуре воздуха ( $> 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) образуются различные химические реакции, способствующие формированию дополнительных загрязняющих химических веществ.

### 1.1.3. Ветер

Ветер является связующим целых комплексов гидрометеорологических характеристик. Наличие максимумов ветра всегда благоприятно сказывается на качестве атмосферного воздуха и способствует понижению уровня загрязнения воздуха.

Для района Санкт-Петербурга характерен ветровой режим с невысокими скоростями, следовательно, его очищающий эффект невелик и имеет свойство появляться с редкой периодичностью.

Неблагоприятными для экологии являются скорости ветра (1-3 м/с) и условия штиля.

### 1.1.4. Осадки

Одним из немаловажных факторов формирования концентрации загрязнения атмосферы являются осадки.

Количество осадков измеряется образованием слоя жидкой воды, который сформировался после выпадения осадков на горизонтальную поверхность. Интенсивность осадков представляет собой количество осадков, выпавших в течение единицы времени.

На широкое изменение состава, количества и концентрацию атмосферных примесей влияет количество, интенсивность, продолжительность и частота выпадения осадков.

Именно благодаря свойству осадков «вымывать» вредные примеси, находящиеся в воздухе, снижается концентрация загрязняющих веществ, а, следовательно, повышается качество атмосферного воздуха.

Но, не стоит забывать про «кислотные» дожди, выпадение которых катастрофически влияет на подстилающую поверхность и не только.

Эффект очищения воздуха от загрязняющих веществ заметен при повышении порога осадков от 5 мм и более за сутки.

#### 1.1.5. Туманы

Туман – атмосферное явление, скопление воды в воздухе, когда образуются мельчайшие продукты конденсации водяного пара (при температуре воздуха выше  $-10^{\circ}$  это мельчайшие капли воды, при  $-10...-15^{\circ}$  — смесь капель воды и кристаллов льда, при температуре ниже  $-15^{\circ}$  — кристаллы льда). [1]

При образовании тумана или дымке происходит эффект поглощения каплями воды вредных примесей, которые выбрасываются промышленными предприятиями и автотранспортом. Таким образом, после поглощения каплями, вредные вещества остаются в приземном слое воздуха и при длительном воздействии способны оказывать неблагоприятное влияние на здоровье человека.

Крайне опасно такое явление, как факел выбросов, расположенный над туманами. При штилевых условиях или слабом ветре факел опускается в приземный слой воздуха.

Экологическая ситуация имеет тенденцию ухудшения при наличии инверсии температуры. В связи с этим, в случае возникновения туманов в нижнем слое воздуха, значительно увеличивается концентрация вредных веществ. Так же происходит изменение качества состава примесей.

### 1.1.6. Инверсии температуры

Инверсии температуры воздуха в равной степени со штилем, дымкой и слабым ветром является метеорологическим явлением, которое препятствует рассеиванию вредных веществ в атмосфере, а в особенности тормозит вертикальное перемешивание воздуха. Нижний слой атмосферы имеет свойства «застоя» явлений.

Естественным образом ограничивается объем воздуха, а поступающие в него примеси от различных источников, генерируют процесс загрязнения. Следовательно, с экологической точки зрения неблагоприятное воздействие инверсий заключается в их «задерживающем» эффекте для рассеивания вредных примесей в атмосфере, что ведет в свою очередь к росту их концентрации. Частота и мощность «задерживающего» слоя инверсии прямо пропорционально влияет на качество городского воздушного бассейна.

Инверсии приземного слоя обычно создают условия неблагоприятные для рассеивания примесей от низких источников. Приподнятые инверсии формируют повышенный уровень загрязнения воздуха вредными примесями от высоких источников. Число инверсий обычно увеличивается в погодных условиях антициклона. Разрушение инверсий происходит при сильных ветрах и погодных условиях циклона.

## 1.2. Вредные вещества и их влияние на атмосферный воздух, и здоровье человека

Загрязнение атмосферного воздуха – это процесс привнесения в него или возникновения в нем новых, в основном не характерных для него биологических, химических, физических составляющих. Загрязнение бывает техногенным (антропогенным) и природным (естественным)

Естественное загрязнение воздуха вызвано различными природными процессами (вулканическая деятельность, массовое цветение растений, ветровая эрозия, дым от степных и лесных пожаров и прочее).

Антропогенное загрязнение определяется результатами выбросов загрязняющих веществ в процессе деятельности человека.

По масштабам загрязнение воздуха может являться:

- местным – повышение содержания загрязняющих веществ на небольших территориях (район, город и др.);
- региональным – загрязнение атмосферного воздуха значительных территорий (областей, регионов и др.);
- глобальным – изменения, затрагивающие всю атмосферу Земли.

Выбросы вредных веществ в атмосферу классифицируются в соответствии с агрегатными состояниями следующим образом:

- 1) газообразные (оксиды азота, оксид углерода, диоксид серы, углеводороды и др.);
- 2) жидкие (щелочи, кислоты, растворы солей и др.);
- 3) твердые (канцерогенные вещества, тяжелые металлы, органическая и неорганическая пыль, сажа, смолистые вещества и др.).

Главные антропогенные загрязнители (поллютанты) атмосферного воздуха:

- диоксид серы ( $SO_2$ );
- диоксид азота ( $NO_2$ );
- оксид углерода (CO);
- твердые частицы (пыль, сажа, зола).

Примерно 97,5% всех выбросов в атмосферу вредных веществ составляют именно эти «загрязнители».

### 1.2.1. Основные загрязняющие вещества

Диоксид серы, или сернистый ангидрид ( $SO_2$ ) – одно из наиболее широко распространенных соединений серы – бесцветный газ, который образуется при сгорании серосодержащих видов топлива (в первую очередь тяжелой фракции нефти и угля), а так же при различных производственных процессах, например, плавке сульфидных руд. Для человека этот газ вреден

тем, что при попадании внутрь организма он легко растворяется в слизи гортани и трахеи, а затем вызывает раздражение верхних дыхательных путей.

Оксид углерода, или угарный газ ( $\text{CO}$ ) – это особо ядовитый газ, который не имеет ни цвета, ни запаха, ни вкуса. Он образуется при неполном сгорании ископаемого топлива и табака, древесины, при сжигании твердых отходов и частичном анаэробном разложении органики. Около 51% угарного газа образуется в связи с производственной деятельностью человека, в основном в результате работы двигателей внутреннего сгорания транспортных средств. В закрытом помещении, (условно гаражное помещение), которое наполнено угарным газом, происходит снижение способности гемоглобина эритроцитов переносить кислород, вследствие чего у человека замедляется реакция, ослабляется восприятие, появляются головная боль, сонливость, тошнота. При влиянии большого количества угарного газа на организм человека, возможен обморок, а так же кома или смерть.

Взвешенные частицы (PM), которые включают в себя сажу, пыль, пыльцу и споры растений и пр., сильно различаются по габаритным размерам и составу. Они могут либо непосредственно содержаться в воздушном пространстве, либо быть заключены в микрокаплях, взвешенных в воздухе (аэрозоли). За год в атмосферу Земли поступает около 100 миллионов тонн аэрозолей антропогенного происхождения. Около 50 % частиц антропогенного происхождения выбрасывается в воздух из-за неполного сгорания топлива на транспорте, производственных предприятиях, фабриках и ТЭЦ, использующих углеродные энергоносители. По данным Всемирной организации здравоохранения, примерно 70 % населения, проживающего в городах развивающихся стран, вдыхает загрязненный воздух, содержащий множество аэрозолей.

Оксиды азот: оксид ( $\text{NO}$ ) и диоксид ( $\text{NO}_2$ ) азота образуются в процессе сгорания топлива при очень высоких температурах (выше  $650\text{ }^\circ\text{C}$ ) и избытке кислорода. В дальнейшем в атмосфере оксид азота окисляется до

газообразного диоксида красно-бурого цвета, который бывает хорошо заметен в атмосфере многих крупных городов. Основными источниками диоксида азота в городах являются выхлопные газы транспортных средств и выбросы ТЭЦ. Кроме того, диоксид азота образуется при сжигании твердых отходов, так как этот процесс происходит при высоких температурах горения. В значительных концентрациях для диоксида азота характерен резкий сладковатый запах, раздражающий нижний отдел дыхательной системы, особенно легочную ткань, ухудшая тем самым состояние людей, страдающих хроническими бронхитами, астмой, и эмфиземой легких. Диоксид азота повышает предрасположенность к острым респираторным заболеваниям, например пневмонии.

Фотохимические окислители – озон ( $O_3$ ), формальдегид являются продуктами вторичного загрязнения атмосферы в результате химических реакций под воздействием солнечной радиации. Озон образуется при расщеплении либо молекулы кислорода ( $O_2$ ), либо диоксида азота ( $NO_2$ ) с образованием атомарного кислорода ( $O$ ), который затем присоединяется к другой молекуле кислорода. Если в стратосфере озон играет важную роль защитного экрана, поглощающего коротковолновое ультрафиолетовое излучение, то в тропосфере он как сильный окислитель разрушает растения, резину, строительные материалы, пластмассу. Озон имеет характерный запах, служащий признаком фотохимического смога. При попадании в дыхательные пути человека вызывает боль в груди, кашель, раздражение глаз, учащенное дыхание, а так же зуд в носовой полости и гортани. Воздействие озона приводит к ухудшению состояния больных хроническими заболеваниями, такими как: астма, бронхит, эмфизема легких. Так же пагубно влияет на страдающих сердечнососудистыми заболеваниями.

Аммиак – бесцветный газ с резким запахом, хорошо растворяется в воде, спирте, а так же в ряде других органических растворителей. Может быть синтезирован из азота и водорода. В природе образуется при разложении азотсодержащих органических соединений.

Основными источниками выделения аммиака являются предприятия по производству солей аммония и азотной кислоты, холодильные установки, коксохимические заводы и животноводческие предприятия.

Аммиак – токсичный газ. При повышении концентрации аммиака в 100 раз (до 0,05 мг/л) проявляется раздражающее действие верхних дыхательных путей и на слизистую оболочку глаз, в худшем случае возможна рефлекторная остановка дыхания. Превышение предельно допустимой концентрации аммиака может вызвать сильное возбуждение, вплоть до буйного бреда, а последствия могут быть необратимыми, такими как: снижение интеллекта и изменение личности.

### 1.2.2. Нормативы качества атмосферного воздуха

Особенностью нормирования качества атмосферного воздуха является зависимость воздействия загрязняющих веществ, присутствующих в воздушной среде, на здоровье людей как от значения их концентраций, так и от продолжительности временного интервала, в течение которого человек дышит этим воздухом. Поэтому в Российской Федерации, как и в других странах, для загрязняющих веществ, установлены два норматива:

- норматив, рассчитанный на короткий период воздействия загрязняющих веществ. Данный норматив называется «предельно допустимые максимально – разовые концентрации»;
- норматив, рассчитанный на более продолжительный период воздействия (8 часов, сутки, по некоторым веществам год). В Российской Федерации данный норматив устанавливается для двадцати четырех часов и называется «предельно допустимые среднесуточные концентрации».

*ПДК* – предельная допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе – концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущее поколение, не снижающая работоспособности человека, не

ухудшающая его самочувствия и санитарно бытовых условий жизни. Величины ПДК приведены в мг/м<sup>3</sup> (ГН 2.1.6.695-98). [2]

*ПДК<sub>МР</sub>* – предельно допустимая максимальная разовая концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м<sup>3</sup>. Эта концентрация при вдыхании в течение 20–30 мин не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека.[2]

*ПДК<sub>СС</sub>* – предельно допустимая среднесуточная концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м<sup>3</sup>. Эта концентрация не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом (годы) вдыхании.[2]

В таблице 1 представлены предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в РФ.

Таблица 1. Таблица предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в РФ.

N	Вещество	Класс опасности	ПДК <sub>МР</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>СС</sub> , мг/м <sup>3</sup>
1.	Оксид углерода	4	5	3
2.	Диоксид азота	2	0,2	0,04
3.	Оксид азота	3	0,4	0,06
4.	Диоксид серы	3	0,5	0,05
5.	Аммиак	4	0,2	0,04
6.	Озон	1	0,16	0,03
7.	Взвешенные вещества РМ <sub>10</sub>	3	0,3	0,06

Класс опасности – показатель, характеризующий степень опасности для человека веществ, загрязняющих атмосферный воздух. Вещества делятся на следующие классы опасности:

- 1 класс – чрезвычайно опасные;
- 2 класс – высоко опасные;
- 3 класс – опасные;
- 4 класс – умеренно опасные.[2]

## **2. ФИЗИКО - МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ВБЛИЗИ АНТРОПОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ( АВТОМАГИТСТРАЛЕЙ)**

Опасность техногенной ситуации оценивается по отношению к выполнению (невыполнению) действующих предельно допустимых гигиенических нормативов проживания (нахождения) людей вблизи автомагистрали. Эта ситуация складывается в результате одновременно действующего комплекса неблагоприятных процессов и факторов, а именно:

1) интенсивность эмиссии вредных веществ, которая определяется:

- количеством автомобилей в конкретном месте автомагистрали и временем их эксплуатации;
- режимом работы двигателей автотранспортных средств и их техническим состоянием;

2) распространение вредных веществ в атмосфере вблизи автомагистрали, которое определяется следующими процессами:

- химическими превращениями в атмосфере, а, именно: фотосинтезом, окислением, конденсаций и т. п.;
- турбулентностью нижних слоев атмосферы, зависящей в значительной мере от времени дня, облачности и топографии местности, наличия инверсии и стратификации;
- осаждения частиц с  $1,0 < d < 100$  мкм и вымывания мелкодисперсных частиц с  $d < 1,0$  мкм в процессе переноса аэрозольного (газового) облака над подстилающей поверхностью;
- почвенно-биологических превращений веществ.

