

Санкт-Петербургский государственный университет

*ПЛОШЕНКО Антон Андреевич*

**Выпускная квалификационная работа**

*Оценка загрязнения атмосферного воздуха в Курортном и Кировском районах Санкт-Петербурга за многолетний период*

Уровень образования: *Магистратура*

Направление 05.04.06 «*Экология и природопользование*»

Основная образовательная программа *ВМ.5797 «Геоэкология: мониторинг, природопользование и экологическая безопасность»*

Научный руководитель:

доцент кафедры геоэкологии,  
кандидат географических наук  
Федорова Ирина Викторовна

Рецензент:

старший научный сотрудник,  
кандидат географических наук  
Институт водных проблем  
Российской академии наук  
Исупова Мария Викторовна

Санкт-Петербург

2023

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА.....	6
1.1 Загрязнение атмосферного воздуха в крупных городах .....	6
1.2 Загрязнение атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге .....	8
1.3 Влияние загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения .....	11
ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ.....	14
2.1 Краткая характеристика.....	14
2.2 Геологическое строение и рельеф.....	16
2.3 Климатические особенности .....	18
2.4 Гидрология .....	20
2.5 Почвенный покров.....	22
2.6 Растительность.....	25
2.7 Животный мир .....	29
2.8 Рекреационная деятельность .....	30
2.9 Антропогенная деятельность .....	31
ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.....	36
3.1 Исследуемые загрязняющие вещества .....	36
3.2 Методика учета выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников с помощью реестра санитарно-эпидемиологических заключений.....	39
3.3. Методика учета загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге с помощью систем мониторинга .....	39
3.4 Методика вычисления индекса опасности неканцерогенного риска .....	43
3.5 Расчет коэффициента корреляции для определения влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье.....	45
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	47
4.1. Загрязнение атмосферного воздуха стационарными источниками по данным санитарно-эпидемиологических заключений .....	47
4.1.1. Выбросы от стационарных источников в Курортном районе.....	47
4.1.2 Выбросы от стационарных источников в Кировском районе.....	51
4.1.3 Выводы по анализу выбросов стационарных источников по данным реестра СЭЗ .....	55

4.2 Динамика загрязнения атмосферного воздуха по данным систем мониторинга.....	56
4.2.1 Выводы по анализу загрязнения атмосферного воздуха по данным систем мониторинга.....	64
4.3 Расчет индекса опасности неканцерогенного риска для здоровья населения.....	64
4.4 Сравнение индекса опасности неканцерогенного риска и статистики по болезням органов дыхания.....	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	72
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	74

## ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение атмосферного воздуха является одной из наиболее серьезных экологических проблем в мире. Это происходит из-за выбросов различных вредных веществ в атмосферу. Последствия загрязнения воздуха могут быть катастрофическими для здоровья людей и животных, а также для экосистемы в целом. Вредные вещества могут вызывать астму, рак легких, хронические болезни дыхательных путей и другие заболевания.

Для научного исследования были выбраны два района с разной степенью загрязнения атмосферного воздуха. Различия заключаются в развитости промышленного сектора на исследуемых территориях, плотности и количеству проживающего населения, количеству автодорог и перемещающегося по ним транспорта. Интерес представляет сравнение качества атмосферного воздуха в данных районах и анализ влияния выбросов загрязняющих веществ на здоровье населения выбранных районов.

Актуальность исследования заключается в том, что на данный момент не проводились работы по анализу динамики выбросов в данных районах. В свободном доступе можно найти только информацию о степени загрязнения атмосферного воздуха и степени влияния промышленности на здоровье жителей на всей территории Санкт-Петербурга, без локализации по районам. Посредством изучения загрязнения конкретных районов можно дать оценку степени влияния концентрации загрязняющих веществ на здоровье населения.

Цель: дать оценку загрязнению атмосферного воздуха в Курортном и Кировском районах Санкт-Петербурга за многолетний период и оценить влияние загрязнения на здоровье населения.

Задачи:

- проанализировать существующую научную литературу на исследуемую тему и дать физико-географическое описание исследуемым территориям;
- проанализировать динамику концентрации содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на исследуемых территориях за многолетний период;
- рассчитать индекс неканцерогенного риска здоровья населения от содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе изучаемых районов;

- оценить степень влияния загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость болезнями органов дыхания в изучаемых районах.

# ГЛАВА 1. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

## 1.1 Загрязнение атмосферного воздуха в крупных городах

Проблема антропогенного загрязнения атмосферного воздуха возникла вместе с появлением промышленности и транспорта, работающих на угле, а затем на нефти. В течение практически двух столетий задымление воздуха носило местный характер. Дым и копоть сравнительно редких заводских, фабричных и паровозных труб почти полностью рассеивались на большом пространстве. Однако быстрый и повсеместный рост промышленности и транспорта в двадцатом веке привёл к такому увеличению объёмов и токсичности выбросов, которые уже не могут быть «растворены» в атмосфере до безвредных для природной среды и человека концентраций (Берлянд, 2016).

Загрязнение атмосферного воздуха – это изменение его состава при поступлении примесей естественного и антропогенного происхождения. Вещества – загрязнители бывают трёх видов: газ, пыль и аэрозоли. К последним относятся диспергированные твёрдые частицы, выбрасываемые в атмосферу и находящиеся в ней длительное время во взвешенном состоянии (Муртазов, 2008).

С развитием промышленности и транспорта, использующих ископаемые топлива, возникла серьёзная проблема загрязнения атмосферного воздуха. В настоящее время в приземной атмосфере находится множество антропогенных загрязняющих веществ, включая новые химические соединения, которые являются сильно токсичными. Главными антропогенными загрязнителями атмосферы являются сложные органические, хлорорганические и нитросоединения, техногенные радионуклиды. Особую опасность представляют такие вещества, как диоксин, бенз(а)пирен, фенолы, формальдегид и сероуглерод. Твёрдые взвешенные частицы также являются значительным источником загрязнения и представлены главным образом сажей, кальцитом, кварцем, гидрослюдой и каолинитом. В снеговой пыли обнаружены окислы, сульфаты и сульфиты, сульфиды тяжелых металлов, а также сплавы и металлы в самородном виде (Владимиров, 1991).

При процессах сгорания топлива наиболее интенсивное загрязнение приземного слоя атмосферы происходит в мегаполисах и крупных городах, промышленных центрах ввиду широкого распространения в них автотранспортных средств, ТЭЦ, котельных и других энергетических установок, работающих на угле, мазуте, дизельном топливе, природном газе и бензине (Безуглая, 2015).

Автомобильное загрязнение является серьёзной проблемой, связанной с выбросом различных веществ в атмосферу, включая углеводороды, альдегиды, оксиды азота и

углекислый газ. С ростом численности населения и количества автомобилей, концентрация этих загрязняющих веществ в атмосферном воздухе увеличивается. Для решения этой проблемы были предложены различные подходы, включая использование электромобилей, которые не производят выхлопных газов. Однако, с производством электромобилей связаны другие проблемы, такие как сверхдобыча лития для аккумуляторов и проблемы с утилизацией изношенных аккумуляторов, которые также могут нанести вред окружающей среде (Безуглая, 2008).

Серьезную проблему представляет выброс в атмосферный воздух загрязняющих веществ двигателями воздушных судов. Наиболее негативное воздействие оказывается в районе аэропортов, так как здесь выбрасывается почти половина загрязняющих веществ, приходящихся на долю авиации.

Железнодорожный транспорт является значительным источником загрязнения атмосферного воздуха, особенно вблизи железнодорожных станций и локомотивных депо. Тепловозы являются основными источниками выбросов вредных веществ на железнодорожном транспорте, и их доля может достигать до 90%. В России общий объем выбросов загрязняющих веществ от тепловозов составляет около 3 млн тонн, что составляет 9% от общего объема выбросов от передвижных источников загрязнения. Решение этой проблемы может быть связано с использованием более экологически чистых технологий на железнодорожном транспорте, таких как электрические локомотивы или технологии, которые позволяют снизить выбросы вредных веществ (Букс, Фомин, 2017).

Потоки автомобильного транспорта являются основным источником шума в городах. Они не только создают 80 % всех зон акустического дискомфорта городов, но и определяют максимальное превышение уровней шума над нормативным. Это связано главным образом с тем, что транспортные магистрали проходят в непосредственной близости от жилой застройки (Безуглая, 2015).

Деятельность предприятий, организаций жилищно-коммунального хозяйства оказывает негативные влияния на окружающую среду в результате:

- выбросов в атмосферу от котельных централизованных и децентрализованных систем теплоснабжения;
- размещения на свалках (организованных и неорганизованных) бытовых и промышленных отходов;
- урбанизации природных территорий.

В Российской Федерации насчитывается около 20 тысяч отопительных котельных, которые используются для жилищно-коммунального хозяйства и имеют общую тепловую мощность в 18 тысяч МВт. Природный газ составляет 41% от общего потребления топлива,

твердое топливо - около 47%, а остальные виды топлива (торф, дрова) - 12%. Котельные жилищно-коммунального хозяйства расположены в густонаселенных местах в черте города, поэтому требуются высокосортные бессернистые виды топлива. В конце XX века предприятиями ЖКХ было выброшено в атмосферу 625 тысяч тонн загрязняющих веществ, из которых 190 тысяч тонн - твердых веществ, 435 тысяч тонн - жидких и газообразных, включая диоксид серы (115 тысяч тонн), оксид углерода (227 тысяч тонн), оксиды азота (85 тысяч тонн), углеводороды (3,1 тысяч тонн) и летучие органические соединения (520 тысяч тонн). Аварии техногенного характера, которые почти наполовину происходят в коммунальных системах жизнеобеспечения (тепло- и энергоснабжение, водоснабжение и канализация), оказывают наиболее негативное воздействие на экологическую безопасность населения (Безуглая, 2015).

Каждый год в России компании по благоустройству удаляют до 120 миллионов кубических метров твердых бытовых отходов и очищают более чем 500 миллионов квадратных метров улиц, площадей и других территорий. (Безуглая, 2008).

## **1.2 Загрязнение атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге**

За последние три десятилетия экономические изменения в России привели к значительному влиянию на экологическую ситуацию страны в целом и в ее отдельных регионах. Эти изменения, в первую очередь, повлияли на крупные города, которые характеризуются высокой концентрацией промышленных предприятий, транспорта и объектов ЖКХ. После периода перестройки в 90-х годах объемы строительства начали увеличиваться, многие предприятия были модернизированы и увеличено производство, а также резко увеличился парк автомобилей.

Эти изменения привели к существенному ухудшению экологической ситуации в городах, особенно в отношении качества воздуха, земли и воды. Выбросы загрязняющих веществ от промышленных предприятий и автомобилей, а также неправильное использование ресурсов и отходов привели к появлению экологических проблем, таких как загрязнение водных ресурсов, образование городских отходов и ухудшение качества жизни населения.

Рассмотренные процессы коснулись и Санкт-Петербурга – одного из крупнейших городов России. Некоторые изменения в этом городе отрицательно повлияли на условия проживания. Например, при строительстве новых жилых районов значительная часть возведенных ранее в Санкт-Петербурге промышленных предприятий оказалась в близости от жилья горожан. В середине 1990-х гг. в крайне неблагоприятных условиях проживали около 250 тыс. человек, в том числе 68 тыс. человек — на территории санитарно-

защитных зон (СЗЗ) предприятий. В 2013 г. число лиц, проживающих в пределах СЗЗ, увеличилось до 153 тыс. человек, а в 2015 г. таковых было 138 тыс. человек, что составляло около 3 % всего населения города (Нидюлин, 2009). Серьезную экологическую проблему в Санкт-Петербурге создает и стремительно увеличивающийся автомобильный транспорт.

На протяжении последних нескольких десятилетий объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух год от года существенно менялись. Так, например, в 1982 г. их общий объем составлял 897,5 тыс. т. Далее до 1994 г., он снижался, достигнув в конце спада значения 199 тыс. т. В 1996 г. отмечалось увеличение (до 306 тыс. т), а в 2001 г. — снижение (до 231 тыс. т) объема выбросов загрязняющих веществ. В 2002–2008 гг. объемы выбросов колебались в пределах 235–284 тыс. т в год. В 2009 г. они резко увеличились до 625 тыс. т, а с 2010 по 2015 г. составляли 513–537 тыс. т в год (рис. 1). В целом по рассматриваемому показателю техногенной нагрузки на атмосферный воздух Санкт-Петербурга можно выделить период 1993–2008 гг., когда значительно (в среднем в 3 раза) снизился объем выбросов загрязняющих веществ, а также период с 2009 г., характеризующийся увеличением в среднем более чем в 2 раза общего объема выбросов (Мовчан, Зубкова, 2016).

Значительное снижение выбросов в 1990-е и 2000-е гг. объясняется спадом промышленного производства. По данным Федеральной службы государственной статистики, в Санкт-Петербурге наблюдалось уменьшение числа объектов со стационарными источниками загрязнения атмосферного воздуха. В 2000–2008 гг. их число уменьшилось в 2 раза (от 333 до 171) (Мовчан, Зубкова, 2016).

Увеличение общего объема выбросов загрязняющих веществ после 2008 г. связано с автомобильным транспортом. Отметим, что в Санкт-Петербурге за последние 35 лет автомобильный транспорт чаще всего становился основным загрязнителем атмосферного воздуха. Так, например, в 1982 г. выбросы от стационарных источников составляли около 296 тыс. т, а от автотранспорта — 602 тыс. т (67 % общего объема выбросов). В 1987 г. эти значения несколько изменились, и доля выбросов автотранспорта уменьшилась до 59 %. В 1993 и 1994 гг. объем выбросов от автотранспорта еще больше снизился и составил соответственно 102 и 95 тыс. т в год (т. е. 44 и 48 % общего объема выбросов). Период 2009–2015 гг. характеризуется увеличением роли автомобильного транспорта как загрязнителя атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге. В эти годы его доля в общем объеме выбросов достигала 91 % (см. рис. 1) (Мовчан, Зубкова, 2016).

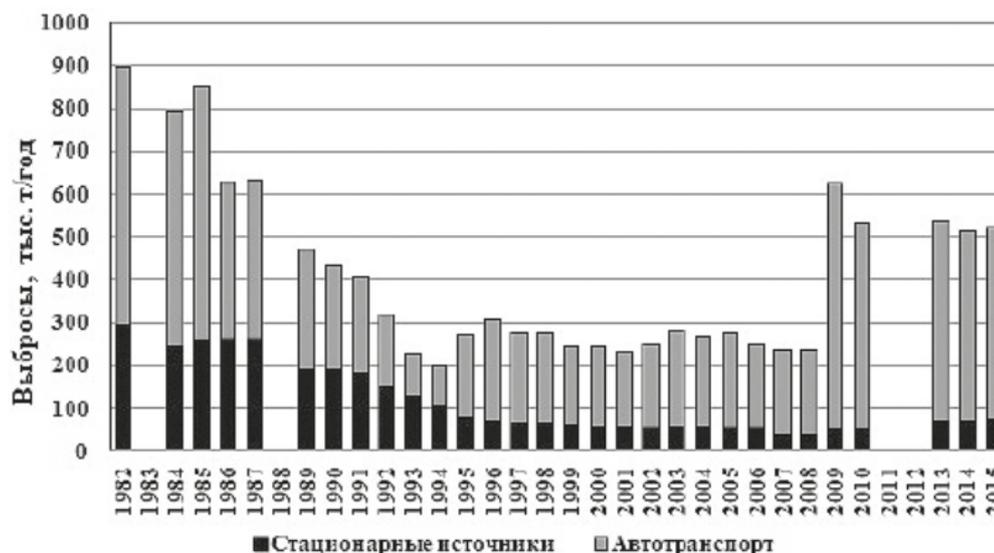


Рис. 1.1 Выбросы в атмосферный воздух от стационарных источников и от автотранспорта в Санкт-Петербурге (Мовчан, Зубкова, 2016).

Анализируя состав загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города, можно отметить, что до середины 1990-х годов основной выброс от стационарных источников составлял диоксид серы, который занимал первое место с долей 33% в 1987 году. Оксид углерода занимал второе место с долей 19%, диоксид азота - третье место с долей 16%, а углеводороды - четвертое место с долей 8%. Через 10 лет лидером среди загрязняющих воздух веществ стал диоксид азота с долей 28%, а диоксид серы переместился на второе место с долей 23%. Наибольшее загрязнение воздуха отмечалось по группе суммирования, включающей в себя диоксиды азота и серы, оксид углерода и фенол. Содержание диоксида азота колебалось в диапазоне 0,7-1,2 ПДК в период 2001-2015 гг., а диоксида серы - в диапазоне 0,1-0,3 ПДК. В 2010 и 2015 годах автомобильный транспорт лидировал по объемам выбросов оксидов азота (63% и 62% соответственно), а стационарные источники - по объемам выбросов диоксида серы (75% и 51% соответственно). Газификация предприятий тепловой энергетики в 2009-2010 годах привела к сокращению эмиссий загрязняющих веществ (в основном диоксида серы), но также увеличила соединения азота в выбросах ТЭЦ (Мовчан, Зубкова, 2016).

В рассматриваемый 35-летний период значительно менялся и индекс загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА):

- в 1982 и 1983 гг. он был равен 5,3;
- далее, вплоть до 1989 г., он колебался в пределах 2,7–4,2;
- в 1990, 1998 и 2002 гг. он повысился до 9,1, 9,7 и 9,2 соответственно.

Как известно, показатель ИЗА используется для определения качества атмосферного воздуха и характеризует уровень длительного загрязнения. Он также определяет качественную характеристику загрязнения в соответствии с его значением. Если  $ИЗА \leq 5$ , то уровень загрязнения низкий, при  $5 < ИЗА < 7$  - повышенный, при  $ИЗА = 7 \dots 13$  - высокий, а при  $ИЗА \geq 14$  - очень высокий. Анализ межгодовой изменчивости ИЗА показал, что в 1984–1989 гг. уровень загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге был низким, а в последующие годы - высоким.

### **1.3 Влияние загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения**

На состояние здоровья человека вместе с образом жизни, уровнем санитарно-гигиенических привычек, медицинского обслуживания, наличием наследственных заболеваний, значительное влияние оказывает окружающая среда, которая в городских условиях может быть источником вредных загрязняющих веществ техногенного происхождения, которые образуются в результате деятельности человека. Загрязнение пространства для жизни людей остается одной из глобальных угроз общественному здоровью (Jemal, Gray, 2011). От болезней, которые вызваны загрязнением биосферы, погибают почти 9 млн человек и заболевают более чем 200 млн в год (Top Ten countries turning...,2014). Промышленные города становятся центром острейших экологических проблем, обусловленных высокой концентрацией на сравнительно небольшой территории населения, транспорта, промышленных предприятий, с образованием антропогенных ландшафтов, которые далеки от экологически чистого состояния. Развитие промышленности и транспорта приводит к появлению новых веществ в окружающей среде, что нарушает взаимосвязи между природой и человеком и ухудшает здоровье населения. Заболеваемость отражает неблагоприятное экологическое состояние среды обитания. (Orru, Teinema...,2009)

Атмосферный воздух – один из важнейших факторов среды обитания, оказывающий постоянное, повседневное влияние на человека, с которым связана наибольшая часть рисков для здоровья. Содержащиеся в атмосферном воздухе загрязняющие вещества увеличивают заболеваемость населения на 30-40%, снижают среднюю продолжительность жизни россиян примерно на 1 год, а в наиболее загрязненных городах - на 4 года (Ананина, 2013; Архипова, 2013; Безуглая, 2015).

Ежегодно в Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова составляется Приоритетный список городов с очень высоким уровнем загрязнения воздуха, согласно показателю индекса загрязнения атмосферы (ИЗА), учитывающего основные примеси, рассчитывающегося по значениям среднегодовых концентраций и характеризующего

уровень хронического, длительного загрязнения (ИЗА>14). ИЗА применяется для установления связи между уровнем загрязнения воздуха и заболеваемостью. В соответствии с существующими методами оценки, уровень загрязнения считается повышенным при ИЗА от 5 до 6, высоким - при ИЗА от 7 до 13 и очень высоким при ИЗА, равном или больше 14.

Если жить в промышленном районе, то человек может подвергаться воздействию сотен химических компонентов, которые могут негативно влиять на его здоровье. Исследования показывают, что уровень заболеваемости органов дыхания напрямую связан с загрязнением атмосферы, вызванным выбросами химических веществ от стационарных и передвижных источников. В воздухе часто превышаются концентрации таких вредных веществ, как оксид углерода, оксид азота, диоксид азота, диоксид серы, озон и взвешенные вещества размером 10-2,5 м. Эти загрязнители могут представлять серьезную угрозу для здоровья человека, особенно если они находятся в аэрозольной форме и могут проникать глубоко в респираторный тракт. Концентрации этих веществ любого уровня считаются вредными для здоровья (Безуглая, 2015).

Жители, проживающие в населенных пунктах с высоким индустриальным развитием, в основном тяжелой, химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, чаще поражаются онкологическими заболеваниями, чем в городах, которые специализируются на легкой и пищевой промышленности. С увеличением уровня ИЗА возрастает количество случаев заболеваемости злокачественными новообразованиями (ЗНО) (Нидюлин, 2009). Вдыхание канцерогенов является одной из причин развития рака респираторных органов, среди которых лидирующие позиции занимает рак легких – в большей мере, чем другие локализации, связанный с загрязнением атмосферного воздуха (Чойнзонов, 2006). Согласно оценке экспертов ВОЗ, рак легких является самой распространенной онкологической патологией в популяции большинства стран мира. Из 14,1 млн случаев ежегодно регистрируемых новых случаев ЗНО в мире в более чем 1,8 млн диагностирован рак легких (1,2 млн - у мужчин) (Нидюлин, 2009). В России данная патология в структуре онкологической заболеваемости населения занимает ведущее место. Так, в 2013 г. было выявлено 56 051 новых случаев заболевания (каждый десятый больной) и 50 068 человек (каждый шестой) умерли от него (Злокачественные новообразования в России..., 2013; Статистика злокачественных новообразований..., 2014).

Установлено, что увеличение в атмосферном воздухе концентрации БП на 1,0 нг/м способствует росту показателя заболеваемости раком органов дыхания через 3 года на 2,0 на 100 тыс. населения (Ревич, 2004). В городах Сибири показана зависимость между концентрациями БП в атмосферном воздухе и показателями заболеваемости населения

раком легкого. Из-за очень высокого уровня загрязнения атмосферы в городах можно ожидать до 34 тыс. случаев возникновения ЗНО (Безуглая, 2015). У лиц, никогда не куривших, но проживающих на территориях с высоким уровнем загрязнения атмосферы, риск умереть от рака легкого на 20% выше, чем у лиц, живущих на «чистых» территориях (Grens, 2011).

Среди специфических загрязнителей в атмосфере городов важное место занимают тяжелые металлы, относящиеся к первому и второму классу опасности, согласно оценке экспертов Международного агентства по изучению рака (IARC Monographs on the Evaluation..., 2011). Попадая в организм человека, они могут накапливаться, что приводит к хронической интоксикации с последующим канцерогенным или другим отдаленным действием (Новикова, Пушкарев, 2013). Так, соединения никеля являются пульмонотропными канцерогенами; загрязнение воздушного бассейна хромом может стать причиной роста заболеваемости раком легких, кожи, лимфатической и кроветворной тканей; кадмием - опухолями легких и предстательной железы (Бабошкина, Горбачев, 2013).

По данным американского Blacksmith Institute, в список из 10 самых грязных городов на планете входят 2 российских: Дзержинск и Норильск. Дзержинск - крупный центр химической промышленности Нижегородской области назван самым токсичным городом в мире: средняя продолжительность жизни мужчин, проживающих в нем - 42 года, женщин - 47 лет. В Норильске, в районах, расположенных рядом с никелевым производством, уровень заболеваемости превышает среднюю по городу в 1,5 раза, а продолжительность жизни - на 10 лет меньше, чем в среднем по России. Онкологическая заболеваемость имеет четкую тенденцию к росту, при том, что жители Норильска заболевают в более молодом, чем в среднем по стране, возрасте (Ананина, 2013).

Резюмируя вышеизложенное, следует отметить: здоровье, отражая состояние экосистемы в целом, является обобщенным показателем качества среды обитания и ее влияния на жизнедеятельность людей.

## ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

### 2.1 Краткая характеристика

#### Курортный район

Курортный район располагается в северо-западной части Санкт-Петербурга на Северо-Восточном побережье Невской губы Финского залива. Общая территория района составляет 267,9 км<sup>2</sup> (крупнейший по территории из городских районов). Население составляет 82 713 чел. (2021 г.). Район богат поверхностными водными ресурсами и подземными запасами воды (Администрация Санкт-Петербурга).

