

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волгоградский государственный технический университет»

На правах рукописи

Аброськин Алексей Андреевич

**ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА  
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ**

05.23.19 – Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель  
доктор технических наук, профессор,  
заслуженный деятель науки РФ  
Сидоренко Владимир Федорович

Волгоград – 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	12
1.1. Основные источники загрязнения атмосферного воздуха в крупном городе.....	12
1.2. Законодательные и методические основы организации системы мониторинга атмосферного воздуха.....	22
1.3. Современные подходы к организации систем мониторинга атмосферного воздуха и комплексной оценке загрязнения воздушного бассейна города.....	27
Выводы по главе 1.....	30
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СОСТОЯНИЕ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ.....	32
2.1. Основные подходы к построению динамической системы мониторинга атмосферного воздуха, выбор модели исследования.....	32
2.2. Оценка и характеристика приоритетных источников загрязнения атмосферного воздуха на исследуемой территории.....	35
2.2.1. Автомобильный транспорт.....	35
2.2.2. Стационарный источник.....	52
2.2.3. Оценка влияния неблагоустроенных территорий (пылевой фактор).....	53
2.2.4. Объекты нового строительства и сноса зданий и сооружений в сложившейся застройке, как источник загрязнения и их влияние на систему мониторинга.....	60
2.3. Оценка метеорологических условий.....	65
Выводы по главе 2.....	75
ГЛАВА 3. ВЫЯВЛЕНИЕ СОЧЕТАНИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ. ОБОСНОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА МОДЕЛЬНОЙ	

ТЕРРИТОРИИ.....	77
3.1. Построение моделей влияния метеорологических условий на загрязнение атмосферного воздуха от основных источников в условиях разных типов жилой застройки с учетом основных источников загрязнения.....	77
3.2. Определение опасных направлений ветра (ОНВ), времени воздействия и «зон риска» по загрязнению атмосферного воздуха на территории застройки .....	87
3.3. Обоснование динамической системы мониторинга атмосферного воздуха: определение мест и времени размещения репрезентативных постов наблюдения на территории жилой застройки.....	98
Выводы по главе 3.....	102
ГЛАВА 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ПРОЕКТНОЙ И СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	103
4.1. Система категорирования территории в зависимости от уровней загрязнения территории от основных источников.....	103
4.2. Практическое использование данных динамической системы мониторинга и результатов категорирования территории в процессе эксплуатации жилой застройки и при строительстве новых объектов в сложившейся застройке.....	106
4.3 Экономическое обоснование динамической системы мониторинга.....	116
Выводы по главе 4.....	117
Заключение.....	119
Список литературы.....	123

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Существующие системы экологического мониторинга атмосферного воздуха не учитывают динамику городских условий, таких как изменение интенсивности транспортных потоков, объемов и состава промышленных выбросов, появление новых производств, изменения взаимного расположения источников загрязнения, возникновение или исчезновение площадных источников загрязнения (неблагоустроенных территорий, объектов нового строительства и сноса зданий), а также сезонную динамику ветрового режима, влияющего на уровень загрязнения атмосферного воздуха. При организации систем мониторинга также целесообразно учитывать включение в застройку строительных объектов, требующих различной степени защиты (детские образовательные учреждения, жилая застройка, спортивные объекты и др.) и особенности рассеивания загрязняющих веществ на территории города в условиях существующих планировочных решений.

Указанные недостатки существующих систем мониторинга атмосферного воздуха городских территорий позволяют считать тему диссертации актуальной, направленной на исследование и оптимизацию параметров динамической системы экологического мониторинга атмосферного воздуха, позволяющей обеспечить создание сети репрезентативных постов наблюдения.

Тема соответствует паспорту специальности 05.23.19 – Экологическая безопасность строительства и городского а именно пункту 1 – научные основы создания и развития устойчивых природно-технических систем как основного фактора обеспечения экологической безопасности промышленных, гражданских и других объектов строительства, создания благоприятных условий жизнедеятельности населения; пункту 7 – создание и развитие систем экологического мониторинга экологической безопасности в зонах возведения и функционирования строительных комплексов и сооружений, включая чрезвычайные ситуации, возникающие в результате природных катастроф, техногенных аварий и разрушений.

**Степень разработанности темы.** Аэрогенное воздействие является одним из ведущих факторов антропогенного воздействия на здоровье населения. Многочисленные исследования посвящены вопросам экологической безопасности в городах (Теличенко В.И., Слесарев М.Ю., Израэль Ю.А., Подольский В.П., Потапов А.Д., Осипов Г.Л., Безуглая М.Е., Жолондковский О.И., Кононович Ю.В., Волохов А.А., Скрыль И.Н., Кузовкина Т.В. и др.).

Часть исследований посвящена изучению загрязнения атмосферы от автомобильного транспорта, который в последнее время становится приоритетным для городов (Сидоренко В.Ф., Фельдман Ю.Г., Якубовский Ю., Санкина Т.И., Родивилова О.В., Евгеньев И.Е., Васильев Н.К. и др.). В работах ученых отмечается особенности этого источника загрязнения атмосферного воздуха, закономерности распространения загрязнений на городской территории (Сидоренко В.Ф., Диамант Р., Каримов Б.Б., Веревина М.Л., Русаков Н.В., Жукова Т.В.). Изучению вопроса оценки атмосферного воздуха вследствие промышленного загрязнения посвящены работы Махонько К.П., Фокина С.Г., Константиновой З.И. и др.

Мало изученным является вопрос оценки загрязнения атмосферного воздуха от неорганизованных источников, пылящих территорий, а также комплексной оценки загрязнения атмосферного воздуха с учетом основных источников загрязнения (автотранспорт, промышленность, неблагоустроенные территории). Данному вопросу посвящены работы Азарова, В.Н., Сидоренко И.В., Сапожковой Н.В., Славущкого О.А., Стеценко С.Е., Аброськиной Н.В. и др.

Принципы организации мониторинга атмосферного воздуха изложен в действующих нормативных документах, вместе с тем существуют проблемы в получении репрезентативных данных о состоянии атмосферного воздуха (Башкатов О.Н., Святенко А.В., Лузгачев В.А. и др.). Практически неизученным остается вопрос прогнозирования формирования экологически неблагополучных (загрязненных) и благополучных территорий с учетом таких факторов как изменяющиеся метеорологические условия, тип застройки территории, новые объекты строительства и сноса.

**Объект исследования** – динамическая система экологического мониторинга атмосферного воздуха для обеспечения экологической безопасности строительных объектов.

**Предмет исследования** – зонирование территории города в динамической системе экологического мониторинга атмосферного воздуха для обеспечения экологической безопасности строительных объектов.

**Гипотеза исследования** заключается в предположении наличия зависимости достоверности и качества результатов экологического мониторинга атмосферного воздуха от гибкости и динамической способности перестроения системы экологического мониторинга для обеспечения экологической безопасности строительных объектов.

**Цель диссертационной работы** – формирование динамической системы экологического мониторинга атмосферного воздуха для обеспечения экологической безопасности строительных объектов.

Для достижения поставленной цели решались **следующие задачи**:

1. Разработать научно-методологические подходы к формированию динамической системы мониторинга атмосферного воздуха, которая учитывает комплексное воздействие и изменение во времени приоритетных источников загрязнения городской среды – автомобильный транспорт, промышленность, неблагоустроенные (пылящие) территории, временные источники загрязнения (площадные) - объекты нового строительства и сноса зданий и сооружений, а также тип жилой застройки.

2. Разработать модель зонирования территории города по критерию загрязнения атмосферного воздуха основными источниками (автотранспорт, промышленность, неблагоустроенные территории – объекты во время и после сноса зданий) при сезонных изменениях скорости и направления ветра с учетом временного фактора воздействия.

3. Разработать критерии зонирования территории города по степени загрязнения атмосферного воздуха с выделением зон экологического благополучия (ЗЭБ), зон усиленного мониторинга – относительного благополучия

(ЗУМ), зон экологической опасности (ЗЭО), нуждающихся в немедленном принятии решений по снижению негативного воздействия антропогенных факторов.

4. Разработать методику и алгоритм формирования динамической системы мониторинга атмосферного воздуха с учетом критериев зонирования.

#### **Научная новизна работы.**

1. Научно-методологические подходы к формированию динамической системы мониторинга атмосферного воздуха, которая учитывает комплексное воздействие и изменение во времени приоритетных источников загрязнения городской среды – автомобильный транспорт, промышленность, неблагоустроенные (пылящие) территории, временные источники загрязнения (площадные) - объекты нового строительства и сноса зданий и сооружений, а также тип жилой застройки;

2. Модель зонирования территории города по критерию загрязнения атмосферного воздуха основными источниками (автотранспорт, промышленность, неблагоустроенные территории – объект после сноса зданий) при сезонных изменениях скорости и направления ветра с учетом временного фактора воздействия;

3. Критерии зонирования территории города по степени загрязнения атмосферного воздуха с выделением зон экологического благополучия (ЗЭБ), зон усиленного мониторинга (ЗУМ), зон экологической опасности (ЗЭО), нуждающихся в немедленном принятии решений по снижению негативного воздействия антропогенных факторов;

4. Методика и алгоритм формирования динамической системы мониторинга атмосферного воздуха с учетом критериев зонирования.

**Теоретическая и практическая значимость.** Разработанная динамическая система мониторинга атмосферного воздуха крупного города с учетом комбинированного воздействия источников загрязнения атмосферного воздуха и в зависимости от метеорологических условий, типа жилой застройки позволит:

- обеспечить систему мониторинга участка территории города (в заданных границах и требуемой площади);
- сделать систему мониторинга атмосферного воздуха гибкой, позволяющей выстраивать системы стационарных и маршрутных (мобильных) постов наблюдения в зависимости от влияния метеофакторов и изменяющихся условий на городской территории, что в свою очередь обеспечит получение репрезентативной информации о состоянии атмосферного воздуха;
- определять на территории города экологически неблагоприятные зоны, нуждающиеся в срочном принятии управленческих решений по улучшению городской среды;
- определять благоприятные зоны, где возможно обеспечение полной экологической безопасности при размещении строительных объектов;
- прогнозировать изменение состояния атмосферного воздуха в условиях изменения жилой застройки и появления новых источников загрязнения атмосферного воздуха (в т.ч. новых строительных объектов и объектов сноса зданий);
- получить экономический эффект от внедрения системы мониторинга.