Приращение концентрации вредного (загрязняющего) вещества за счёт притока транспортных средств в точке пространства с координатами  $x, y, z$  будет определяться по следующему выражению:

$$\Delta C_i^{(x,y,z)} = C$$

$$\Delta C_i^{(x,y,z)} = C_i^0 - C_i^{\text{выб}} - C_i^{\text{п}} - C_i^{\text{осад}} \pm C_i^{\text{хим}} \quad (1)$$

где  $C_i$  - концентрация вредного вещества в отработавших газах;

$C_i^{\text{осад}}, C_i^{\text{выб}}$  - снижение концентрации вредного вещества за счёт его вымывания или осаждения на подстилающую поверхность;

$C_i^{\text{п}}$  - снижение концентрации вредных веществ за счёт турбулентной диффузии;

$\pm C_i^{\text{хим}}$  - снижение (-) или увеличение (+) концентрации вредных веществ за счёт химических превращений в атмосфере;

$\Delta C_i^{\text{ф}} - C_i^{\text{ф}}$  - прирост концентрации вредного вещества над фоновым загрязнением атмосферы за счет АТС.

Из этого следует, что уровень техногенной нагрузки для точки с координатами x, y, z можно определить по выражению:

$$Э_i^{(x,y,z)} = (C_{\text{ф}} + \Delta C_i) / [C_i] \quad (2)$$

где,  $C_{\text{ф}}^{(x,y,z)}$  - фоновая концентрация вредных веществ в точке с координатами x, y, z.

$[C_i]$  - предельно допустимая концентрация вредных веществ, например ПДКМР.

В условиях реальной эксплуатации транспортных средств имеют место только турбулентновихревые потоки в атмосфере, когда количество вредных примесей переносится крупнообъемными перемещающимися массами воздуха вблизи подстилающей поверхности. Теоретические закономерности распространения и пространственно-временного распределения

загрязняющих примесей в атмосфере определяются путем решения уравнения атмосферной диффузии.

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 u_i \frac{\partial q}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i} K_i \frac{\partial q}{\partial x_i} - aq, \quad (3)$$

где:  $q$  – рассчитываемая примесь;

$x_i$  – координаты примеси, в дальнейшем обозначаются через  $x, y, z$ ;  $u_i$  – скорость ветра по  $x, y, z$ ;

$K_i$  – составляющие средней скорости перемещения примеси и коэффициента обмена, относящиеся к направлениям оси  $x_i$  ( $i = 1, 2, 3$ );

$a$  – коэффициент, определяющий изменение концентрации за счёт атмосферного метаболизма (превращения примеси).

Данное уравнение (3) в частных производных представляет собой математическую модель физического закона сохранения потока веществ, а следовательно, делает возможность описания распространения атмосферных примесей.

Использование данного подхода математического моделирования турбовихревой диффузии частиц, который называется К-теорией, совместно с доказанными упрощениями и экспериментальными уточнениями, находящимися в основе нормативного документа по расчету рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе «ОНД-86», нашло выражение в математической модели:

$$C_{\text{н}} = \frac{AMF_{\text{н}} \eta}{H^{1/3}}, \quad (4)$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;

$M$  – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени (г/с), в случае автотранспортного потока – масса вещества, выбрасываемого группой автомобилей, образующих поток;

$F$  – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость гравитационного оседания твердых частиц (пыли) в атмосферном воздухе на подстилающую поверхность, при расчете рассеивания в атмосфере сажи при работе двигателей передвижных транспортных средств рекомендуется принимать значения параметра  $F = 1$ ;

$m'$  – безразмерный коэффициент, равный 0,9;

$h$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км,  $h = 1$ ;

$H$  – высота магистрали, как неорганизованного источника выброса, над уровнем земли.

По данному выражению (4) рассчитываются с применением унифицированной программы «Surfer» значения наибольшей суммарной концентрации вредной примеси  $C_m$  (мг/м<sup>3</sup>), которая устанавливается на некотором расстоянии ( $X_m$ ) от места выброса от транспортных средств как от близко расположенных друг к другу источников на отдельных участках магистралей.

Таким образом, транспортные потоки произвольных геометрических конфигураций и распределения интенсивности движения автотранспортных средств по автомагистрали представляются в виде совокупности линейных источников вредных выбросов, в окрестностях которых определяется загрязнение воздушной урбанизированной среды. Использование данной расчетной схемы дает возможность учитывать ряд важнейших факторов, оказывающих влияние на создание неблагоприятных ситуаций, таких как:

- степень неблагоприятности синоптической обстановки для устойчивого рассеивания примесей в воздушной среде, а, в частности, инверсионные («застойные») состояния атмосферы;

- влияние рельефа местности, качества подстилающей поверхности, геометрических параметров прилегающей к сетке автомагистралей;

- фотохимический метаболизм веществ и, в частности, важнейший для

автотранспортных выбросов процесс трансформации оксида азота в диоксид азота;

– возможность оперирования с базой данных ПДК<sub>МР</sub>, то есть, иметь реальную картину загрязнения атмосферы вблизи сети автомагистралей, действующую на протяжении двадцати минутного интервала в режиме реального контроля. При постановке реальной задачи по расчету предельно допустимых концентраций вредных веществ с применением действующих граничных условий для поставленной задачи можно рассчитать значения концентрации по заданным координатам местности, в окрестности автомагистрали.

### **3. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

#### **3.1. Автоматизированная система мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга**

В Настоящие время контролем качества загрязнения атмосферного воздуха, а так же его мониторингом на территории Санкт Петербурга занимаются: государственная наблюдательная сеть, сформированная Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; территориальная система наблюдений, сформированная Комитетом.

ФГБУ «Северо-Западное УГМС» (государственная сеть наблюдений) проводит систематические наблюдения за состоянием загрязнённости атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге на стационарных постах (ПНЗ), которые расположены в разных административных районах города.

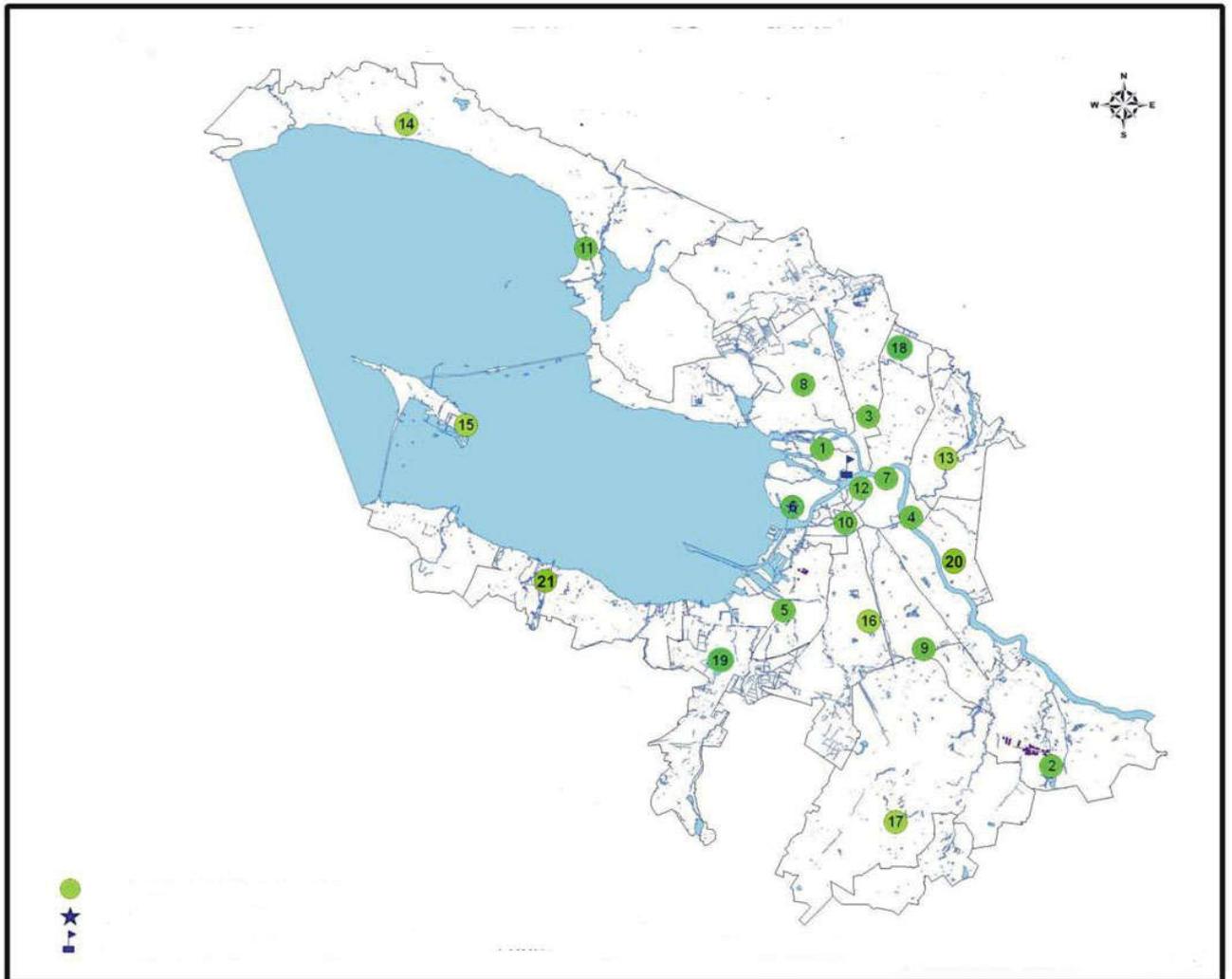
В рамках территориальной системы наблюдений Комитетом сформирована автоматизированная система мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга (далее - АСМ-АВ), в состав которой входит 25 автоматических станций мониторинга загрязнения атмосферного воздуха. На автоматических станциях в зависимости от программы мониторинга осуществляется определение взвешенных частиц диаметром менее 2,5 мкм (PM<sub>2,5</sub>) или взвешенных частиц диаметром менее 10 мкм (PM<sub>10</sub>), оксида углерода (СО), диоксида азота (NO<sub>2</sub>), оксида азота (NO).

Для оценки качества атмосферного воздуха, полученные концентрации загрязняющих веществ (в мг/м<sup>3</sup>, мкг/м<sup>3</sup>) сравнивают с предельно допустимыми концентрациями (ПДК).

АСМ-АВ включает автоматические станции мониторинга загрязнения атмосферного воздуха (см. рис. 1):

- №1 (ул. Проф. Попова, д.48);
- №2 (г. Колпино, Красная ул., д.1А);
- №3 (ул. Карбышева, д.7);
- №4 (Малоохтинский пр., д.98);
- № 5 (пр. Маршала Жукова, д.30, корп.3);
- №6 (В.О., Весельная ул, д.6 );
- № 7 (ул. Шпалерная, д. 56);
- № 8 (ул. Королева, д.36, корп.8);
- № 9 (Малая Балканская ул., д. 54);
- № 10 (Московский пр., д. 19);
- № 11 (г. Сестрорецк, ул. М. Горького, д. 2);
- № 12 (ул. Пестеля, д.1);
- № 13 (шоссе Революции, д. 84);
- № 14 (г. Зеленогорск, пляж "Золотой", д.1);
- № 15 (Кронштадт, ул. Ильмянинова, д.4);
- № 16 (ул. Севастьянова, д.11);
- № 17 (г. Пушкин, Тиньков пер., д.4);
- №18 (ул. Ольги Форш, д.6);
- №19 (пр. Маршала Жукова, д.55);
- № 20 (ул. Тельмана, д.24)

Рисунок 1. Расположение АМС-АВ на карте Санкт-Петербурга



### 3.2 Оценка статистики загрязняющих веществ по Санкт-Петербургу

Для более обширного понимания влияния выбросов автотранспортных средств на экологическую ситуацию района Санкт-Петербурга, предлагается рассмотреть распределение статистических данных выброса вредных веществ в окружающую среду, как в целом, так и в частности конкретно автомобилями, в период с 2010 года по 2017 год (суммарно семь лет).

По данным доклада правительства Санкт-Петербурга об экологической ситуации в городе, были построены таблица среднегодовых концентраций основных загрязняющих веществ по Санкт-Петербургу в период с 2010 по 2017 г.г.(см. таблицу 2) и график с этими же данными (см. рис.2 ).

Из этих данных мы можем прийти к выводу, что показатели диоксида азота, оксида азота, оксида углерода, диоксида серы и взвешенных частиц со временем понижались. Но основываясь на данные из таблицы количества автотранспортных средств по данным МВД ГБДД в период с 2010 по 2017г.г. (см. таблицу 3) и графика распределения количества АТС по данным МВД ГБДД в период с 2010 по 2017 г.г. (см. рис. 3), можно сделать вывод, что количество АТС росло.