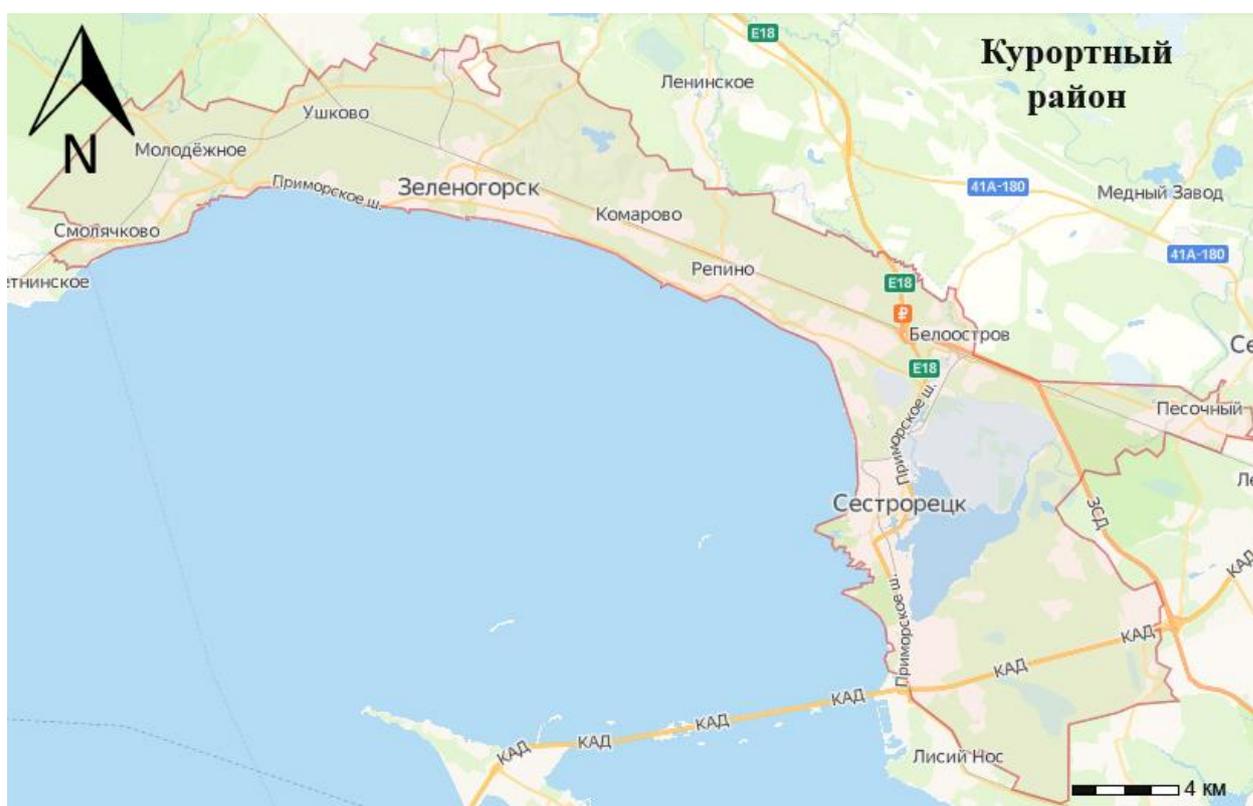


Рис. 2.1. Курортный район на карте

Район граничит: на юге – с Приморским и Выборгским городскими районами, на востоке – с Всеволожским районом Ленинградской области, на северо-востоке и севере – с Выборгским районом Ленинградской области. В состав Курортного района входят 11 муниципальных образований: г. Сестрорецк, г. Зеленогорск, пос. Белоостров, пос. Комарово, пос. Солнечное, пос. Смолячково, пос. Серово, пос. Песочный, пос. Репино, пос. Ушково, пос. Молодежное. На территории района расположено 11 санаториев, в которых ежегодно проходят лечение более 300 тысяч человек (Охрана окружающей среды, природопользование..., 2013).

## Кировский район

Кировский район расположен на юго-западе Санкт-Петербурга. Имеет выход к берегу Невской губы Финского залива. На севере граница района с Адмиралтейским районом проходит по реке Екатерингофке и площади Стачек, на востоке – с Московским районом – по линии железной дороги на Ломоносов и Гатчину, и на юге – с Красносельским районом – по проспекту Маршала Жукова и реке Красненькой. В состав района входят муниципальные округа: Нарвская застава, Автово, Дачное, Улянка и восточная часть Лигова, а также острова Невской губы — Гутуевский, Канонерский и Белый.

Площадь: 47 км<sup>2</sup>, население 339 946 человек на 2021 год. Входит в число самых загрязненных районов города из-за большого количества расположенных в районе промышленных предприятий (Администрация Санкт-Петербурга).

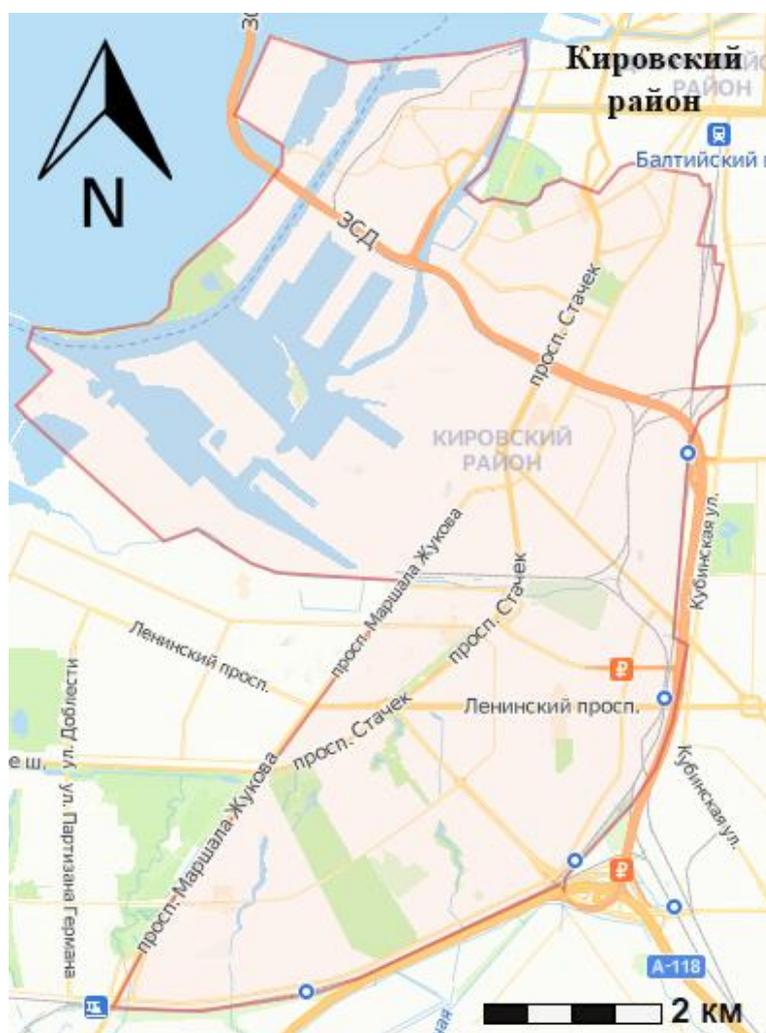


Рис. 2.2. Кировский район на карте

## 2.2 Геологическое строение и рельеф

### Курортный район

Территория района находится в пределах географического объекта, известного как Карельский перешеек, который характеризуется различными типами рельефа. В этом районе можно выделить холмистый и увалистый моренный рельеф, холмисто-котловинный камовый рельеф, а также плоские и волнистые озёрно-ледниковые равнины. Рельеф состоит из песков различной крупности с примесью гравелистых песков, супесей и суглинков. По берегу Финского залива преобладает плоская морская равнина. Также на этой территории можно выделить болотные равнины

По характеру высоты над уровнем моря рельеф района характеризуется, как Приневская низменность Русской равнины. Максимальная высота района — гора Большая Командная (Пухтуловка) 100,5 м.

По периоду образования это послеледниковый рельеф, образовавшийся в четвертичное время, продолжительность которого составляет около 1 млн лет.

Выражены два уровня: более высокий озёрно-ледниковый и более низкий, затоплявшийся древним Литориновым морем. Приневская низменность, затоплявшаяся Литориновым морем окаймляет берег Финского залива узкой плоской, расширяющейся там, где были заливы моря, например в районе Сестрорецка, отделённые от залива песчаной пересыпью, перевеянной в дюны (Курортный берег, 1999).

Архивные документы свидетельствуют, что в конце XIX века на территории района свирепствовали пылевые бури, засыпавшие деревья до кроны, а избы жителей до окон, так, что каждое утро люди вынуждены были откапывать свои двери, чтобы выйти из дома. Причина этих бурь – отсутствие лесов, срубленных на древесный уголь для оружейного завода.

Таким образом на территории района дюны передвигались в направлении от залива вглубь района. Естественными преградами для дюн были реки и ручьи, которые вымывали песок обратно в Финский залив, а волны выбрасывали песок на берег. Рельеф становился дюнный. После создания в 1723 г. водохранилища Сестрорецкий Разлив песок перестал доходить до залива, оседая в Разливе. Через 300 лет существования водохранилища очевиден дефицит песка на пляжах (Курортный берег, 1999).

Происходит перемещение (геоморфология) песка на берегах штормами и ветрами при западных и северо-западных ветрах. Это хорошо наблюдается в районе набережной Сестрорецкого Курорта, где набережную пересыпают пылеватые эоловые (ветровые) пески в одном месте, а рядом они выдуваются ниже фундамента.

Геологическое строение. Территория Курортного района располагается в пределах Балтийского кристаллического щита, в южной его части. Коренными являются порорды архейского и кембрийского возраста. Они перекрываются мощным чехлом четвертичных отложений и нигде на поверхность не выходят.

Породы архея представлены гранитами и гранитогнейсами, залегающими на глубине 145-165 метров. Над ними располагаются отложения нижнекембрийского возраста, их мощность 95 – 130 метров. В кембрийских отложениях выделяются гдовские слои, представленные песчаниками с линзами и прослоями глин, и ламинаритовые слои, представленные глинами зеленовато-серого цвета с прослоями песка или слабоцементированного песчаника. Четвертичные отложения в районе залегают на ламинаритовых глинах нижнего кембрия. Мощность четвертичных отложений – 75 метров. Ими сложены современные формы рельефа.

Геоморфологическое строение. Данный район расположен на озерно-ледниковой террасе, которая является частью древнего Балтийского озера. Геологический состав территории включает почвенно-растительный слой, супесчаный песок озерно-ледникового происхождения, валунные суглинки лужской морены, пески водно-ледникового генезиса, глины верхнекотлинского горизонта венда и нижнекотлинские (гдовские) песчаники и пески с прослоями глин, алевролитов и аргиллитов. Мощность песков на данной территории достигает 20-25 метров. Рельеф характеризуется различными типами, включая холмистый и увалистый моренный рельеф, холмисто-котловинный камовый рельеф, плоские и волнистые озёрно-ледниковые равнины, а также болотные равнины. По берегу Финского залива преобладает плоская морская равнина.

#### Кировский район

В геологическом строении района в пределах глубины изучения принимают участие четвертичные отложения. На участке развиты отложения позднего плейстоцена и современного голоцена различного генезиса.

Современные четвертичные отложения представлены техногенными грунтами (tIV). Верхнечетвертичные отложения представлены озерно-ледниковыми отложениями (lg III).

Кировский район расположен на озерно-ледниковой террасе, которая является частью Балтийского озера. Геологический состав территории включает почвенно-растительный слой, пески и глины различного происхождения. Рельеф характеризуется холмистым и увалистым моренным рельефом, камовым рельефом, озёрно-ледниковыми равнинами и болотными равнинами. По берегу Финского залива преобладает плоская морская равнина. Развитие рельефа связано с эволюцией морских и озерных бассейнов, а

также с понижением уровней водоёмов. На территории выделяются две террасы, более высокая из которых достигает абсолютных отметок до 60-65 м.

Рельеф Кировского района во многом утратил естественные черты: в настоящее время на большей части района сформировался техногенный рельеф, в том числе из намывных и насыпных грунтов. Мощность намывных и насыпных грунтов достигает десятка метров, засыпаны водоёмы и многие долины речек. В настоящее время начаты масштабные работы по формированию морского фасада города: засыпаются и намываются значительные площади в акватории Финского залива, изменяется береговая линия (Охрана окружающей среды, природопользование, 2014).

## 2.3 Климатические особенности

### Курортный район

Положение Курортного района Санкт-Петербурга на побережье Финского залива, а также близость Балтийского моря придают его климату черты морского с умеренно-теплым влажным летом и довольно продолжительной умеренно-холодной зимой. Средняя температура в июле 17,8 °С, январе -7,8 °С. Самым холодным месяцем в году является не январь, а февраль (ср.  $t^{\circ}$  — 9 °С), что также обусловлено спецификой морского климата. Снежный покров устанавливается во второй половине ноября и держится до середины апреля. Весна поздняя, затяжная. Лето умеренно теплое, со сменой солнечных и дождливых дней. Осень пасмурная и туманная. Осадков около 650 мм в год, большая их часть приходится на конец лета – начало осени. Средняя годовая относительная влажность около 80 %. Число часов солнечного сияния – 1628 в год. Сосновые леса, песчаные холмы и дюны создают естественную преграду для ветров.

Территория Сестрорецка относится к зоне избыточного увлажнения. Это связано с тем, что Сестрорецк расположен на узкой полосе между Финским заливом и озером Разлив и в силу своей большой площади активно участвует в формировании микроклимата.

Высокоширотным положением Санкт-Петербурга объясняется явление белых ночей. Они наступают 25-26 мая, когда солнце опускается за горизонт не более чем на 9', и вечерние сумерки практически сливаются с утренними. Наибольшая продолжительность дня приходится на 21-22 июня (18 ч. 53 мин.). Продолжительность белых ночей в Санкт-Петербурге в общей сложности более 50 дней, заканчиваются белые ночи 16—17 июля (Метеорологический портал).

### Кировский район

Климат Санкт-Петербурга в целом переходный от континентального к морскому, что обусловлено взаимодействием морских и континентальных воздушных масс умеренных и арктических широт – частыми вхождением арктического воздуха и активной циклонической деятельностью. Характерны относительно мягкая зима и умеренно тёплое влажное лето, высокая относительная влажность воздуха, ветреная погода и большая облачность в течение года. Осень теплее весны ввиду преобладания южных и юго-западных ветров, приносящих тепло из Атлантики. Весной преобладают северные холодные ветры. Интенсивная циклоническая деятельность и частая смена воздушных масс обуславливает крайне неустойчивую погоду во все сезоны. Территория Кировского района находится на берегу Финского залива, поэтому район имеет наибольшую влажность, чем внутренние районы города.

Годовая норма осадков составляет от 700 мм на побережье Финского залива до 750 мм при удалении от него. Внутригодовое распределение осадков неравномерное: за тёплый период (апрель-октябрь) выпадает 60-65 % общего количества осадков. Относительная влажность воздуха большую часть года превышает 80 %, часто составляя в ноябре-январе - 90%, в связи с чем испарение с поверхности не превышает 300 мм (Метеорологический портал).

Наибольшее влияние на климат региона оказывают воздушные массы, поступающие с Атлантики. В среднем за год ветры западных, северо-западных и юго-западных направлений составляют почти 46 % (осенью — около 50%) всех ветров, ветры северных и восточных направлений — 28 %, а южных и юго-восточных — 26 % (рис. 2.3 и 2.4). Следствием смены и взаимодействия воздушных масс разных направлений является типичная для города многолетняя изменчивость погоды и её неустойчивость в течение года (Малинин, 2015).

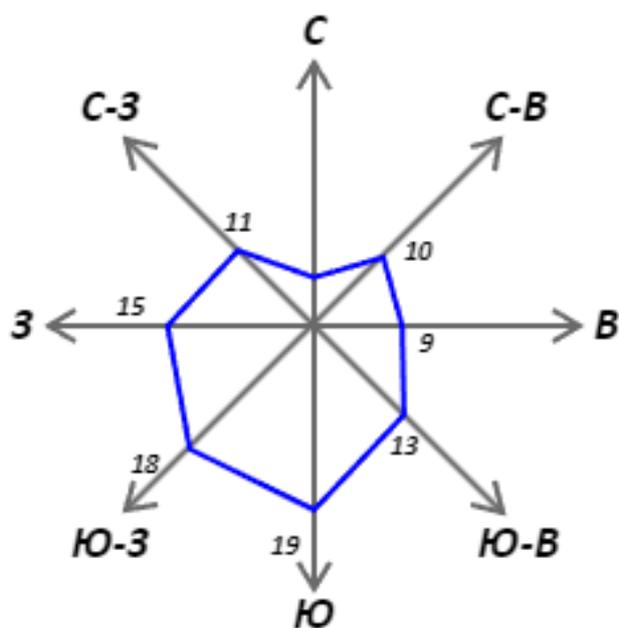


Рис. 2.3. Роза ветров в Санкт-Петербурге. Январь (Гурьянов, 2013)

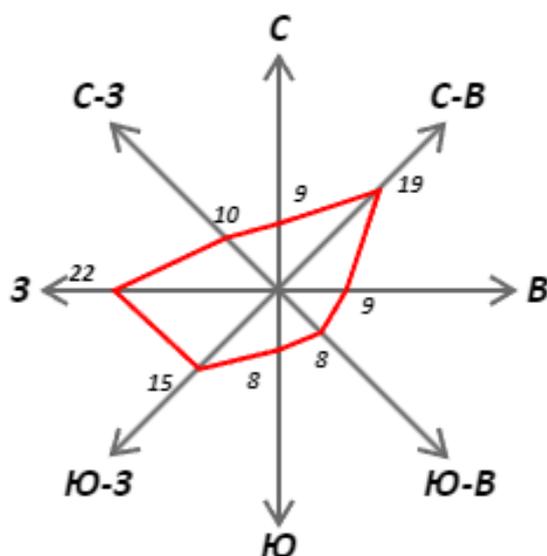


Рис. 2.4. Роза ветров в Санкт-Петербурге. Июнь (Гурьянов, 2013)

## 2.4 Гидрология

### Курортный район

Район богат водными объектами. Крупнейший – Финский залив Балтийского моря, вдоль берега которого полосой длиной 50 км протянулась территория района.

Крупнейший внутренний водоём и старейшее в мире водохранилище Сестрорецкий Разлив. В 1723 году при затоплении долины реки Сестры, перегороженной плотиной, было образовано водохранилище (Заводское), для эксплуатации которого образованы два канала:

водосбросной (Шипучка) и Водосливной канал «Ржавая канава» на 40 км Приморского шоссе перед впадением Сестры в водохранилище. Участок Сестры, вытекающий по старому руслу через Сестрорецкий инструментальный завод (СИЗ), получил название — Заводская Сестра.

В районе есть озера: Илистое, Дружинное (Чертово), Щучье (озеро, Комарово), Большое, Болотное, Радиновое (Лесное), Глухое, ряд безымянных озёр на дюнах (гривах) Сестрорецкого болота, искусственные в бывших карьерах, например в Дибунах.

По территории района протекают реки, берущие своё начало на склонах и болотах Лемболовской и Парголовской возвышенности и впадающие в Финский залив:

- на границе п. Смолячково и области река Приветная;
- Чёрная,
- впадающие в неё реки Рощинка и Гладышевка;
- Сестра (река в Ленинградской области) и её продолжение после водохранилища: Заводская Сестра и водосбросной канал (Шипучка)
- Чёрная речка (Сестрорецкий Разлив)
- Чёрная (Парголовка), пересекающая КАД и протекающая на границе г. Сестрорецка и Выборгского района СПб.

Ручьи. У посёлка Молодежное течет ручей Смолячков. Через посёлок Ушково ручей Звонкий, Быстрый и Ушковский, через г. Зеленогорск ручей Зеленогорский (Жемчужный). В лесах посёлка Комарово ручей Щукин, Чёрный и Лесной, впадающие в реку Сестру. В посёлке Белоостров в реку Сестру впадает ручей Серебряный. До создания Сестрорецкого Разлива в реку Сестру впадала и река Чёрная, имеющая притоками ручьи, протекающие в посёлке Песочный: Дранишник, Безымянный и Сертоловский, со стороны Левашово впадают ручьи Хайзовый и Левашовский канал. В городе Сестрорецке протекают ручьи: Горский, впадающий в Финский залив, Гагарка, впадающий в водосбросный канал, и Глиняный, впадающий в Сестрорецкий Разлив (Курортный берег, 1999).

#### Кировский район

Западную часть района омывает Невская губа Финского залива. На территории берега организованы порты для приема грузовых судов в бухтах залива (рис.2.5).

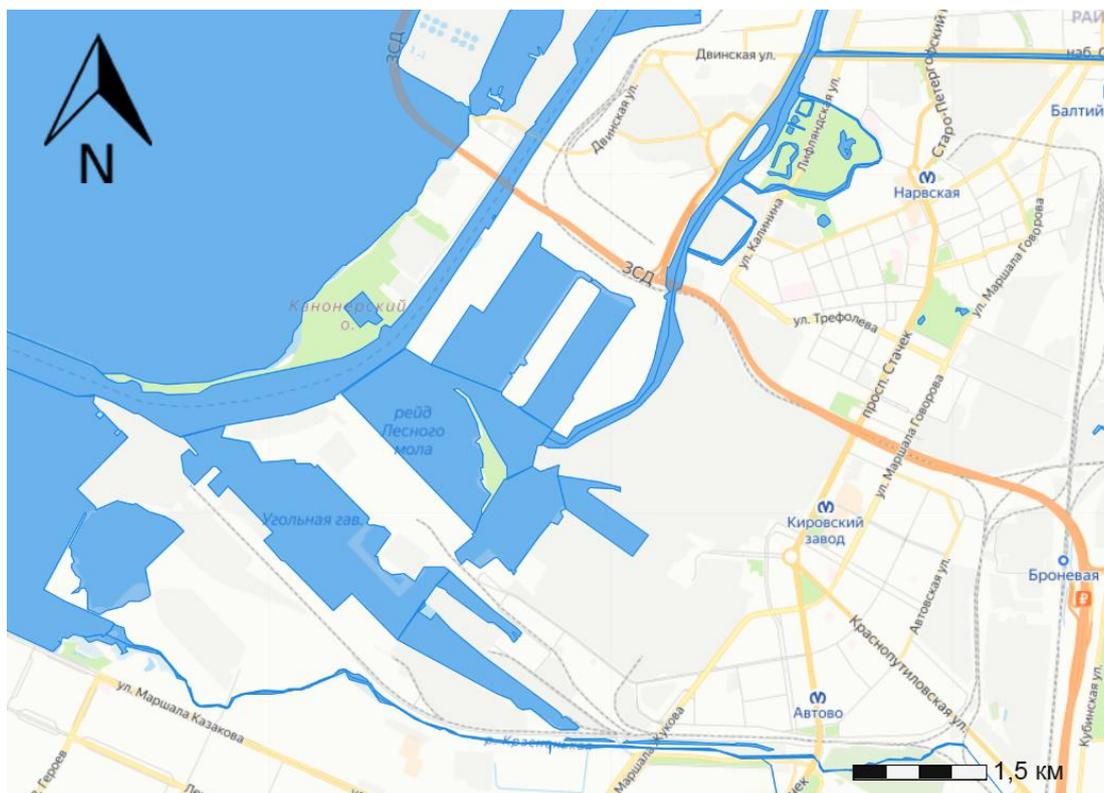


Рис. 2.5. Водные объекты Кировского района (Экологический портал Санкт-Петербурга)

В границах района протекает 9 водотоков и находится 26 водоемов. Самые крупные из них реки Екатерингофка и Красненькая. Общая протяженность водотоков составляет 15,1 км, площадь водоемов – 626,3 га (13,2 % территории района). Плотность гидрографической сети района 3,2 м/га. Общая площадь территорий водоохранных зон составляет 1195 га (25,2 % территории района), прибрежных защитных полос – 394 га (8,3 % территории района), береговых полос – 127 га (2,7 % территории района). Площадь водоохранных зон водотоков составляет 203 га, из них 37 га – на селитебной территории общего пользования (Администрация Санкт-Петербурга).