**Методология и методы диссертационного исследования.** Методы исследования интенсивности транспортных потоков и распространения выбросов автотранспорта на полигоне городского моделирования; нормативные методы расчета уровней загрязнения атмосферного воздуха от источников; методы математической статистики и математического моделирования; методология прогнозирования зон загрязнения атмосферного воздуха при различных метеорологических условиях и типах застройки.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Научно-методологические подходы к формированию динамической системы мониторинга атмосферного воздуха, которая учитывает комплексное воздействие и изменение во времени приоритетных источников загрязнения городской среды – автомобильный транспорт, промышленность, неблагоустроенные (пылящие) территории, временные источники загрязнения

(площадные) - объекты нового строительства и сноса зданий и сооружений, а также тип жилой застройки;

2. Модель зонирования территории города по критерию загрязнения атмосферного воздуха основными источниками (автотранспорт, промышленность, неблагоустроенные территории – объект после сноса зданий) при сезонных изменениях скорости и направления ветра с учетом временного фактора воздействия;

3. Критерии зонирования территории города по степени загрязнения атмосферного воздуха с выделением зон экологического благополучия (ЗЭБ), зон усиленного мониторинга (ЗУМ), зон экологической опасности (ЗЭО), нуждающихся в немедленном принятии решений по снижению негативного воздействия антропогенных факторов;

4. Методика и алгоритм формирования динамической системы мониторинга атмосферного воздуха с учетом критериев динамического зонирования

**Личный вклад** соискателя заключается в разработке теоретических основ динамической системы мониторинга атмосферного воздуха на территории города; в проведении натурных испытаний интенсивности движения автотранспорта, в проведении расчетов рассеивания загрязняющих веществ и построении зон загрязнения от источников на карте г. Волгограда, в формировании динамической информационной системы мониторинга на примере модельной территории, а также в разработке системы категорирования селитебной территории с алгоритмом экологически безопасного размещения строительных объектов. Лично автором разработаны методологические подходы к построению динамической системы мониторинга атмосферного воздуха, которая учитывает комплексное воздействие источников загрязнения и динамику их изменения (в т. ч. интенсивности и маршрутов движения транспорта, объемов выбросов предприятий и др.). Лично автором осуществлена комплексная оценка загрязнения воздушной среды города при различных метеорологических условиях и типах застройки с использованием сочетания данных натурных исследований и

моделирования рассеивания загрязнений от различных источников (точечных, линейных площадных). Лично автором разработан метод определения наиболее неблагоприятных метеорологических условий для территорий жилой застройки с учетом временного фактора, площади загрязнения территории и комплекса воздействующих факторов. Лично автором разработана динамическая система мониторинга атмосферного воздуха, формирующая систему стационарных и маршрутных постов наблюдения (определение их количества, мест и времени размещения) на территории города (в заданных границах и требуемой площади) обеспечивающая получение достоверной информации о качестве атмосферного воздуха. Лично автором предложена система зонирования территории города с выделением трех типов зон по категориям: зона экологического благополучия (ЗЭБ), зона усиленного мониторинга (ЗУМ), зона экологической опасности (ЗЭО).

**Степень достоверности результатов.** Достоверность научных положений и выводов работы обоснована использованием классических положений теоретического анализа, планирования эксперимента, применением современных методов моделирования изучаемых процессов, апробированных методик расчета загрязнения атмосферного воздуха от различных источников. Моделирование исследуемых процессов и создание информационной системы базируются на современных методах обработки информации.

#### **Апробация результатов.**

Основные положения и результаты работы докладывались и получили одобрение на: конференции «Актуальные вопросы городского строительства, архитектуры и дизайна в курортных регионах – 2015» (Сочи, 2015 г); «XX Региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области по направлению №16 “Архитектура, строительство и экологические проблемы”», Волгоград, 2015 г. (награжден дипломом третьей степени); «III Всероссийской научно-технической конференции молодых исследователей “Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности”», Волгоград, 2016 г.; «III Международной научно-технической конференции “Энергоэффективность, ресурсосбережение и природопользование в городском хозяйстве и

строительстве: экономика и управление”», Волгоград, 2016 г.; «XXI Региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области по направлению №16 “Архитектура, строительство и экологические проблемы”», Волгоград, 2016 г. (награжден почетной грамотой).

## **ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **1.1. Основные источники загрязнения атмосферного воздуха в крупном городе**

Состояние окружающей среды является одной из наиболее острых социально-экономических проблем, прямо или косвенно затрагивающих интересы каждого человека.[151,175] Наиболее актуальна эта проблема для крупных промышленных городов. Основа для решения данной проблемы лежит в развитии и совершенствовании систем экологического мониторинга, осуществляемого на современной организационной и технологической базе, с сочетанием использования репрезентативных натурных данных и методов моделирования. [91,181]

Одним из ведущих факторов антропогенного воздействия на здоровье населения является аэрогенное.[145] Процент статистического влияния состояния воздушного бассейна на здоровье населения по данным отечественных литературных источников находится в пределах 35%.[15,18,22,69,76,77,142,183]

Несмотря на сокращение производства и закрытие большого количества предприятий в РФ, загрязнение окружающей среды вредными веществами в ряде городов и регионов остается высоким.[1,20,70,147,156]

Более чем в 70 городах РФ максимальная концентрация отдельных загрязняющих веществ превышает 10 ПДК. Примерно в 70-90% городов наблюдаются разовые концентрации взвешенных веществ, оксида углерода, диоксида азота, сероводорода, фенола, сажи, формальдегида, фторида водорода и некоторых других веществ, превышающие ПДК.[32,35,36,38]

Обычно атмосферное загрязнение в окружающей городской среде распределено неравномерно.[146,166] Во многих случаях повышения концентрации загрязнителей наблюдается неподалеку от источников загрязнения. С ростом интенсивности автотранспортных потоков в городах наиболее

загрязненные территории переместились из промышленных зон в места компактного проживания населения. [40,41,63,64,66,89,182,183]

Источники выбросов в городах можно разделить на следующие категории: стационарные, подвижные и площадные источники загрязнения. Как правило, выбросы загрязняющих веществ этими тремя типами источников приводят к сложному пространственно-временному распределению концентрации загрязнителей в окружающем воздухе. [93,98,117,152]

Значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха промышленных городов внося промышленные предприятия (стационарные источники загрязнения). Основными загрязнителями являются электроэнергетика, черная и цветная металлургия, нефтеперерабатывающая, химическая, нефтехимическая, угольная и газовая индустрия, оборонные и машиностроительные производства.[10,43,44,70,86,120,122,131,153]

Электроэнергетические предприятия вносят большой вклад в загрязнение атмосферы в РФ (около 18% всех валовых выбросов в атмосферу), кроме того многие находятся в непосредственной близости от застройки и являются типичными источниками загрязнения для всех городов. Теплоэлектростанции являются основным источником загрязнения продуктами сгорания.[69] Современные теплоэлектростанция выбрасывают в атмосферу оксиды серы, твердые отходы (зола, пыль, сажа), оксиды азота. Крупный источник энергетического загрязнения атмосферы – отопительная система жилищ (котельные установки). Выбросы в атмосферу содержат оксиды азота, а также много продуктов неполного сгорания (оксид углерода, бензапирен и др). Из-за небольшой высоты дымовых труб токсичные вещества в высоких концентрациях рассеиваются вблизи котельных установок.[94]

Согласно данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики (Волгоградстат) масса выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по Волгоградской области от стационарных источников за 2015 год составила 159,9 тыс. т. Анализ многолетней динамики валовых выбросов вредных веществ в атмосферу Волгоградской области говорит о существенном

снижении за последние 10 лет (на 27,7 %) объемах поступающих в атмосферу региона загрязняющих веществ [27, 38]. По отношению к 2014 году в 2015 году масса выбросов увеличилась на 4,1 % (Рис. 1).

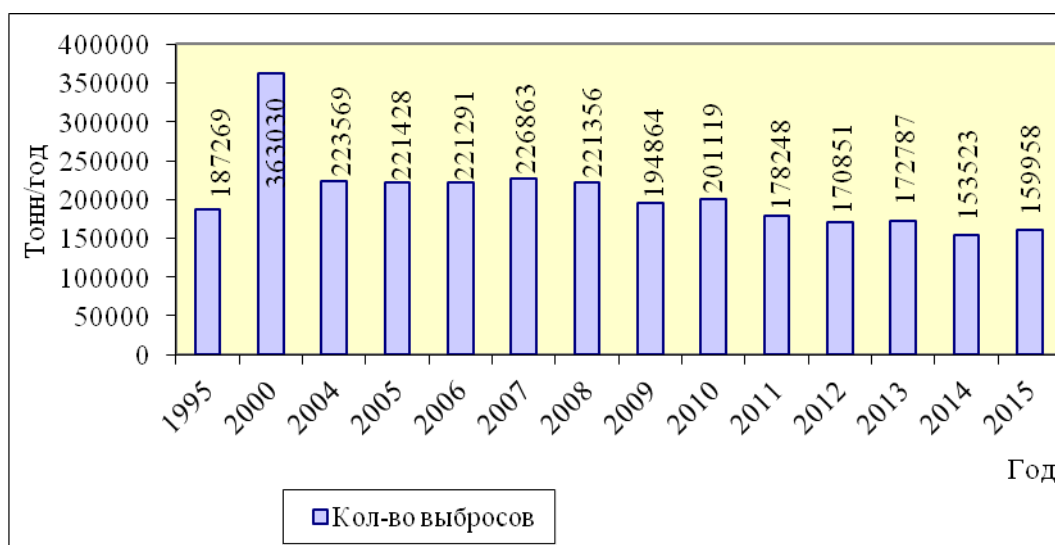


Рис. 1. Динамика валовых выбросов вредных веществ в атмосферу Волгоградской области

В структуре выбросов преобладают газообразные и жидкие вещества (93,9 %), при этом большую долю занимают: оксид углерода (38 %), углеводороды (без ЛОС) (18%), оксиды азота (17 %).