Таблица 2.Таблица среднегодовых концентраций основных загрязняющих веществ по Санкт-Петербургу в период с 2010 по 2017 г.г. (в единицах ПДКс.с.)

Год	Диоксид азота	Оксид азота	Оксид углерода	Диоксид серы	PM <sub>10</sub>
2010	1,0	0,5	0,2	0,2	0,6
2011	0,9	0,5	0,1	0,2	0,5
2012	1,0	0,5	0,2	0,2	0,6
2013	1,0	0,4	0,1	0,1	0,5
2014	0,9	0,4	0,1	0,1	0,5
2015	0,8	0,4	0,1	0,1	0,4
2016	0,9	0,4	0,1	0,1	0,3
2017	0,8	0,3	0,1	0,1	0,2

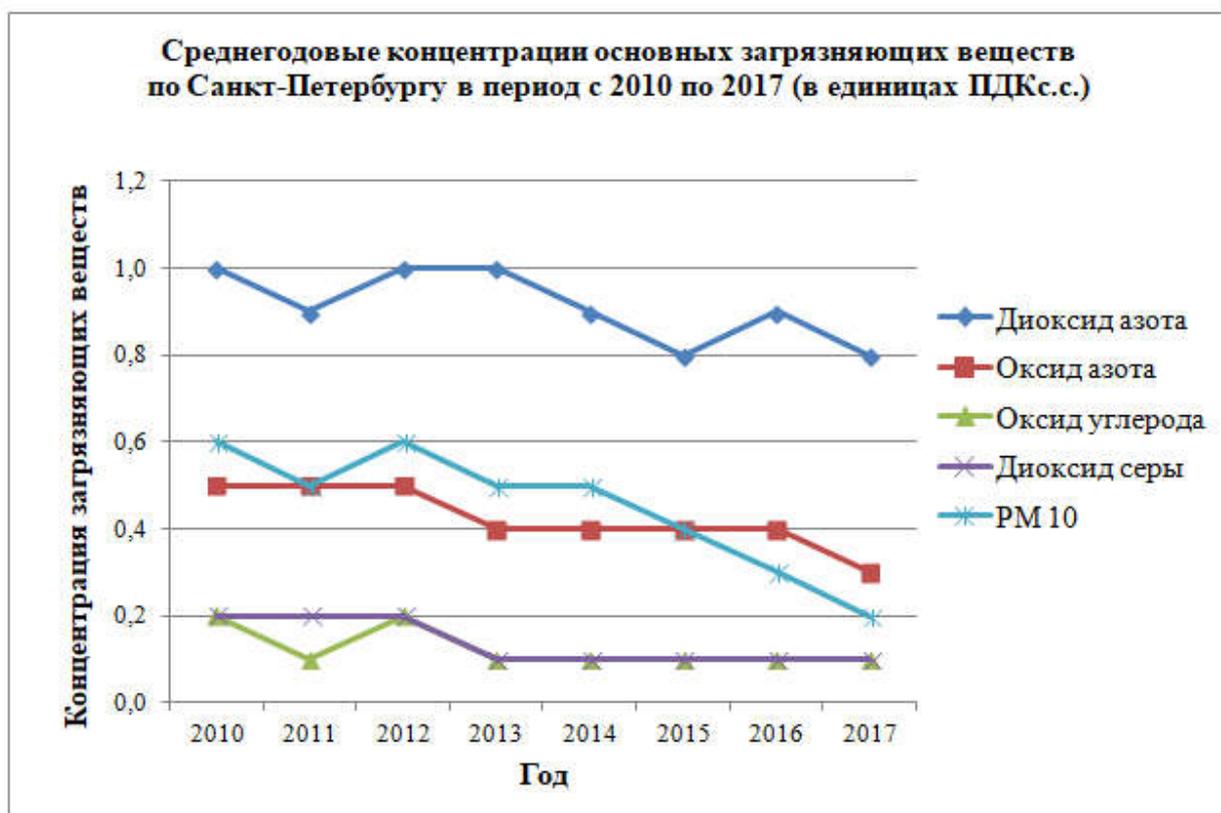


Рисунок 2.График среднегодовых концентраций основных загрязняющих веществ по Санкт-Петербургу в период с 2010 по 2017 г.г. (в единицах ПДК<sub>сс</sub>.)

Таблица 3. Количество автотранспортных средств по данным МВД ГБДД в период с 2010 по 2017г.г. (в ед.)

Год	Легковые автомобили	Грузовые автомобили	Автобусы	Всего
2010	1 462 461	129 043	22 714	1 614 218
2011	1 525 967	138 967	20 965	1 685 899
2012	1 537 473	201 033	22 449	1 760 955
2013	1 741 267	220 067	21 513	1 982 847
2014	1 636 336	213 123	19 838	1 869 297
2015	1 638 183	217 738	20 221	1 876 142
2016	1 676 379	214 003	19 659	1 910 041
2017	1 710 811	223 662	29 798	1 964 271

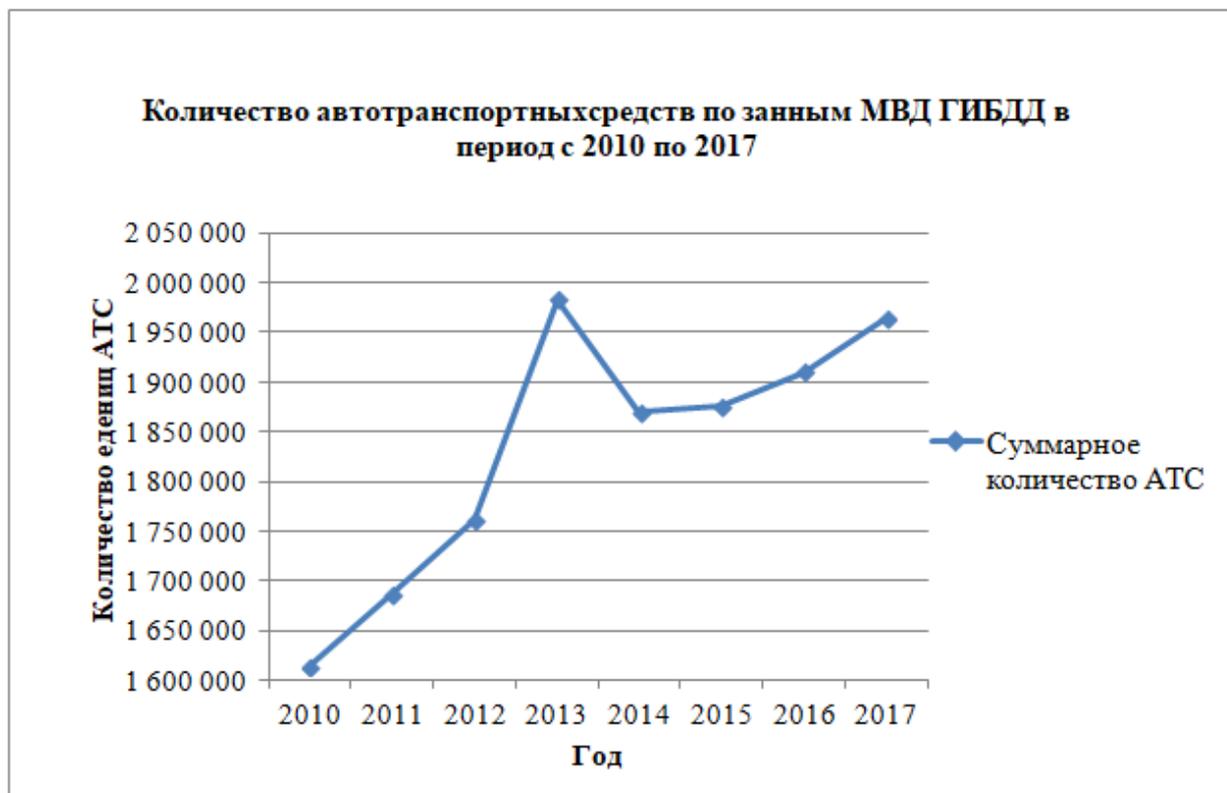


Рисунок 3. График распределения количества АТС по данным МВД ГИБДД в период с 2010 по 2017 г.г. (в ед.)

Следовательно, выброс загрязняющих веществ промышленными предприятиями уменьшался, а количество вредных веществ от автотранспортных средств увеличивался. В доказательство этого, приводятся таблица выбросов загрязняющих веществ от АТС в период с 2010 по 2017 г.г. (см.таблицу 4) и график выбросов загрязняющих веществ от АТС в период с 2010 по 2017 г.г. (см.рис.4) на которых четко видно, что кривая выбросов полностью повторяет кривую количества АТС.

Таблица 4. Таблица выбросов загрязняющих веществ от АТС в период с 2010 по 2017 г.г. (в тыс.т)

Год	Всего	Твердые	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	CH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	ЛОС*
2010	370,3	1,2	2,2	291,8	37,5	1,6	0,7	35,2
2011	374,8	1,0	2,4	296,6	36,2	1,7	0,7	36,6
2012	419,3	0,7	2,0	338,2	35,3	1,8	0,7	40,6
2013	464,3	0,8	2,2	374,4	38,9	2,0	0,8	45,1
2014	441,8	0,8	2,1	356,2	37,2	1,9	0,8	42,8
2015	446,7	0,8	2,2	360,1	37,7	1,9	0,8	43,2
2016	447,8	0,8	2,1	361,1	37,6	1,9	0,8	43,5
2017	470,8	0,9	2,3	379,7	37,6	2,0	0,8	45,5

\* ЛОС – летучие органические соединения



Рисунок 4. График выбросов загрязняющих веществ от АТС в период с 2010 по 2017 г.г. (в тыс.т)

Так, например, в 2013 году был большой прирост количества автомобилей, что четко видно на графике (см. рис. 3), так же в 2013 году был зафиксирован скачок загрязнителей, это так же отчетливо видно на графике изменения количества «загрязнителей» со временем (см. рис. 4).

Из этого следует, что выхлопные газы двигателей автотранспортных средств являются одним из основных поставщиков вредных веществ в окружающую среду района Санкт-Петербурга

### 3.3 Расположение автотранспортных дорог Санкт-Петербурга

Для более детального обзора и сравнения показателей загрязнения атмосферного воздуха на автомагистралях Санкт-Петербурга, а так же метеорологических параметров, влияющих на данные, были выбраны два дня:

- 27.01.2017 (Среда);
- 23.08.2017 (Понедельник).

Географически цепь автотранспортных дорог Санкт-Петербурга (рис.5), представляет собой кольцо со сгущением в центре и расходимостью от периферии. Понедельник и среда, являются рабочими днями, следовательно, трафик на автодорогах в эти дни большой, а так как большая часть офисов и «мест работы» расположены в центральной части города, наибольшее количество выбрасываемых загрязняющих веществ будет сконцентрировано в центре.

Рисунок 5. Карта автомобильных дорог Санкт-Петербурга



### 3.4 Представление и анализ данных

Метеорологические параметры, приходящиеся на 27 января 2017 года (см. таблицу 5), снимок спутниковой фотосъемки (см. рис. 6) и статистический анализ метеорологических параметров за этот период представлены в таблице 6.

Таблица 5. Метеорологические данные за 27.01.2017

время	температура воздуха, °С	влажность, % (точка росы, °С)	давление, мм рт.ст.	ветер, м/с	облачность, % (нижняя граница обл-ти, м)	явления погоды (горизонтальная видимость)
00:00	-19.5	78% (-22.1)	780	↓ с 1	 30% (800)	Непрерывный слабый снег (видимость 4 км)
03:00	-22.3	27% (-34.8)	777	штиль	 40% (800)	Непрерывный слабый снег (видимость 4 км)
06:00	-19.9	78% (-22.5)	775	↻,сз 1	 100% (450)	Непрерывный умеренный снег (видимость 2 км)
09:00	-19.7	78% (-22.3)	773	↻,юз 1	 90% (3000)	Непрерывный слабый снег (видимость более 10 км)
12:00	-18.8	73% (-22.1)	771	↻,юз 2	- (3000)	Состояние неба в целом не изменилось (видимость более 10 км)
15:00	-18.7	67% (-22.8)	769	↻,ю,юз 2	- (3000)	Состояние неба в целом не изменилось (видимость более 10 км)
18:00	-19.4	73% (-22.7)	767	↻,юв 3	- (3000)	(видимость более 10 км)
21:00	-21.2	73% (-24.4)	765	↻,юв 2	- (3000)	(видимость более 10 км)

Рисунок 6. Спутниковый снимок за 27.01.2017



Таблица 6. Статистический анализ метеорологических параметров за 27.01.2017

Время	Влажность	Температура	Направление ветра	Скорость ветра	Давление
0:00	78%	-19,5	С	1	780
3:00	27%	-22,3	ШТИЛЬ	0	777
6:00	78%	-19,9	З,СЗ	1	775
9:00	78%	-19,7	З,ЮЗ	1	773
12:00	73%	-18,8	ЮЗ	2	771
15:00	67%	-18,7	Ю,ЮЗ	2	769
18:00	73%	-19,40	В,ЮВ	3	767
21:00	73%	-21,2	ЮВ	2	765
Среднее значение	68%	-19,94	неустойчивый	2	падение

Основываясь на снимке спутниковой фотосъемки можно сделать вывод, что регион находился в размытом барическом поле, следовательно, на него не оказывали воздействия циклонические и антициклонические параметры атмосферы.