## 2.5 Почвенный покров

### Курортный район

Курортный район Санкт-Петербурга представлен следующими видами почв (Охрана окружающей среды, природопользование, 2008):

- тундрово-глеевыми на болотах, которые занимают около 10 % территории района, отличаются слабой проточностью воды, а при большом возрасте мощным до 6-8 м торфонакоплением;

- подзолистые почвы на хорошо дренируемых с большим расходом грунтовых вод лесных участках (1-2 % территории) произрастания Ольхи Чёрной;
- серые лесные почвы на территории хвойных и смешанных лесов с естественно дренированными или искусственно осушенными территориями (более 60 % территории);
- чернозёмы искусственные на территории садоводств и огородничеств, реже на старых полях финских фермеров и пойменных лугах (около 5 % территории);
- полупустынные на территории открытых песчаных дюн, вблизи пляжей на берегах Финского залива и песчано-гравийных оз (около 1 % территории).
- почвы селитебных (застроенных) территорий (газоны, парки, скверы) приусадебные участки при зданиях частной застройки, охранные полосы дорог и сооружений (более 20 % территории района).

Почвы Курортного района относительно молоды. Территория района и всего Карельского перешейка освободилась от ледового покрова и послеледниковых водоемов всего несколько тысяч (порядка 10) лет назад. Для сравнения в более южных областях России, где льды сошли раньше или их не было вовсе, почвообразование имеет большую давность.

Воздействие человека может быть прямым (рыхление почвы при ее механической обработке, внесение удобрений, поливы, мелиорация) и косвенным, когда оно проявляется в изменении климата (например, вблизи от мегаполисов или при создании искусственных «озёр»), посадка или уничтожение растительности, через атмосферные загрязнения, влияющие на все живое. Такие косвенные воздействия распространяются на большие территории.

От продолжительности влияния всех перечисленных факторов, зависят свойства почвы, степень её «равновесия» с этими факторами.

Почвы Курортного района – сильно изменены человеком. Значительная доля площади занята под населенными пунктами, дорогами, линиями электропередач, другая осушена мелиоративными канавами. Часть земель в малом сельскохозяйственном использовании садоводствами, подсобными хозяйствами и огородничествами. Этим землям «повезло»: почвы здесь возделывают: рыхлят, всячески удобряют, осушают. Их плодородие возрастает. Иначе обстоит дело на участках в пределах Карельского перешейка, где процесс культурной почвообработки прекратился в 1940 г., при исчезновении финских хуторов. Определить, что данный участок был когда-то полем, огородом или продуктивным сенокосом, можно только по частой сети идущих параллельно друг другу дренажных канав,

заросших рядами старых деревьев. Канавы засорились, перестали сбрасывать лишнюю воду, почвы заболотились, возвращаясь к своему «дикому», полуболотному состоянию.

В первые десятилетия после того, как хутора были покинуты хозяевами, здесь сохранялись богатые луга, с высоким и разнообразным травостоем, хорошо осушенные. Почва была: рыхлая, рассыпчатая, черная до глубины 40 и даже 70 см. Веками вносили в нее торф, навоз, древесную золу, прочищали дренажные канавы. Человек постоянным и «правильным» трудом может окультурить, облагородить даже бедную и мокрую почву. Но оставленная без ухода, в условиях нашего климата почва «дичает» за короткое время, сопоставимое с продолжительностью человеческой жизни.

Городской статус территории района поставил барьер для существования сельскохозяйственных предприятий с большими площадями распаханых земель. Более половины земель, занята лесами. В отличие от южных районов города и области в почвах Карельского перешейка отсутствуют известняки, что способствует кислой реакции хвойных лесных почв и малой урожайности без внесения удобрений остальных, как правило сформировавшихся на торфяной подстилке. Для сравнения урожайность раскопанной «целины» первого года в два раза выше урожая 2-го года и в разы на 3-й год. Без внесения удобрений плодородие восстанавливается на пятый год отдыха (залужения) земли.

Наличие мощных торфяных месторождений на территории района позволяло создавать в предыдущие годы торфодобывающие предприятия (Лахта, Песочная, Александровская и др.) по поставкам искусственной земли Ленинградским трестам озеленения (Бахматова, 2016).

#### Кировский район

Кировский район является промышленным центром города, поэтому на его территории не так много не преобразованных грунтов. Почвенный покров мегаполисов, по сравнению с естественными ландшафтами, отличается большим разнообразием антропогенно-преобразованных и сконструированных человеком почв, которые находятся на разных стадиях развития: слабо-, средне- и полноразвитые. Но также включает в себя естественные почвы, урбоестественные и урбаноземы.

Большинство почв Кировского района г. Санкт-Петербург, не достигших 300-летнего возраста, не обладают системными (типоморфными признаками, характерными для естественных почв) свойствами. О начальной стадии формирования почвенного профиля свидетельствует отсутствие или слабое проявление генетической связи между слоями. Горизонтообразующие почвенные процессы в профиле нескоординированы, а система минерально-энергетического обмена несбалансирована.

В пределах городских и промышленных зон широко распространены техногенные поверхностные образования. Они могут быть представлены целенаправленно сконструированными почвоподобными телами, а также остаточными продуктами хозяйственной деятельности, которые состоят из природного и/или новообразованного субстрата. К таким техногенным поверхностям относятся урбиквазиземы, которые представляют собой гумусированные, внешне сходные с почвами, почвоподобные образования. Они состоят из одного или нескольких слоев гумусированного или иного плодородного органогенного материала, которые могут подстилаться смесью минерального горизонта и антропогенных включений, состоящих из остатков строительных материалов, коммуникаций, дорожных покрытий и т.п (Бахматова, 2016).

В парковой зоне района распространены подзолистые почвы, дерново-подзолистые (включающие иллювиально-гумусовые) и искусственные черноземы (Охрана окружающей среды, природопользование, 2008).

## **2.6 Растительность**

### Курортный район

Район расположен в лесной зоне в подзонах южной тайги. Основными лесообразующими породами являются сосна, ель, берёза, осина, ольха. Из всех районов Санкт-Петербурга Курортный – самый богатый зелёными насаждениями (Экологический портал Санкт-Петербурга). Леса занимают 65 % (Культурная флора..., 2019) от всей территории и представлены еловыми зелёномошными, сосновыми зелёномошными, лишайниковыми на месте еловых, а также берёзовыми и берёзоосиновыми; травяно-кустарниковые на месте еловых зелёномошных лесов. Как правило еловые леса растут на глинистых подстилающих почвах, сосновые на песчаных.

Кроме лесов, есть болота верховые с грядомочажинными комплексами с сосной и болота переходные травяно-сфагновые с елью, сосной и берёзой. Заболоченность района – примерно 8–10 % (Культурная флора..., 2019).

В районе большое количество лесопарков: Песоченский, Тарховский, Зеленогорский, в Комарово и др. Два парка культуры и отдыха Дубки в Сестрорецке и ЦПКиО в Зеленогорске. Большие площади вдоль реки Чёрной от Сестрорецкого Разлива до Дибунов заняты лугами. Растительность района богата лекарственными растениями, дикорастущими ягодниками: черникой, клюквой, малиной, брусникой. Большое количество растений следует отнести к исчезающим, занесённым в Красную книгу, например можжевельник, восковница, чёрная ольха и т. д.

Лесные массивы находятся в ведении Гослесфонда. В водоёмах развита высшая водная растительность: тростник, камыш, хвощ, рогоз, кувшинка, кубышка, ряска, осока, ирис, более 30 видов.

В районе оформлены особо охраняемые природные территории (ООПТ): Комаровский берег, Гладышевский заказник, ООПТ «Сестрорецкое болото», «Сестрорецкий Разлив» имеет регистрационный номер охраняемого объекта ЮНЕСКО, в соответствии с Генпланом Санкт-Петербурга подлежит оформлению новая ООПТ «Щучье (озеро Комарово)» в Комарово, с попадающим в его территорию озером «Дружинное» в наряде «Чёртово» в г. Зеленогорске.

Территория от Дибунов до Белоострова и от Белоострова до Сестрорецка до конца 1990-х годов входила в зону пригородного заказника, что позволило сохранить её от массового хозяйственного освоения. В соответствии с Генеральным планом развития СПб в ближайшие годы должны стать заказниками «Пухтолова гора» и «Обрыв в Серово», а территория всего района станет горно-санитарным заповедником, аналогично кавказскому.

К границам района примыкают две ООПТ «Линдуловская роща» в Выборгском районе Ленинградской области и «Усадьба Вяземских» во Всеволожском районе.

Высокоствольная древесная растительность:

Хвойные: ель (*Picea* A. DIETR.), кипарис (*Cupressus* L.), лиственница (*Larix* Mill.), сосна (*Pinus* L.), туя (*Thuja* L.), пихта (*Abies* Mill.).

Лиственные породы: берёза (*Betula* L.), вишня (*Cerasus* (Mill.) A. Gray), вяз (*Ulmus* L.), груша (*Pyrus* L.), дуб (*Quercus* L.), ива (*Salix* L.), каштан (*Castanea* Mill.), клён (*Acer* L.), клён остролистный (*Acer platanoides* L.), липа (*Tilia* L.), ольха чёрная (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), осина (*Populus tremula* L.), рябина (*Sorbus* L.), слива (*Prunus* L.), тополь обыкновенный (*Populus* L.), черёмуха обыкновенная (*Prunus padus* L.), яблоня (*Malus* P. Mill.), ясень (*Fraxinus* L.).

Кустарники: акация (*Acacia* Mill.), барбарис (*Berberis* L.), бересклет (*Euonymus* L.), боярышник (*Crataegus* L.), бузина чёрная (*Sambucus nigra* L.), бузина красная (*Sambucus racemosa* L.), буддлея (*Buddleja*), вейгела (*Weigela* Thunb.), вереск (*Calluna vulgaris* (L.) Hull), вишня войлочная (*Prunus tomentosa* Thunb.), володушка (*Vupleurum* L.), волчеягодник обыкновенный (*Daphne mezereum* L.), гортензия (*Hydrangea* L.), дейция (*Deutzia* Thunb.), дёрен (*Cornus* L.), ежевика (*Eubatus*), жимолость (*Lonicera* L.), ива пурпурная (*Salix purpurea* L.), ирга (*Amelanchier* Medik.), калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.), карагана (*Caragana* Fabr.), кизильник (*Cotoneaster* Medik.), кольквиция (*Kolkwitzia amabilis* Graebn.), крушина ломкая (*Frangula alnus* Mill.), крыжовник (*Ribes uva-crispa* L.), лапчатка кустарниковая (*Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb.), лещина (*Corylus* L.), лох серебристый

(*Elaeagnus commutata* Bernh. ex Rydb.), магония (*Mahonia* Nutt.), малина (*Rubus idaeus* L.), можжевельник (*Juniperus* L.), облепиха (*Hippophaë* L.), пион (*Paeonia officinalis* L.), шиповник (*Rosa* L.).

Травянистые растения: живучка ползучая (*Ajuga reptans* L.), плаун булавовидный (*Lycopodium clavatum* L.), росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), восковница обыкновенная или мирт болотный (*Myrica* L.), зверобой (*Hypericum* L.), колокольчик (*Campanula* L.), борщевик (*Heracleum* L.), кипрей или иван-чай (*Epilobium* L.), калужница (*Caltha* L.), касатик (*Iris* L.), багульник (*Ledum* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), вейник (*Calamagrostis* Adans.), вербейник (*Lysimachia* L.), вереск (*Calluna vulgaris* (L.) Hull), вороний глаз (*Paris* L.), герань (*Geranium* L.), голубика (*Vaccinium uliginosum* L.), горец птичий (*Polygonum aviculare* L.), грушанка (*Pyrola* L.), донник (*Melilotus* Mill.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), василёк (*Centaurea* L.), василистник (*Thalictrum* Tourn. ex L.), вербейник (*Lysimachia* L.), шалфей (*Salvia* L.), шафран (*Crocus* L.) и др. (Культурная флора..., 2019).

#### Кировский район

В Кировском районе Санкт-Петербурга на 01.01.2016 расположено 94 объекта зеленых насаждений общего пользования городского значения (289,3 га), 318 объектов зеленых насаждений общего пользования местного значения (119,9 га), 48 объектов зеленых насаждений, выполняющих специальные функции, в части уличного озеленения (161,5 га) (Официальный сайт администрации Кировского района).



Рис. 2.6. Зеленые насаждения Кировского района (Официальный сайт администрации Кировского района).

Высокоствольная древесная растительность: клен остролистный (*Acer platanoides* L.), берёза пушистая, или белая (*Betula pubescens* Ehrh.), берёза повислая, или бородавчатая (*Betula pendula* Roth), ясень обыкновенный, или высокий (*Fraxinus excelsior* L.), черемуха обыкновенная, птичья (*Padus avium* Mill.), ель европейская (*Picea abies* Karst.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.)

Кустарники: вейгела (*Weigela* Thunb.), вереск (*Calluna vulgaris* (L.) Hull), вишня войлочная (*Prunus tomentosa* Thunb.), володушка (*Bupleurum* L.), волчегонник обыкновенный (*Daphne mezereum* L.), колыквизия (*Kolkwitzia amabilis* Graebn.), крушина ломкая (*Frangula alnus* Mill.), крыжовник (*Ribes uva-crispa* L.), лапчатка кустарниковая (*Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb.), лещина (*Corylus* L.), гортензия (*Hydrangea* L.), облепиха (*Hippophaë* L.), пион (*Paeonia officinalis* L.), шиповник (*Rosa* L.).

Травянистые растения: восковница обыкновенная или мирт болотный (*Myrica* L.), зверобой (*Hypericum* L.), колокольчик (*Campanula* L.), вейник (*Calamagrostis* Adans.), вербейник (*Lysimachia* L.), василистник (*Thalictrum* Tourm. ex L.), вербейник (*Lysimachia* L.), шалфей (*Salvia* L.), шафран (*Crocus* L.), росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia* L.) и др (Культурная флора..., 2019).

## 2.7 Животный мир

### Курортный район

Млекопитающие. Лесные крупные виды: лисица, заяц, волк, лось, белка; луговыми и полевыми представителями: крот, мышь, ёж и др.

Водоплавающие виды: ондатра, норка, бобр, нутрия.

Птицы: более 90 видов птиц, в том числе промысловые: глухарь, тетерев, утка, гусь. На пролёте останавливается лебедь. Перечень птиц: красношейная поганка, чомга, кряква, чирок-свистунок, чирок-трескунок, широконоск, красноголовый нырок, хохлатая чернеть, ястреб-тетеревятник, ястреб-перепелятник, канюк, коростель, погоныш, камышница, лысуха, чибис, кулик-перевозчик, бекас, большой кроншнеп, сизая чайка, серебристая чайка, озёрная чайка, малая чайка, чёрная крачка, речная крачка, сизый голубь, клинтух, вяхирь, кукушка, ушастая сова, болотная сова, чёрный стриж, вертишейка, большой пёстрый дятел, полевой жаворонок, лесной жаворонок, деревенская ласточка, городская ласточка, жёлтая трясогузка, белая трясогузка, лесной конёк, луговой конёк, сорокопуд жулан, зарянка, соловей, варакушка, горихвостка-лысушка, луговой чекан, каменка, чёрный дрозд, рябинник, белобровик, певчий дрозд, камышовка-барсучок, садовая камышовка, дроздовидная камышовка, пересмешка, садовая славка, славка-черноголовка, серая славка, славка-завирушка, пеночка-весничка, пеночка-теньковка, пеночка-трещотка, серая мухоловка, мухоловка-пеструшка, большая синица, снегирь, лазоревка, пухляк, обыкновенная овсянка, камышовая овсянка, зяблик, зеленушка, чиж, щегол, коноплянка, чечевица, полевой воробей, домовый воробей, оляпка (водяной воробей), иволга, скворец, сойка, кедровка, сорока, галка, серая ворона, грач, ворон, гагара чернозобая, речная утка.

На реке Заводская Сестра жительница города наблюдала и сфотографировала большую белую цаплю, по заключению специалиста произошла флуктуация в популяции птиц — либо птица не нашла себе пару и изгоняется стайей. Ей остаётся только в будущем сезоне размножения попытаться найти себе пару. Для этого надо будет совершить два перелёта: один обратно в стаю, а далее, если повезёт, в далёкую Африку, в одиночку такой полёт не совершить.

Пресмыкающиеся: змея (гадюка, уж, медянка), ящерица

Земноводные: лягушка, жаба

Рыбы в Финском заливе: корюшка, минога, атлантический осётр, финта, салака, балтийская килька, лосось, форель, сиг, щука, елец, голавль, гольян, краснопёрка, линь, пескарь, уклея, густера, судак, лещ, сырть, окунь, налим, угорь, плотва, ряпушка, ёрш, чехонь, язь, карась, голец, щиповка, сом, треска, колюшка, змеевидная игла, люмпенус,

бельдюга, песчанка, скумбрия, бычок, рогатка, подкаменщик, пинагор, линарис, тюрбо, речная камбала.

В озёрах и реках: щука, плотва, ёрш, краснопёрка, уклея, линь, карась, жемчужница европейская, хариус, и другие.

#### Кировский район

Формирование фауны млекопитающих территории Санкт-Петербурга на протяжении последних трех столетий происходило под прямым или косвенным воздействием человека. Условия существования животных в границах городской территории крайне неоднородны, что, безусловно, сказывается на их численности и видовом разнообразии.

Млекопитающие: белка, обыкновенная бурозубка, водяная полевка, обыкновенная полевка, рыжая полевка, мышь полевая, мышь домовая, серая крыса.

Птицы: скворец, сойка, кедровка, сорока, галка, серая ворона, грач, ворон, гагара чернозобая, речная утка, чёрный дрозд, рябинник, белобровик, певчий дрозд, сизая чайка, большой пёстрый дятел, серебристая чайка, озёрная чайка, малая чайка, чёрная крачка, речная крачка, сизый голубь, большая синица, снегирь.

Рыбы: корюшка, минога, атлантический осётр, финта, салака, балтийская килька, лосось, форель, сиг, щука, елец, голавль, гольян, краснопёрка, линь, пескарь, уклея, густера, судак, лещ, сырть, окунь, налим, угорь, плотва, ряпушка, ёрш, чехонь, язь, карась, голец, щиповка, сом, треска, колюшка, змеевидная игла, люмпенус, бельдюга, песчанка, скумбрия, бычок, рогатка, подкаменщик, пинагор, линарис, тюрбо, речная камбала.

## **2.8 Рекреационная деятельность**

### Курортный район

В районе выделяются два крупных водных объекта, популярных среди населения.

Финский залив, на котором организованы контролируемые пляжи: Александровский, в парке Сестрорецкие «Дубки», Ермоловский, Сестрорецкий Курорт, Белые Ночи, Дюны, Ласковый в Солнечном, Чудный в Репино, в Комарово, Золотой в Зеленогорске и далее вдоль всего побережья района.

Сестрорецкий Разлив с пляжами: Северный, на угольном острове Пленэр, Петровский (офицерский), Белая горка, от военного санатория, Южный. Состояние воды и песка на этих пляжах контролируется СЭС, поддерживается УБКХ и ГУП «Курортный берег» в удовлетворительном состоянии.

На территории района расположено несколько санаториев: Сестрорецкий курорт, Южный, Детские Дюны, Белые ночи и др. Кроме этого, на территории находятся детские оздоровительные лагеря «Березка», «Буревестник», «Дзержинец», «Дружба».

#### Кировский район

В Кировском районе находится 11 парковых и лесных объектов: парк Екатерингоф, лесопарк Александрино, парк имени 9-го Января, Воронцовский сквер, Общественное пространство на Маршала Жукова 60/1, сквер Передний край обороны, Молвинский сад, сквер Петра Семененко, Емельяновский сквер, Кировский сквер, Шереметьевский сквер.

## **2.9 Антропогенная деятельность**

#### Курортный район

По данным Петростата на территории района осуществляют деятельность 7 крупных промышленных предприятий, наиболее крупными из них являются автомобильный комплекс завода Хендэ: ООО «ХММР», ООО «Мобис Модуль СНГ», ООО «Хендэ Стил РУС»; ОАО «Сестрорецкий хлебозавод», ООО «ДИПОЛЬ» и другие (Реестр санитарно-эпидемиологических заключений).

Наиболее крупные промышленные предприятия района по видам экономической деятельности:

- Машиностроение – ООО «ХММР», ООО «Мобис Модуль СНГ», ООО «Хендэ Стил РУС», «Инструмент-Сервис», ООО «Диполь».
- Пищевая промышленность, животноводство – ОАО «Сестрорецкий хлебозавод», «Страусиный хутор».
- Metallургическая промышленность и металлообработка – «Металл сервис», «ПМК СПб», «Муфты НСК».
- Химическая, нефтехимическая, топливная промышленность, электроэнергетика – «Балтнефтепродукт», «Севтопэнерго».
- Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность – мебельные фабрики «Евро-Стиль», «Верес», «Илатан».
- Тяжелая промышленность – ООО «БетонЭкспресс», бетонная база «Петрович», ООО «Геобетон».
- Легкая промышленность – «Упаковкаторг», кожевенная мастерская «Гроссон».

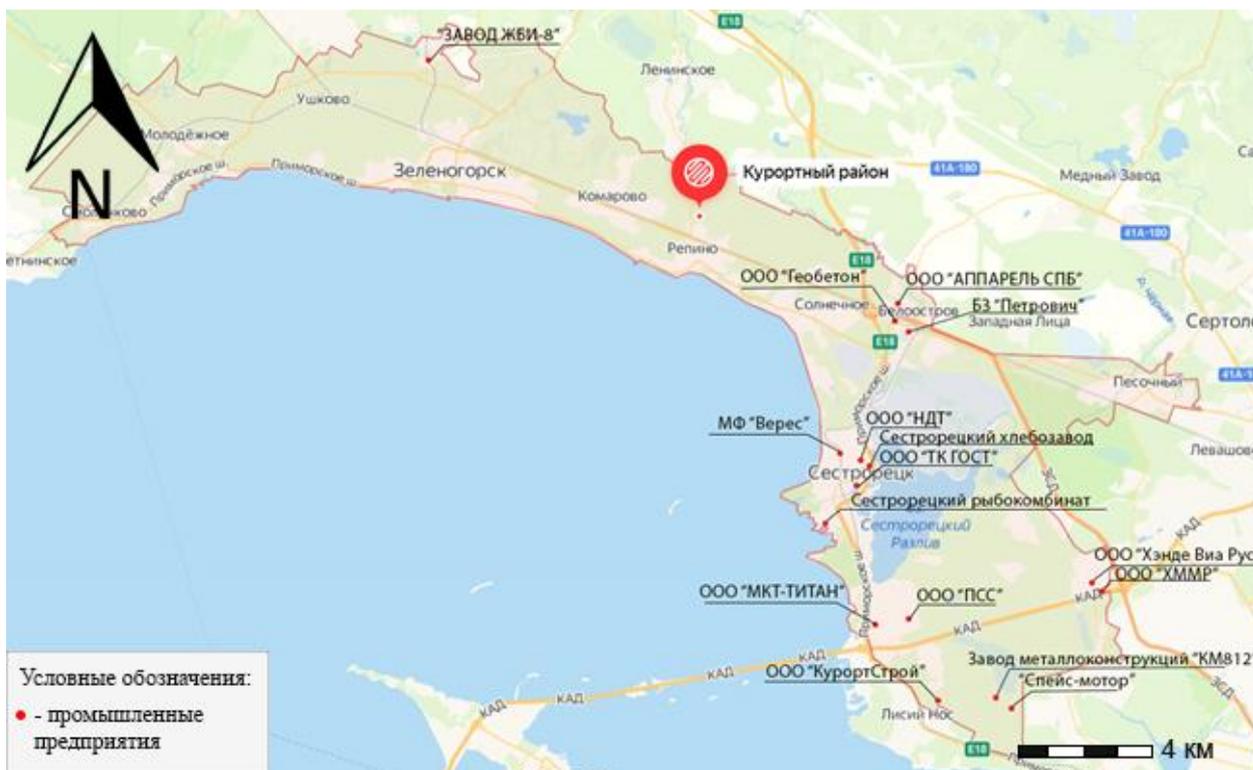


Рис. 2.7. Основные промышленные предприятия Курортного района Санкт-Петербурга на карте

На территории района расположены 894 перекрестка, установлено 2687 дорожных знаков, установлено 15 светофорных объектов, 32 искусственных неровностей «лежачий полицейский». Курортный район представляет собой большую протяженную территорию с основными магистралями: Приморское шоссе, Зеленогорское шоссе, шоссе «Скандинавия», КАД, ЗСД. Имеющаяся дорожная инфраструктура способна обеспечить беспрепятственное движение транспорта, зарегистрированного в районе. Заторовые ситуации не возникают на протяжении всего времени суток (Администрация Санкт-Петербурга).