Крупнейшие промышленные предприятия сосредоточены в основном в г. Волгограде и г. Волжском. На их долю приходится, соответственно, 21 % и 32 % общего валового выброса вредных веществ в атмосферу (2015 г.). В городе Волгограде располагаются крупные предприятия химии и нефтехимии, черной и цветной металлургии, а также предприятия топливно-энергетического комплекса (ТЭЦ, ГРЭС, котельные).

Выбросы в атмосферу Волгограда от стационарных источников предприятий составили в 2015 году 33,7 тыс. тонн. Основные показатели выбросов загрязняющих веществ представлены в таблице 1.[28,39,150]

Показатели выбросов загрязняющих веществ в атмосферу г. Волгограда

Показатели выбросов	Ед изм.	Выброшено	Уловлено к общему количеству ЗВ, %
Выброшено в атмосферу загрязняющих веществ	тыс. т	33,7	68,4
В том числе, -твердых веществ	тыс. т	2,7	96,0
- жидких и газообразных веществ, из них	тыс. т	31,0	20,3
диоксид серы	тыс. т	2,5	0,0
оксид углерода	тыс. т	7,8	14,3
Оксиды азота	тыс. т	10,5	0,0
Углеводороды (без ЛОС)	тыс. т	1,8	45,9
ЛОС	тыс. т	7,5	28,2
Прочие газообразные и жидкие	тыс. т	0,5	78,3

В структуре выбросов (Рис.2) преобладают газообразные и жидкие вещества (92 %), при этом большую долю занимают: оксиды азоты (32 %), оксид углерода (24 %), летучие органические соединения (ЛОС) (23%), углеводороды (без ЛОС) (5%).

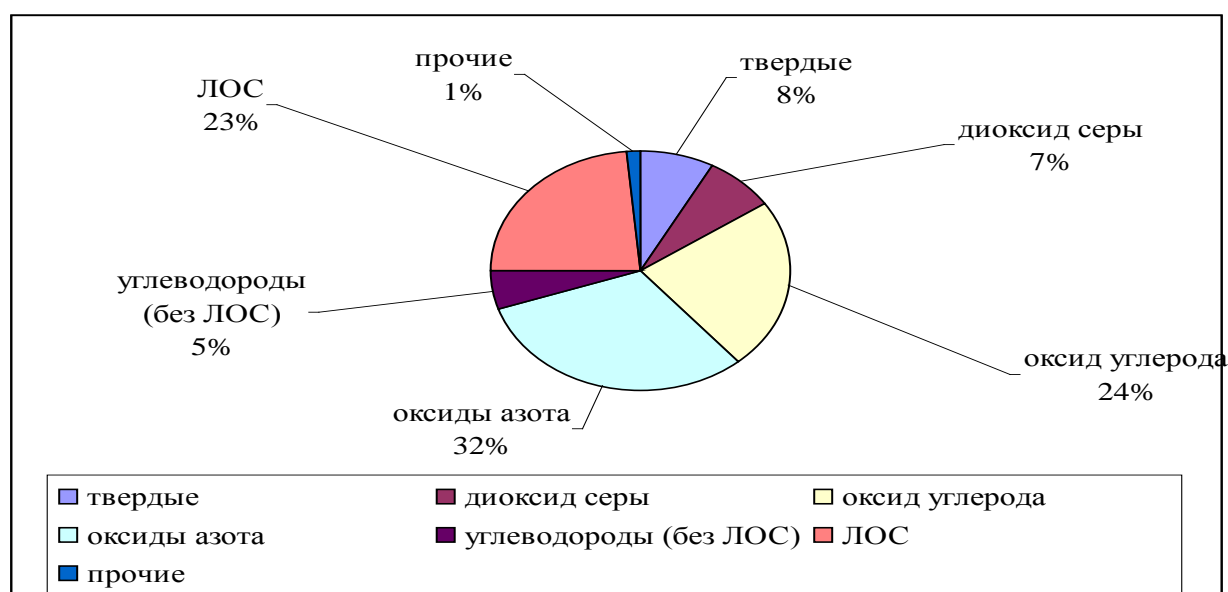


Рис. 2. Структура валовых выбросов вредных веществ в атмосферу Волгоградской области в 2015 году

Состав и объемы загрязняющих веществ, поступающих от промышленных предприятий, определяются технологическим процессом, интенсивностью работы предприятий. Выброс вредных ингредиентов промышленными предприятиями осуществляется из вентиляционных установок, фонарей цехов различного назначения и дымовых труб, в соответствии с этим высота выброса может

колебаться от 2 - 30 м до десятков и сотен метров. В наиболее широком диапазоне и количестве токсичные компоненты выбрасываются предприятиями химии и нефтехимии, металлургии и энергетики.

По данным исследований, при выбросах из высоких источников максимальные концентрации загрязнения наблюдаются при "опасных" скоростях движения ветра в пределах 3-6 м/с, в зависимости от скорости выхода газовой смеси из устья источника.[92,98,105]

К наиболее опасным метеорологическим условиям загрязнения воздуха для высоких стационарных источников относятся:

- приподнятая инверсия, нижняя граница которой находится над источником выбросов, увеличивающая максимальную приземную концентрацию;
- штилевой слой, расположенный ниже источника выбросов, когда на уровне выбросов скорость движения ветра в 1,5-2,0 раза превышает величину скорости выброса.

По данным эксперимента на полигоне городского моделирования [105], проведенных на высоких трубах показали, что зона высокого содержания загрязняющих веществ наблюдается в зоне 10-40 м, при скоростях ветра 2-3 м/с. При малых скоростях ветра высота подъема дымовых газов очень большая; при сильных ветрах эффективная высота мала, но дымовые газы уносятся далеко от источника и сильно рассеиваются в атмосфере. Величина выброса является главным фактором, определяющим уровень концентрации.

Имеет место также и сезонные и суточные колебания концентраций, что связано с активностью деятельности человека и режимом работы предприятия. По данным многих исследований, самые низкие концентрации наблюдаются в ночные и предутренние часы. Такая зависимость отмечена как в городах России, так и за рубежом, и это связано с влиянием некоторых метеорологических условий на процесс разбавления горячих выбросов.[104]

Величина концентрации в каждой точке зависит от высоты выброса. При этом, чем выше труба, тем при прочих равных условиях меньше концентрация. По данным расчетов увеличение высоты трубы с 50 м до 100, 200, 250 м при

неизменной величине выброса снижает наземную максимальную концентрацию вредного вещества промышленного выброса (относительно этой величины при выбросе через трубу 50 м) в 3, 8, 12 и 20 раз соответственно. Кроме того, высокая труба не только снижает концентрацию загрязнения в воздухе, но и удаляет начало зоны задымления. Точка касания дымового факела земли, т.е. начало зоны задымления, лежит тем дальше, чем выше труба и чем меньше угол раскрытия дымового факела. Считается, что зона максимального загрязнения находится в пределах расстояния, равного 10-40 кратной высоте трубы при высоком и горячем выбросе. [159]

Кроме промышленных предприятий, важным источником загрязнения атмосферного воздуха является автотранспорт, значение которого в загрязнении городской среды возрастает с каждым годом.[97,99,149,168,169] Так, количество автомобилей, поставленных на государственную регистрацию в органах ГИБДД России, выросло за 2015 год более чем на 1,5% и составило 56,6 миллиона (по данным Госавтоинспекции). При этом за последние 10 лет количество зарегистрированных автотранспортных средств в России увеличилось более чем на 65%, в 2006 году этот показатель составлял 34 миллиона машин. По данным аналитического центра «Автостат», Волгоградская область входит в число 25 субъектов РФ с наибольшим количеством автомобилей, занимая 20 место – на 1.07.2015 г. было зарегистрировано 652 367 автомобилей. За последние годы происходит значительный рост количества автомобилей: так, если в 1970 году показатель количества автомобилей на 1000 жителей в Волгоградской области был всего 6,0, то в 2000 году - уже 122,4, а в 2013 году достиг 232,0.[38]

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспорта по Волгоградской области за 2015 год составили 253,3 тыс. т., количество зарегистрированных автотранспортных средств при этом достигает 1 003 723 ед.. Доля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспорта в общем объеме выбросов по области составила в целом 60,65%, а в городе Волгограде достигает 70%.

В отработавших газах обнаруживается около 280 компонентов, многие из которых являются токсичными. [3,30,139,140,177,180] Основными веществами, выбрасываемыми в атмосферный воздух автотранспортом и оказывающими влияние на здоровье населения, являются:

- газообразные соединения: оксид углерода, оксиды азота (главным образом NO - оксид азота и NO<sub>2</sub> - диоксид азота), углеводороды (бенз(а)пирен, олефины, парафины), альдегиды (формальдегид, ацетальдегиды, акролеин), окислы серы; [68]

- твердые соединения: сажа, свинец. [138,165,166,178]

В настоящее время, серьезной проблемой является качество реализуемого бензина и дизельного топлива. После запрета с 1 июля 2003 г. производства и реализации этилированного бензина на топливном рынке появилось большое количество топлива с металлоорганическими присадками на основе железа и марганца, содержание которых в топливе часто превышает допустимые нормы, и соответственно данные тяжелые металлы поступают в окружающую среду.