Барометрическая тенденция в этот день шла на спад, следовательно, в ближайшее время есть высокая вероятность образования циклона.

Средняя температура воздуха за этот период составляла  $-19,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Средняя скорость ветра составляла 2 м/с; ветер со скоростями от 1 м/с до 3 м/с чаще всего неустойчивый этим и объясняется варьирование направления ветра от северного до южного в восточных и западных направлениях.

Средняя влажность воздуха составляла 68%, это обуславливается низкой границей облачности и снежными осадками.

Данные концентрации загрязняющих веществ за 27 января 2017 года представлены в таблице 7.

Таблица 7. Данные загрязняющих веществ за 27.01.2017

	27 января 18 ч	CO	NO	NO2	SO2	O3	PM10	NH3
1	ул. Проф.Попова д.24	0,84	40,95	52,12	44,88			
2	Колпино	0,85	15,25	45,03		11,27		
3	Ул.Карбышева	1,65	54,27	49,06			30,85	
4	Малохоотинкий пр.д.94	0,91	88,03	58,17			26,40	0,44
5	пр.Маршала- Жукова, д.30	0,63	23,25	51,35			50,85	
6	Весельная ул.д54	1,05	42,39	52,35	58,05		32,78	
7	Таврическая,7	0,49	25,72	48,70		2,77		
8	Королева Д.36	1,44	44,65	55,60		0,00	0,00	
9	М. Балканская	1,55	7,55	52,15	33,92	29,77		
10	Московский проспект д19	0,70	39,27	70,67	0,88			
11	Сестроретск 11	0,49	4,30	52,03		11,19		
12	ул.Пестеля 12	0,47	14,03	41,91				
13	Революции Пр13	0,69	29,86	45,36	45,05			
14	Зеленогорск 14	0,34	2,78	44,87	19,16	14,21	39,60	
15	Кронштад 15	0,40	6,16	48,18	41,76			
16	Севастьянова 16	0,23	41,91	49,66				
17	Пушкин17	1,16	76,35	57,04		0,69	22,50	
18	улица Ольги Форш 18	1,27	33,17	53,14		3,70		
19	Маршала жукова19	0,53	39,79	75,01		11,94		
20	Тельмана 20	0,70	25,58	63,01	8,60		26,50	

Для более наглядного примера, и более точного анализа данных были построены изолинии трех загрязняющих веществ – CO, NO и NO2, а так же построены 3D-графики пространственного распределения концентраций загрязняющих веществ за 27 января 2017.

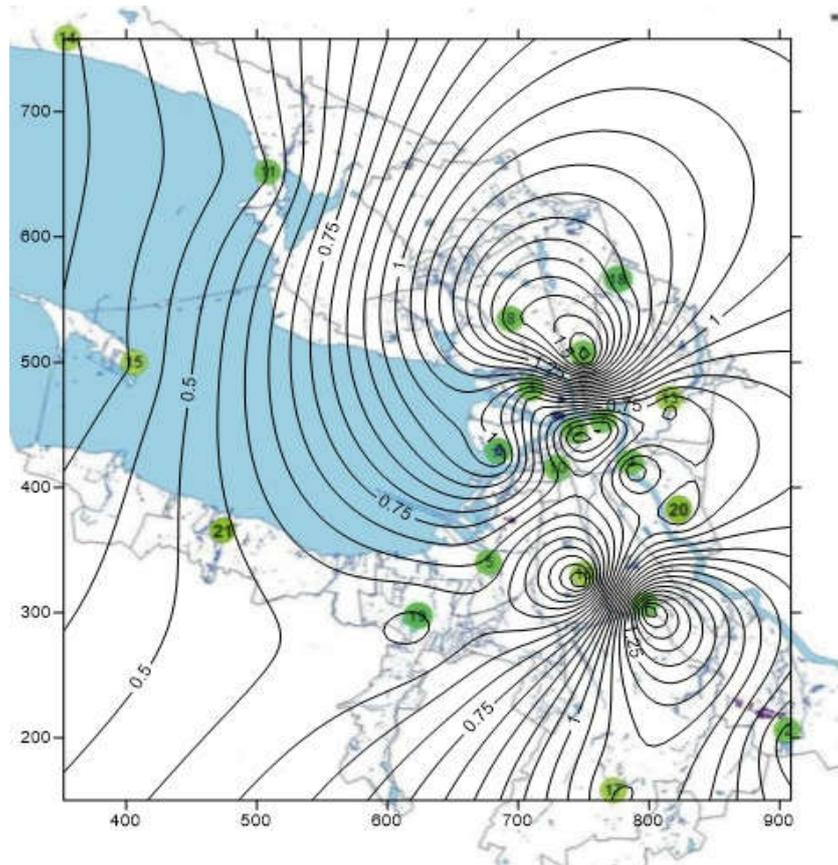


Рисунок 7. Изображение изолиний CO за 27.01.2017

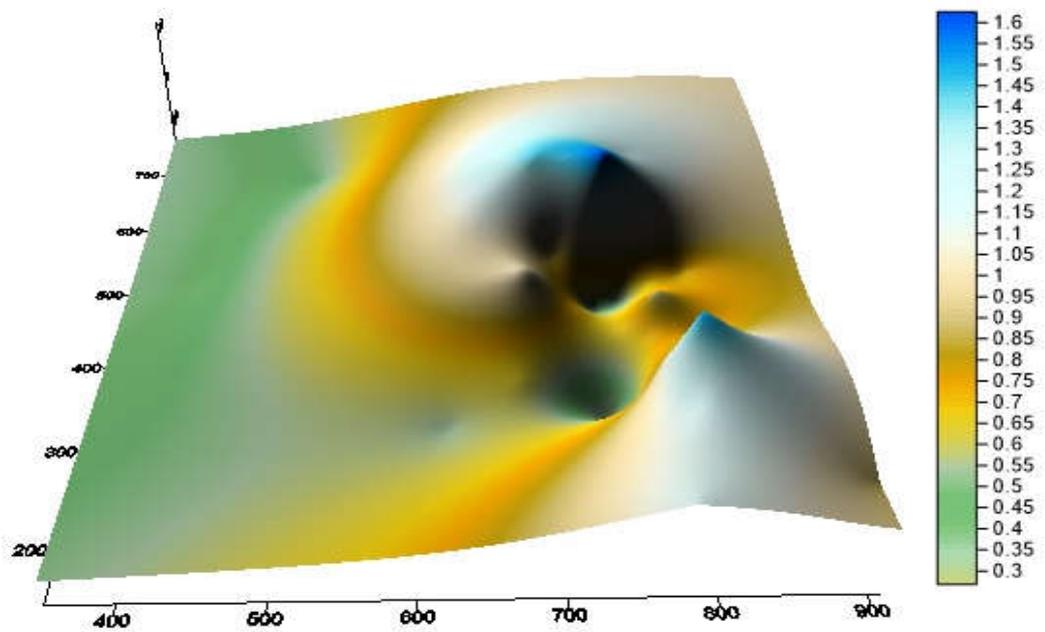


Рисунок 8.3D-график пространственного распределения концентраций CO за 27.01.2017

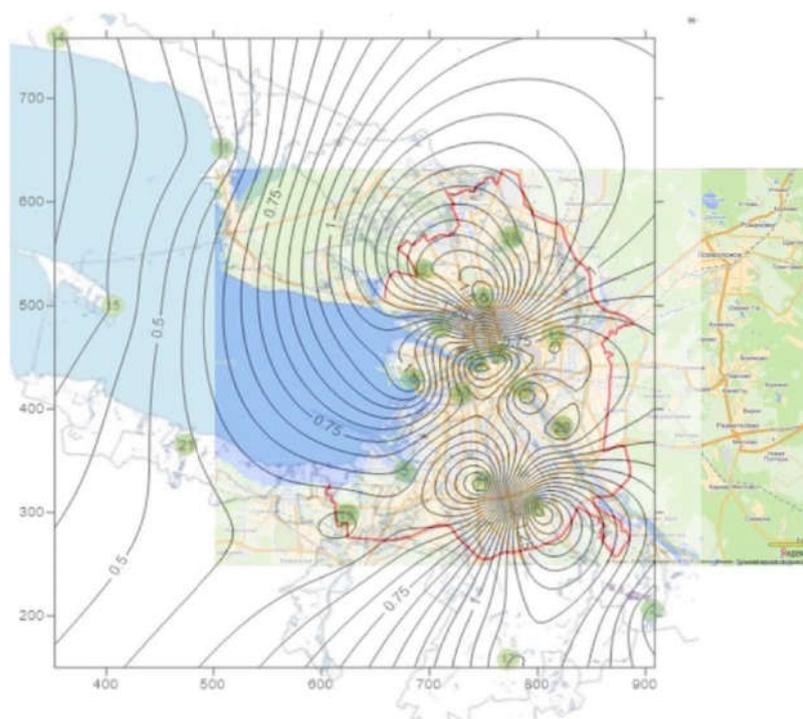


Рисунок 9. Изображение изолиний CO за 27.01.2017 на карте автомагистралей Санкт-Петербурга

Из приведенных выше данных, мы можем прийти к выводу, что наибольший выброс CO приходится на центральную часть города, а именно на Петроградский, Василеостровский, Фрунзенский и Центральный районы. При наложении карты изолиний CO на карту автодорожной сетки Санкт-Петербурга, мы чётко наблюдаем влияние транспортного трафика в будний день (среда) на количество концентрации оксида углерода. Так как в этот день наблюдался неустойчивый ветер, а состояние атмосферы было неустойчивым, процесс «самоочищения» атмосферы был затруднен. На периферии транспортной сетки трафик был гораздо ниже, следовательно, количество выбрасываемых вредных веществ было так же гораздо меньше (это четко видно на графиках).

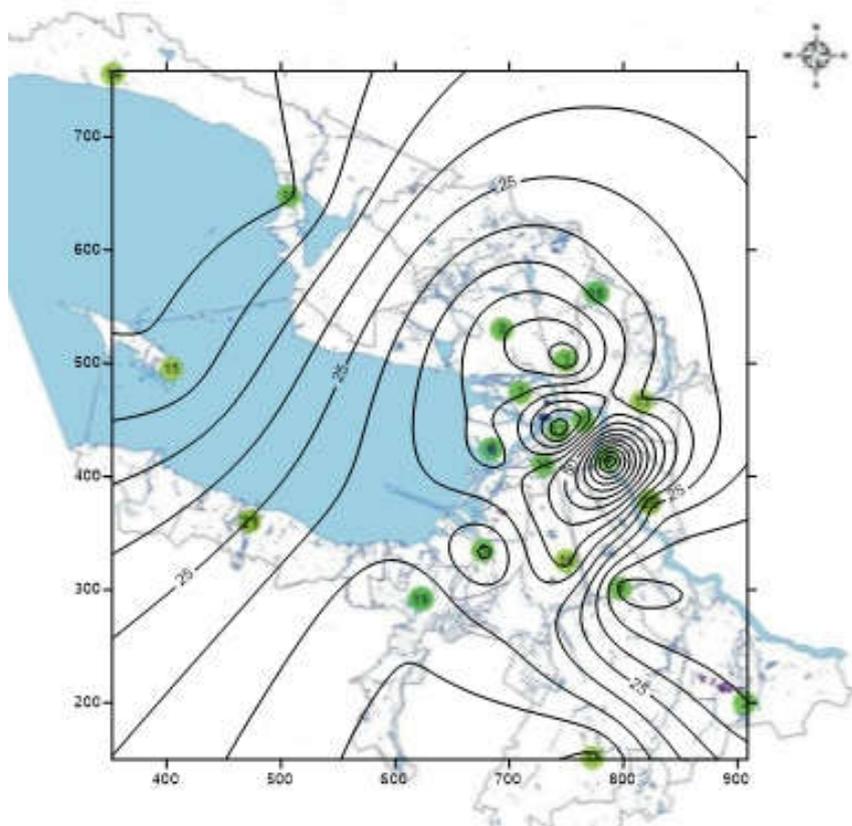


Рисунок 10. Изображение изолиний NO за 27.01.2017

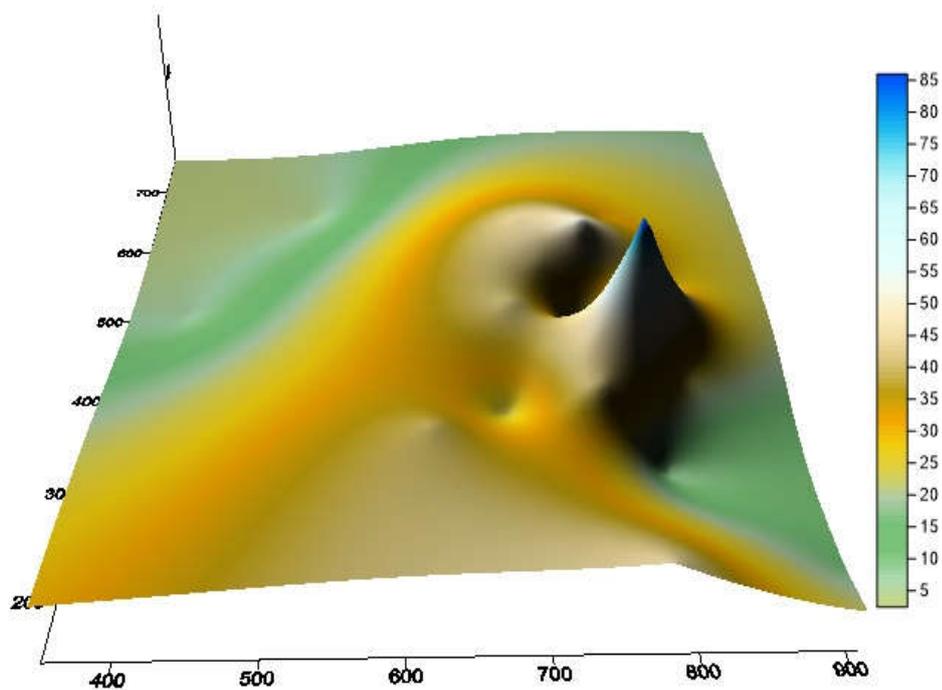


Рисунок 11. 3D-график пространственного распределения концентраций NO за 27.01.2017