#### Кировский район

В Кировском районе насчитывается более 60 промышленных предприятий, 19 строительных организаций, свыше 30 транспортных предприятий, пять научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций, три ВУЗа и почти 16 000 малых предприятий и предпринимателей. В частности, здесь находится знаменитый Кировский завод (Путиловский завод) и крупный военный и гражданский судостроительный завод «Северная верфь». Также на территории района ведут свою деятельность три стивидорные компании, входящие в состав Большого порта Санкт-

Петербург: ОАО «Морской порт Санкт-Петербург», ОАО «Петролеспорт», ООО «Морской рыбный порт» (Реестр санитарно-эпидемиологических заключений).

Крупнейшим предприятием является Кировский завод. Он развивает как традиционные отрасли – машиностроение, турбостроение, металлургию, так и реализует новые бизнес-проекты. Компания поставляет продукцию и оказывает услуги предприятиям агропромышленного и топливно-энергетического комплексов, дорожного, промышленного и гражданского строительства, нефтегазового сектора, атомной энергетики, лесного и коммунального хозяйства, железнодорожного транспорта, судостроения и других областей. Мощные колесные тракторы, буровая техника, турбогенераторы для ледоколов, металлургическая продукция, оборудование для тепло- и гидроэнергетики.

Производственные и инфраструктурные объекты компании расположены в Санкт-Петербурге, Ленинградской области и на юге России. На площадке Кировского завода в Северной столице размещаются основные производственные мощности, а также склады и порт, в котором ежедневно происходит отправка и приемка грузов со всего мира (Администрация Санкт-Петербурга).

На территории Кировского района расположены три ТЭЦ – Юго-Западная, Первомайская и Автоовская.

Наиболее крупные промышленные предприятия района по видам экономической деятельности (Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического..., 2011):

- Машиностроение – «Киров-Энергомаш», Ленинградская экспортно-импортная база, Балтийский машиностроительный инструментальный завод, «Техномаш», «Петербургский тракторный завод».
- Морские порты – АО «Петролеспорт», Петербургский нефтяной терминал, Большой порт «Санкт-Петербург», ООО «Морской рыбный порт».
- Металлургическая промышленность – «Киров-Станкомаш», «Петросталь», Судомеханический завод, «БМЗ», «Северсплав», «Балтикмет».
- Легкая промышленность – «Вторчермет», «Ленспецсервис», «Петротранс», «Промэко-Индустри».
- Фармацевтическая, медицинская и микробиологическая промышленность – «Медкомплект», «Петроспирт».

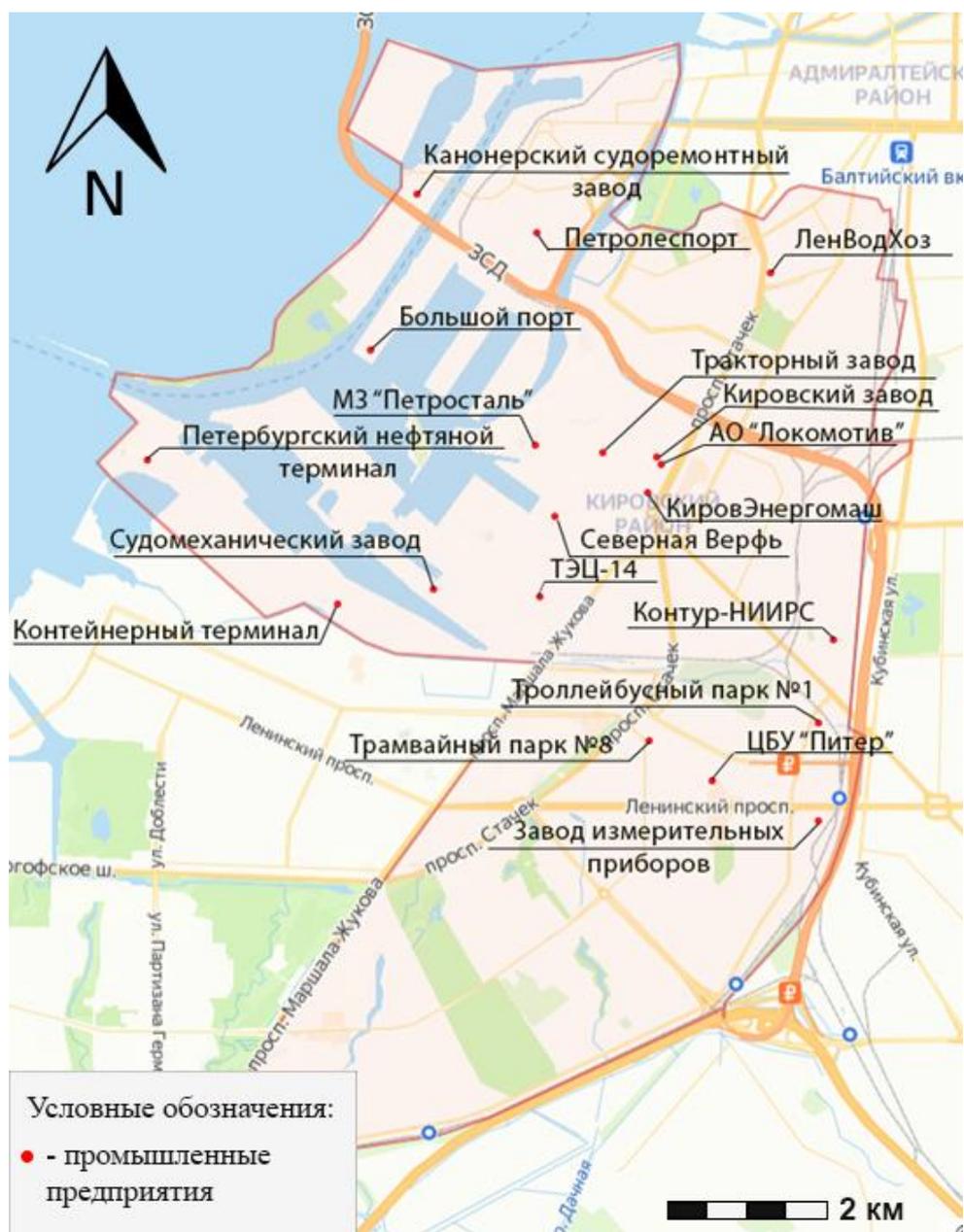


Рис. 2.8. Основные промышленные предприятия Кировского района

#### Транспортная инфраструктура

- 5 станций метро (Нарвская, Кировский завод, Автово, Ленинский проспект, Проспект Ветеранов);
- 3 порта (АО «Морской порт Санкт-Петербург», ООО «Морской Рыбный Порт», АО «Петролеспорт»);
- 3 путепровода.

Основные магистрали Кировского района: проспект Стачек, переходящий в Петергофское шоссе и федеральную автотрассу "Нарва", проспекты Маршала Жукова,

Ветеранов, Народного Ополчения, Ленинский, ЗСД (Официальный сайт администрации Кировского района).

## ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### 3.1 Исследуемые загрязняющие вещества

Для исследования были выбраны следующие вещества (Берлянд, 2016):

1. Азота диоксид ( $\text{NO}_2$ ) – бинарное неорганическое соединение азота с кислородом. Представляет собой ядовитый газ красно-бурого цвета с резким неприятным запахом или желтоватую жидкость. Класс опасности – 3. Вещество разъедает глаза, кожу и дыхательные пути. Воздействие вещества при высоких концентрациях может привести к асфиксии из-за отека в горле. Вдыхание газа и пара может вызвать отек легких.

2. Азот (II) оксид ( $\text{NO}$ ) – несолеобразующий оксид азота. Наличие неспаренного электрона обуславливает склонность  $\text{NO}$  к образованию слабосвязанных димеров  $\text{N}_2\text{O}_2$ . образуется в реакции азота с кислородом при высоких температурах:  $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 3000^\circ\text{C} 2\text{NO}$ . Класс опасности — 3. Оксид азота применяется в производстве азотной кислоты (промежуточные продукты), является окислителями в жидком ракетном топливе, используется при очистке нефтепродуктов от сераорганических соединений, применяется в качестве катализаторов при окислении органических соединений. Долговременное воздействие может вызывать головную боль, проблемы с пищеварением, кашель и лёгочные заболевания.

3. Углерод (Сажа) ( $\text{C}$ ) – это разновидность углеродного материала, представляющего собой тонкодисперсный порошок черного цвета, получаемый при неполном сгорании или при термическом разложении углеродсодержащего сырья, преимущественно углеводородов. Класс опасности – 3. Сажа входит в категорию частиц, опасных для лёгких, так как частицы менее пяти микрон в диаметре не отфильтровываются в верхних дыхательных путях. Дым от дизельных двигателей, состоящий в основном из сажи, считается особенно опасным из-за того, что его частицы обладают канцерогенными свойствами.

4. Сера диоксид (Ангидрид сернистый) ( $\text{SO}_2$ ) – соединение серы с кислородом. В нормальных условиях представляет собой бесцветный газ с характерным резким запахом. В высоких концентрациях токсичен. Под давлением сжижается при комнатной температуре. Класс опасности – 3. По информации ВОЗ, воздействие диоксида серы в концентрациях выше ПДК может вызвать нарушение функций дыхания. Не исключено действие на слизистые оболочки, воспаление носоглотки, трахеи, бронхиты, кашель, хрипота и боль в горле.

5. Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен) – ароматическое соединение, представитель семейства полициклических углеводородов, обладает сильнейшей канцерогенной

активностью; чрезвычайно токсичен. По степени воздействия на организм относится к I классу опасности. Образуется при сгорании углеводородного жидкого, твёрдого и газообразного топлива (в меньшей степени - при сгорании газообразного). Может вызывать онкологические заболевания, способен проникать в организм через кожу, органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, плаценту. Помимо канцерогенного, бенз(а)пирен оказывает мутагенное, эмбриотоксическое и гематотоксическое действие.

6. Углерода оксид (CO) – «угарный газ», – широко распространенный загрязнитель воздуха, содержащийся в дымовых газах любых установок сжигания органического топлива, в том числе в выхлопных газах транспорта с двигателями внутреннего сгорания. Класс опасности – 4. При больших концентрациях нарушается способность крови доставлять кислород к тканям, вызываются спазмы сосудов, снижается иммунологическая активность человека. Вдыхаемый оксид углерода поступает в кровь, повышает количество сахара в крови, ослабляет подачу кислорода к сердцу.

7. Бензин – горючая смесь лёгких углеводородов с температурой кипения от +33 до +205 °С (в зависимости от примесей). Класс опасности – 4. При прибытии человека в атмосфере с концентрацией паров бензина в пределах 900 - 3612 мг/м<sup>3</sup> появляются головная боль, головокружение, сердцебиение, слабость, психическое возбуждение, беспричинная вялость, легкие подергивания мышц, дрожание рук, мышечные судороги.

8. Керосин – горючая смесь жидких углеводородов с температурой кипения от +150 до +250 °С, прозрачная, бесцветная, слегка маслянистая на ощупь, получаемая путём прямой перегонки или ректификации нефти. Класс опасности – 4. Керосин является токсичным веществом. Керосин в больших концентрациях проявляет общетоксичное и наркотическое действия; раздражает слизистые оболочки.

9. Формальдегид (CH<sub>2</sub>O) – органическое соединение, возглавляющее класс алифатических альдегидов. При стандартных условиях, формальдегид — это бесцветный газ с резким неприятным запахом. Является раздражителем, контаминантом и канцерогеном. Ядовит. Используемый в качестве сильного консерванта в производстве лекарственных и косметических средств, пластиковой посуды, мебели, лакокрасочных материалов. Класс опасности – 2. Формальдегид поражает как верхние дыхательные пути (bronхи), так и легкие. При остром ингаляционном отравлении может наблюдаться угнетение функции дыхания, ощущения нехватки воздуха. При постоянном воздействии вероятно развитие хронических форм бронхита и бронхиальной астмы.

10. Марганец и его соединения – марганцевые руды применяются в различных отраслях промышленности — металлургической, химической, керамической, стекольной, а его соединения — в фармацевтической промышленности. Главным потребителем этих руд

является чёрная металлургия, на нужды которой расходуется до 95 % мировой добычи. Класс опасности – 2. Избыточное накопление данного вещества проявляется в виде постоянной сонливости, ухудшении памяти, повышенной утомляемости. Марганец является политропным ядом, который оказывает вредное воздействие на работу легких, сердечно-сосудистой системы, может вызвать аллергический или мутагенный эффект.

11. Метан ( $\text{CH}_4$ ) – простейший по составу предельный углеводород, при нормальных условиях бесцветный газ без вкуса и запаха. Малорастворим в воде, почти в два раза легче воздуха. Газ нетоксичен, но при высокой концентрации в воздухе обладает слабым наркотическим действием и относится к 4 классу токсичности. Является парниковым газом.

12. Аммиак ( $\text{NH}_3$ ) – бинарное неорганическое химическое соединение, молекула которого состоит из одного атома азота и трёх атомов водорода. При нормальных условиях, аммиак — это бесцветный газ с резким характерным запахом. В основном используется для производства азотных удобрений (нитрат и сульфат аммония, мочевины), взрывчатых веществ и полимеров, азотной кислоты (контактным методом), соды (по аммиачному методу) и других продуктов химической промышленности. Жидкий аммиак используют в качестве растворителя. Класс опасности – 4. Раздражает глаза и дыхательные пути. Причиняет слезотечение, боль в носу и горле, кашель, трудности с дыханием, боль в груди. При более высоких концентрациях - тяжелое повреждение дыхательных путей и легких, в том числе отек легких, возможна внезапная смерть.

13. Взвешенные частицы ( $\text{PM}_{10}$ ) – частицы, которые проходят через селективное устройство для разделения фракций взвешенных веществ, обеспечивающее отсеивание частиц с диаметром более 10 мкм. Опасность данного вещества заключается в том, что в процессе взаимодействия частиц пыли с другими веществами (оксид углерода, углеводороды, альдегиды, оксид серы, сажа, бенз/а/пирен, оксиды азота) образуются более устойчивые соединения.

14. Озон ( $\text{O}_3$ ) – состоящая из трёхатомных молекул, аллотропная модификация кислорода. При нормальных условиях – голубой газ. В приземном слое атмосферы озон образуется в результате фотохимических реакций, в которых участвуют оксиды азота, летучие углеводороды (выхлопы автотранспорта и промышленные выбросы) и ряд других веществ. Озон вызывает раздражение органов дыхания, кашель, тяжесть в груди – эти эффекты могут длиться несколько часов и переходить в болезненную фазу. Уменьшает легочную функцию, способствует развитию астмы и увеличивает количество приступов этого заболевания. Вызывает аллергию к наиболее распространенным веществам - пыли, тараканам, пыльце, домашним животным. Если воздействие озона повторяется, то это приводит к изменениям в ткани легкого и может повлечь за собой длительные проблемы со

здоровьем. Усугубляет бронхит и эмфизему легких; значительно снижает иммунитет к любой инфекции. Класс опасности вещества – 1.

### **3.2 Методика учета выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников с помощью реестра санитарно-эпидемиологических заключений**

Реестр санитарно-эпидемиологических заключений (далее СЭЗ) содержит информацию о проектной документации компаний, которые оказывают влияние на окружающую среду. В составе реестра СЭЗ есть проекты по нормативно-допустимым выбросам (НДВ), предельно-допустимым выбросам (ПДВ), санитарно-защитным зонам (СЗЗ). Данный реестр, в том числе, содержит информацию о валовых выбросах (т/г) загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух от промышленных предприятий на территории Санкт-Петербурга (Реестр санитарно-эпидемиологических заключений). Согласно ФЗ-7 «Об охране окружающей среды» каждый гражданин Российской Федерации имеет право на получение достоверной информации о состоянии окружающей среды.

Реестр СЭЗ ведется с 2007 года и благодаря открытости данного ресурса есть возможность составить динамику выбросов от промышленных предприятий за многолетний период. Данная методика поможет оценить количество выбрасываемых загрязняющих веществ непосредственно от промышленных предприятий, которые находятся на исследуемых районах.

### **3.3. Методика учета загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге с помощью систем мониторинга**

В связи с проблемой загрязнения воздушной среды возникла необходимость в отслеживании её экологического состояния. Это стало возможно после разработки системы мониторинга качества атмосферного воздуха. В Санкт-Петербурге действуют 2 системы: автоматизированная система мониторинга (АСМ), обеспечение функционирования которой осуществляет Санкт-Петербургское государственное геологическое унитарное предприятие «Специализированная система “Минерал”», а также система станций мониторинга Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. В данной работе использованы данные станций ГГУП СФ «Минерал». АСМ включает в себя 21 стационарные станции, 2 автоматические метеостанции, 2 передвижные лаборатории, передвижные метрологические и технические лаборатории, группу технического и метрологического обслуживания измерительных средств, центр сбора данных и управления работой станций. Станции мониторинга функционируют непрерывно

и обеспечивают регулярное получение оперативной информации об уровне загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга основными примесями: оксидами азота, оксидом углерода, взвешенными веществами PM10 и PM 2.5, озоном, фенолом, аммиаком, хлористым водородом и 3,4-бенз(а)пиреном (Доклад об экологической ситуации..., 2021). В связи с работой АСМ Санкт-Петербурга стало возможно отслеживание экологического состояния атмосферного воздуха с различной временной частотой по городу в целом и для каждого административного района, сбор и анализ данных о загрязнении и выявление тенденций снижения или увеличения концентраций загрязняющих веществ.

Станции автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха  
Санкт-Петербурга (Сакович, Третьяков, 2016)

№	Адрес	Район
1	ул. Профессора Попова, 48	Петроградский
2	г. Колпино, ул. Красная, 1а	Колпинский
3	ул. Карбышева, 7	Выборгский
4	Малоохтинский пр., 98	Красногвардейский
5	пр. Маршала Жукова, 30/3	Кировский
6	пр. КИМа, 26	Василеостровский
7	Шпалерная ул., 56	Центральный
8	пр. Королева, 36/8	Приморский
9	ул. Малая Балканская, 54	Фрунзенский
10	Московский проспект, 19	Адмиралтейский
11	г. Сестрорецк, ул. М. Горького, 2	Курортный
12	ул. Пестеля, д. 1	Центральный
13	Шоссе Революции, 84	Красногвардейский
14	г. Зеленогорск, Золотой пляж	Курортный
15	Кронштадт, ул. Ильяминова, 4	Кронштадт
16	ул. Севастьянова, 11	Московский
17	Пушкин, Тиньков пер., 7	Пушкинский
18	ул. Ольги Форш, 6	Калининский
19	Волхонское шоссе, 116	Красносельский
20	ул. Тельмана, 24	Невский
21	ул. Федюнинского, За	Петродворцовый

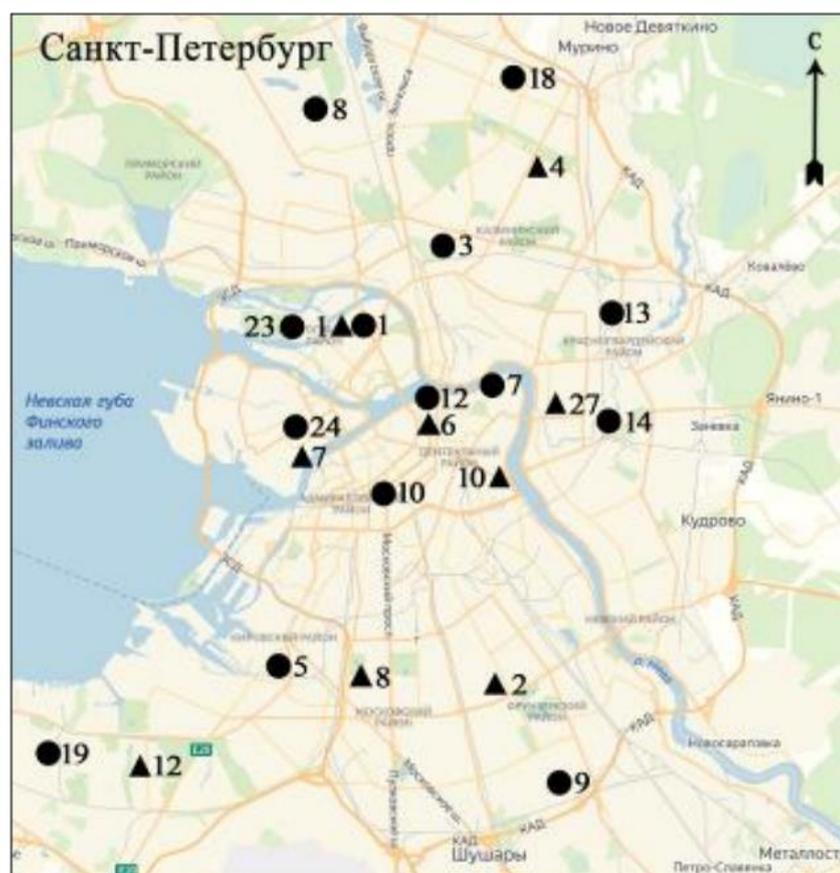


Рис. 3.1. Автоматизированные и станции непрерывного наблюдения за состоянием атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге (Сакович, Третьяков, 2016)

В качестве характеристик загрязненности атмосферного воздуха используются следующие показатели: общее количество загрязняющих веществ (т/год); средняя концентрация примеси (сравнивается со среднесуточной ПДК (ПДКс.с)); стандартный индекс (СИ) - наибольшая разовая концентрация любого вещества, деленная на ПДК максимальную разовую (ПДКм.р.); наибольшая повторяемость превышения концентрациями ПДКм.р., выраженная в процентах (НП, %); комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) – учитывает вклад отдельных примесей в общий уровень загрязнения, выбираются 5 примесей с наибольшими парциальными значениями ИЗА (Сакович, Третьяков, 2016).

При расчетах динамики концентрации загрязняющих веществ использовались данные докладов об экологической ситуации в Санкт-Петербурге и научные работы

«Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге» за исследуемые года

У данного метода учета загрязнения атмосферного воздуха есть свои плюсы и минусы. К плюсам непосредственно относится возможность непрерывного наблюдения за состоянием атмосферного воздуха в городской среде и быстрое получение данных об улучшении или ухудшении экологической обстановки. К минусам можно отнести неравномерное распределение станций по территории города и районов. Например, в Курортном районе находится всего две станции в то время, как данный район является самым крупным в городе. Кировский район является одним из самых экологически неблагоприятных – большое количество промышленных предприятий на территории данного района вносят серьезный вклад в загрязнение атмосферного воздуха, в то время как на территории Кировского района расположена всего лишь одна станция.

### **3.4 Методика вычисления индекса опасности неканцерогенного риска**

В исследовании рассмотрена динамика загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге за период с 2007 по 2021 годы. Для получения количественных характеристик потенциального и реального ущерба здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду, использовался метод оценки риска. Неканцерогенный риск оценивали по значениям среднегодовых концентраций и вычислялся в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». Значения референтных (безопасных) концентраций, используемых при вычислении риска воздействия отдельных загрязняющих веществ, представлены в таблице 3.2.

Референтные концентрации некоторых загрязняющих веществ при условии их ингаляционного хронического поступления в организм человека (Руководство по оценке..., 2004)

Загрязняющее вещество	Референтная Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	Критические органы/системы организма человека
Оксид азота	0,06	органы дыхания, кровь (образование MetHb )
Диоксид азота	0,04	органы дыхания, кровь (образование MetHb )
Оксид углерода	3,0	Кровь, ССС, ЦНС, развитие
Диоксид серы	0,05	Органы дыхания, смертность
Взвешенные частицы (PM <sub>2,5</sub> )	0,015	Органы дыхания, ССС, смертность, развитие
Взвешенные частицы (PM <sub>10</sub> )	0,05	Органы дыхания, смертность
Озон	0,03	Органы дыхания

При расчете загрязнений воздуха использовались данные докладов об экологической ситуации в Санкт-Петербурге и научные работы «Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге» за исследуемые года. Для оценки риска воздействия отдельных загрязняющих веществ на здоровье человека коэффициент опасности наступления указанного эффекта вычислялись по формуле 1:

$$HQ = \frac{AC}{Rf} (1), \text{ где}$$

HQ – коэффициент опасности для отдельного компонента смеси воздействующих загрязняющих веществ; AC – средняя концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе на человека, мг/м<sup>3</sup>, Rf – референтная концентрация, мг/м<sup>3</sup>.