Кроме того, нефтепродукты, остатки от стертых шин и тормозных колодок, сыпучие и пыльные грузы, хлориды, которые используют для посыпания улиц зимой, загрязняют придорожные полосы и водные объекты. [87,141,143,18]

Итак, важными отличительными характеристиками автотранспорта, как источника загрязнения атмосферного воздуха, являются

- постоянное увеличение единиц автотранспорта и соответственно выбросов. [67] Объем выбросов от него в крупном городе достигает 70% от общего количества валовых выбросов в атмосферу и выше;

- проникновения автомобилей на территорию жилой застройки и зон рекреации; [7,8,65]

- выброс загрязняющих веществ в зоне дыхания человека и затрудненное рассеивание в условиях городской застройки [46,47,50,106,108];

- многокомпонентность выбросов (более 200 загрязняющих веществ). [58]

В условиях усиливающегося антропогенного воздействия на городской ландшафт и его компоненты, благоустройство является важным приемом

оптимизации среды города, повышения уровня ее комфортности. Благоустройство играет важную роль в санитарно-гигиеническом и эстетическом состоянии городской среды.[163,167,179] Хорошо изучено положительное влияние растительности на микроклимат города, очищаемость атмосферы, радиационный режим, физические загрязнители. [49,85,124,172,174]

Неблагоустроенные, пылящие территории в условиях города сами становятся вторичными источником загрязнения атмосферного воздуха, а вредное влияние, оказываемое пылью на здоровье человека, наиболее отчетливо проявляется в промышленных городах. [128,129,173,176]

Так, в совместном исследовании немецких и греческих учёных на основе данных, собранных с помощью авиатехники в г. Афины было доказано, что вклад пылевых источников загрязнения в общую экологическую картину приближается к уровню выбросов транспорта. [171] В атмосферу в виде пыли поступают наиболее легкие и тонкодисперсные фрагменты загрязнений достаточно сложного состава. Городская пыль содержит около 35% органических веществ, состоящих из сажи и смол, некоторые вредные микроэлементы, например тяжелые металлы. В состав смолистых веществ - продуктов неполного сгорания входит 3,4-бензапирен, обладающий раздражающими и канцерогенными свойствами [86,144,145,162,164].

В условиях города источниками формирования природной пыли являются непокрытые пылящие поверхности городских территорий, массивы зеленых насаждений в период цветения [110,112]. Городская пыль, переносимая с благоустроенных территорий, которые часто заняты сорной растительностью, может содержать цветочную пыльцу и микроорганизмы. В городской пыли могут присутствовать также органические продукты: чешуйки, волосы, перья, клещи, табак, споры плесневых грибов [37,73]. Размер частиц природной пыли зависит от характера их происхождения: - диаметр активных почвенных частиц находится в диапазоне 1-50 мкм [38,66]; - диаметр пыльцы цветущих растений - 10-100 мкм [5,69]. Неблагоприятным для воздействия на человека является тот факт, что в составе городской пыли преобладают мелкодисперсные фракции (менее 5 мкм),

которые обладают способностью глубоко проникать в дыхательные пути, и вызывать наиболее неблагоприятное влияние на здоровье. [23,57,148,151]

Наряду с природной пылью, в атмосферный воздух поступают частицы техногенного характера, которые относятся к загрязняющим атмосферу веществам или выбросам. Основными промышленными источниками техногенной пыли являются предприятия горнорудной, угольной, металлургической, нефтехимической, текстильной промышленности, тепловые электростанции. [25]

Техногенными источниками загрязнения городской среды пылью могут быть строительные площадки – то есть объекты нового строительства или объекты сноса зданий и сооружений. Их можно рассматривать, как временные источники пылеобразования. [2,6,12,21,107,111,116,130]

Неблагоустроенные территории, новые объекты строительства и сноса зданий (строительные площадки, территории разгрузочно-погрузочных работ), относятся к площадным источникам загрязнения.[78,109,136] Такие источники рассредоточены по всей территории города, находятся вблизи жилой застройки, составлены из локальных источников образования техногенной пыли, могут занимать большие площади и существовать длительное время (Рис. 3)



Рис. 3 Волгоградский тракторный завод — пример площадного источника после сноса промышленного объекта вблизи жилой застройки

Новые строительные объекты – актуальная проблема для крупного города, так как, в среднем, в Волгограде вводится в эксплуатацию по разным оценкам 600 тысяч м<sup>2</sup> жилья в год, что соответствует около 70 многоквартирным домам. [137] Наиболее неблагоприятное влияние оказывает точечное размещение объектов нового строительства внутри застройки и объектов рекреации (Рис.4).



1)

2)

Рис. 4 Пример точечной застройки 1) внутри застройки 2) вблизи объектов рекреации

Явления пылепереноса в условиях города формируются под влиянием природно-климатических особенностей территории. Кроме того, природно-климатические факторы определяют интенсивность поверхностного пылеобразования в процессе внутригородского пылепереноса.[59,88,118,170]

Ветер является основным метеорологическим фактором, влияющим на распространение загрязняющих веществ. Направление и скорость движения ветра не остаются постоянными, и зависимость концентрации загрязняющих веществ от направления движения ветра имеет большое значение при решении вопросов размещения промышленных предприятий в плане города и выделении промышленной зоны. Изучению влияния метеорологических факторов на пылегазоперенос исследователями посвящен ряд работ [4, 13,14,42,54,55,127,157].

Климат в районе города Волгограда резко континентальный, характеризующийся сильными ветрами, недостаточностью осадков, морозной зимой, жарким летом и крайней сухостью воздуха, что способствует активному пылепереносу. Для Волгограда характерны суховеи и пыльные бури, по данным Гидрометслужбы количество суховеев может достигать 50-55 за одно лето.

Построению моделей и установлению математических зависимостей распространения вредных примесей от таких источников как автотранспорт (в том числе в условиях застройки) и природные источники изучены недостаточно.[4,45,61,100,120,125]

Изучению комплексного воздействия таких вредных факторов воздействия как промышленный источник, автотранспорт и неблагоустроенные (пылящие территории) посвящено недостаточно работ. Так в работе И.В. Сидоренко [116] рассматриваются вопросы совершенствования комплексной оценки загрязнения воздушного бассейна крупного города на основе рассмотрения взаимодействия данных источников.

## **1.2. Законодательные и методические основы организации системы мониторинга атмосферного воздуха**

Согласно Федеральному закону от 4 мая 1999 г. N 96-ФЗ "Об охране атмосферного воздуха", мониторинг атмосферного воздуха - система наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, его загрязнением и за происходящими в нем природными явлениями, а также оценка и прогноз состояния атмосферного воздуха, его загрязнения.

Наряду с задачами по контролю за соблюдением государственных и международных стандартов качества атмосферного воздуха, проведению оценки воздействия загрязнения воздуха на здоровье населения и информирование общественности о качестве атмосферного воздуха, система мониторинга решает важную задачу по получению объективных исходных данных для разработки природоохранных мероприятий, градостроительного планирования и планирования транспортных систем. [33,52,56,60,71,81]

Согласно Федеральному закону от 4 мая 1999 г. N 96-ФЗ при проектировании, размещении, строительстве, реконструкции и эксплуатации объектов хозяйственной и иной деятельности, при застройке городских и иных поселений должно обеспечиваться не превышение нормативов качества атмосферного воздуха в соответствии с экологическими, санитарно-

гигиеническими, а также со строительными нормами и правилами в части нормативов площадей озелененных территорий.[101,163] А также при проектировании и размещении объектов хозяйственной и иной деятельности, оказывающих вредное воздействие на качество атмосферного воздуха, в пределах городских и иных поселений, а также при застройке и реконструкции городских и иных поселений должны учитываться фоновый уровень загрязнения атмосферного воздуха и прогноз изменения его качества при осуществлении указанной деятельности.[79,123]

В целях оценки состояния атмосферного воздуха установлены нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе - Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».

Правила организации наблюдений и контроля загрязнения воздуха в городах и населенных пунктах изложены в таких документах как Государственный стандарт СССР ГОСТ 17.2.3.01-86 "Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов" и Руководстве по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.189-91.[24,89]

В соответствии с данными нормативными документами наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы осуществляют на специальных постах: стационарных, маршрутных и передвижных.

Стационарный пост используется для постоянного наблюдения за концентрацией загрязняющих веществ (ЗВ) или для постоянного отбора проб воздуха с их последующим анализом в специальной лаборатории. Они используются для долговременного наблюдения за содержанием основных ЗВ в атмосфере. Число стационарных постов определяется численностью населения города, а также его площадью, рельефом местности, расположением объектов промышленности и мест отдыха. В зависимости от численности населения, устанавливается: 1 пост – до 50 тыс. жителей; 2 поста – 50–100 тыс.; 2–3 поста –

100–200 тыс.; 3–5 постов – 200–500 тыс.; 5–10 постов – более 500 тыс.; 10–20 постов – более 1 млн. жителей.

Маршрутный пост организуется для регулярного сбора проб, когда нецелесообразно устанавливать стационарный пост, однако нужно детально исследовать состояние воздуха в отдельных районах, например в новостройках. Наблюдения на маршрутных постах осуществляются с помощью передвижной лаборатории.

Передвижной (подфакельный) пост располагается под дымовым или газовым факелом предприятия, чтобы контролировать зону его воздействия. Работа на подфакельных постах также выполняется с помощью специально оборудованных передвижных лабораторий. Передвижные посты при подфакельных наблюдениях располагают на определенных расстояниях от источника загрязнения в направлении факела выбросов: места сбора проб определяется таким образом, чтобы учесть наибольшее загрязнение на расстояниях 0,5; 1; 2; 3,..., 10 км от источника загрязнения и границы санитарно-защитной зоны.

На постах наблюдения постоянное слежение за качеством воздуха осуществляется по одной из четырех программ: полной, неполной, сокращенной и суточной.

Полная программа наблюдений позволяет получать информацию о разовых и среднесуточных концентрациях загрязняющих веществ. Наблюдения ведутся ежедневно с применением автоматических устройств регистрации или 4 раза в сутки через равные промежутки времени: пробы отбираются в 1, 7, 13 и 19 часов по местному времени. При выполнении неполной программы отбор проб проводится в 7, 13 и 19 часов для того, чтобы получить информацию о разовом содержании загрязняющих веществ в воздухе. По сокращенной программе с той же целью пробы собираются дважды в день: в 7 и 13 часов. Программа суточного отбора проб предназначена для того, чтобы получить данные о среднесуточной концентрации. Все четыре типа программ позволяют получить среднемесячные и среднегодовые значения.