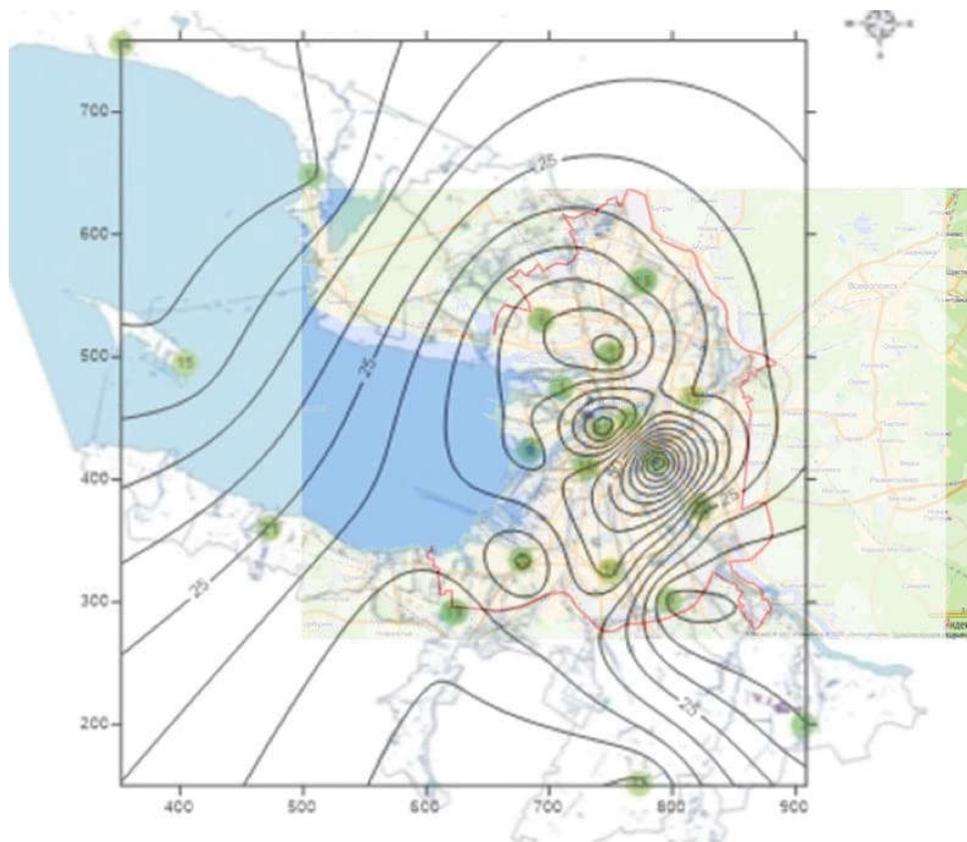


Рисунок 12. Изображение изолиний NO за 27.01.2017 на карте автомагистралей Санкт-Петербурга

Из приведенных выше данных, мы можем прийти к выводу, что наибольший выброс NO приходится на центральную часть города, а именно на юго-восточную часть Петроградского района, Красногвардейский и Центральный районы, максимум выброса оксида азота территориально находится в районе станции метро Александра Невского. При наложении карты изолиний NO на карту автодорожной сетки Санкт-Петербурга, мы чётко наблюдаем влияние транспортного трафика в будний день (среда) на количество концентрации оксида азота. Так как в этот день наблюдался неустойчивый ветер, а состояние атмосферы было неустойчивым процесс «самоочищения» атмосферы был затруднен. На периферии транспортной сетки трафик был гораздо ниже, следовательно, количество выбрасываемых вредных веществ было так же гораздо меньше (это четко видно на графиках).

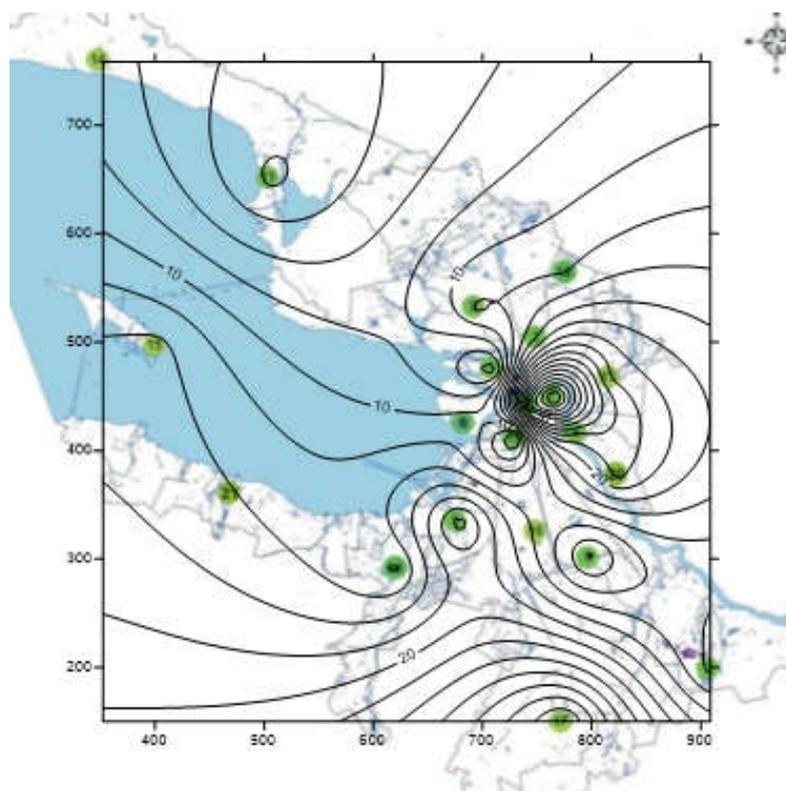


Рисунок 13. Изображение изолиний  $NO_2$  за 27.01.2017

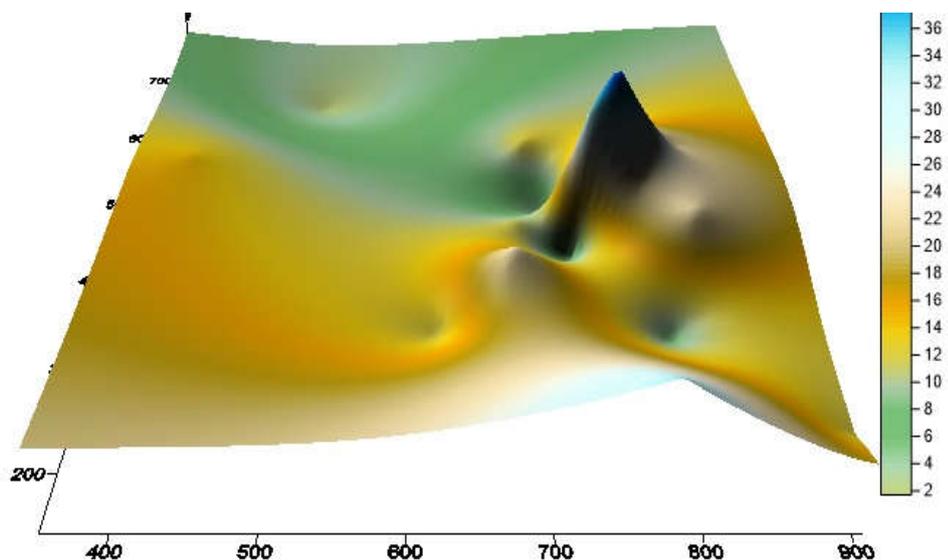


Рисунок 14. 3D-график пространственного распределения концентраций  $NO_2$  за 27.01.2017

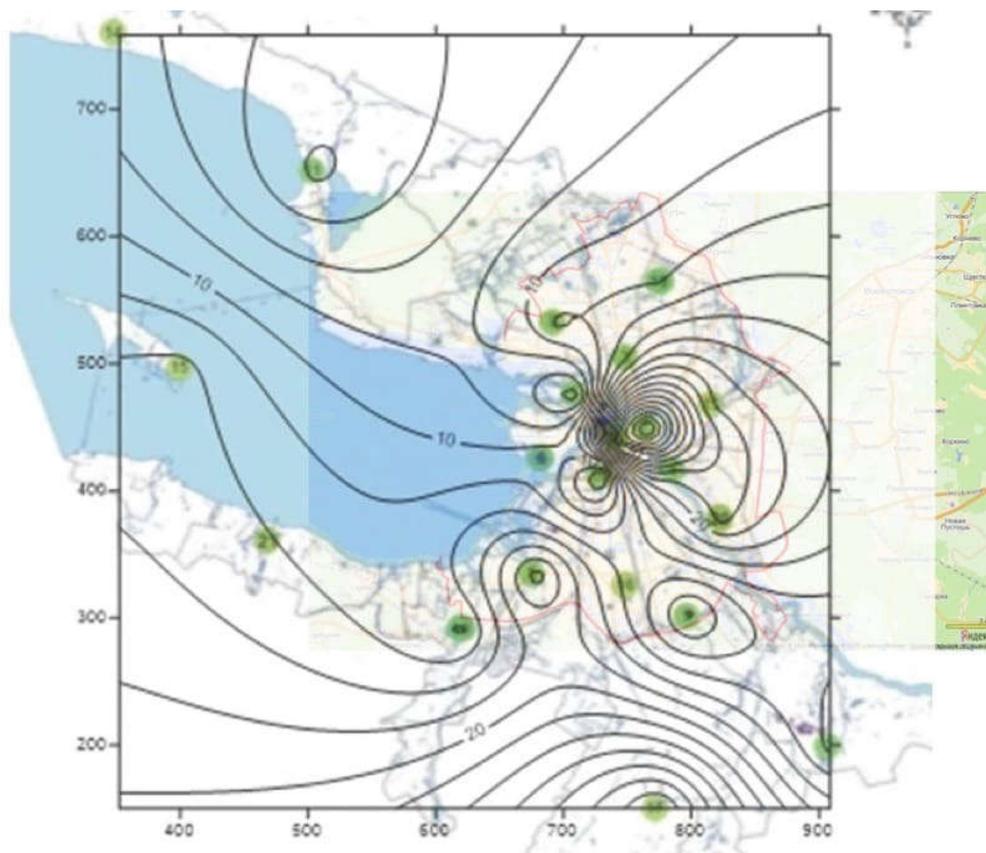


Рисунок 15. Изображение изолиний  $NO$  за 27.01.2010 на карте автомагистралей Санкт-Петербурга. Из приведенных выше данных, мы можем прийти к выводу, что наибольший выброс  $NO_2$  приходится на центральную

часть города, а именно на Петроградский, Василеостровский, Фрунзенский и Центральный районы. При наложении карты изолиний  $NO_2$  на карту автодорожной сетки Санкт-Петербурга, мы чётко наблюдаем влияние транспортного трафика в будний день (среда) на количество концентрации диоксида азота. Так как в этот день наблюдался неустойчивый ветер, а состояние атмосферы было неустойчивым процесс «самоочищения» атмосферы был затруднен. На периферии транспортной сетки трафик был гораздо ниже, следовательно, количество выбрасываемых вредных веществ было так же гораздо меньше (это четко видно на графиках).

Метеорологические параметры, приходящиеся на 23 августа 2017 года (понедельник), снимок спутниковой фотосъемки и статистический анализ метеорологических параметров за этот период представлены в таблице 8.