Для условий одновременного поступления нескольких веществ одним и тем же путем индекс опасности развития неканцерогенных рисков рассчитывались по формуле 2:

$$HI = HQ_1 + HQ_2 + \dots + HQ_n (2), \text{ где}$$

HI – индекс опасности – характеристика риска развития неканцерогенных эффектов при условии одновременного поступления нескольких загрязняющих веществ одним и тем же путем, например, ингаляционным или пероральным; HI<sub>n</sub> – индекс опасности для

отдельного пути поступления или отдельного маршрута воздействия нескольких загрязняющих веществ.

Угрозу здоровью оценивали по неравенству 3:

$$HQ(HI) > 1(3).$$

При выполнении условий неравенства признают наличие угрозы для здоровья населения, которая увеличивается с ростом коэффициента (Руководство по оценке риска..., 2004)

### 3.5 Расчет коэффициента корреляции для определения влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье

Данные по заболеваемости болезнями органов дыхания в исследуемых районах были собраны из медицинской статистики из организации «Медицинский информационно-аналитический центр» (СПб ГБУЗ МИАЦ) и на основе Государственных докладов «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге».

Для определения влияния загрязнения атмосферного воздуха и заболеваемость заболеваний органов дыхания был рассчитан коэффициент корреляции, который позволил определить зависимость двух показателей друг от друга.



Рис. 3.2. Коэффициент корреляции (Букс, Фомин, 2017)

Коэффициент корреляции – это статистическая мера, которая вычисляет силу связи между относительными движениями двух переменных. Значения коэффициента корреляции находятся в диапазоне от -1.0 до 1.0. Если вычисленное число больше 1.0 или меньше -1.0, то это свидетельствует о наличии погрешности в измерении корреляции. Это

объясняется тем, что корреляция -1.0 показывает идеальную отрицательную корреляцию, в то время как корреляция 1.0 показывает идеальную положительную корреляцию. Корреляция 0.0 означает, что нет никакой связи между движением двух переменных.

Для вычисления коэффициента корреляции использовалась формула (4):

$$r = \frac{\sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n}}{\sqrt{\left(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}\right) \left(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}\right)}} \quad (4)$$

Порядок расчета коэффициента корреляции:

1. Собрать данные исследуемых переменных — “X” и “Y”.
2. Сгруппировать данные двух исследуемых переменных в столбцы (см. пример ниже).
3. Добавить столбцы “XX”, “XY”, “YY”.
4. Провести расчеты для столбцов (перемножение данных: X\*X; X\*Y; Y\*Y).
5. Просуммировать данные столбцов.
6. Внести полученные данные в формулу расчета.

## ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 4.1. Загрязнение атмосферного воздуха стационарными источниками по данным санитарно-эпидемиологических заключений

Объектами исследования являются Курортный и Кировский районы Санкт-Петербурга. В задачи входило проанализировать развитие промышленности в данных районах и отследить динамику загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Данные по валовым выбросам (т/г) от стационарных источников хранятся в реестре санитарно-эпидемиологических заключений по каждому источнику с 2007 по 2021 год.

#### 4.1.1. Выбросы от стационарных источников в Курортном районе

Выбросы диоксида азота ( $\text{NO}_2$ ) на 2007 год составили 25,3 тонн в год, в то время как в 2021 году выбросы составляли 97,3 тонн в год. Рост составил 270% за 15 лет.

Выбросы азота (II) оксида ( $\text{NO}$ ) на 2007 год составляли 4,48 тонн в год, в то время как на 2021 год составляют 15,83 тонн в год. Рост составляет 253%.

Выбросы диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ) на 2007 год составляли 24,56 тонн в год, в то время как в 2021 году составляют 44,4 тонн в год. Рост составил 82% (рис. 4.1).

Рост выбросов данных загрязняющих веществ в первую очередь связан с развитием промышленности района, в том числе появление крупнейшего предприятия в районе – машиностроительного завода «Хэнде Мотор Мануфактуринг Рус», которое открылось в 2010 году.

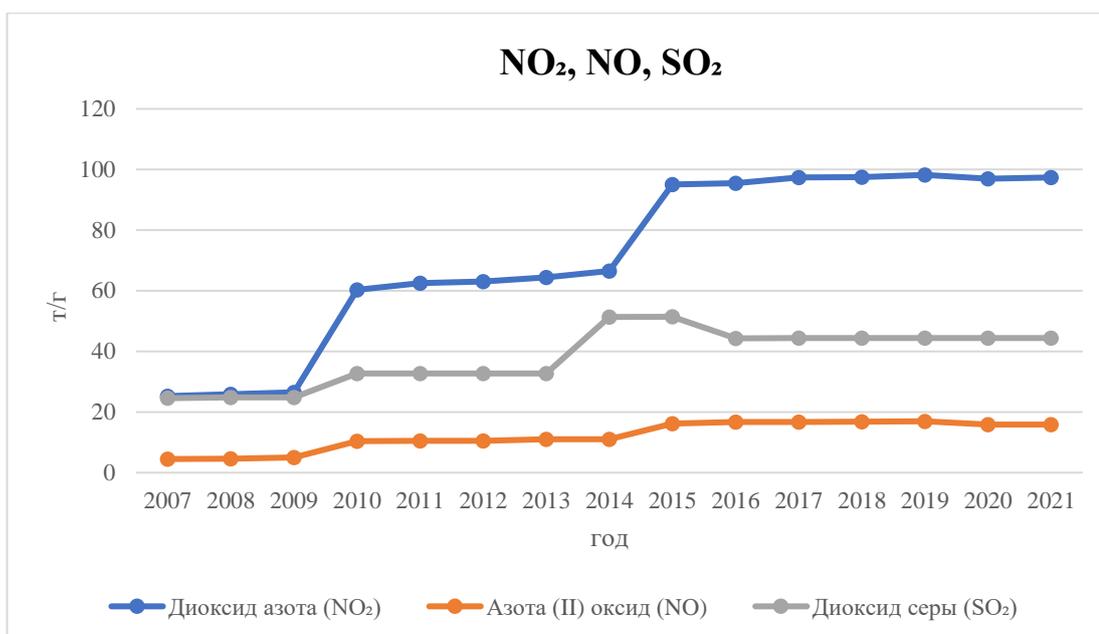


Рис 4.1. Динамика выбросов диоксида азота, азота оксида и диоксида серы в Курортном районе

Выбросы оксида углерода в 2007 году составляли 98,03 тонн в год, в то время как в 2022 году 389,6 тонн в год. Рост более, чем на 295%. Это также связано с открытием крупного машиностроительного предприятия в районе. Кроме того, в 2015 году наблюдается резкий скачок по выбросам от 209,75 до 384,54 тонн в год. Это связано с тем, что ООО «ХММР» вышел на новые производственные мощности и открыл вторую очередь своего промышленного производства (рис. 4.2)

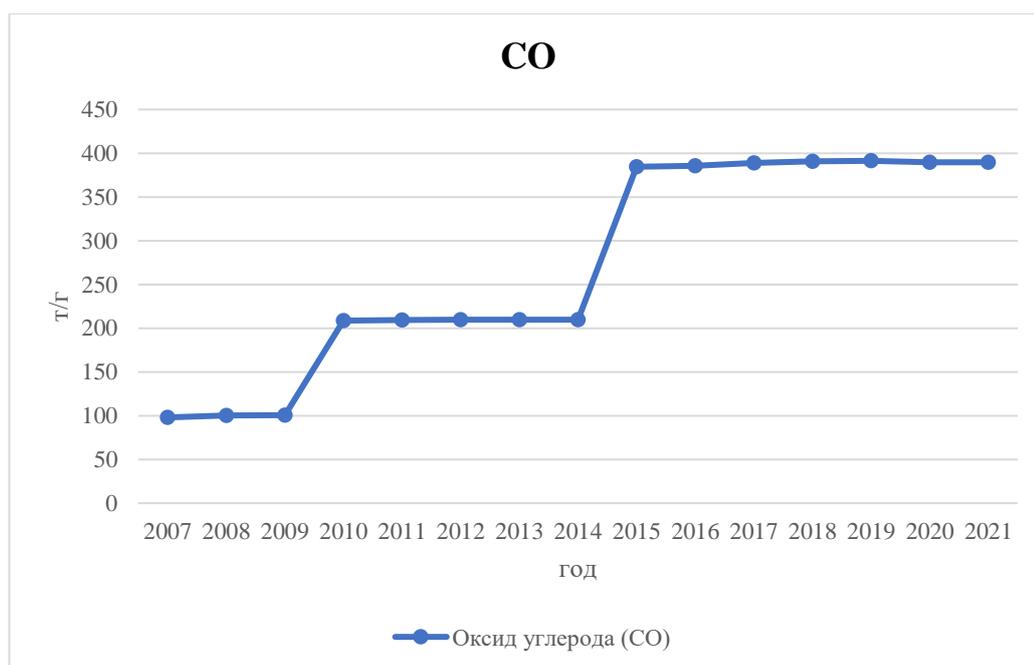


Рис 4.2. Динамика выбросов оксида углерода в Курортном районе

Выбросы бенз/а/пирена в 2007 году составляли 0,000184 тонн в год, в то время как в 2021 году 0,000277 тонн в год. Рост на 50 %. Это связано с повышением выбросов от ООО «ХММР» и дочерних предприятий (рис. 4.3).

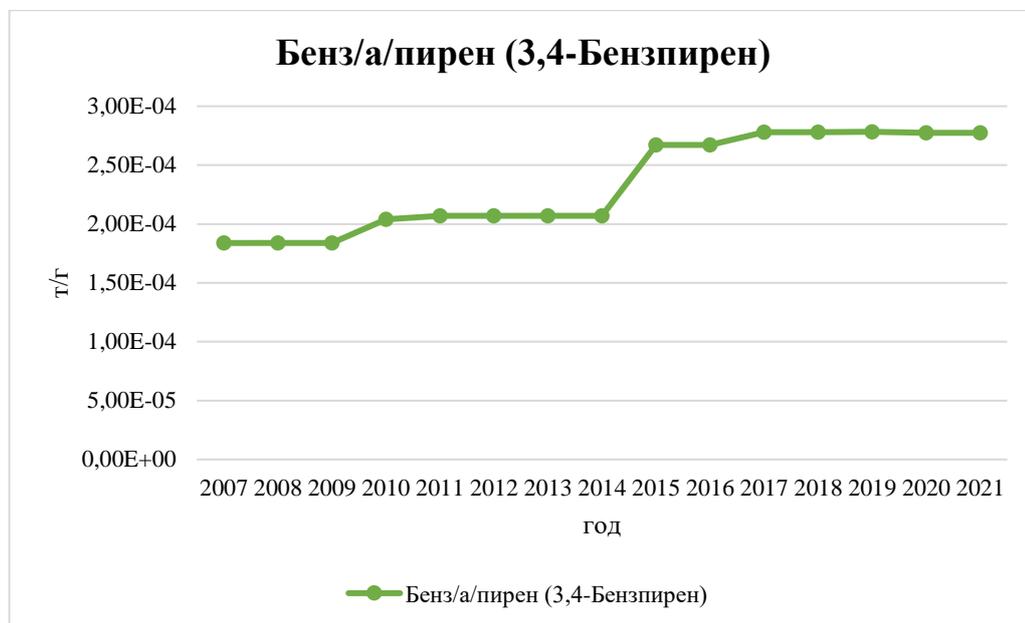


Рис 4.3. Динамика выбросов бенз/а/пирена в Курортном районе

Выбросы бензина в 2007 году составляли 0,22 тонн в год, в то время как в 2021 году 5,03 тонн в год. Рост составил более 2000%.

Выбросы керосина в 2007 году составляли 0,58 тонн в год, в то время как в 2021 году 1,73 тонн в год. Рост составил 200%. Рост выбросов бензина и керосина связан с развитием автомобильной промышленности в районе.

Выбросы углерода (CO) в 2007 году составляли 3,87 тонн в год, в то время как в 2022 году 4,87 тонн в год. Рост составил 27%. При этом заметно, что в 2012 году наблюдается рост, а в 2019 году спад. Это связано с тем, что на производстве Хэнде сначала резко повысились, а потом сократились выбросы углерода.

Выбросы метана (CH<sub>4</sub>) в 2007 году составляли 1,83 тонн в год, в то время как в 2021 году 7,81 тонн в год. Рост более чем на 320%. Это связано с возросшим количеством автозаправочных станций в исследуемом районе, а также с ростом машиностроения (рис. 4.4).

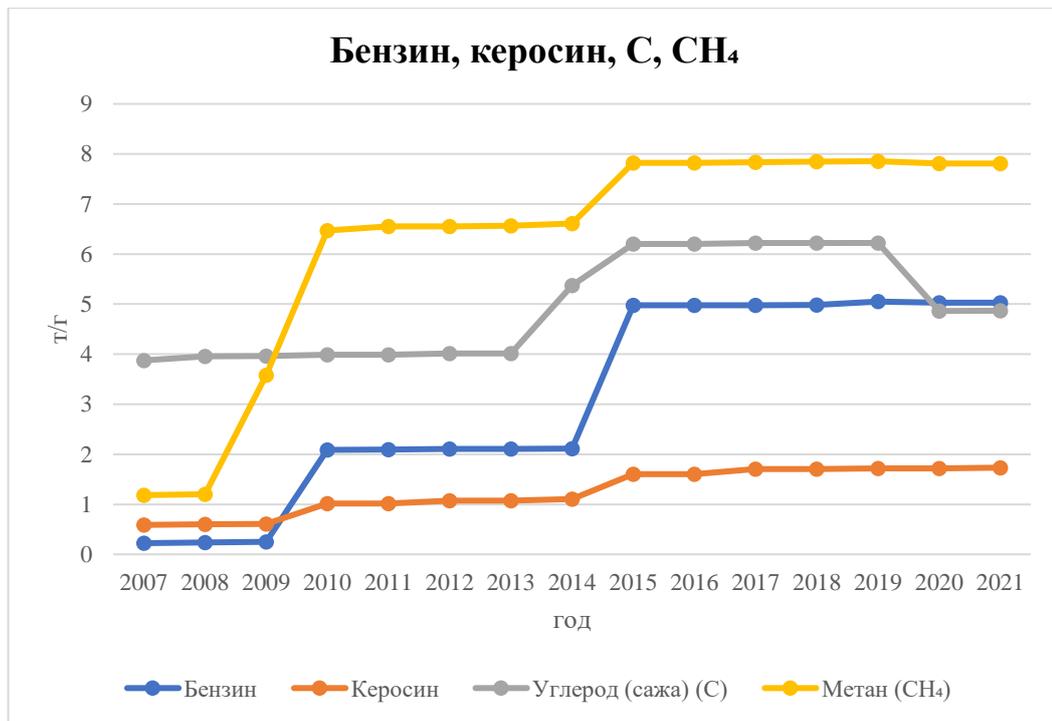


Рис 4.4. Динамика выбросов бензина, керосина, углерода и метана в Курортном районе

Выбросы формальдегида (СН<sub>2</sub>О) в 2007 году составляли 0,005 тонн в год, в то время как в 2021 году 0,8 тонн в год. Такой резкий рост связан с тем, что до этого в Курортном районе практически отсутствовали источники выбросов формальдегида, однако в 2010 году открылось предприятие машиностроения ООО «ХММР», которое и является источником выбросов этого вещества.

Выбросы аммиака (NH<sub>3</sub>) в 2007 году составляли 0,19 тонн в год, в то время как в 2021 году 0,16. Произошло понижение на 15%. Большинство предприятий, которые являются источником выбросов аммиака уже работали к 2007 году. Некоторые из них к 2022 году закрылись, а некоторые понизили свои выбросы (рис. 4.5).

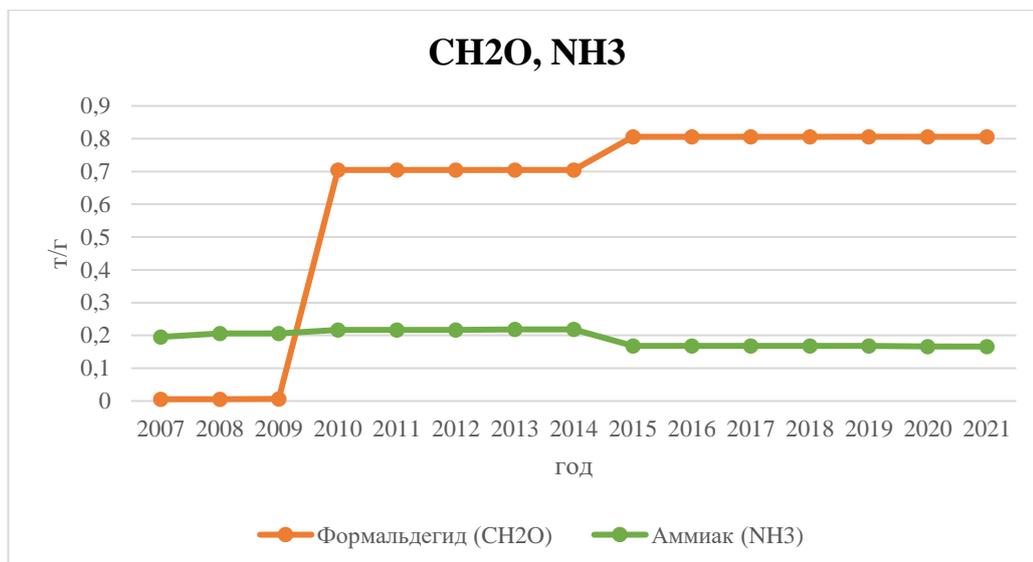


Рис 4.5. Динамика выбросов формальдегида и аммиака в Курортном районе

#### 4.1.2 Выбросы от стационарных источников в Кировском районе

Выбросы диоксида азота (NO<sub>2</sub>) в 2007 году составляли 3075,41 тонн в год, в то время как в 2022 году 5632,21 тонн в год. Рост составил 81%.

Выбросы оксида углерода (CO) в 2007 году составляли 3974,66 тонн в год, в то время как в 2022 году 11655,46 тонн в год. Рост составил 191%.

Рост выбросов данных загрязняющих веществ связан с открытием третьей ТЭЦ в районе – Юго-Западной. Первая очередь была введена в эксплуатацию в 2011 году, а вторая в 2016 году. Кроме того, на протяжении всех 15 лет наблюдается рост выбросов от других источников в связи с ростом промышленного производства (рис. 4.6).

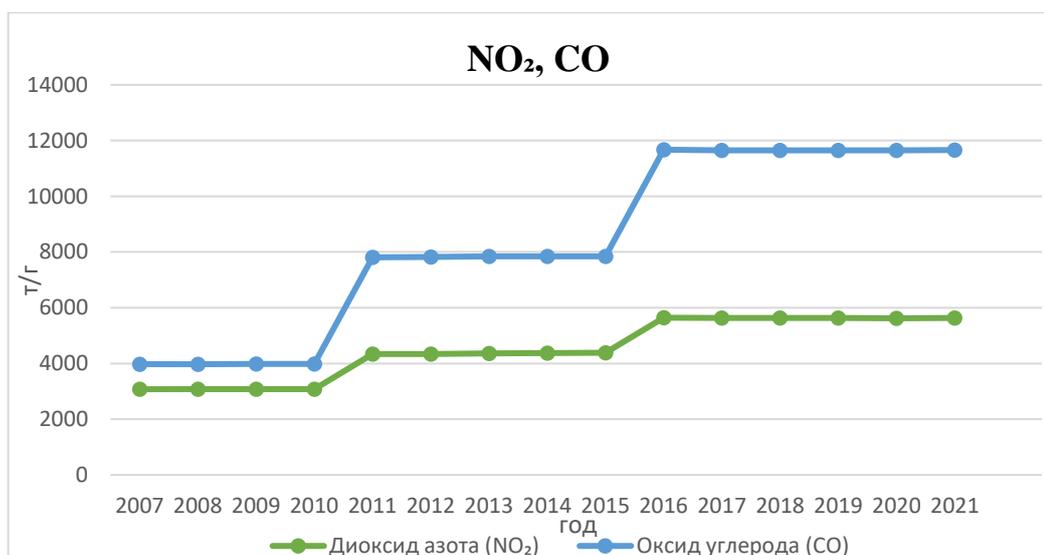


Рис 4.6. Динамика выбросов азота диоксида и углерода оксида в Кировском районе

Выбросы от азота (II) оксида (NO) в 2007 году составлял 502,67 тонн в год, в то время как в 2021 году 914,93 тонн в год. Рост составил 82%. Это связано с вводом в эксплуатацию Юго-Западной ТЭЦ в 2011 году.

Выбросы диоксида серы (SO<sub>2</sub>) в 2007 году составляли 1344,32 тонн в год, в то время как в 2021 году 1357,82 тонн в год. Рост составил 0,9%. В выбросах от ТЭЦ практически отсутствует диоксид серы, большинство предприятий, которые являются источником данного вещества уже работали на момент начала исследования (рис. 4.7).

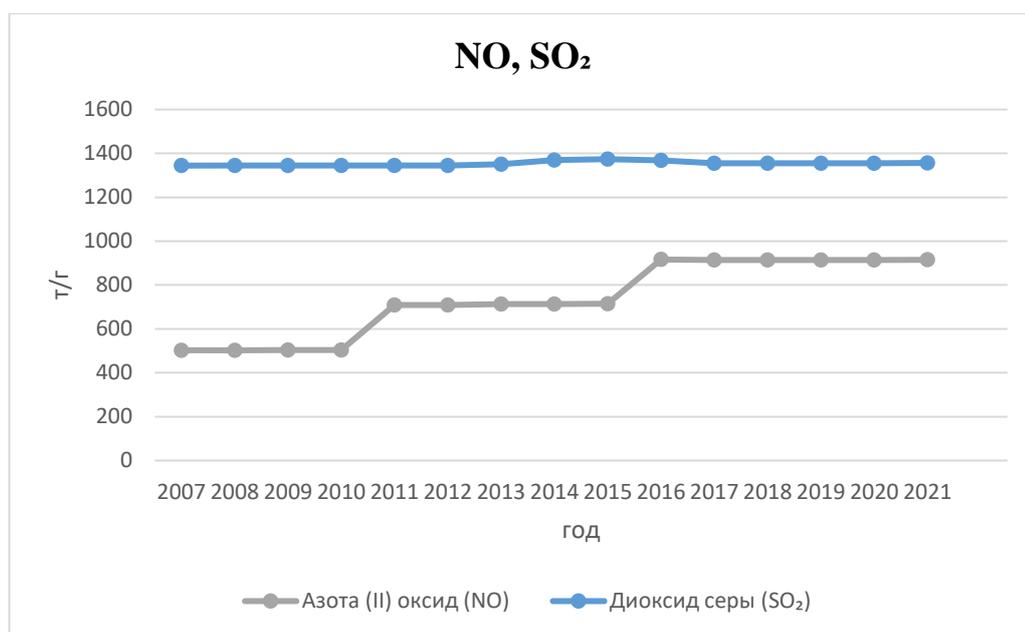


Рис 4.7. Динамика выбросов азота оксида и серы диоксида в Кировском районе

Выбросы бенз/а/пирена в 2007 году составляли 0,0373 тонн в год, в то время как в 2021 году 0,0374. Рост составил 0,2%. С 2013 по 2016 годов заметен рост выбросов – это связано со строительством причального комплекса для отстоя ледокольного флота в морском порту «Санкт-Петербург» (рис. 4.8).