В РФ для мониторинга атмосферного воздуха в городах работает автоматизированная система наблюдений и контроля окружающей среды (АНКОС-АГ). Она была разработана для автоматизированного сбора, обработки и передачи полученной информации о степени загрязнения воздуха. АНКОС-АГ предоставляет непрерывную информацию о ЗВ и метеорологической обстановке в больших городах и промышленных зонах. На основе этой системы осуществлены технические возможности определения, передачи и хранения информации о загрязнении атмосферного воздуха. Основные направления развития наблюдательной сети определены в Стратегии деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 года (с учетом аспектов изменения климата), утвержденной распоряжением Правительства РФ от 3 сентября 2010 г. № 1458-р).

В городе Волгограде в настоящее время контроль состояния атмосферного воздуха Волгограда проводится на 6 стационарных постах наблюдения Волгоградского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиала ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС» и комитета природных ресурсов и экологии Волгоградской области: в Центральном, Кировском, Красноармейском, Краснооктябрьском, Дзержинском и Советском районах: ул. Гагарина, 14, Кировский район - ул. 64 Армии, 24, Красноармейский район - пр. Канатчиков, 20, Краснооктябрьский район - пр. Ленина, 69, Советский район - ул. Тимирязева, 9, Дзержинский район - ул. Землячки, 74; г. Волжский, ул. Свердлова, 26 (пост комитета природных ресурсов и экологии Волгоградской области); ул. Пушкина-Пионерская (пост комитета природных ресурсов и экологии Волгоградской области); ул. Набережная, 13 (пост ЦГМС); г. Краснослободск, ул. Аллея Строителей (пост комитета природных ресурсов и экологии Волгоградской области). Посты в Советском и Дзержинском районах оснащены автоматическими средствами измерения (Рис. 5).



Рис. 5. Стационарные посты наблюдения Волгоградского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и комитета природных ресурсов и экологии Волгоградской области

### **1.3. Современные подходы к организации систем мониторинга атмосферного воздуха и комплексной оценке загрязнения воздушного бассейна**

В материалах ВОЗ по мониторингу атмосферного воздуха говорится о том, что для оценки загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения необходимо реализовывать более гибкий подход, который основывается на управлении факторами, которые определяют степень воздействия загрязненного воздуха на жителей города.[68,178] Для реализации такого подхода необходимо более детальное знание о пространственно-временном распределении концентраций вредных примесей, информация о плотности распределения населения по территории, динамике ее изменения во времени, что включает в себя, в том числе изучение типа застройки территории и данные о строительстве новых объектов.[62,113]

Особого внимания при формировании сети мониторинга заслуживают вопросы, касающиеся выявления очагов загрязнения, изменения степени загрязнения с течением времени.

Часто атмосферное загрязнение в окружающей среде распределено неравномерно. Во многих случаях повышения концентрации загрязнителей наблюдается неподалеку от источников загрязнения. С ростом интенсивности автотранспортных потоков в городах наиболее загрязненные территории переместились из промышленных зон в места компактного проживания населения. [102,103,114]

Время года оказывает свое влияние на уровни выбросов многих источников и распределение загрязнений.[17]

Такая пространственно-временная изменчивость выбросов, равно как и изменяющиеся условия рассеивания загрязнителей в атмосфере, обуславливают сложный характер изменчивых полей концентраций загрязняющих веществ в окружающей среде.[115] Стратегия отбора проб должна быть спланирована самым тщательным образом с тем, чтобы наиболее оптимально использовать

отведенное для этого время, а также количество постов мониторинга и места их расположения.

Для проведения оценки экспозиции нередко требуется расположить посты наблюдения таким образом, чтобы они были ориентированы как на конкретные источники загрязнения (это часто равнозначно очагам загрязнения или «наихудшими» условиям), так и на регистрацию фоновое загрязнение.

В соответствии с гибким подходом к планированию сети мониторинга, места отбора проб должны располагаться на тщательно отобранных репрезентативных участках, местоположение которых должно быть определено в соответствии с областями применения получаемых данных, а также на основании изученной структуры распределения выбросов и рассеивания анализируемых загрязняющих веществ.

При принятии решения о выборе участков под посты наблюдения необходимы прежде всего данные об источниках загрязнения и выбросах. с помощью таких данных можно определять наиболее загрязненные районы.[133,134] Также для оценки вероятных очагов загрязнения можно использовать статистические данные, как потоки автотранспорта, плотность населения.

В связи с тем, что результаты контроля над состоянием воздуха в городе не обладают должной репрезентативностью [90,92,96], то актуальным является поиск решений для обоснования систем мониторинга, которые учитывают специфику образования выбросов, особенности местности, планировки, климатические особенности и аэродинамику процессов.

В работе Тасейко О.В. и Сугак Е.В.[132] также говорится о важности получения репрезентативных данных на постах наблюдения и влиянии на качество данных различных условий городской среды, в частности застройки. В статье рассматриваются различные цели организации мониторинга атмосферного воздуха два основных типа экологического мониторинга: один из них может быть условно назван мониторингом «обзорно-диагностического» типа, основанные на сборе и анализе результатов регулярных исследований и больших массивов

экологической информации. Фоновый мониторинг импактных районов предполагает периодические долговременные наблюдения в районах, где хозяйственная деятельность запрещена или сведена к минимуму. Второй вид обозначается авторами, как мониторинг «соответствия». Он ведется с целью обнаружения отклонений от заранее установленных критериев либо для оценки достоверности прогноза развития экологической ситуации. Мониторинг «соответствия» чаще всего ограничен локальными масштабами и его результаты служат основой для принятия или корректировки регулирующих мер природоохранного характера применительно к конкретному (как правило, локальному) источнику воздействия. В работе отмечается, что при выборе мест отбора проб необходимо учитывать тип застройки, который включает в себя целый комплекс факторов - плотность и проницаемость застройки, высота зданий, тип симметрии и функциональный класс, а также характеристики ветрового потока с учетом его трансформации при обтекании неровностей рельефа местности, зданий и сооружений.

Мониторинг и экспериментальные измерения параметров окружающей среды в условиях городской застройки не способны полностью обеспечить получение полных пространственно-временных характеристик загрязнения атмосферного воздуха и в связи с этим для комплексной оценки уровней загрязнения атмосферного воздуха в городах необходимо сочетать мониторинг с другими методами получения данных - математическим моделированием, инвентаризацией выбросов загрязняющих веществ, интерполированием и картированием.

Некоторые исследования говорят о недостатке информационной поддержки при обработке данных, поступающих с постов контроля воздуха. [16,19,117,160]

В связи с этим в настоящее время существуют и математические подходы к обоснованию размещений стационарных постов экологического контроля: работы Н.П. Петровой и др. и А.М. Башкатова[11,83]. Так, А.М. Башкатов предлагает алгоритм оптимизации размещения стационарных постов экологического и метеорологического контроля с применением математических способов. Автор

отмечает, что определение местоположения поста является многокритериальной задачей, и как правило решается она эмпирически, приближенно. Не всегда достаточно внимания уделяется демографическим изменениям, особенностям территории (наличию и виду застройки), влиянию сезонных факторов. Для оптимизации выбора места размещения поста наблюдения автор использует математические методы: графоаналитические и статистико-вероятностные. Применяя матричный метод, территория разделяется на зоны, для которой устанавливается индекс загазованности, определяется средняя плотность населения: локализация мест с наибольшей загазованностью позволяет уточнять и корректировать размещение постов наблюдения. Данная интерпретация эффективна для задач, связанных с исследованием линейных сетей коммуникаций (дорожных, трубопроводных и др). В работе Н.П. Петровой предлагается вариант выбора мест размещения постов наблюдения при создании сети автоматизированного мониторинга воздушного бассейна на территории города Тамбова расчетным методом. [84]

### **Выводы по главе 1.**

1. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в крупных городах являются автомобильный транспорт, промышленные предприятия, а также неблагоустроенные пылящие территории. Источниками загрязнения могут быть и объекты нового строительства (строительные площадки). Наиболее изучено влияние на состояние атмосферного воздуха промышленных предприятий и автомобильного транспорта.

2. Существующая система мониторинга атмосферного воздуха имеет свои недостатки, она статична и не учитывает при своей реализации следующие меняющиеся городские условия:

- изменения интенсивности и состава транспортных потоков;
- изменение объемов и качества промышленных выбросов, появление новых производств;

- возникновение или исчезновение площадных источников загрязнения (неблагоустроенных территорий);
- изменения взаимного расположения источников загрязнения;
- сезонные изменения метеоусловий – ветрового режима, влияющего на уровень загрязнения атмосферного воздуха;
- включение в застройку различных строительных объектов, требующих различной степени защиты (детские образовательные учреждения, жилая застройка, спортивные объекты и др.);
- изменение застройки, появление объектов нового строительства;
- при разработке системы мониторинга не учитываются особенности рассеивания загрязняющих веществ внутри застройки.

3. Учет изменяющихся условий городской среды, требует периодический пересмотр мониторинговых точек (не реже 1 раза в год).

4. По данным современных исследований при планировании сети наблюдений за качеством атмосферного воздуха, а также комплексной оценке загрязнения экологической ситуации наиболее оптимальным является сочетанное использование данных измерения качества атмосферного воздуха (натурные исследования) и оценки посредством моделирования (оценка рассеивания загрязняющих веществ), которые дополняют друг друга.