Таблица 8. Метеорологические данные за 23.08.2017

время	температура воздуха, °C	влажность, % (точка росы, °C)	давление, мм рт.ст.	ветер, м/с	облачность, % (нижняя граница обл-ти, м)	явления погоды (горизонтальная видимость)
01:00	-	- (-)	-	-	-	
04:00	+16.4	88.54% (+14.5)	749	Ю 1	 100% (300)	Слабый ливневый дождь (видимость более 10 км)
07:00	+17.1	89.74% (+15.4)	748	З 4	 100% (600)	(видимость более 10 км)
10:00	+16.5	83% (+13.6)	748	З,СЗ 3	 100% (300)	Непрерывный слабый дождь (видимость более 10 км)
13:00	+16.2	87.39% (+14.1)	748	З 3	 100% (300)	Ливневый дождь (видимость 2 км)
16:00	+16.8	79.34% (+13.2)	749	З,ЮЗ 4	 10% (300)	Гроза (видимость более 10 км)
19:00	+19.3	73.79% (+14.5)	749	З 4	 30% (600)	(видимость более 10 км)
22:00	+17.9	82.1% (+14.8)	750	З 3	 50% (600)	(видимость более 10 км)



Рисунок 16. Спутниковый снимок за 23.08.2017

Таблица 9. Статистические данные метеорологических параметров за 23.08.2017

	Влажность	Температура	Направление ветра	Скорость ветра	Давление
1:00					
4:00	89%	16,4	Ю	1	749
7:00	90%	17,1	З	4	748
10:00	83%	16,5	З,СЗ	3	748
13:00	88%	16,2	З	3	748
16:00	79%	16,8	З,ЮЗ	4	749
19:00	74%	19,30	З	4	749
22:00	82%	17,9	З	3	750
Среднее значение	84%	17,17	З	3	рост

Основываясь на снимке спутниковой фотосъемки можно сделать вывод, что регион находился в поле действия циклона, этим и характеризуется низкая облачность и сильные осадки. Так как регион находился под влиянием циклонических параметров, атмосфера в этот день была неустойчивой.

Барометрическая тенденция в этот день росла, следовательно, циклон заполняется и в ближайшее время можно ожидать его разрушения или переноса в сторону падения давления.

Средняя температура воздуха за этот период составляла  $+17,2\text{ C}^{\circ}$ .

Средняя скорость ветра составляла 3 м/с .

Преобладало западное направление ветра.

Средняя влажность воздуха составляла 84%, это обуславливается небольшой разницей между температурой воздуха и точкой росы, что привело к низкой границе облачности и сильным осадкам.

Данные концентрации загрязняющих веществ за 23 августа 2017 года представлены в таблице 10.

Таблица 10. Данные загрязняющих веществ за 23.08.2010

	23.08.2017	CO	NO	NO2	SO2	O3	PM10	NH3
1	ул. Проф. Попова д.24	0,44	12,09	28,82	8,98			
2	Колпино	0,25	3,25	11,51		68,625		
3	Ул. Карбышева	0,27	9,41	16,73				
4	Малохоотинкий пр.д.94	0,02	12,02	23,21			5,20	
5	пр. Маршала - Жукова, д.30	0,37	3,75	22,98			9,45	11,46
6	Весельная ул. д54	0,12	2,09	11,58	1,76		6,60	
7	Таврическая,7	0,48	23,27	43,03		11,96		
8	Королева Д.36	2,59	3,01	12,34			57,27	
9	М. Балканская	0,41	1,00	7,50	0,06	67,05		
10	Московский проспект д19	0,27	8,88	3,63				
11	Сестроретск 11	0,12	0,27	1,59		72,66		
12	ул. Пестеля 12	0,45	9,00	34,85				
13	Революции Пр13	0,21	17,59	22,14				
14	Зеленогорск 14	0,22	0,73	6,95	2,45	68,89	5,05	
15	Кронштадт 15	0,35	2,90	14,59	1,30			
16	Севастьянова 16	0,10	3,10	13,54	1,14			
17	Пушкин17	0,53	11,04	34,44		43,52	7,40	
18	улица Ольги Форш 18	0,63	5,07	12,09		36,07	4,00	
19	Маршала жукова19	0,09	2,25	11,67			4,05	
20	Тельмана 20	0,03	3,39	22,48	14,17		6,80	

Для более наглядного примера, и более точного анализа данных были построены изолинии трех загрязняющих веществ – CO, NO и NO<sub>2</sub>, а так же построены 3D-графики пространственного распределения концентраций загрязняющих веществ за 23 августа 2017.

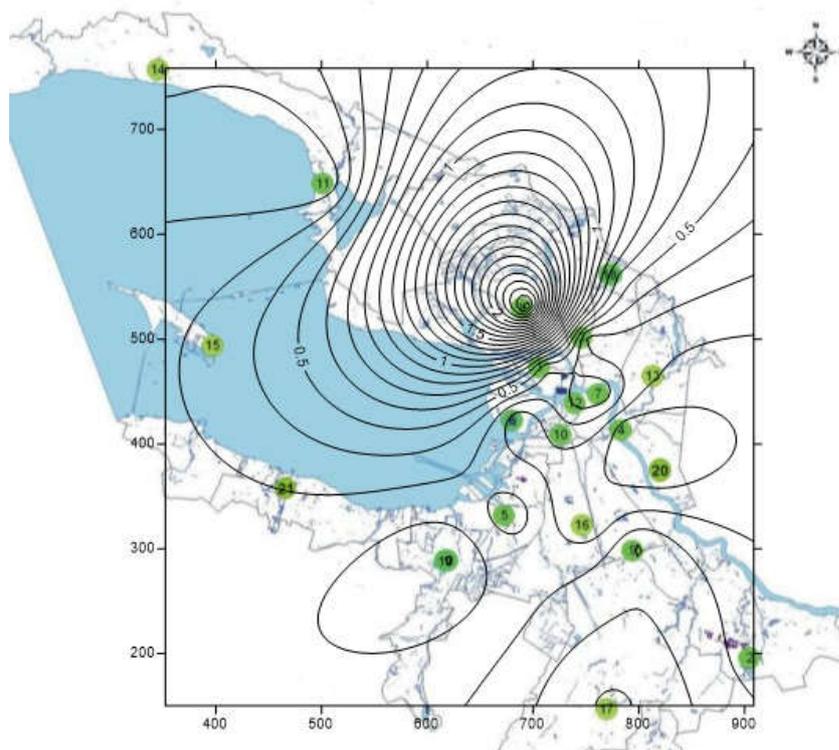


Рисунок 17. Изображение изолиний CO за 23.08.2017

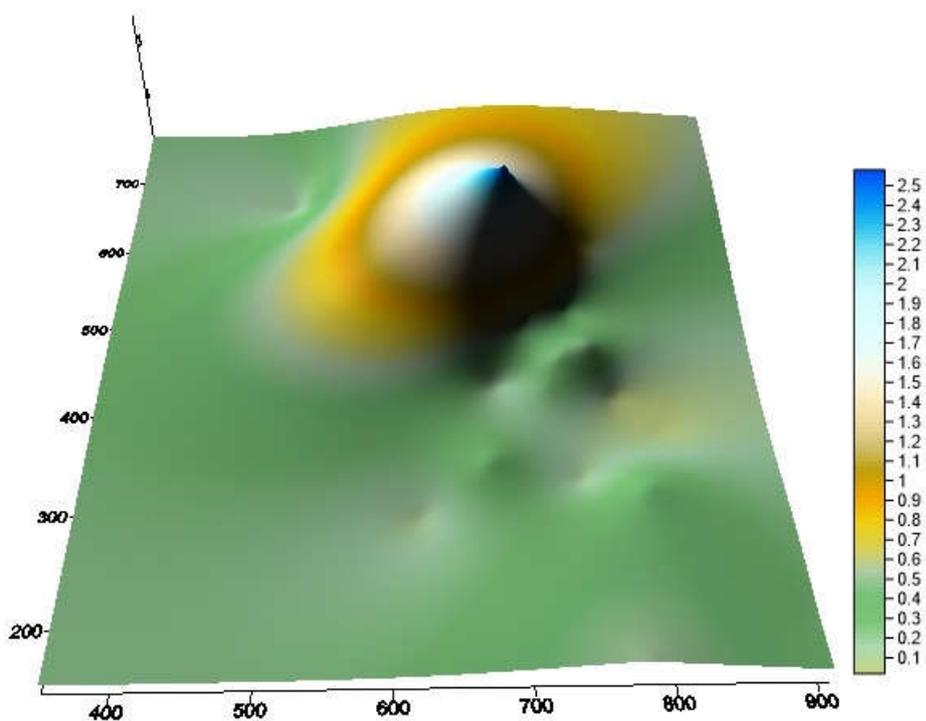


Рисунок 18. 3D-график пространственного распределения концентраций CO за 23.08.2017

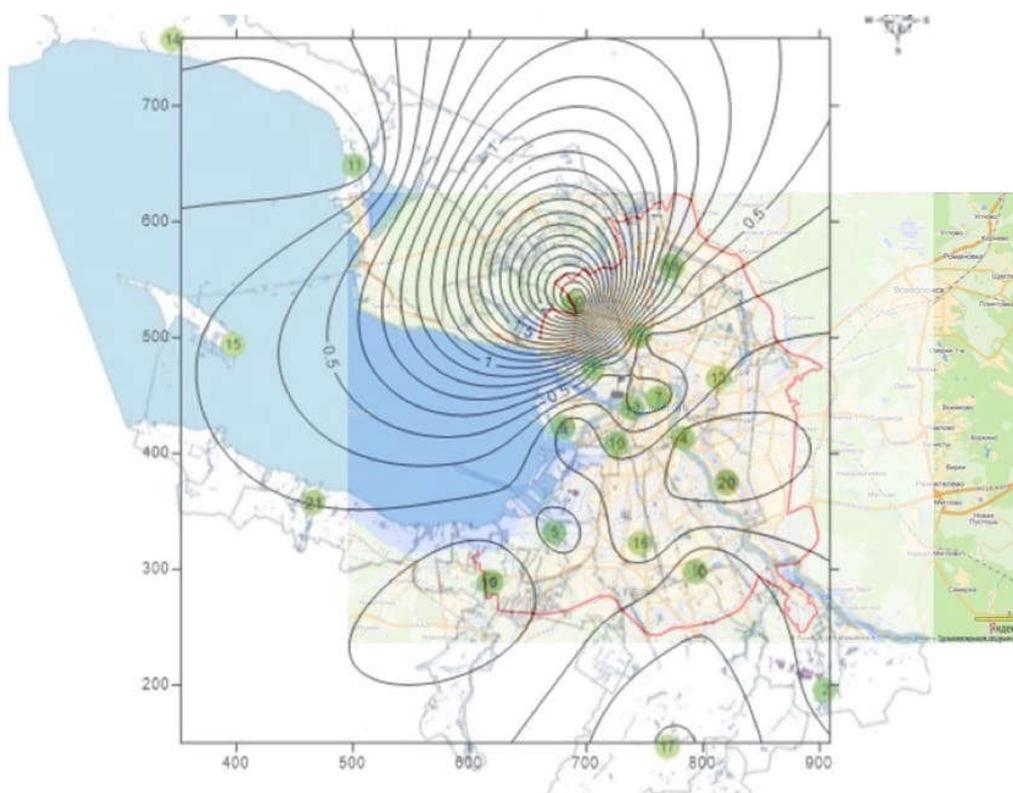


Рисунок 19. Изображение изолиний CO за 23.08.2017 на карте автомагистралей Санкт-Петербурга

Из приведенных выше данных, мы можем прийти к выводу, что наибольший выброс CO приходится на северо-западную часть города, территориально максимум выброса загрязняющих веществ в атмосферу находится в Приморском районе. При наложении карты изолиний CO на карту автодорожной сетки Санкт-Петербурга, мы чётко наблюдаем влияние транспортного трафика в будний день (понедельник) на количество концентрации оксида углерода. Так как в этот день наблюдаются сильные осадки, способствующие «самоочищению» атмосферы, концентрация загрязняющих веществ понижена. На периферии транспортной сетки трафик был гораздо ниже, следовательно, количество выбрасываемых вредных веществ было так же гораздо меньше (это четко видно на графиках).