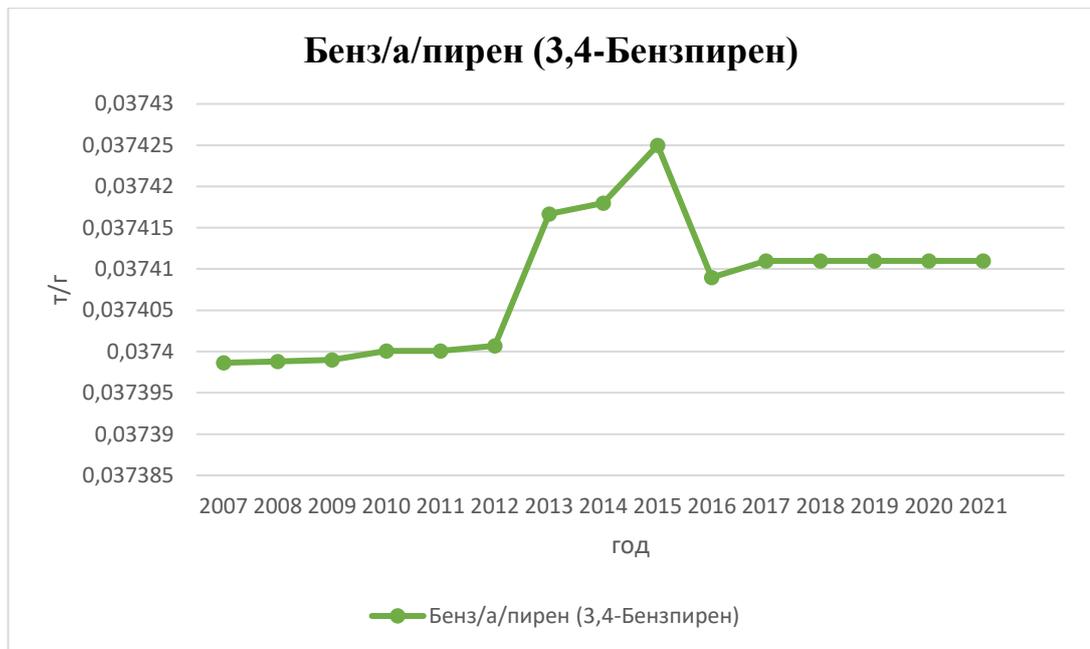


Рис 4.8. Динамика выбросов бенз/а/пирена в Кировском районе

Выбросы углерода (С) в 2007 году составляли 59,16 тонн в год, в то время как в 2021 году 60,12 тонн в год. Рост составил 1,62%.

Выбросы керосина в 2007 году составляли 33,74 тонн в год, в то время как в 2021 году 40,98 тонн в год. Рост составил 21,5%.

Выбросы метана (СН<sub>4</sub>) в 2007 году составляли 23,12 тонн в год, в то время как в 2021 году 34,26 тонн в год. Рост составил 48,1%.

Выбросы бензина в 2007 составляли 3,54 тонн в год, в то время как в 2021 году 5,3 тонны в год. Рост составил 49% (рис. 4.9).

Рост выбросов данных веществ связан в первую очередь с увеличением производительных мощностей промышленных предприятий, а также ввод в эксплуатацию Юго-Западной ТЭЦ.

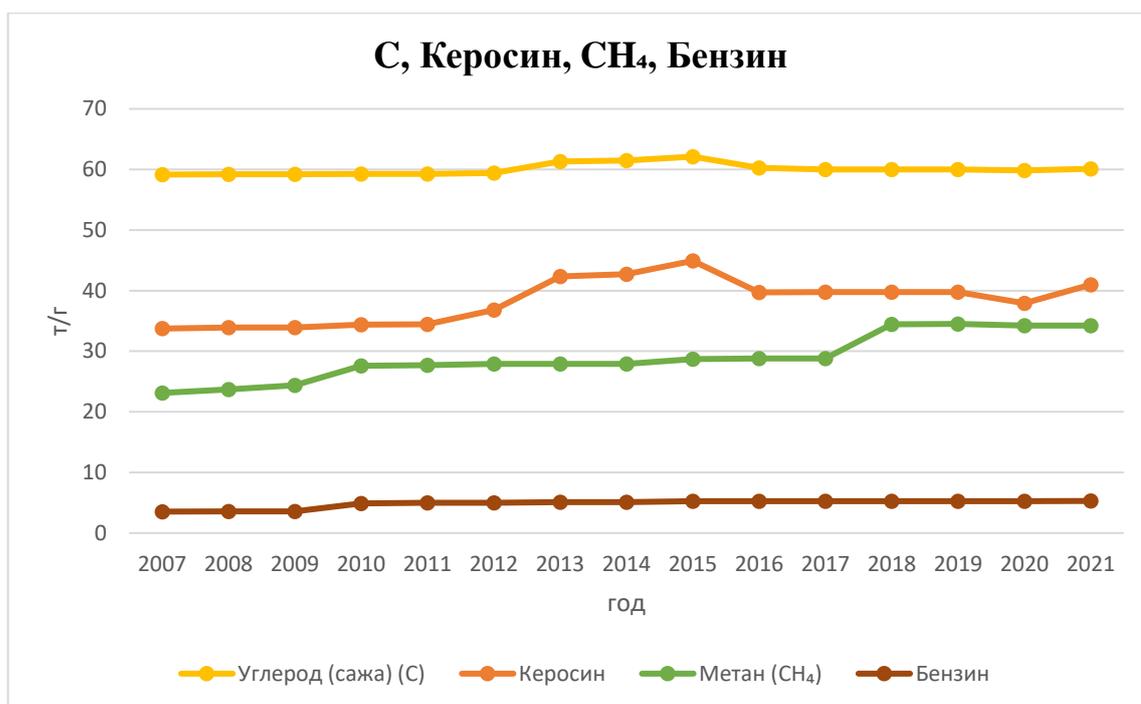


Рис 4.9. Динамика выбросов углерода, керосина и метана в Кировском районе

Выбросы формальдегида (СН<sub>2</sub>О) в 2007 году составляли 0,023 тонны в год, в то время как в 2021 году 0,039 тонн в год. Рост составил 69%. Кроме того, с 2013 года по 2015 наблюдается резкий рост выбросов до 0,71 тонн в год. Это связано со строительством причального комплекса для отстоя ледокольного флота в морском порту «Санкт-Петербург».

Выбросы марганца и его соединений в 2007 году составлял 0,013 тонн в год, в то время как в 2021 году 0,036 тонн в год. Рост составил 177%. Рост данного вещества связан в первую очередь с увеличением производительных мощностей промышленных предприятий, а также ввод в эксплуатацию Юго-Западной ТЭЦ (рис. 4.10).

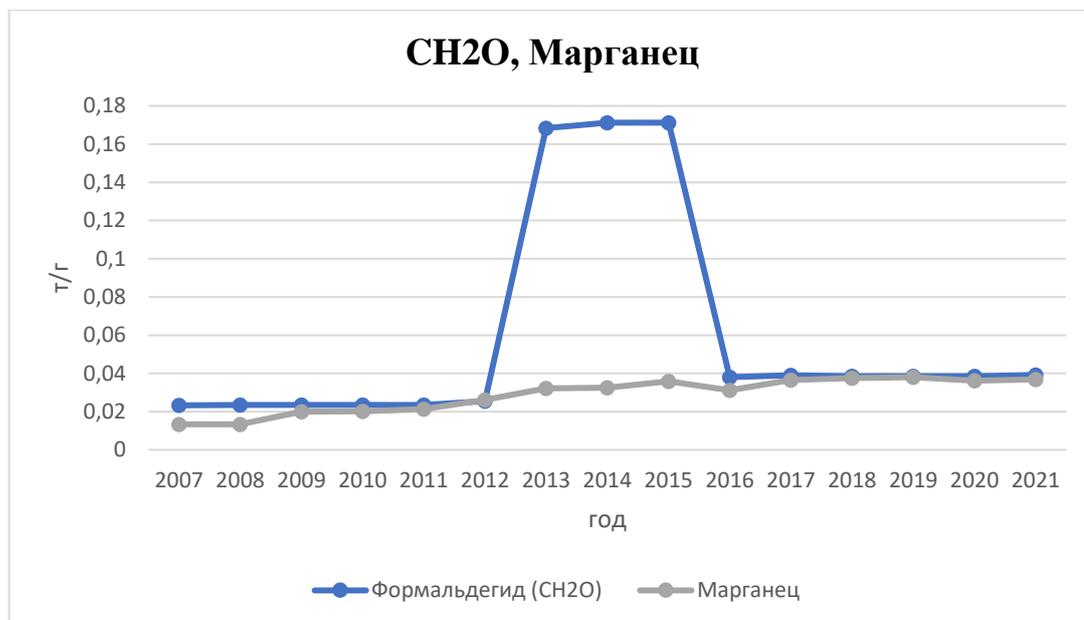


Рис 4.10. Динамика выбросов формальдегида и марганца в Кировском районе

Все данные по источникам загрязнению и количеству загрязняющих веществ были получены из реестра санитарно-эпидемиологических заключений. Был проведен анализ данных с 2007 по 2021 год в Курортном и Кировском районах Санкт-Петербурга по всем стационарным источникам выбросов. На основе полученных результатов были составлены графики по динамике выбросов с 2007 по 2021 год 12 загрязняющих веществ, которые вносят наибольший вклад в загрязнение и являются наиболее опасными для здоровья.

#### 4.1.3 Выводы по анализу выбросов стационарных источников по данным реестра СЭЗ

Выбросы по всем загрязняющим веществам (кроме аммиака в Курортном районе) выросли, некоторые на порядок. Это связано в первую очередь с началом эксплуатации новых промышленных предприятий на исследуемых территориях, а также ростом производства уже существующих промышленных предприятий.

По некоторым веществам наблюдается незначительный рост (диоксид серы и бенз/а/пирен в Кировском районе). Это напрямую связано с тем, что промышленные предприятия, которые являются источниками данных загрязняющих веществ, уже существовали на момент 2007 года на исследуемой территории и, несмотря на рост производства, занимались сокращением выбросов этих загрязняющих веществ.

Самым большим по вкладу в загрязнение атмосферного воздуха является химическое вещество оксид углерода (CO). В Курортном районе валовый выброс на 2021 год составлял 389,6 тонн в год, в Кировском – 11655,21 тонн в год.

Суммарные выбросы по всем веществам от стационарных источников в Курортном районе за 2021 год составляют 567,67 тонн, в то время как в Кировском 19699,04 тонн. Разница составляет 3370%. Кировский район вносит наибольший вклад в загрязнение атмосферы из-за того, что на его территории расположен Кировский завод с множеством дочерних предприятий, несколько морских портов, а также три ТЭЦ – Юго-Западная, Автоовская и Первомайская. На территории Курортного района основным вкладчиком загрязняющих веществ является машиностроительный завод ООО «Хэнде Мотор Мануфактуринг Рус» и его дочерние предприятия.

#### **4.2 Динамика загрязнения атмосферного воздуха по данным систем мониторинга**

В Курортном районе расположено 2 стационарных автоматизированных поста – в городе Сестрорецк, на улице Горького 2 (11 пост) и в городе Зеленогорске на Золотом Пляже (14 пост). В Кировском районе расположен 1 стационарный автоматизированный пост – на проспекте Маршала Жукова 30/3 (5 пост). Они ведут непрерывное наблюдение за состоянием атмосферного воздуха в исследуемых районах. Отличие данного метода учета от анализа отчетности промышленных предприятий в том, что измеряется концентрация, которая находится непосредственно в атмосферном воздухе, включая выбросы от автотранспорта.

Автотранспорт играет основную роль в загрязнении атмосферного воздуха. Так, например, в Санкт-Петербурге в 1982 году выбросы от стационарных источников составляли около 296 тыс. т, а от автотранспорта 602 тыс. т (67% от общего числа выбросов). В 1993 и 1994 годах объем выбросов от транспорта составлял 102 и 95 тыс. т в год соответственно (44 и 48% от общего количества выбросов). Однако период 2009-2015 годов характеризуется увеличением роли автомобильного транспорта как загрязнителя атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге. В эти годы его доля в общем объеме выбросов достигла 91% (Мовчан, 2016). По данным ГИБДД ГУ МВД России количество транспортных средств в городе также неизменно растет (таблица 3.1).

Таблица 4.1

Количество автотранспортных средств в г. Санкт-Петербург (Доклад об экологической ситуации..., 2021)

Годы	Легковые автомобили	Грузовые автомобили	Автобусы	Всего
2011	1525967	138967	20965	1685899
2012	1537473	201033	22449	1760955
2013	1741267	220067	21513	1982847
2014	1636336	213123	19838	1869297
2015	1638183	217738	20221	1876142
2016	1676379	214003	19659	1910041
2017	1710811	223662	29798	1964271
2018	1724410	226975	20948	1972333
2019	1744133	229764	21061	1994958
2020	1771034	231735	20951	2023720
2021	1800214	236683	20709	2057606
Увел. (+), сниж. (-) по отношению к 2020 г., ед.	29180	4948	-242	33886
Увел. (+), сниж. (-) по отношению к 2020 г., %	1,65%	2,14%	-1,16%	1,67%

Поэтому оценивать загрязнение атмосферного воздуха лишь по данным выбросов от промышленных предприятий для определения общего загрязнения атмосферы некорректно.

Для оценки загрязнения атмосферного воздуха на исследуемых территориях были собраны и проанализированы данные с 2007 по 2021 годы с автоматизированных стационарных постов, расположенных в этих районах. Для сравнения уровня загрязнения в двух районах были созданы графики с динамикой концентрации разных загрязняющих веществ.

Концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в исследуемых районах фиксируются в единицах ПДК среднесуточных. ПДК сс – концентрация загрязнителя в воздухе, не оказывающая на человека прямого или косвенного воздействия при круглосуточном вдыхании.

#### Концентрация загрязняющих веществ

Концентрация диоксида азота в 2007 году в Курортном районе составляла 0,2 ПДК сс, а в 2021 году 0,7 ПДК сс. Рост составил 0,5 ПДК сс. На протяжении 15 лет наблюдалось непрерывное повышение концентрации диоксида азота в атмосферном воздухе Курортного района.

Концентрация диоксида азота в 2007 году в Кировском районе составляла 0,4 ПДК сс, а в 2021 году 0,9 ПДК сс. За 15 лет наблюдается тренд к росту с некоторыми скачками к понижению и повышению концентрации. Самая высокая концентрация составляла 1 ПДК

сс в 2011 и 2016 годах. Резкий спад наблюдается в 2020 году, что я связываю я сокращением автотранспорта из-за пандемии коронавируса.

В целом по диоксиду азота во время 15 летнего периода наблюдается большая концентрация в Кировском районе (рис. 4.11).

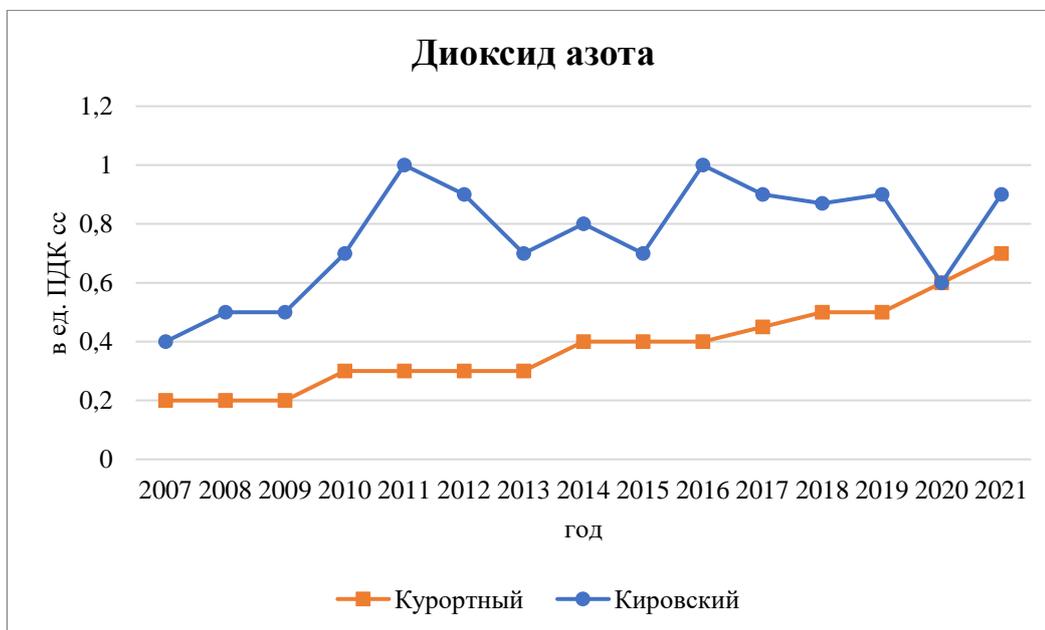


Рис. 4.11. Динамика концентрации диоксида азота

Концентрация оксида азота в 2007 году в Курортном районе составляла 0,1 ПДК сс, а в 2021 году 0,5 ПДК сс. Рост составляет 0,4 ПДК сс. Самая высокая концентрация вещества наблюдается в 2016 году и составляла 0,6 ПДК сс.

Концентрация оксида азота в 2007 году в Кировском районе составляла 0,2 ПДК сс, а в 2021 году 0,7 ПДК сс. Рост составил 0,5 ПДК сс.

В целом по концентрации оксида азота наблюдается рост в двух исследуемых районах, с некоторыми понижениями. В двух районах наблюдается понижения в 2016 и 2020 годах. Общая концентрация вещества за весь период наблюдения больше в Кировском районе, чем в Курортном (рис. 4.12).

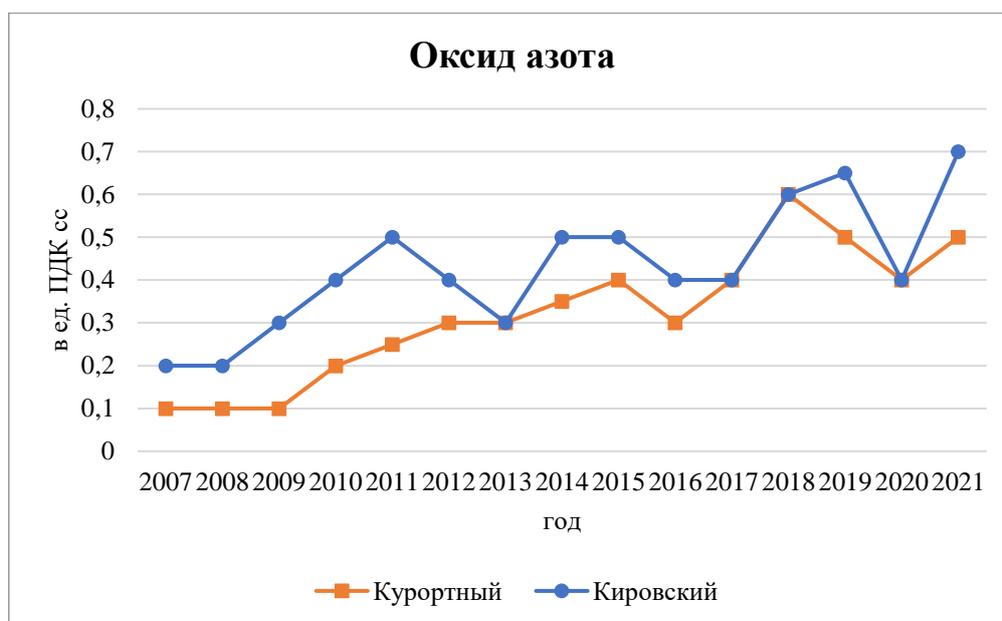


Рис. 4.12. Динамика концентрации оксида азота

Концентрация оксида азота в Курортном районе в 2007 году составляла 0,1 ПДК сс, а в 2021 0,5 ПДК сс. Рост составил 0,4 ПДК сс. Наибольшая концентрация вещества наблюдается в 2019 и в 2021 годах – 0,5 ПДК сс, а наименьшая в период с 2008 по 2009 году и в период с 2012 по 2014 годы – 0,1 ПДК сс.

Концентрация оксида азота в Кировском районе в 2007 году составляла 0,2 ПДК сс, а в 2021 году 0,7 ПДК сс. Рост составил 0,5 ПДК сс.

В целом по оксиду азота концентрация за весь период больше в Кировском районе, кроме 2010 года: В Курортном 0,2 ПДК сс, а в Кировском 0,1 ПДК сс (рис. 4.13).

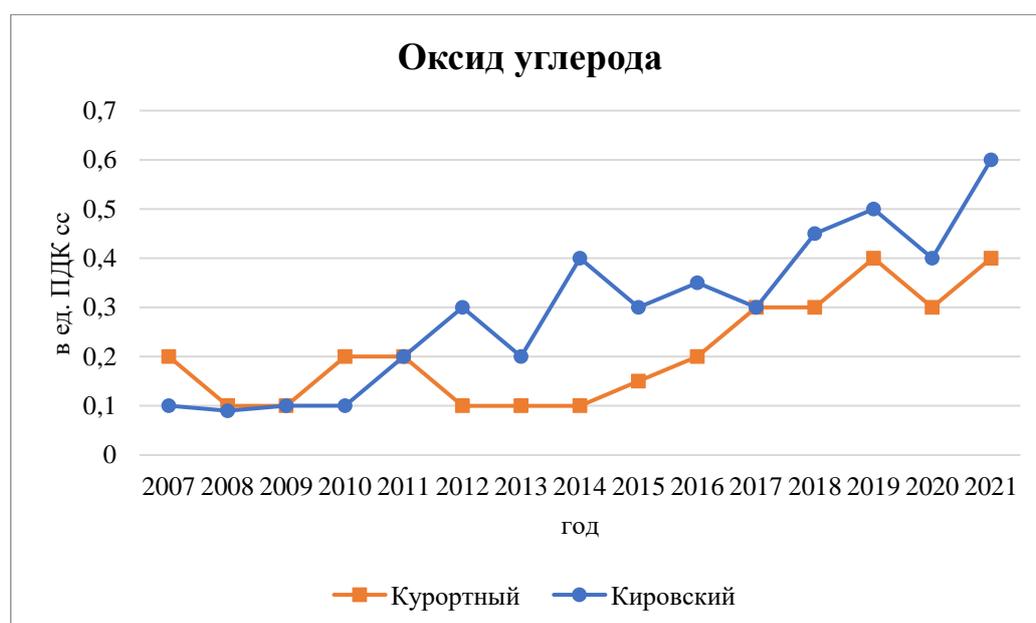


Рис. 4.13. Динамика концентрации оксида углерода

Концентрация диоксида серы в Курортном районе в 2007 году составляла 0,06 ПДК сс, а в 2021 году 0,12 ПДК сс. Рост составил 0,06 ПДК сс. Самая большая концентрация вещества наблюдается в 2016 и 2018 годах – 0,18 ПДК сс.

Концентрация диоксида серы в Кировском районе в 2007 году составляла 0,1 ПДК сс, а в 2021 году 0,4 ПДК сс. Рост составил 0,3 ПДК сс. Наибольшая концентрация вещества в атмосферном воздухе Кировского района наблюдалась в 2017-2018 годах и составляла 0,6 ПДК сс.

Концентрация диоксида серы за весь период наблюдений преобладает в атмосферном воздухе Кировского района, не считая период с 2009 года по 2010, когда в двух исследуемых районах концентрация вещества была одинаковая и составляла 0,08 и 0,1 ПДК сс соответственно (рис. 4.14).

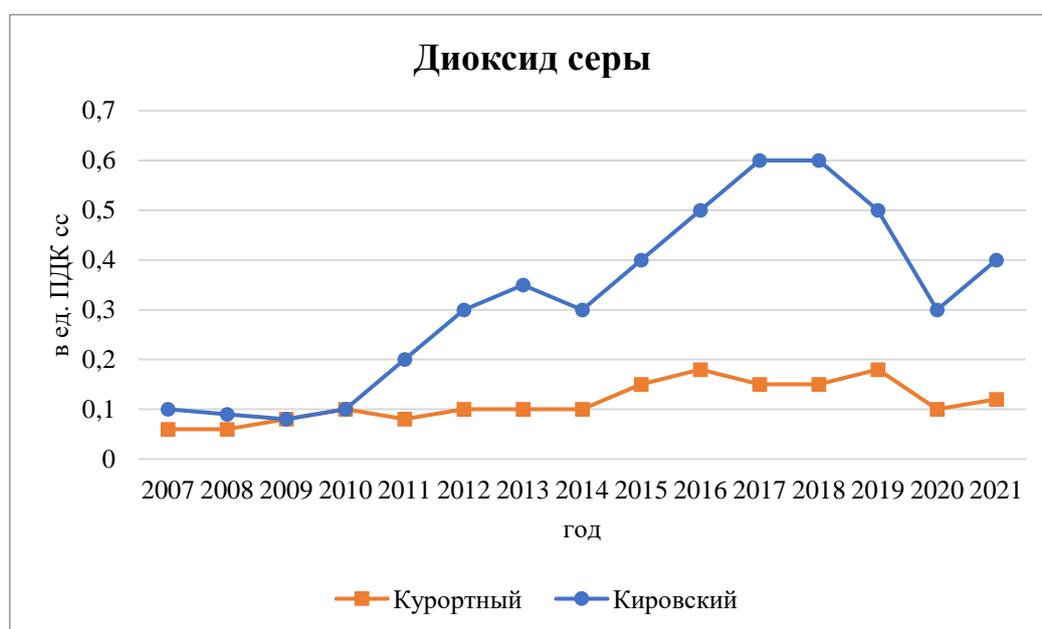


Рис. 4.14. Динамика концентрации диоксида серы

Концентрация аммиака в Курортном районе в 2007 году составляла 0,02 ПДК сс, а в 2021 году 0,08 ПДК сс. Рост составил 0,06 ПДК сс. Наибольшая концентрация наблюдалась в 2019 году и составляла 0,12 ПДК сс.