## **ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СОСТОЯНИЕ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ**

### **2.1. Основные подходы к построению динамической системы мониторинга атмосферного воздуха, выбор территории исследования**

К решению вопросов, связанных со снижением вредного воздействия антропогенного загрязнения атмосферы, возможны два подхода. Один из них, традиционных, базируется на управлении источниками выбросов. Целью его является повсеместное соблюдение нормативных требований по качеству атмосферного воздуха. Такие системы мониторинга получили наибольшее распространение, и до настоящего времени не утратили своей значимости[70,76,126]. Данный подход реализуется при построении системы наблюдений в соответствии с действующими нормативно-методическими документами, основное из которых – «Руководство по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.189-91». Существующие системы мониторинга атмосферного воздуха, организованные на базе Гидрометслужбы, имеют в своем составе стационарные посты, которые обычно не меняют местоположения на протяжении многих лет, несмотря на изменение существующей градостроительной ситуации: застройки, транспортных потоков, появление новых предприятий или их закрытие.[72] Не учитывают они сезонные изменения микроклиматических условий (преобладающее направление и скорость ветра), а также наличие неблагоустроенных, пылящих территорий, прилегающих к зоне жилой застройки, которые также влияют на состояние атмосферного воздуха на конкретной территории.[74]

Другой подход более гибкий и основывается на управлении факторами, которые определяют степень воздействия загрязненного воздуха на жителей города. Для реализации такого подхода необходимо более детальное знание о пространственно-временном распределении концентраций вредных примесей, а также информация о плотности распределения населения по территории, динамике ее изменения во времени, что включает в себя, в том числе изучение

типа застройки территории и данные о строительстве новых объектов.[135] Итак, для того чтобы система мониторинга атмосферного воздуха была информативной и имела высокую степень достоверности, она должна быть динамичной, в зависимости от меняющихся условий городской среды. [75]

В связи с вышеизложенным, автором предлагается организация системы мониторинга атмосферного воздуха, позволяющей с учетом имеющихся стационарных и передвижных источников загрязнения, типа застройки, меняющихся метеорологических условий и градостроительной ситуации, определять экологически благоприятные и неблагоприятные территории, с целью обоснования безопасного размещения объектов городской инфраструктуры, либо принятия управленческих решений по улучшению городской среды, а также рационального размещения репрезентативных постов наблюдения за качеством атмосферного воздуха.[119,121]

Для разработки мобильной системы мониторинга в качестве модели была выбрана территория Ворошиловского района г. Волгограда – крупного промышленного города, где присутствуют все три источника загрязнения атмосферного воздуха: развитая сеть автомобильного транспорта, стационарный источник выбросов (котельная), и неблагоустроенные (пылящие) территории – объекты сноса и нового строительства, непосредственно примыкающие к жилой застройке. (Рисунок 6)

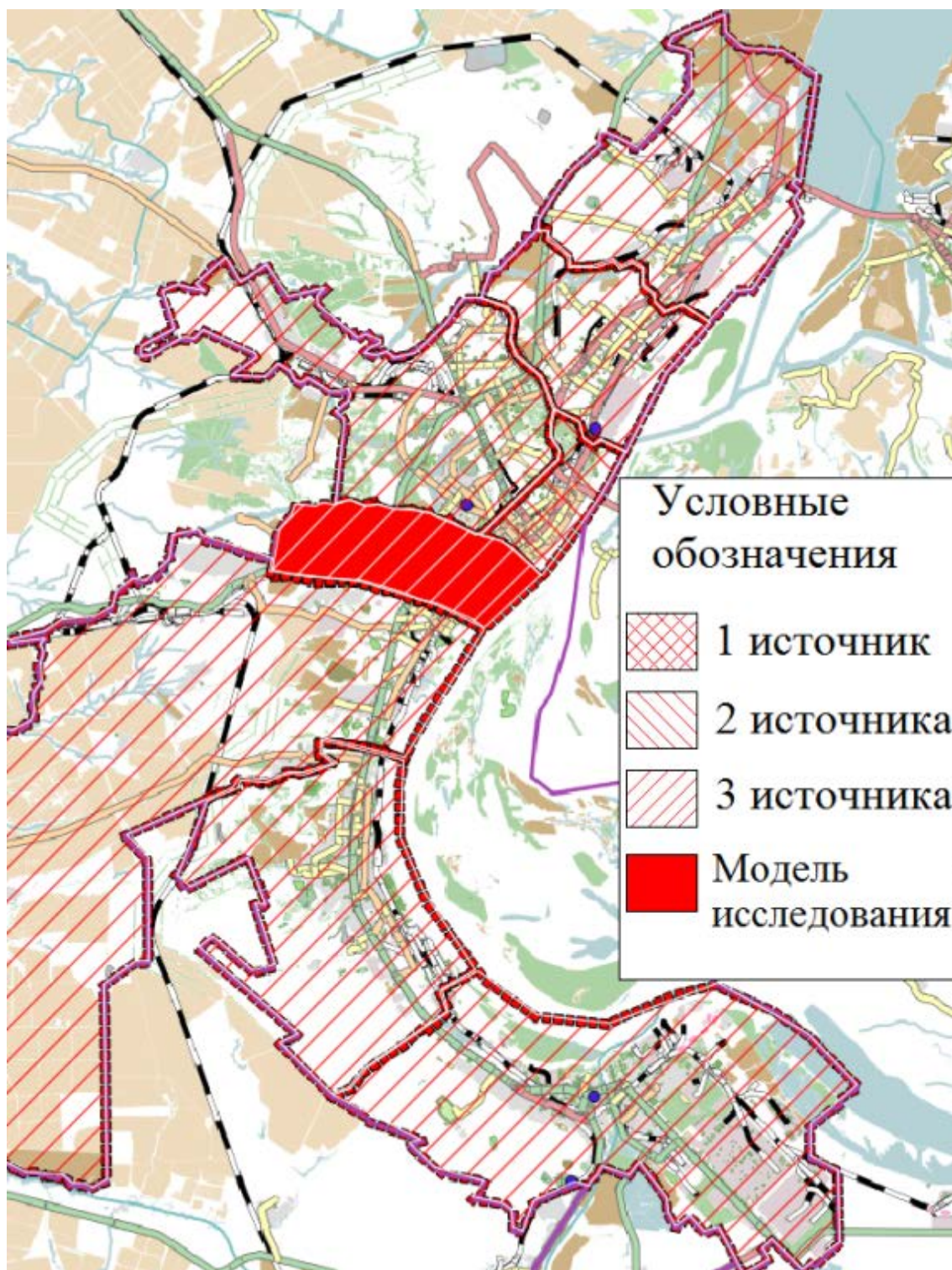


Рис. 6. Выбор объекта исследования (г. Волгоград)

Выбранная территория Ворошиловского района – ограничена улицами Череповецкая, Циолковская, Ким, Баррикадная, служит моделью данного исследования, так как характеризуется наличием различного типа застройки (с размещенными на территориях объектами социальной инфраструктуры) и наличием трех источников загрязнения атмосферного воздуха, что позволяет

рассмотреть различные сочетания воздействующих источников загрязнения при различных видах застройки, построить различные модели рассеивания загрязняющих веществ и получить различные категории территории по уровню экологического благополучия (рис. 7).

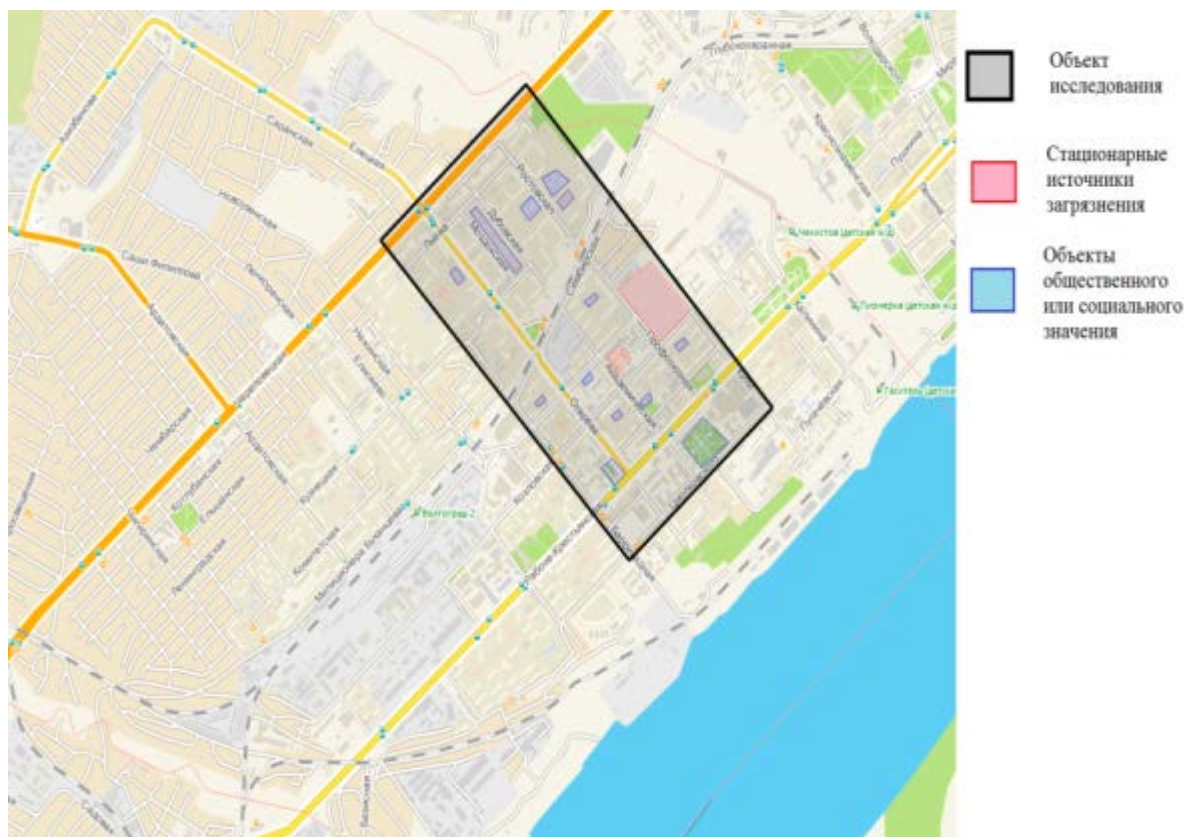


Рис. 7. Выбор модели исследования на территории Ворошиловского района города

Площадь выбранной исследуемой территории - 1,55 км<sup>2</sup>

## **2.2. Оценка и характеристика приоритетных источников загрязнения атмосферного воздуха на исследуемой территории**

### **2.2.1. Автомобильный транспорт**

Согласно классификации (ГОСТ Р 52398-2005 «Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования» и «Руководство по проектированию городских улиц и дорог» автомобильные дороги делятся на 3 категории: скоростные, магистральные и дороги обычного типа (Таблица 2).