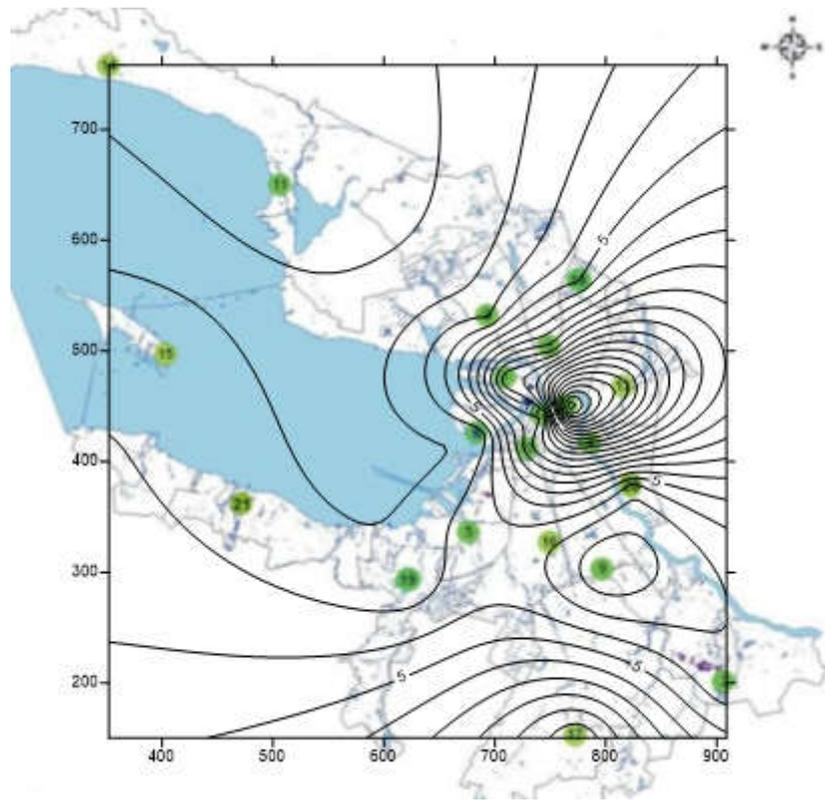


Рисунок 20. Изображение изолиний NO за 23.08.2017

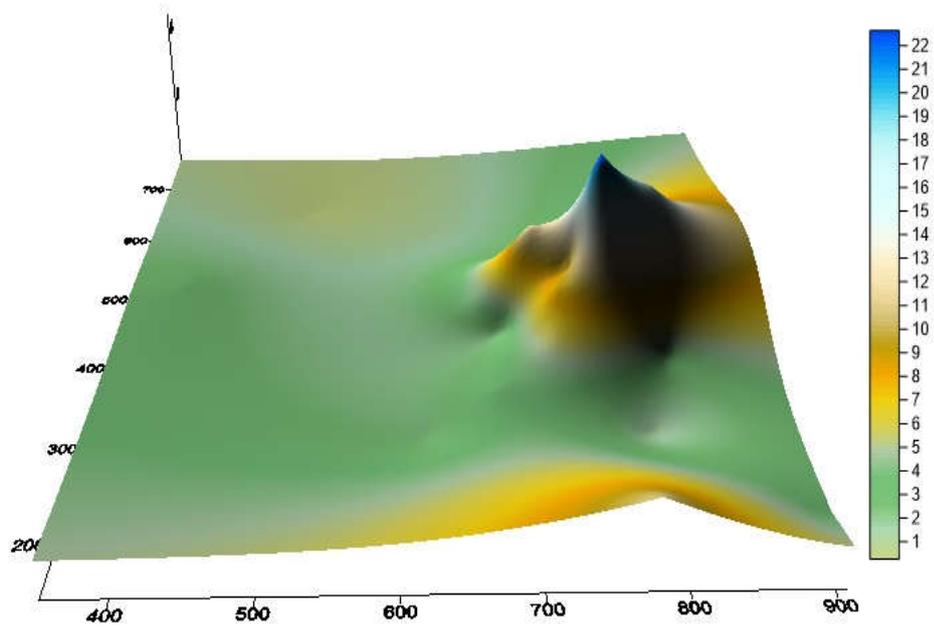


Рисунок 21. 3D-график пространственного распределения концентраций NO за 23.08.2017

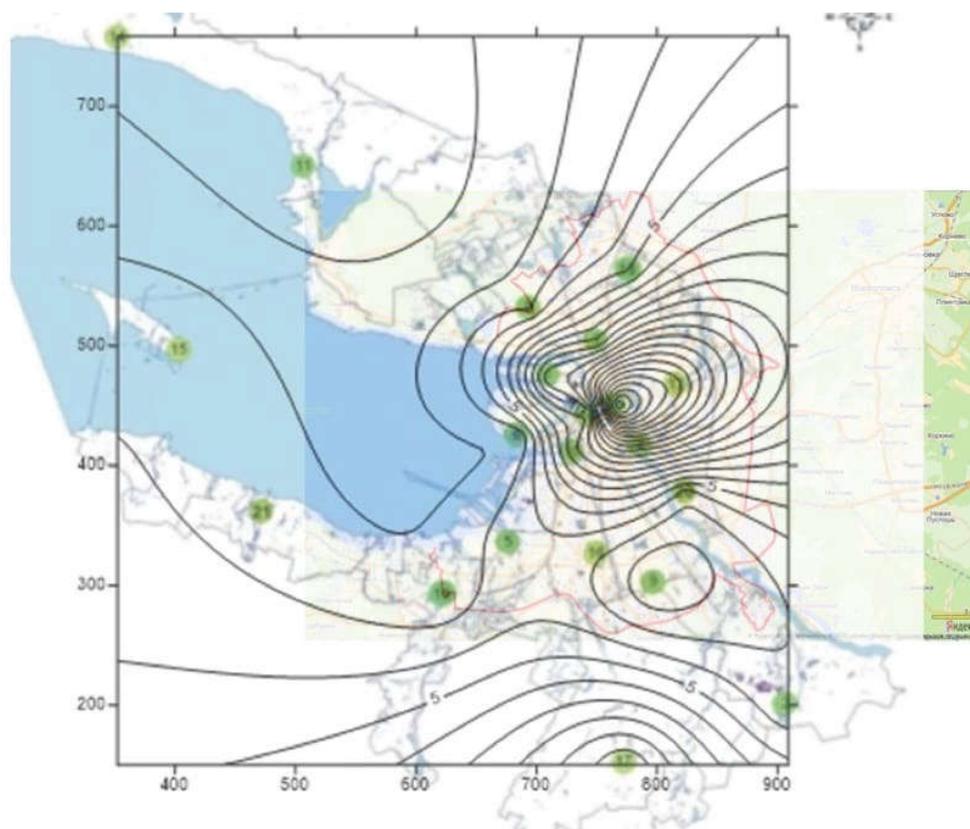


Рисунок 22. Изображение изолиний NO за 23.08.2017 на карте автомагистралей Санкт-Петербурга

Из приведенных выше данных, мы можем прийти к выводу, что наибольший выброс NO приходится на центральную часть города, а именно на юго-восточную часть Петроградского района, Красногвардейский и Центральный районы, максимум выброса оксида азота территориально находится в районе Невского проспекта. При наложении карты изолиний NO на карту автодорожной сетки Санкт-Петербурга, мы чётко наблюдаем влияние транспортного трафика в будний день (понедельник) на количество концентрации оксида азота. Так как в этот день наблюдаются сильные осадки, способствующие «самоочищению» атмосферы, концентрация загрязняющих веществ понижена. На периферии транспортной сетки трафик был гораздо ниже, следовательно, количество выбрасываемых вредных веществ было так же гораздо меньше (это четко видно на графиках).

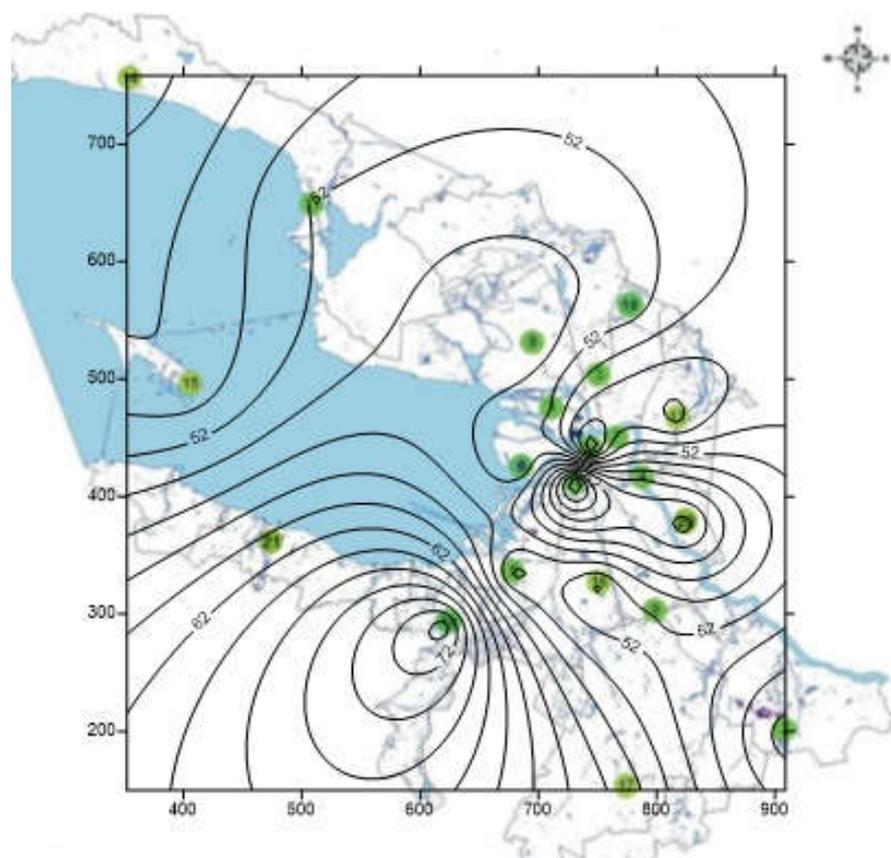


Рисунок 23. Изображение изолиний  $NO_2$  за 23.08.2017

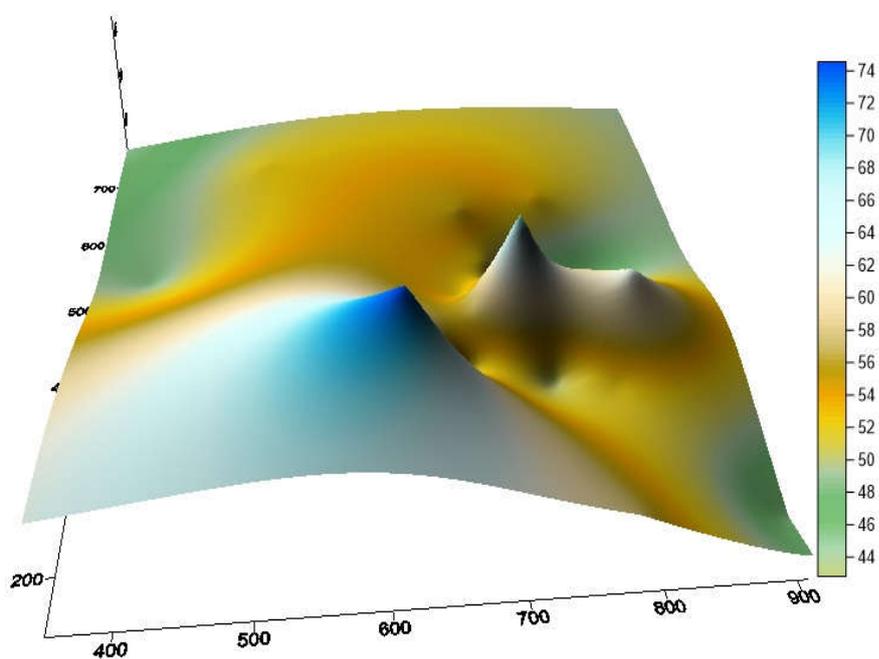


Рисунок 24. 3D-график пространственного распределения концентраций  $NO_2$  за 23.08.2017

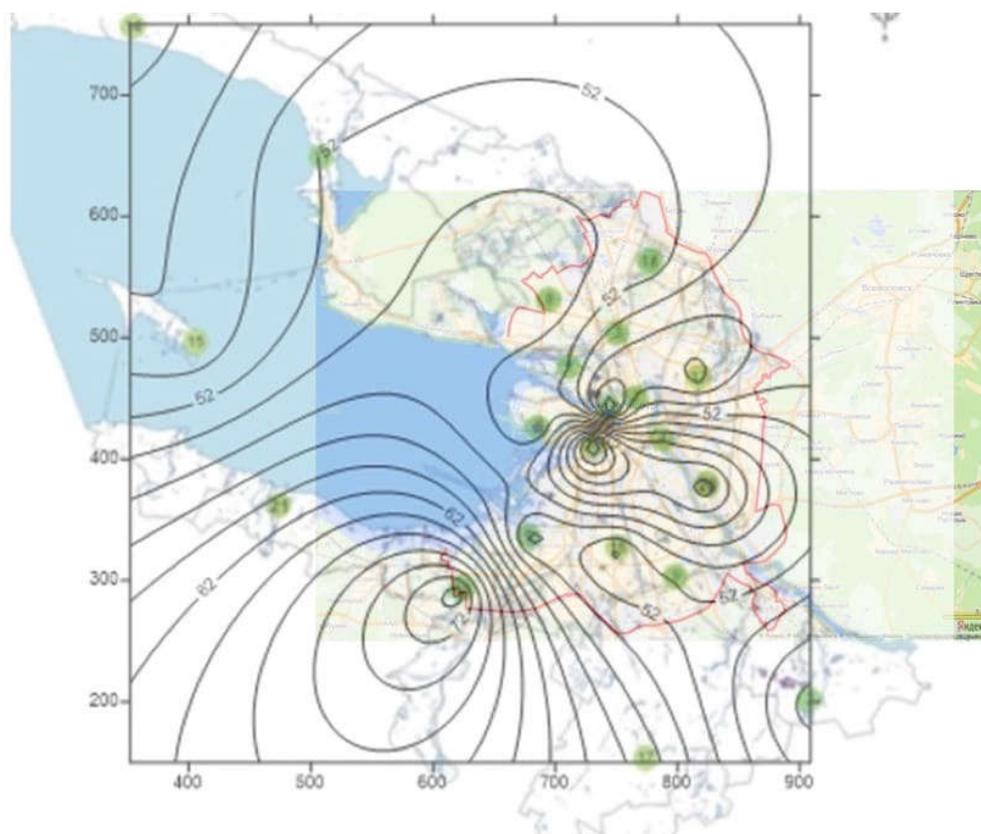


Рисунок 25. Изображение изолиний  $NO_2$  за 23.08.2017 на карте автомагистралей Санкт-Петербурга

Из приведенных выше данных, мы можем прийти к выводу, что наибольший выброс  $NO_2$  приходится на южную часть города, а именно на Адмиралтейский, Московский и Кировский районы. При наложении карты изолиний  $NO_2$  на карту автодорожной сетки Санкт-Петербурга, мы чётко наблюдаем влияние транспортного трафика в будний день (понедельник) на количество концентрации диоксида азота. Так как в этот день наблюдаются сильные осадки, способствующие «самоочищению» атмосферы, концентрация загрязняющих веществ понижена. На периферии транспортной сетки трафик был гораздо ниже, следовательно, количество выбрасываемых вредных веществ было так же гораздо меньше (это четко видно на графиках).