Концентрация аммиака в Кировском районе в 2007 году составляла 0,08 ПДК сс, а в 2021 году 0,5 ПДК сс. Рост составил 0,42 ПДК сс. Наибольший рост наблюдается с 2015 на 2016 год и составляет 0,15 ПДК сс – с 0,15 до 0,3 ПДК сс.

В целом по аммиаку наибольшая концентрация за весь период исследования наблюдается в Кировском районе, не считая периодов с 2009 по 2010 года, когда в

изучаемых районах концентрации сравнялись и составляли 0,4 и 0,5 ПДК сс соответственно (рис. 4.15).

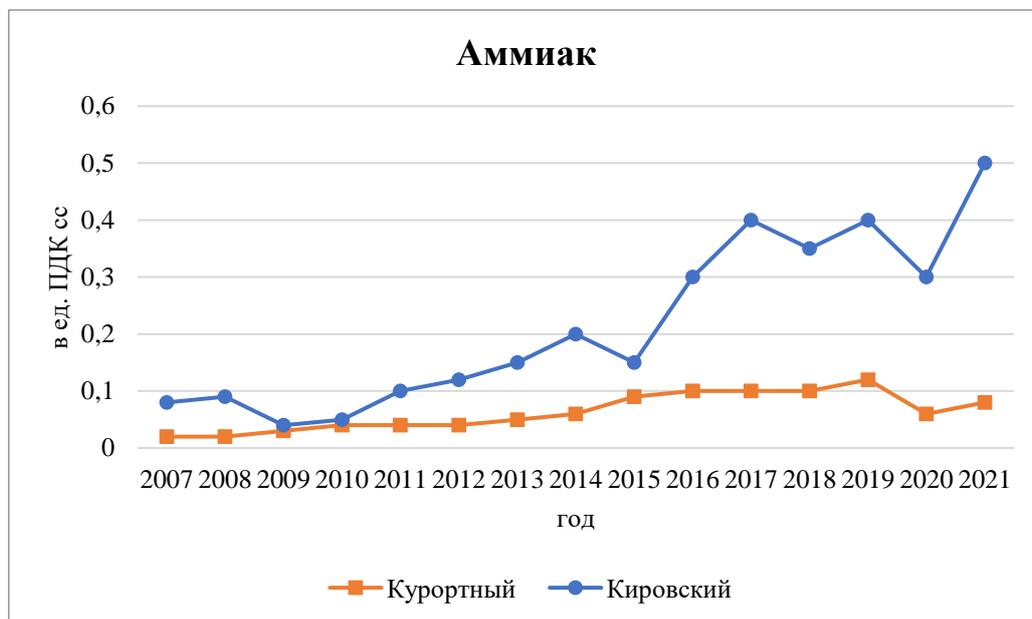


Рис. 4.15. Динамика концентрации аммиака

Концентрация взвешенных частиц ( $PM_{10}$ ) в Курортном районе в 2007 году составляла 0,2 ПДК сг, а в 2021 году 0,1 ПДК сс. Понижение составило 0,1 ПДК сс. Наибольшая концентрация вещества наблюдалась с 2012 по 2014 годы и составляла 0,5 ПДК сс, после чего началось резкое снижение до 0,2 ПДК сс в 2015 году. После 2015 года заметен тренд понижения содержания концентрации вещества в атмосферном воздухе в Курортном районе, кроме 2021 года, где замечено небольшое повышение.

Концентрация взвешенных частиц ( $PM_{10}$ ) в Кировском районе в 2007 году составила 0,1 ПДК сс, а в 2021 году 0,2 ПДК сс. Рост составил 0,1 ПДК сс. Наибольшая концентрация вещества наблюдается в 2011 году и составляет 0,8 ПДК сс.

Концентрация взвешенных частиц ( $PM_{10}$ ) за большую часть периода наблюдений преобладает в Кировском районе, кроме периода с 2007 по 2009 год, когда наибольшая концентрация вещества была в Курортном районе (рис. 4.16).

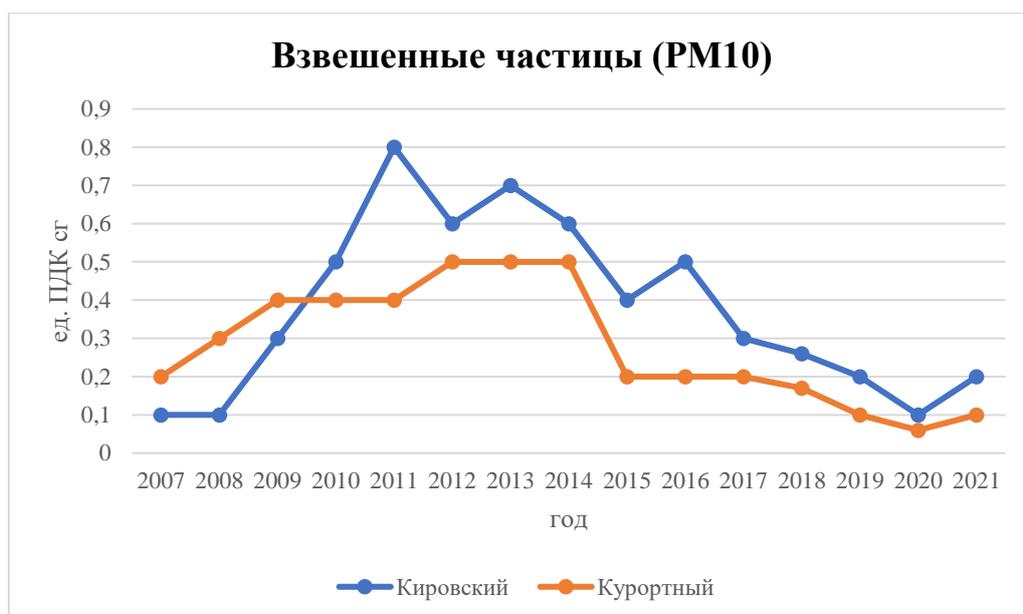


Рис. 4.16. Динамика концентрации взвешенных частиц (PM<sub>10</sub>)

Концентрация озона в Курортном районе в 2007 году составляла 0,5 ПДК сс, а в 2021 году 1,1 ПДК сс. Рост составил 0,6 ПДК сс. Наибольшая концентрация вещества наблюдалась в 2017 году и составляла 1,3 ПДК сс.

Концентрация озона в Кировском районе в 2007 году составляла 0,3 ПДК сс, а в 2021 году 1,87 ПДК сс. Рост составил 1,57 ПДК сс за 14 лет. Наименьшая концентрация вещества наблюдалась в 2008 году и составляла 0,2 ПДК сс.

Концентрация озона за большой период времени преобладает в Кировском районе, кроме периода с 2007 по 2010 год, когда в Курортном районе была концентрация больше и 2017 года, когда в двух исследуемых районах концентрация сравнялась и составляла 1,3 ПДК сс (рис. 4.17).

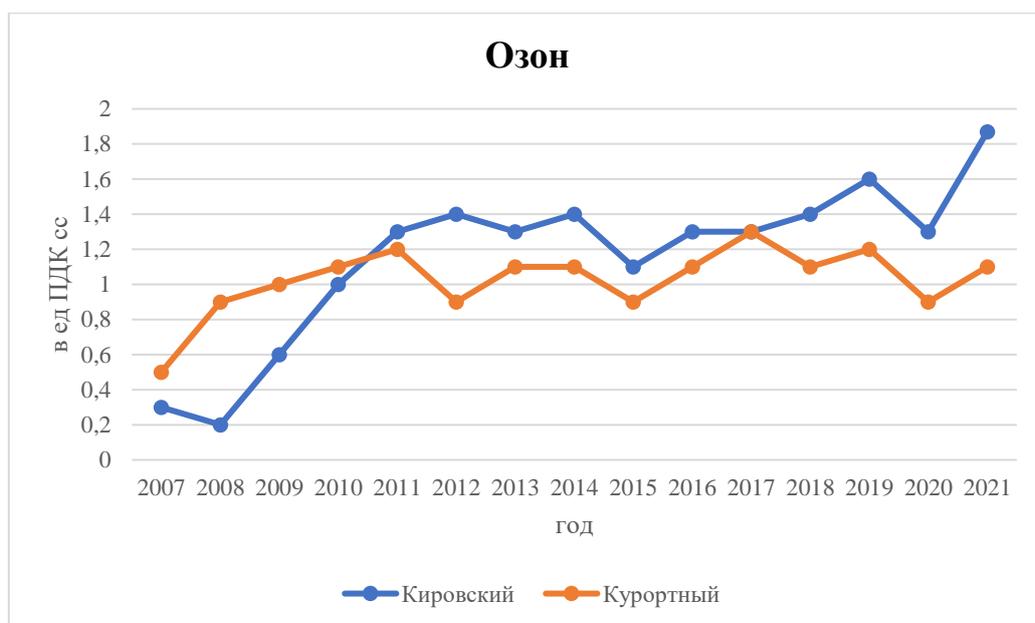


Рис. 4.17. Динамика концентрации озона

Концентрация бензапирена в Курортном районе в 2007 году составляла 0,1 ПДК сс также, как и в 2017 году. Наибольшая концентрация вещества наблюдалась в 2013 году и составляла 0,4 ПДК сс.

Концентрация бензапирена в Кировском районе в 2007 году составляла 0,1 ПДК сс также, как и в 2017 году. Наибольшая концентрация вещества наблюдалась в 2013 году и составляла 0,5 ПДК сс (рис. 4.18).

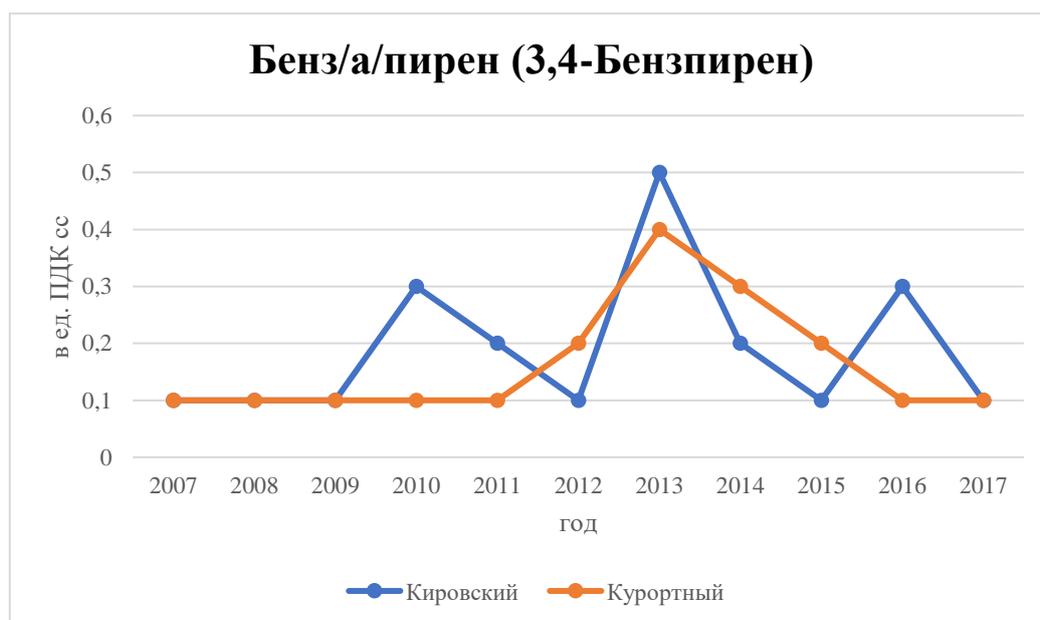


Рис. 4.18. Динамика концентрации бенз/а/пирена

#### **4.2.1 Выводы по анализу загрязнения атмосферного воздуха по данным систем мониторинга**

Наибольшая концентрация вещества за весь период исследования наблюдается в Кировском районе. Данные наблюдений по 2017 год, так как после в отчете по экологической ситуации в Санкт-Петербурге концентрация бензапирена на стационарных постах наблюдения перестала публиковаться.

Среди загрязняющих веществ за весь период наблюдения 2 из них превышали предельно-допустимую концентрацию. Концентрация диоксида азота в Кировском районе в 2011 и 2016 годах составляла 1 ПДК сс. Концентрация озона в Курортном районе превышала ПДК с 2009 по 2011, с 2013 по 2014, с 2016 по 2019 и в 2021 годах. Наибольшая концентрация составляла 1,3 ПДК сс в 2013 году. Концентрация озона в Кировском районе была превышена на протяжении 12 лет – с 2009 по 2021 год. Наибольшая концентрация наблюдалась в 2021 году и составляла 1,87 ПДК сс.

Общая концентрация всех загрязняющих веществ за многолетний период наибольшая в Кировском районе. Это напрямую связано с плотностью автомобильных дорог в районе – в Курортном районе плотность значительно меньше. Несмотря на то, что в двух исследуемых районах находятся такие крупные магистрали, как КАД и ЗСД, в Кировском районе автомобильный поток на них больше, чем в Курортном районе. Также свой вклад вносят промышленные предприятия – Кировский район является одним из наиболее промышленных районов города.

#### **4.3 Расчет индекса опасности неканцерогенного риска для здоровья населения**

Индекс опасности неканцерогенного риска (Hazard Index, HI) – это числовая оценка суммарного риска для здоровья человека, связанного с длительным воздействием на организм различных химических веществ, которые могут присутствовать в окружающей среде.

HI рассчитывается путем суммирования отношений концентраций каждого химического вещества к его безопасному уровню (Reference Dose, RfD) или безопасной концентрации (Reference Concentration, RfC), которые устанавливаются на основе результатов токсикологических исследований.

Если HI превышает единицу, то это может указывать на потенциальный риск для здоровья человека. Чем выше значение HI, тем выше вероятность возникновения негативных последствий для здоровья.

Индекс опасности неканцерогенного риска используется в экологической оценке риска и позволяет оценить общий риск для здоровья населения, связанный с длительным воздействием на организм различных химических веществ в окружающей среде.

Оценивается риск воздействия загрязняющих веществ при ингаляционном поступлении в организм человека и их воздействие на органы дыхания.

Таблица 4.2

Критерии индекса опасности неканцерогенного риска (Руководство по оценке риска..., 2004)

Показатель	Риск
Менее 0,1	Риск минимальный, пренебрежимый
0,1 - 1	Риск низкий
1 - 5	Риск средний
5 -10	Риск высокий
Более 10	Риск чрезвычайно высокий

Для расчета индекса опасности неканцерогенного риска использовались средние концентрации загрязняющих веществ, зафиксированные в разные годы на исследуемых территориях. Для этого концентрация в значениях ПДК сс были переведен в концентрацию в значениях мг/м<sup>3</sup> и поделены на рефрентную (безопасную) дозу вещества.

## Общий индекс опасности неканцерогенного риска

Год/Район	Курортный	Кировский
2007	1,49	1,71
2008	1,87	1,84
2009	2,06	2,47
2010	2,6	3,61
2011	2,72	<b>5,17</b>
2012	2,45	4,96
2013	2,65	4,36
2014	2,95	4,91
2015	2,62	4,2
2016	2,84	<b>5,21</b>
2017	3,3	4,96
2018	3,3	<b>5,23</b>
2019	3,44	<b>5,44</b>
2020	3,11	3,84
2021	3,78	<b>5,74</b>
Средняя	2,75	4,24

В 2007 году индекс опасности неканцерогенного риска для здоровья в Курортном районе составлял 1,49, а в 2021 году 3,78. Рост составил 2,29 за 15 лет. Средний индекс в Курортном районе составляет 2,75 и относится к категории среднего риска для здоровья населения.

В 2007 году индекс опасности неканцерогенного риска для здоровья населения в Кировском районе составлял 1,7, а в 2021 году 5,74. Рост составил 4,04 за 15 лет. Средний индекс в Кировском районе составляет 4,24, что относится к категории среднего риска для здоровья населения (рис. 4.19).

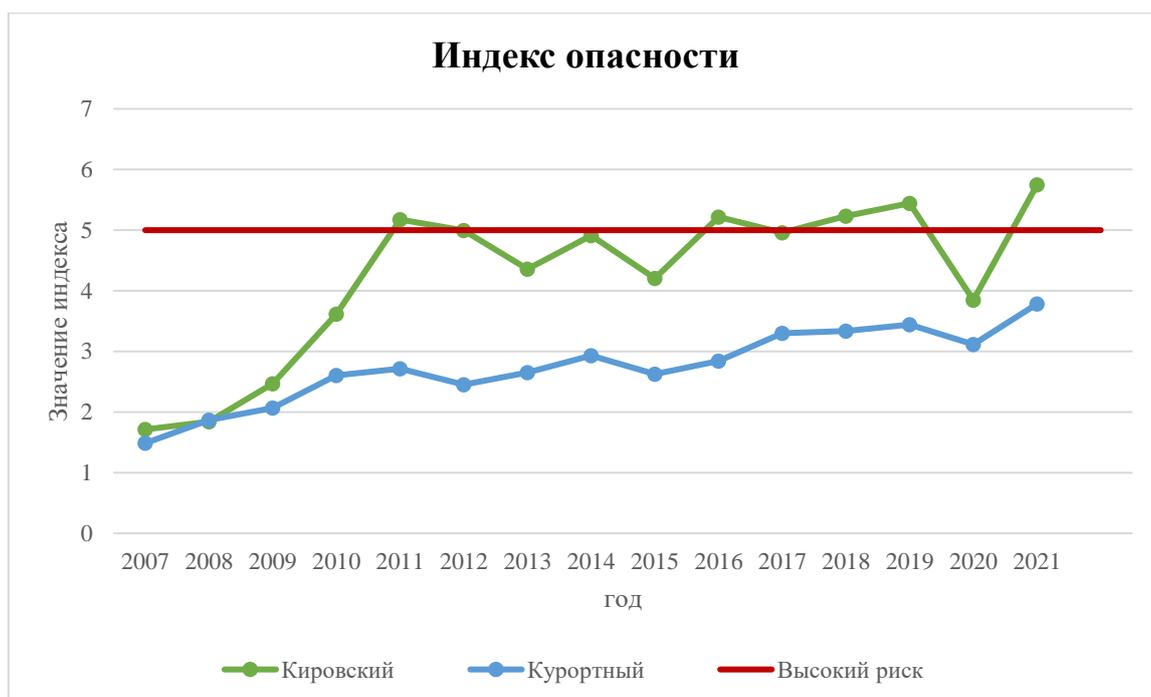


Рис. 4.19. Динамика изменения индекса опасности неканцерогенного риска

На графике видно, что индекс неканцерогенного риска здоровья населения в Кировском районе превышает отметку «высокий риск» 5 раз – в 2011 году (индекс 5,17), 2016 году (индекс 5,21), 2018 году (индекс 5,23), 2019 году (индекс 5,24) и в 2021 году (индекс 5,74). Это означает, что в эти годы суммарная концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе представляла высокий риск для здоровья населения Кировского района.

В целом по 15 годам исследования в двух исследуемых районах наблюдается повышение индекса опасности для здоровья населения. Это напрямую связано с повышением количества автомобильного транспорта и повышение производительности промышленных предприятий. В двух районах в 2020 году наблюдается понижение индекса – это связано с наименьшей суммарной концентрацией загрязняющих веществ в атмосферном воздухе из-за сокращение одновременного количества автотранспорта в городе из-за пандемии коронавируса.

#### 4.4 Сравнение индекса опасности неканцерогенного риска и статистики по болезням органов дыхания

Болезни органов дыхания (БОД) – это группа заболеваний, которые влияют на функционирование органов дыхательной системы и могут привести к различным проблемам с дыханием. Они могут быть вызваны инфекционными, аллергическими, токсическими или другими факторами, и могут иметь различные симптомы, включая

кашель, одышку, боли в груди, выделение мокроты и другие. Многие из этих заболеваний требуют серьезного лечения и могут иметь длительный хронический характер (Руководство по оценке риска..., 2004).

Основные БОД:

1. Бронхит
2. Астма
3. Пневмония
4. Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ)
5. Острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС)
6. Фиброзно-кистозная болезнь (ФКБ)
7. Туберкулез
8. Легочная эмболия

Болезни органов дыхания могут возникать по разным причинам, включая инфекции (вирусы, бактерии, грибки), аллергические реакции, воздействие токсических веществ (например, табачного дыма), генетические факторы, нарушения иммунной системы, изменения в окружающей среде (загрязнение воздуха), а также другие факторы, такие как стресс, недостаточная физическая активность и неправильное питание. Кроме того, болезни органов дыхания могут быть связаны с другими заболеваниями или состояниями, такими как ожирение, сахарный диабет и сердечно-сосудистые заболевания. Конкретные причины болезней органов дыхания могут зависеть от типа болезни и индивидуальных факторов каждого человека.

Для оценки степени влияния загрязнения атмосферного воздуха на возникновение болезней органов дыхания на основе государственных медицинских данных из организации Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Медицинский информационно-аналитический центр» (СПб ГБУЗ МИАЦ) и на основе Государственных докладов «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге» была собрана статистика по заболеваемости в двух исследуемых районах за 15 лет – с 2007 по 2021 годы (рис. 4.20).

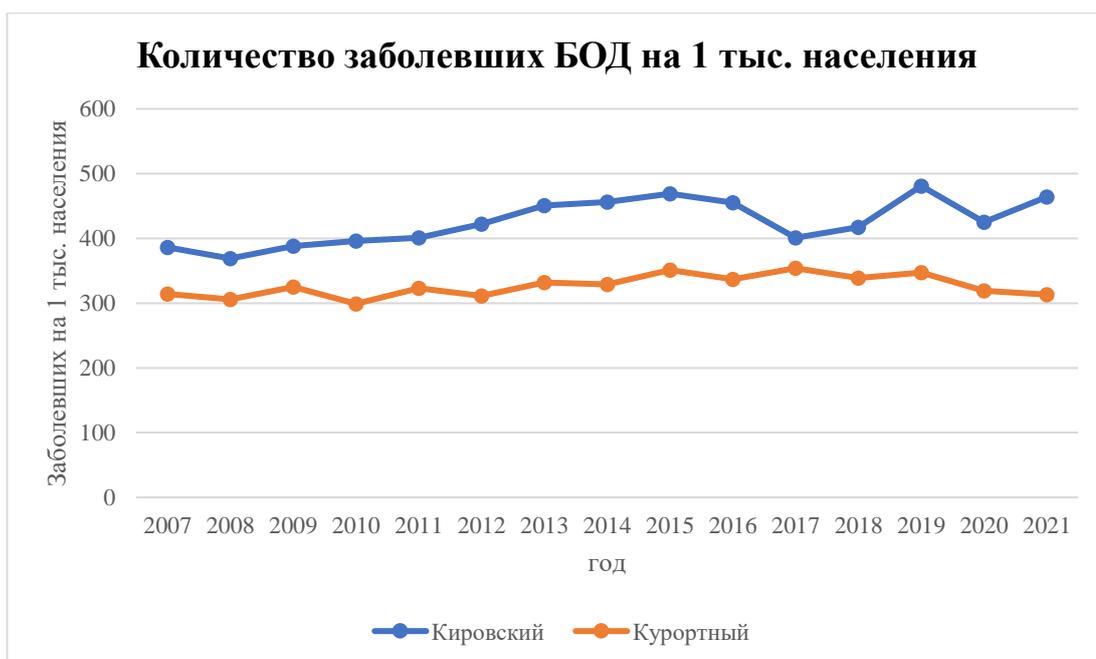


Рис. 4.20. Количество заболевших болезнями органов дыхания в Курортном и Кировском районах

Для оценки влияния концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на возникновение болезней органов дыхания у населения двух исследуемых районов был рассчитан коэффициент корреляции.

Коэффициент корреляции – это числовое значение, которое измеряет степень линейной связи между двумя переменными. Он может принимать значения от -1 до 1, где -1 означает полную отрицательную корреляцию (то есть, когда одна переменная увеличивается, другая уменьшается), 0 означает отсутствие корреляции, а 1 означает полную положительную корреляцию (то есть, когда обе переменные увеличиваются или уменьшаются вместе). Коэффициент корреляции позволяет определить, насколько сильно связаны две переменные и как одна может быть использована для прогнозирования другой.

Для вычисления коэффициента корреляции был использован индекс опасности неканцерогенного риска и статистика заболеваемости БОД на тысячу населения в Курортном и Кировском районах.