Таблица 2

Классификация улиц (в соответствии с «Руководством  
по проектированию городских улиц и дорог»)

Категории улиц и дорог	Основное назначение улиц и дорог	Расчетная скорость движения, км/ч
Скоростные дороги	Скоростная транспортная связь между районами крупнейшего или крупного города и между городами и другими населенными	120
Магистральные улицы и дороги:	Непрерывного движения - транспортная связь между жилыми, промышленными районами и общественными центрами, а также со скоростными дорогами в пределах города с развязкой движения в разных уровнях	100
а) общегородского значения	Регулируемого движения - транспортная связь в пределах города между жилыми, промышленными районами и общественными центрами, а также с магистральными улицами непрерывного движения с устройством пересечений с другими улицами в одном уровне	80
б) районного значения	Транспортная связь в пределах района и с магистральными улицами общегородского значения с устройством пересечений с другими улицами и дорогами в одном уровне	80
в) дороги грузового движения	Перевозка промышленных и строительных грузов, осуществляемая вне жилой застройки, между промышленными и коммунально-складскими зонами города с устройством пересечений с другими улицами и дорогами в одном уровне	80
Улицы и дороги местного значения:		
а) жилые улицы	Транспортная (без пропуска общественного транспорта) связь жилых микрорайонов и групп жилых зданий с магистральными улицами районного значения	60
б) дороги промышленных и коммунально- складских районов	Перевозка промышленных и строительных грузов в пределах района, обеспечение связи с дорогами грузового движения с устройством пересечений с другими улицами и дорогами в одном уровне	60
в) пешеходные улицы и дороги	Пешеходная связь с местами приложения труда, учреждениями и предприятиями обслуживания, местами отдыха и остановками общественного транспорта	-
г) поселковые улицы	Транспортная связь внутри селитебной зоны с общественным центром, учреждениями и предприятиями обслуживания поселков и сельских населенных пунктов	60
д) поселковые дороги	Транспортная связь между селитебной и производственной зонами, а также в пределах этих зон	60
е) проезды	Транспортная связь в пределах микрорайонов	30

На территории модельного объекта развита сеть автомагистралей:  
автомобильные дороги относятся к классам автомагистралей (городского и

районного значения) и дорог обычного типа (нескоростных) местного значения (жилые улицы).

Крупными автомагистралями городского значения на территории Ворошиловского района являются 1-я и 2-я Продольные магистрали (ул.Рабоче-Крестьянская и Череповецкая). Основную функцию поперечной связи улицами Рабоче-Крестьянской, Череповецкой и другими районами города осуществляют улицы Огарева и Елецкая, являющиеся автомагистралями районного значения. К автомагистралям районного значения относятся также улицы Академическая, Профсоюзная, Козловская, Симбирская, Циолковская, Ким, Баррикадная. Перечисленные автомагистрали являются основным передвижным источником загрязнения атмосферного воздуха на модельной территории. [53]

К характеристикам, влияющим на уровень загрязнения атмосферного воздуха продуктами выбросов автотранспорта являются, прежде всего:

- интенсивность транспортного потока,
- скорость потока автотранспорта,
- состав транспортного потока.

Для определения загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта был использован метод, изложенный в ГОСТ Р 56162-2014 «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов от автотранспорта при проведении сводных расчетов для городских населенных пунктов».[26] Он позволяет провести расчет количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками автотранспортных средств на магистралях разной категории. При выполнении исследования, в качестве исходных данных для расчета выбросов загрязняющих веществ автотранспортом в атмосферу на действующих автомагистралях были получены результаты собственных натурных обследований структуры и интенсивности автотранспортных потоков с подразделением по основным группам автотранспортных средств. Данные натурные обследования не требуют сложного инструментального оснащения, и это позволяет выполнять обследования любой магистрали города с заданной

периодичностью, что является важным условием для регулярного пополнения и корректировки информации о выбросах автотранспорта.

На основе изучения схемы улично-дорожной сети города, а также информации о транспортной нагрузке, был составлен перечень автомагистралей с различной интенсивностью движения и перекрестков с высокой транспортной нагрузкой. Для определения характеристик автотранспортных потоков на выбранных участках улично-дорожной сети был проведён учет автотранспортных средств, движущихся в обоих направлениях.

Подсчет движущихся по исследуемым магистралям транспортных средств проводился в течение 20 мин каждый час. При высокой интенсивности движения (более 2-3 тысяч автомашин в час) подсчет автотранспортных средств осуществлялся одновременно на каждом направлении движения. Так как подсчет движущихся по обследуемой улице автотранспортных средств допускается проводить с помощью видеозаписывающих устройств (видеокамеры), расчёт был произведён этим способом. Камера была установлена на штатив в месте наблюдения за участком улицы. Запись проводилась в течение 20 мин 2-3 раза в течение каждого часа.

Для выявления максимальной транспортной нагрузки наблюдения проводился в часы пик. Для большинства городских улиц пиковыми часами являются утренние и вечерние (с 7.00-8.00 до 10.00-11.00 и с 16.00-17.00 до 19.00-20.00) часы пик.

Натурные обследования структуры и интенсивности движущегося потока автотранспортных средств проводились по 8-10 раз в часы пик на каждой автомагистрали в течение 5-7 рабочих дней.

Результаты натурных исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3

Интенсивность движения автотранспорта и средняя скорость потока  
на автомагистралях исследуемой территории

Автомагистрали на изучаемой территории	Легковые, авт/час	Грузовые, авт/час	Интенсивность движения, авт/час	Средняя скорость потока, км/ч
Магистрали городского значения				
ул. Рабоче- Крестьянская	2004	138	2142	32
Ул. Череповецкая	1350	1850	3200	30
Магистрали районного значения				
ул. Козловская	1050	17	1067	35
ул. Ростовская	1178	28	1206	30
ул. Огарева	1139	101	1240	40
ул. Елецкая	1638	126	1764	40
Улицы местного значения				
Ул. КИМ	434	11	445	30
ул. Социалистическая	471	9	480	35
ул. Академическая	802	8	810	30
ул. Симбирская	863	25	888	45
ул. Профсоюзная	880	16	896	30
ул. Баррикадная	779	24	803	30
ул. Циолковского	926	15	941	25

Распределение интенсивности транспортных потоков на магистралях исследуемого района представлены на карте изучаемого района города (рис. 8).

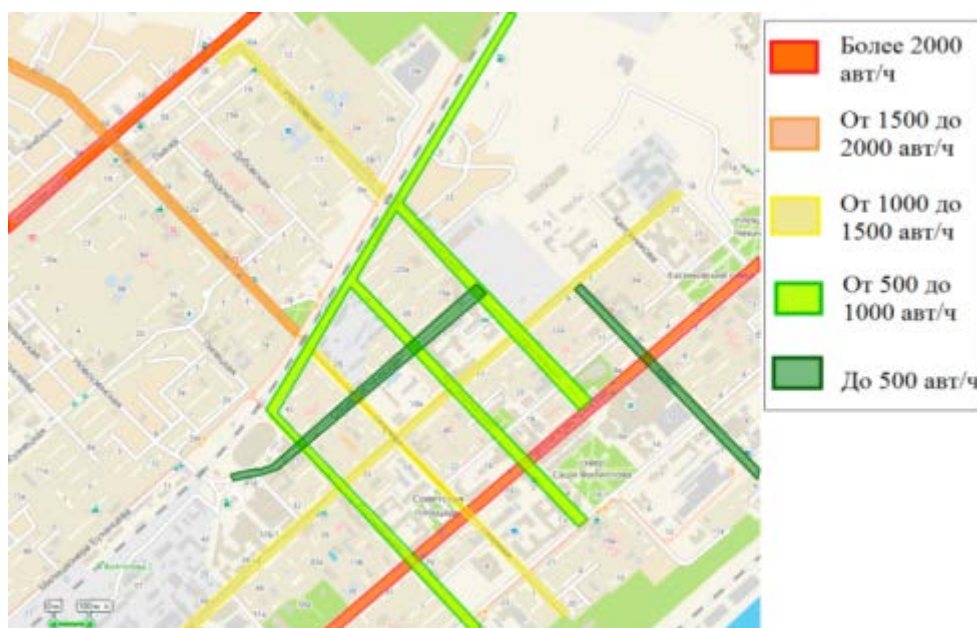


Рис. 8 Интенсивность движения автомобильного транспорта на магистралях  
изучаемого района

Интенсивность движения на 1-й Продольной магистрали в рамках Ворошиловского района высокая. На участке в границах улиц Баррикадная и Иркутская интенсивность движения составляет от 1200 до 2142 авт/ч. Здесь преобладает легковой транспорт, процент грузового транспорта - 6%. Средневзвешенная скорость около 30-32 км/ч. На поперечных магистралях Ворошиловского района - улице Огарева в границах улицы Циолковского и улицы Рабоче-Крестьянской общая интенсивность движения транспорта равна 800 авт/ч, где процент грузового транспорта составляет 40 %, средневзвешенная скорость равна 40 км/ч. Далее интенсивность движения по улице возрастает до 1240 авт./час. Продолжением улицы Огарева является улица Елецкая, где общая интенсивность движения увеличивается от 1170 до 1764 экп/ч, процент грузового транспорта составляет 7,1%. На ул. Череповецкая, которая является продолжением 2-й продольной в Ворошиловском районе, интенсивность движения транспорта достигает 3200 авт/ч, высок процент грузового транспорта – 57,8% , средневзвешенная скорость - 30 км/ч. На улицах Ростовская, Козловская интенсивность движения составляет от 1067 до 1206 авт/час, процент грузового транспорта не высок (около 2%). Несколько ниже интенсивность транспортного потока на улицах Академическая, Симбирская, Профсоюзная – 810-896 авт/час, процент грузового транспорта не высок, составляет всего 0,03% . И ниже всего интенсивность движения на улицах Ким, Социалистическая, - 445-480 авт/час, также в основном наблюдается движение легкового транспорта.