### 3.3 Среднестатистическая оценка разности данных рассматриваемых дат и их анализ.

После анализа влияния метеорологических аспектов на концентрацию вредных веществ в конкретные даты, для общего анализа данных, были составлены: таблица среднестатистических данных метеорологических параметров 23.08.2017(среда) и 27.01.2017(понедельник) (см. таблицу 11); график разницы содержания СО в атмосфере за 23.08.2017(среда) и 27.01.2017(понедельник) (Рис.26.); график разницы содержания NO в атмосфере за 23.08.2017(среда) и 27.01.2017(понедельник) (Рис. 27.); график разницы содержания  $NO_2$  в атмосфере за 23.08.2017(среда) и 27.01.2017(понедельник) (Рис. 28).

Таблица 11. Таблица среднестатистических данных метеорологических параметров 23.08.2017(среда) и 27.01.2017(понедельник)

Среднестатистические данные метеорологических параметров					
	Влажность	Температура	Направление ветра	Скорость ветра	Давление
27.01.2017	68%	-19,94°	неустойчивый	2 м/с	падение
23.08.2017	84%	16,4°	З	3 м/с	рост
разница	16%	36,34°	-	1 м/с	-



Рисунок 26. График разницы содержания СО в атмосфере за 23.08.2017(среда) и 27.01.2017(понедельник)

В приведенном выше графике четко видна разница содержащейся концентрации оксида углерода. Не смотря на то, что рассматриваемые даты приходились на рабочие дни, содержание СО 23.08.2017 было примерно в два раза меньше, чем 27.01.2017 это обуславливается разницей климатических условий. Так как 27.01.2017 район Санкт-Петербурга находился в районе размытого барического поля, следовательно, атмосфера была неустойчивой. Помимо этого, район находился в штилевых условиях, то есть отсутствие больших скоростей ветра препятствовало возможности «самоочищения» атмосферы, отсутствие осадков так же затормаживало этот процесс, в отличие от 23.08.2017, когда район находился под влиянием антициклонических аспектов: обильные осадки, высокая влажность, ветер конкретного направления со скоростями от 3 м/с – все эти характеристики являются основополагающим для ускоренного процесса очистки воздушной среды от загрязнителей.

Так же, нужно отметить, что по статистическим данным Министерства транспорта Российской Федерации в зимнее время года, выброс загрязняющих веществ в атмосферу выше, чем в летний период времени.

Минимальное количество содержания оксида углерода в воздушной среде 27.01.2017 составило  $0,23 \text{ мг/м}^3$ , что на  $0,20 \text{ мг/м}^3$  больше, чем минимальная составляющая концентрации оксида углерода за 23.08.2017.

Среднее значение количества содержания оксида углерода за 27.01.2017 составило  $0,82 \text{ мг/м}^3$ , что на  $0,42 \text{ мг/м}^3$  больше, чем среднее значение оксида углерода за 23.08.2017.

Максимальная концентрация СО в среду 27.01.2017 составила  $1,65 \text{ мг/м}^3$ , что на  $0,94 \text{ мг/м}^3$  меньше, чем в понедельник 23.08.2017, так как по статистике концентрация СО за 23 августа была меньше, чем 21 января, этот высокий показатель является отклонением от статистики. Это явление повышенной концентрации СО на станции номер 8, находящейся по адресу Королёва, дом 36 (Приморский район), вероятнее всего вызвано крупным выбросом загрязняющих компонентов большой концентрации автотранспортных средств или промышленными предприятиями, расположенными вблизи АМС.

Так же, сравнивая данные таблицы 1, таблицы 7 и таблицы 10, мы можем прийти к выводу, что показатели оксида углерода  $\text{ПДК}_{\text{МР}}$  и  $\text{ПДК}_{\text{СС}}$  в обе даты не превышали допустимой нормы.

### Разница содержания NO в атмосфере за два дня

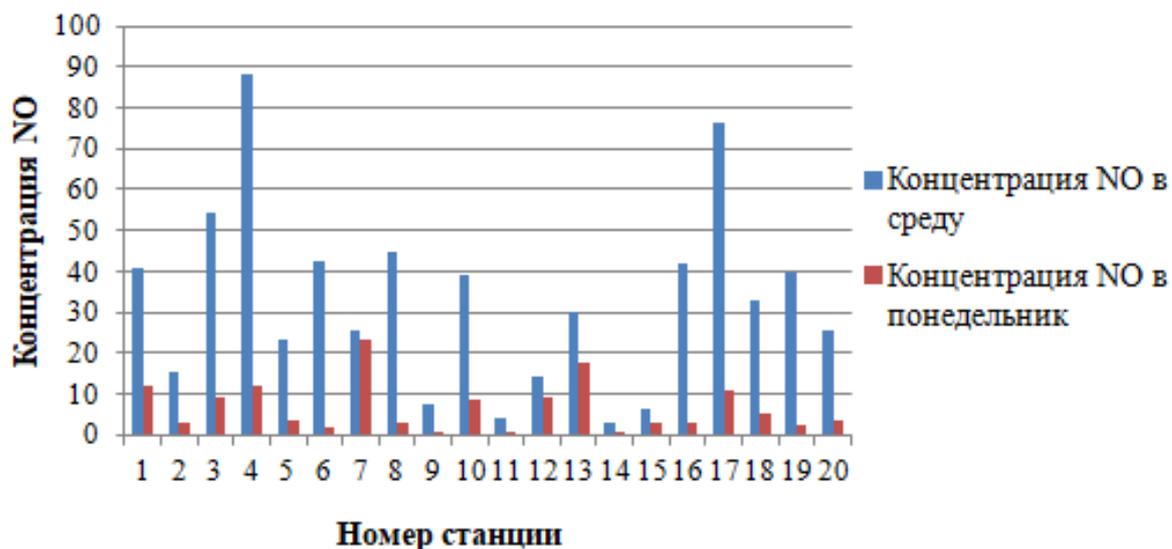


Рисунок 27. График разницы содержания NO в атмосфере за 23.08.2017(среда) и 27.01.2017(понедельник)

В приведенном выше графике четко видна разница содержащейся концентрации оксида азота. Не смотря на то, что рассматриваемые даты приходились на рабочие дни, содержание NO 23.08.2017 было примерно в два с половиной раза меньше, чем 27.01.2017 это обуславливается разницей климатических условий. Так как 27.01.2017 район Санкт-Петербурга находился в районе размытого барического поля, следовательно, атмосфера была неустойчивой. Помимо этого, район находился в штилевых условиях, то есть отсутствие больших скоростей ветра препятствовало возможности «самоочищения» атмосферы, отсутствие осадков так же затормаживало этот процесс, в отличие от 23.08.2017, когда район находился под влиянием антициклонических аспектов: обильные осадки, высокая влажность, ветер конкретного направления со скоростями от 3 м/с – все эти характеристики являются основополагающим для ускоренного процесса очистки воздушной среды от загрязнителей.

Так же, нужно отметить, что по статистическим данным Министерства транспорта Российской Федерации в зимнее время года, выброс загрязняющих веществ в атмосферу выше, чем в летний период времени.

Минимальное количество содержания оксида азота в воздушной среде 27.01.2017 составило 2,78 мкг/м<sup>3</sup>, что на 2,51 мкг/м<sup>3</sup> больше, чем минимальная составляющая концентрации оксида углерода за 23.08.2017.

Среднее значение количества содержания оксида азота за 27.01.2017 составило 32,76 мкг/м<sup>3</sup>, что на 26,06 мкг/м<sup>3</sup> больше, чем среднее значение оксида углерода за 23.08.2017.

Максимальная концентрация NO в среду 27.01.2017 составила 88,03 мкг/м<sup>3</sup>, что на 64,76 мкг/м<sup>3</sup> больше, чем в понедельник 23.08.2017, следовательно, по статистике концентрация NO за 23 августа была значительно меньше, чем 21 января.

Так же, сравнивая данные таблицы 1, таблицы 7 и таблицы 10, мы можем прийти к выводу, что показатели оксида азота ПДК<sub>МР</sub> и ПДК<sub>СС</sub> в четверг (23 августа 2017) не превышали допустимой нормы, в отличии от концентраций оксида азота за 27 января 2017 (среда), если в этот день показатель ПДК<sub>МР</sub> не превышал норму, то показатель ПДК<sub>СС</sub> превысил норму на 0,022 мг/м<sup>3</sup>.



Рисунок 28. График разницы содержания  $NO_2$  в атмосфере за 23.08.2017(среда) и 27.01.2017(понедельник)

В приведенном выше графике четко видна разница содержащейся концентрации диоксида азота. Несмотря на то, что рассматриваемые даты приходились на рабочие дни, содержание  $NO_2$  23.08.2017 было примерно в два раза меньше, чем 27.01.2017 это обуславливается разницей климатических условий. Так как 27.01.2017 район Санкт-Петербурга находился в районе размытого барического поля, следовательно, атмосфера была неустойчивой. Помимо этого, район находился в штилевых условиях, то есть отсутствие больших скоростей ветра препятствовало возможности «самоочищения» атмосферы, отсутствие осадков так же затормаживало этот процесс, в отличие от 23.08.2017, когда район находился под влиянием антициклонических аспектов: обильные осадки, высокая влажность, ветер конкретного направления со скоростями от 3 м/с – все эти характеристики являются основополагающим для ускоренного процесса очистки воздушной среды от загрязнителей.

Так же, нужно отметить, что по статистическим данным Министерства транспорта Российской Федерации в зимнее время года, выброс загрязняющих веществ в атмосферу выше, чем в летний период времени.

Минимальное количество содержания диоксида азота в воздушной среде 27.01.2017 составило 41,91 мкг/м<sup>3</sup>, что на 24,86 мкг/м<sup>3</sup> больше, чем минимальная составляющая концентрации оксида углерода за 23.08.2017.

Среднее значение количества содержания диоксида азота за 27.01.2017 составило 53,27 мкг/м<sup>3</sup>, что на 35,49 мкг/м<sup>3</sup> больше, чем среднее значение оксида углерода за 23.08.2017.

Максимальная концентрация  $NO_2$  в среду 27.01.2017 года составила 70,67 мкг/м<sup>3</sup>, что на 63,72 мкг/м<sup>3</sup> больше, чем в понедельник 23.08.2017, следовательно, по статистике концентрация  $NO_2$  за 23 августа была значительно меньше, чем 21 января.

Так же, сравнивая данные таблицы 1, таблицы 7 и таблицы 10, мы можем прийти к выводу, что показатели диоксида азота ПДК<sub>МР</sub> и ПДК<sub>СС</sub> в четверг (23 августа 2017) не превышали допустимой нормы, в отличии от концентраций диоксида азота за 27 января 2017 (среда), если в этот день показатель ПДК<sub>МР</sub> не превышал норму, то показатель ПДК<sub>СС</sub> превысил норму на 0,034 мг/м<sup>3</sup>.

## Заключение

Изучив методы контроля данных, был проведен анализ влияния метеорологических параметров на загрязнение атмосферного воздуха вблизи антропогенных объектов, а если быть точнее – автомагистралях. Детально разобрав и проанализировав отчет правительства Санкт-Петербурга об экологической обстановке в районе, был сделан вывод о том, что за последние семь лет, количество выбросов поллютантов росло пропорционально дисперсии количества автотранспортных средств.

После рассмотрения метеорологических данных и данных о загрязнении окружающей среды на двух конкретных примерах, анализа этих данных, а так же статистической оценки и сопоставление их между собой, был сделан вывод о том, что метеорологические аспекты являются важнейшим фактором, который влияет на «самоочищение» атмосферы или, в противоположном случае, «застой» загрязняющих веществ. Так же от климатических условий напрямую зависит скорость образования новых более опасных химических соединений в окружающей среде.

Проанализировав и сопоставив данные за два разных дня, имеющих различные климатические условия, различные времена года и т.д. Мы пришли к выводу, что максимальный выброс загрязняющих веществ в районе антропогенных объектов, а, именно, автомагистралей приходится на центральную часть дорожной сетки, к периферии количество вредных выбросов значительно понижается, следовательно, под влияние химического загрязнения попадают лица, населяющие, а так же временно прибывающие в Петроградском, Василеостровском, Адмиралтейском и Центральном районах.