Коэффициент корреляции для Курортного района составляет 0,43. Это означает, что взаимосвязь между показателями незначительна или имеет не главное значение. В значительной степени на заболеваемость болезнями органов дыхания оказывает свое влияние еще множество факторов и концентрация загрязняющих веществ имеет не определяющее значение (рис. 4.21).

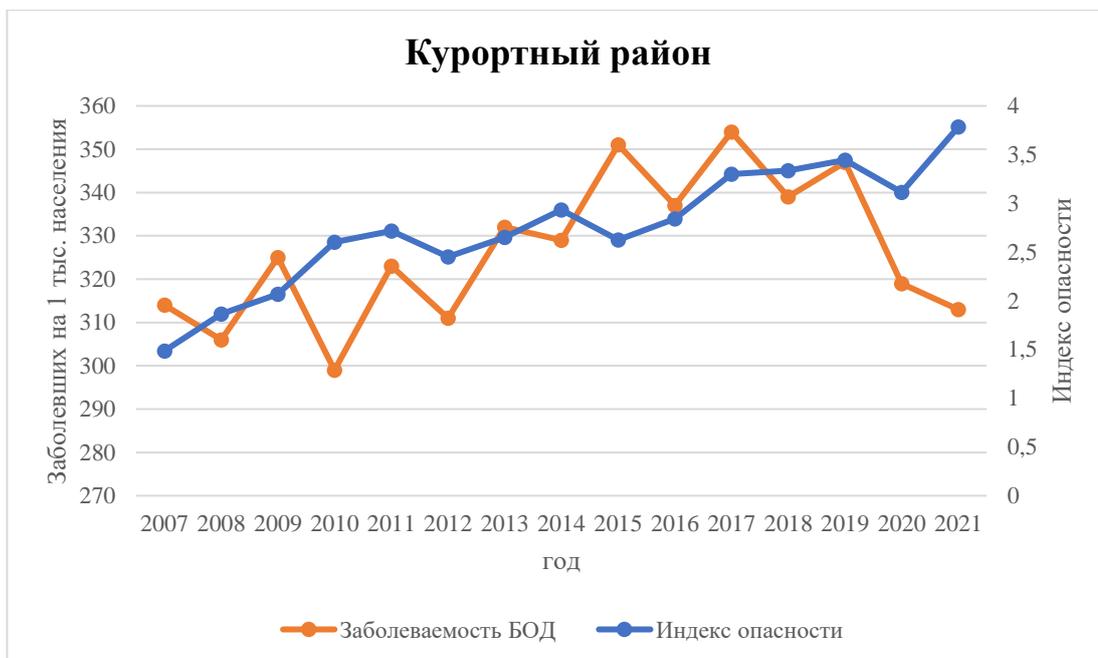


Рис. 4.21. Динамика заболеваемости БОД и индекса опасности неканцерогенного риска в Курортном районе

Коэффициент корреляции для Кировском районе составляет 0,69. Это также означает, что взаимосвязь между показателями незначительна или имеет не главное значение (рис. 4.22).

Средний коэффициент корреляции для двух исследуемых районов – 0,56.

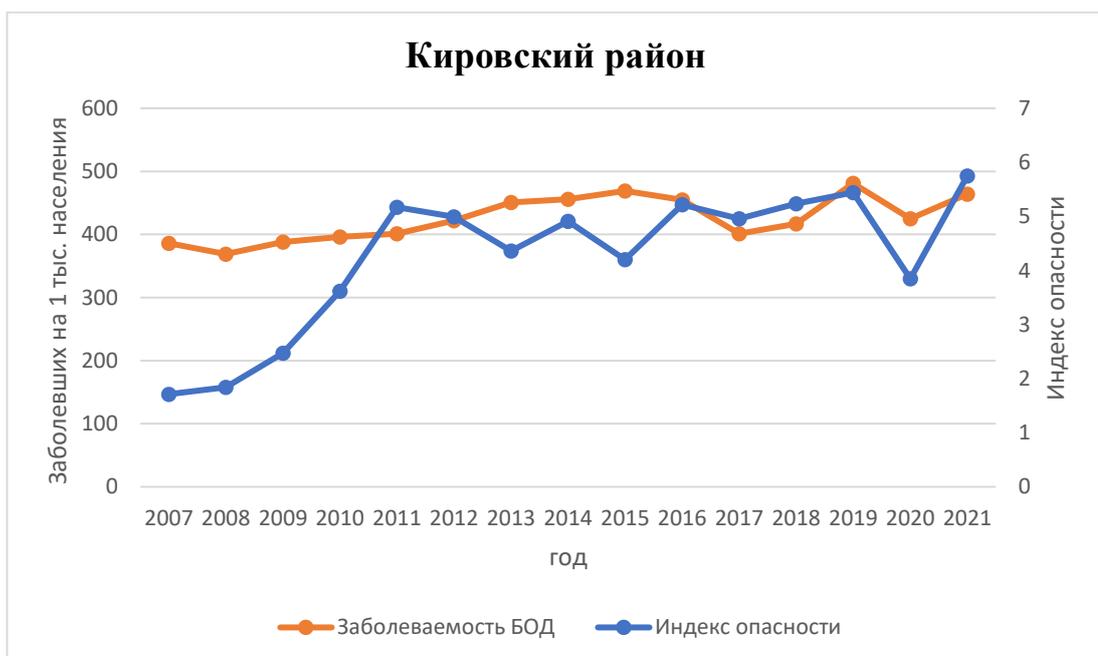


Рис. 4.22. Динамика заболеваемости БОД и индекса опасности неканцерогенного риска в Кировском районе

В Кировском районе коэффициент корреляции выше, чем в Курортном. Это связано с тем, что в исследуемом районе значительно выше плотность населения благодаря чему заболевания распространяются среди населения быстрее. Также в районе больше загрязнения атмосферного воздуха из-за высокой плотности движения автомобильного транспорта и большого числа промышленных предприятий. Кроме этого, на распространение заболеваний БОД влияет еще множество факторов, включая инфекции (вирусы, бактерии, грибки), аллергические реакции, воздействие токсических веществ (например, табачного дыма), генетические факторы, нарушения иммунной системы, изменения в окружающей среде (загрязнение воздуха), а также другие факторы, такие как стресс, недостаточная физическая активность и неправильное питание. Как говорилось выше, концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе не является определяющей, однако является одним из факторов из-за которого может расти показатели по заболеваемости болезней органов дыхания.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Был проведен анализ выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников с 2007 по 2021 год в Курортном и Кировском районах Санкт-Петербурга на основе проектной документации из реестра санитарно-эпидемиологических заключений. На основе полученных результатов были составлены графики по динамике выбросов с 2007 по 2022 год 12 загрязняющих веществ, которые вносят наибольший вклад в загрязнение и являются наиболее опасными для здоровья. Выбросы по всем загрязняющим веществам (кроме аммиака в Курортном районе) выросли, некоторые на порядок. Это связано в первую очередь с началом эксплуатации новых промышленных предприятий на исследуемых территориях, а также ростом производства уже существующих промышленных предприятий. Самый наибольший вклад по валовым выбросам вносит загрязняющее вещество оксид углерода (СО).

2. Был проведен анализ среднесуточных концентраций загрязняющих веществ на основе данных автоматизированных систем мониторинга, расположенных в изучаемых районах. Общая концентрация всех загрязняющих веществ за многолетний период наибольшая в Кировском районе. Это напрямую связано с плотностью автомобильных дорог в районе – в Курортном районе плотность значительно меньше. Несмотря на то, что в двух исследуемых районах находятся такие крупные магистрали, как КАД и ЗСД, в Кировском районе автомобильный поток на них больше, чем в Курортном районе. Также свой вклад вносят промышленные предприятия – Кировский район является одним из наиболее промышленных районов города. Самая большая концентрация была замечена у вещества озон ( $O_3$ ) – 1,87 ПДК сс.

3. Для расчета индекса опасности неканцерогенного риска использовались данные о концентрациях загрязняющих веществ, таких как оксиды азота, серы, углерода и другие, которые являются основными источниками загрязнения воздуха в городских районах. Для каждого вещества были определены пороговые значения, при превышении которых возможны негативные последствия для здоровья человека. Исследование показало, что увеличение индекса опасности неканцерогенного риска в изучаемых районах связано с увеличением количества автомобильного транспорта и повышением производительности промышленных предприятий. Это подтверждает необходимость принятия мер для снижения загрязнения воздуха в городских районах, таких как внедрение наилучших технологий на промышленных предприятиях и разгрузка транспортной сети в густонаселенных районах.

4. Был рассчитан коэффициент корреляции для оценки степени влияния загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость болезнями органов дыхания в изучаемых районах. Сделаны выводы, что загрязнение воздуха является лишь одним из множества факторов, влияющих на здоровье человека. Важным является также образ жизни, качество питания, наличие хронических заболеваний и другие факторы. Поэтому, для эффективного улучшения здоровья населения необходимо использовать комплексный подход, включающий в себя меры по улучшению окружающей среды, образа жизни и медицинской помощи.

5. Для наиболее точного учета концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и оценке влияния загрязнения на здоровье населения рекомендуется увеличить количество станций круглосуточного мониторинга в Санкт-Петербурге. Это связано с тем, что вредные вещества распределяются по районам неравномерно, в то время как станции измеряют загрязнение только в одном месте, в случае Курортного района – в двух. Равномерное распределение станций мониторинга по изучаемым районам в зависимости от степени загрязненности помогло бы получать более актуальные данные для дальнейших научных изысканий и для того, чтобы снизить антропогенную нагрузку на атмосферный воздух.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананина О.А., Писарева Л.Ф., Одинцова И.Н., Христенко Е.Л., Попкова Г.А., Христенко И.Д. Заболеваемость злокачественными новообразованиями населения г. Норильска. Формирование групп повышенного риска. Сибирский онкологический журнал. 2013;4(58):58-61.
2. Андреева, Е. С. Прогноз уровня загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге с применением алгоритма принятия решений / Е. С. Андреева, Е. О. Лазарева, И. Н. Липовицкая // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2019. – № 2. – С. 55-60.
3. Архипова О.Е., Черногубова, Е.А., Лихтанская, Н.В., Тарасов В.А., Кит О.И., Матишов Д.Г. Анализ встречаемости онкологических заболеваний в Ростовской области. Пространственно-временная статистика. Фундаментальные исследования. 2013;7(3):504-510.
4. Бабошкина С.В., Горбачев И.В., Ларикова Н.В., Лиходумова И.Н., Ляхова Н.П., Одинцова И.Н., Пузанов А.В., Фомин И.А., Чердынцева Н.В. Влияние факторов внешней среды на онкологическую заболеваемость населения Северо-Казахстанской и Восточно-Казахстанской областей. Под ред. Чойнзонова Е.Л., Белецкой Н.П., Писаревой Л.Ф. Петропавловск: СКГУ им. М. Козыбаева; 2013.
5. Бахматова, К. А. Изучение почв Санкт-Петербурга и его окрестностей: от В.В. Докучаева до наших дней / К. А. Бахматова, Н. Н. Матинян // Живые и биокосные системы. – 2016. – № 16. – С. 4.
6. Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. Воздух городов и его изменения.СПб.: Астерион; 2008.
7. Безуглая, Э.Ю., Смирнова, И.В. Воздух городов и его изменения. - СПб.:Астерон, 2015. - 254 с.
8. Берлянд, М.Е., Величковский Б.Т. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. - СПб.: Гидрометеиздат, 2016.-272с
9. Букс, И.И., Фомин, С.А. Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду. - М.: Изд-во МНЭПУ, 2017. - 396 с
10. Владимиров А.М. и др. «Охрана окружающей среды». Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1991.
11. ГОСТ 17.2.1.04-77. Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. Основные термины и определения [Текст] – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. – 8 с.

12. Долгов, К. А. Состояние атмосферного воздуха в Санкт - Петербурге / К. А. Долгов // Новые информационные технологии и системы в решении задач инновационного развития: сборник статей Международной научно-практической конференции, Ижевск, 07 мая 2022 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2022. – С. 201-203.
13. Доронин, А. П. Результаты исследования метеорологических условий формирования высоких уровней загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге по данным за 2017 год / А. П. Доронин, А. С. Тимощук, П. В. Шабалин // Труды Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского. – 2018. – № 662. – С. 129-134.
14. Егоров, П. И. Коэффициент непрямолинейности улично-дорожной сети как возможный индикатор уровня транспортного загрязнения воздуха мегаполисов / П. И. Егоров, М. С. Ерохова // География: развитие науки и образования : Сборник статей по материалам ежегодной международной научно-практической конференции LXXIV Герценовские чтения, Санкт-Петербург, 21–23 апреля 2021 года / Отв. редакторы С.И. Богданов, Д.А. Субетто, А.Н. Паранина. Том 2. – Санкт-Петербург: Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, 2021. – С. 59-63.
15. Ефремов, А. А. Влияние природных и антропогенных факторов на здоровье населения городов России с разным потенциалом загрязнения атмосферы / А. А. Ефремов // Метеорологический вестник. – 2018. – Т. 10, № 3. – С. 48-100.
16. Гигиеническая оценка атмосферного воздуха и его влияние на здоровье детского и подросткового населения Санкт-Петербурга / В. Г. Пузырев, Е. В. Щерба, И. В. Васильева, В. В. Бондаренко // Медицина и организация здравоохранения. – 2019. – Т. 4, № 4. – С. 18-24.
17. Гиясов, Б. И. Роль современной застройки в формировании экологии города Санкт-Петербурга / Б. И. Гиясов, Р. Б. Гиясов // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 1(85). – С. 349-357.
18. Государственный доклад "О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2016 году"
19. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2007 году»
20. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2008 году»

21. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2009 году»
22. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2010 году»
23. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2011 году»
24. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2012 году»
25. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2013 году»
26. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2014 году»
27. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2015 году»
28. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2016 году»
29. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2017 году»
30. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2018 году»
31. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2019 году»
32. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2020 году»
33. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Санкт-Петербурге в 2021 году»
34. Гурьянов, Д. А. Статистический анализ продолжительности сезонов года в Санкт-Петербурге / Д. А. Гурьянов // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2013. – № 163. – С. 107-113.
35. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2010 году / Под редакцией И.А. Серебрицкого – СПб: ООО «Дитон», 2011. – 144 с.
36. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2011 году / Под редакцией И.А. Серебрицкого – СПб: ООО «Дитон», 2012. – 190 с.
37. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2012 году / Под редакцией И.А. Серебрицкого – СПб: ООО «Дитон», 2013. – 168 с.

38. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2013 году / Под редакцией И.А. Серебрицкого – СПб: ООО «Дитон», 2014. – 173 с.
39. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2014 году / Под редакцией И.А. Серебрицкого – СПб: ООО «Дитон», 2015. – 192 с. 6. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2015 году / Под редакцией И.А. Серебрицкого – СПб: ООО «Дитон», 2016. – 186 с.
40. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2014 году / Под редакцией И.А. Серебрицкого – СПб: ООО «Дитон», 2015. – 180 с. 6. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2017 году / Под редакцией И.А. Серебрицкого – СПб: ООО «Дитон», 2016. – 168 с.
41. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2014 году / Под редакцией И.А. Серебрицкого – СПб: ООО «Дитон», 2018. – 180 с. 6. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2015 году / Под редакцией И.А. Серебрицкого – СПб: ООО «Дитон», 2019. – 178 с.
42. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2014 году / Под редакцией И.А. Серебрицкого – СПб: ООО «Дитон», 2015. – 180 с. 6. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2015 году / Под редакцией И.А. Серебрицкого – СПб: ООО «Дитон», 2020. – 168 с.
43. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2014 году / Под редакцией И.А. Серебрицкого – СПб: ООО «Дитон», 2015. – 180 с. 6. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2015 году / Под редакцией И.А. Серебрицкого – СПб: ООО «Дитон», 2021. – 168 с.
44. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2021 году – Санкт-Петербург, 2022 г.
45. Жизнь растений в 6 томах. М., 1976.
46. Зайцев О.Ю. Вред выхлопных газов автомобилей. Успехи современного естествознания. 2010;8:45.
47. Злокачественные новообразования в России в 2013 году (заболеваемость и смертность). Под ред. Каприна А.Д., Старинского В.В., Петровой Г.В. М. 2015.
48. Иванов, В. П. Использование метода условного показателя для комплексной оценки уровня загрязнения воздушной среды Санкт-Петербурга / В. П. Иванов, В. С. Марков // Региональная экология. – 2019. – № 3(57). – С. 123-132.
49. Кочнов, Ю. М. Современные подходы к оценке уровня воздействия на атмосферный воздух выбросов передвижных источников / Ю. М. Кочнов // Охрана окружающей среды и заповедное дело. – 2021. – № 1. – С. 72-85.

50. Красная книга Санкт-Петербурга / М. П. Андреев, С. В. Андреева, С. Н. Арсланов [и др.] ; Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Зоологический институт РАН, Санкт-Петербургский государственный университет. – Санкт-Петербург : Дитон, 2018. – 568 с.
51. Культурная флора г. Санкт-Петербурга (Россия) и ее анализ / В. В. Бялт, Г. А. Фирсов, А. В. Бялт, Л. В. Орлова // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. – 2019. – № 2(30). – С. 11-103.
52. Ложкин, В. Н. Закономерности развития техногенного явления диффузии поллютантов в атмосфере Санкт-Петербурга / В. Н. Ложкин // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2022. – № 1(61). – С. 60-66.
53. Ложкин, В. Н. Прогноз экстремального загрязнения воздуха водным и автомобильным транспортом / В. Н. Ложкин // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2020. – № 3(53). – С. 17-20.
54. Малинин, В. Н. Межгодовая изменчивость климатических сезонов в Санкт-Петербурге / В. Н. Малинин, Д. А. Гурьянов // Известия Русского географического общества. – 2015. – Т. 147, № 5. – С. 17-27.
55. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации [Электронный ресурс]: <https://www.mnr.gov.ru/> (дата обращения 19.03.2023)
56. Мовчан В.Н., Зубкова П.С., Калинина И.К., Кузнецова М.А., Шейнерман Н.А. Оценка и прогноз экологической ситуации в Санкт-Петербурге по показателям загрязнения атмосферного воздуха и изменения здоровья населения // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2018. Т. 63. Вып. 2. С. 178-193
57. Мовчан, В. Н. Формирование критериальной базы экологической оценки состояния урбанизированных территорий / В. Н. Мовчан, П. С. Зубкова, В. М. Питулько // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. – 2017. – Т. 62, № 3. – С. 266-279. – DOI 10.21638/11701/spbu07.2017.304.
58. Мусиенко, Т. В. Методология прогноза экологического ущерба от транспортного сектора в Санкт-Петербурге / Т. В. Мусиенко, В. Н. Ложкин, О. В. Ложкина // Ученые записки Международного банковского института. – 2019. – № 3(29). – С. 91-106.
59. Нидюлин В.А., Эрдниева Б.В. Об эпидемиологии рака легких. Медицинский вестник Башкортостана. 2009;4(1):66-71.

60. Новикова М.А., Пушкарев Б.Г., Судаков Н.П., Никифоров С.Б., Гольдберг О.А., Явербаум П.М. Влияние хронической свинцовой интоксикации на организм человека (сообщение 1). Сибирский медицинский журнал. 2013;2:13-16.
61. НТО "Обследование и оформление памятников природы Ленинградской области". Л., ЛенНИИП Градостроительства, 1988-90гг (рукописи)
62. Осипов В.Д. Влияние загрязнения атмосферного воздуха в крупном промышленном городе на эпидемиологию рака гортани. Российская оториноларингология. 2005;5:78-80.
63. Официальный сайт администрации Санкт-Петербурга [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.gov.spb.ru/> (дата обращения 19.03.2023)
64. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2006 году / А. Л. Агуренков, А. Е. Анцулевич, Н. В. Барков [и др.]; Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности. – Санкт-Петербург : Сезам, 2007. – 528 с.
65. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2007 году / А. Л. Агуренков, Л. Б. Алешина, Ю. К. Антипова [и др.] ; Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности. – Санкт-Петербург : Сезам, 2008.
66. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2008 году / Байков М. Ю. и др.. – [Б.м.], 2009. – 479 с.
67. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2009 году / Астрелина И. Н. и др.. – [Б.м.], 2010. – 438 с.
68. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2010 году / Г. Б. Савенкова, О. С. Савватеева, А. М. Рутковский [и др.] ; Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности; под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина. – Санкт-Петербург, 2011. – 434 с.
69. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2011 году / Администрация Санкт-Петербурга. Упр. по охране окружающей среды. – [Б.м.], 2012. – 431 с.
70. Постановление правительства от 29.11.19 №813 «Об утверждении правил проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха, включая их актуализацию».

71. Растворова О. Г. Физика почв (Практическое руководство). Л.: Изд. Ленинградского университета. 1983г.
72. Рахманин, Ю. А. Гигиеническая оценка атмосферного воздуха в районах с различной степенью развития дорожно-автомобильного комплекса / Ю. А. Рахманин, А. В. Леванчук // Гигиена и санитария. – 2016. – Т. 95, № 12. – С. 1117-1121. – DOI 10.18821/0016-9900-2016-95-12-1117-1121
73. Ревич Б.А. и др. Основы оценки воздействия загрязнения окружающей среды на здоровье человека / Б.А. Ревич, С.Л. Авалиани. Москва: ЦЭПР, Акрополь, 2004. 268 с.
74. Реестр санитарно-эпидемиологических заключений на проектную документацию [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://fp.crc.ru/doc/?type=max> (дата обращения 19.03.2023)
75. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. - М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с
76. Рюмина, Е. В. Влияние экологической обстановки на человеческий потенциал: аспект здоровья / Е. В. Рюмина // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 9-1(48). – С. 152-160.
77. Рязанцева, Л. Т. Оценка загрязнения озоном атмосферы крупных городов на примере Санкт-Петербурга / Л. Т. Рязанцева, В. П. Октябрьский, А. А. Павленко // Комплексные проблемы техносферной безопасности. Кампания "Мой город готовится": задачи, проблемы, перспективы : сборник статей по материалам XVI Международной научно-практической конференции, Воронеж, 01–31 октября 2020 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2020. – С. 207-211.
78. Сакович, А. Д. Динамика загрязнения атмосферного воздуха  $SO_2$  и  $NO_x$  в различных районах Санкт-Петербурга за период 2012-2016 гг / А. Д. Сакович, В. Ю. Третьяков // Метеорологический вестник. – 2018. – Т. 10, № 1. – С. 38-51
79. Статистика злокачественных новообразований в России и странах СНГ в 2012 г. Под ред. Давыдова М.И., Аксель Е.А. М. 2014.
80. Сучков В.В. Комплекс мероприятий по снижению загрязнения атмосферы в городах // Проблемы медицины в современных условиях: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. 2014. С. 100–102.
81. Федеральный закон от 04.05.1999 N 96-ФЗ "Об охране атмосферного воздуха"
82. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

83. Хлебопрос Р.Г., Тасейко О.В., Иванова Ю.Д., Михайлюта С.В. Экологические очерки. Красноярск: Сибирский федеральный университет; 2012.
84. Чойнзонов Е.Л., Мухамедов М.Р., Балацкая Л.Н. Рак гортани. Современные аспекты лечения и реабилитации. Томск: Изд-во НТЛ; 2006.
85. Экологический мониторинг. Методы и средства. Учебное пособие. А.К. Муртазов; Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина. – Рязань, 2008. – 146
86. Экологический портал Санкт-Петербурга [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.infoeco.ru/> (дата обращения 19.03.2023)
87. Ferlay J, Soerjomataram I, Ervik M et al. GLOBOCAN 2012 v1.0. Cancer Incidence and Mortality Worldwide: IARC CancerBase No. 11 [Internet] 2013. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. 2010. Available at: <http://globocan.iarc.fr>. Accessed May 27, 2016. doi: 10.1002/ijc.29210
88. Grens K. Air pollution tied to lung cancer in non-smokers. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 2011;4:19.
89. Jemal A, Bray F, Center M, Ferlay J, Ward E, Forman D. Global cancer statistics. Cancer Journal for Clinicians.2011;1(2):69-90.
90. New Report: Top Ten countries turning the corner on toxic pollution Blacksmith Institute. Green Cross GAHP. New York. 2014.
91. Orru H, Teinema E, Lai T, Tamm T, Kaasik M, Kimmel V, Forsberg B, Kangur K, Merisalu E. Health impact assessment of particulate pollution in Tallinn using fine spatial resolution and modeling techniques. Environmental Health. 2009;(8):7.
92. Preamble. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. IARC Lyon (France). 2006;27.