Концентрация СО на середине проезжей части определялась расчетным методом в соответствии с ГОСТ Р 56162-2014 «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов от автотранспорта при проведении сводных расчетов для городских населенных пунктов». Выброс  $i$ -го загрязняющего вещества движущимся потоком автотранспортных средств на автомагистрали (или ее участке) с фиксированной протяженностью  $M_{Li}$ , г/км, рассчитывают по формуле (1)

$$M_{Li} = \frac{L}{1200} \sum_i^k M_{k,i}^L G_k r_{vk,i}, \quad (1)$$

где  $L$  - протяжённость проезжей части (или её участка), из которой исключена протяжённость очереди автомобилей перед запрещающим движение сигналом светофора, включающая в себя длину соответствующей зоны перекрёстка, км;

$M_{k,i}^L$  - удельный пробеговый выброс  $i$ -го загрязняющего вещества автомобилями  $k$ -й группы;

$k$  - число групп автомобилей, шт.;

$G_k$  - фактическая наибольшая интенсивность движения, т. е. число автомобилей каждой из групп, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка проезжей части в единицу времени (20 мин) в обоих направлениях по всем полосам движения;

$r_{vk,i}$  - поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения потока автотранспортных средств  $V_{k,i}$ , (в километрах в час) на выбранной магистрали (или её участке).

При расчете рассеяния выбросов от автотранспорта и определенной концентрации токсичных веществ на различном удалении от проезжей части используется модель Гауссового распределения примесей в атмосфере на небольших высотах. [84]

Концентрация загрязнений атмосферного воздуха окисью углерода, углеводородами, окислами азота, соединениями свинца вдоль проезжей части определяется по формуле (2)

$$C = \frac{2q}{\sqrt{2\pi} \times \sigma \times \sin \varphi} + F, \quad (2)$$

Где:

$C$  – концентрация данного вида загрязнения в воздухе,

$q$  – концентрация данного вида загрязнения в середине проезжей части,

$\sigma$  – стандартное отклонение Гауссового рассеивания в вертикальном направлении, м,

$V$  – скорость ветра, преобладающего в расчётный месяц выбранного периода,

$\varphi$  – угол, составляемый направлением ветра к трассе. При угле от 90 до 30 градусов скорость ветра следует умножать на синус угла, при угле менее 30 градусов – коэффициент 0,5;

$F$  – фоновая концентрация загрязнения воздуха, .

Для оценки фонового значения содержания оксида углерода в атмосферном воздухе использовались данные замеров лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Волгоградской области», приведенные на территории Ворошиловского районе г. Волгограда за период 2013-2015 гг.[82] Замеры проводились на маршрутном посту наблюдения в селитебной зоне на территории Ворошиловского района (в районе пересечения автомагистралей районного и городского значения) (таблица 4).

Таблица 4

Содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе  
Ворошиловского района по данным замеров на маршрутном посту наблюдения

Вещества	2013 год		2014 год		2015 год		
	Ср.	Кол-во исследований, всего	Ср.	Кол-во исследований, всего	Ср.	Кол-во исследований, всего	Кол-во исследований, превышающих ПДК
диоксид азота	0,057	100	0,061	100	0,058	100	0
диоксид серы	0,026	100	0,044	100	0,047	100	0
оксид углерода	1,7	100	1,8	100	1,58	100	0
взвешенные вещества	0,16	100	0,17	100	0,19	99	1
свинец	0,0004	100	0,0004	100	0,000075	100	0
бенз(а)пирен	$0,021 \cdot 10^{-5}$	100	$0,034 \cdot 10^{-5}$	100	$0,021 \cdot 10^{-5}$	100	0

На посту определялось содержание таких веществ, как диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода, взвешенные вещества, свинец, бенз(а)пирен. В год

было проведено по 100 исследований каждого вещества. Средние концентрации не превысили ПДК, было отмечено единичное превышение по взвешенным веществам. Следует отметить, что такие результаты наблюдений, при которых практически не фиксируется превышений гигиенических наблюдений при довольно интенсивном движении автомобильного транспорта, наличии пылящих территорий, также косвенно свидетельствует о том, что необходимо использовать динамическую систему мониторинга, позволяющую получать репрезентативные данные о качестве атмосферного воздуха

Результаты расчетов рассеяния выбросов оксида углерода от автотранспорта и его концентрации на различном удалении от проезжей части на изучаемой территории представлены в таблице 5.

Таблица 5

Концентрации оксида углерода на различном удалении от автомагистрали

Исследуемые улицы	Интенсивность движения, авт/час	Концентрация СО в середине улицы, мг/м <sup>3</sup>	Концентрация СО у бордюра, мг/м <sup>3</sup> (10 м)	Концентрация СО у застройки, мг/м <sup>3</sup> (20м)	Концентрация СО, мг/м <sup>3</sup> (40м)
Магистрали городского значения					
ул. Рабоче-Крестьянская	2142	70,03	13,97	6,99	4,66
Ул. Череповецкая	3200	85,64	17,09	8,54	5,7
Магистрали районного значения					
ул. Козловская	1067	48,67	9,71	4,86	3,24
ул. Ростовская	1206	51,04	10,18	5,09	3,39
ул. Огарева	1240	52,83	10,54	5,27	3,51
ул. Елецкая	1764	63,44	12,66	6,33	4,22
Улицы местного значения					
Ул. КИМ	445	31,6	6,3	3,15	2,1
ул. Социалистическая	480	32,54	6,49	3,25	2,16
ул. Академическая	810	42,7	8,52	4,26	2,84
ул. Симбирская	888	44,12	8,8	4,4	2,93
ул. Профсоюзная	896	45,93	9,16	4,58	3,05
Ул Баррикадная	803	43,1	8,6	4,3	2,9
Ул Циолковского	941	46,4	9,3	4,7	3,1

Полученные расчетным методом концентрации оксида углерода на середине проезжей части находятся в прямой зависимости от интенсивности движения (количества автотранспорта) на автомагистралях (Рис. 9).

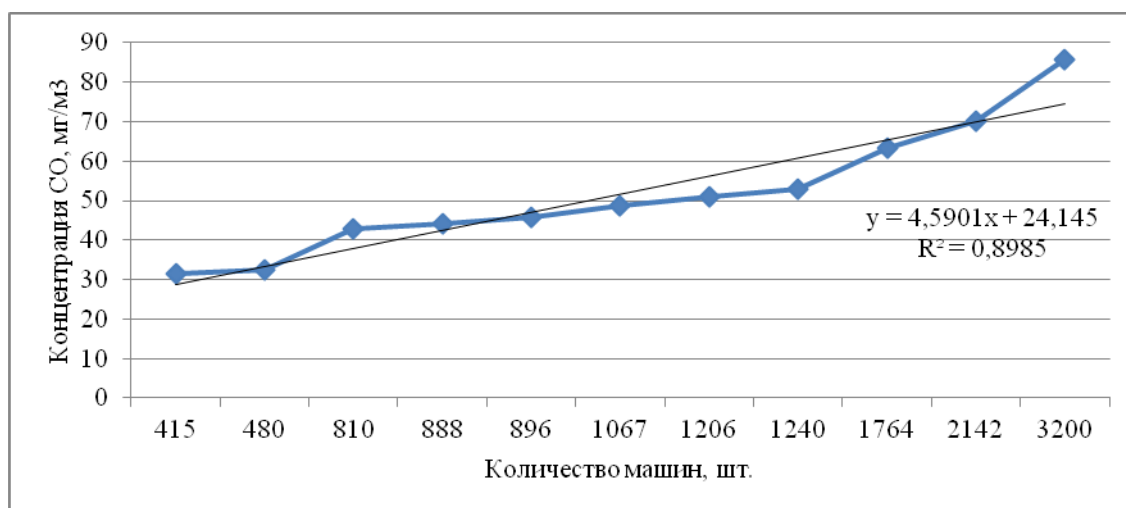


Рис. 9. График зависимости концентрации оксида углерода (на середине магистрали) в атмосферном воздухе от количества автотранспорта

Полученная зависимость может быть выражена уравнением  $y = 4,5901x + 24,145$  (где  $y$  – это концентрация,  $x$  – расстояние от середины проезжей части). Коэффициент корреляции  $R^2=0,89$  говорит о высокой степени связи между показателями.

Результаты анализа проведенных натурных исследований и расчетов концентраций CO на исследуемой городской территории позволяют экстраполировать и использовать полученные данные для любых автомагистралей и улиц различной интенсивности (таблица 6)

Таблица 6

Расчетные концентрации рассеивания CO для различных категорий улиц

Категория улиц	Интенсивность движения, авт/час	Концентрация CO в середине улицы, мг/м³	Концентрация CO у бордюра, мг/м³ (10 м)	Концентрация CO у застройки, мг/м³ (20м)	Концентрация CO, мг/м³ (40м)
Магистрали местного значения (жилые улицы)	500-1000	30-50	6-9	3-4	2-3
Магистрали районного значения	1000-2000	45-65	10-13	4-6	3-4
Магистрали городского значения	2000-3500	70-85	14-17	7-9	4-6
Скоростные дороги	4000-5000	Более 85	Более 17	Более 9	Более 6

На основе полученных в результате исследований данных были получены типичные зависимости рассеивания выбросов автомобильного транспорта (CO)

для различных категорий автомагистралей, что позволяет использовать получить приближенные данные о концентрации выбросов автотранспорта на любом расстоянии от проезжей части, зная ее категорию.

Так, на рисунке 10 представлена зависимость рассеивания выбросов автотранспорта (концентраций CO) от расстояния (от середины проезжей части) для автомагистралей местного значения (жилые улицы). Снижение концентраций выражается зависимостью  $y = -21,2\ln(x) + 35,883$  (где  $y$  – это концентрация,  $x$  – расстояние от середины проезжей части).

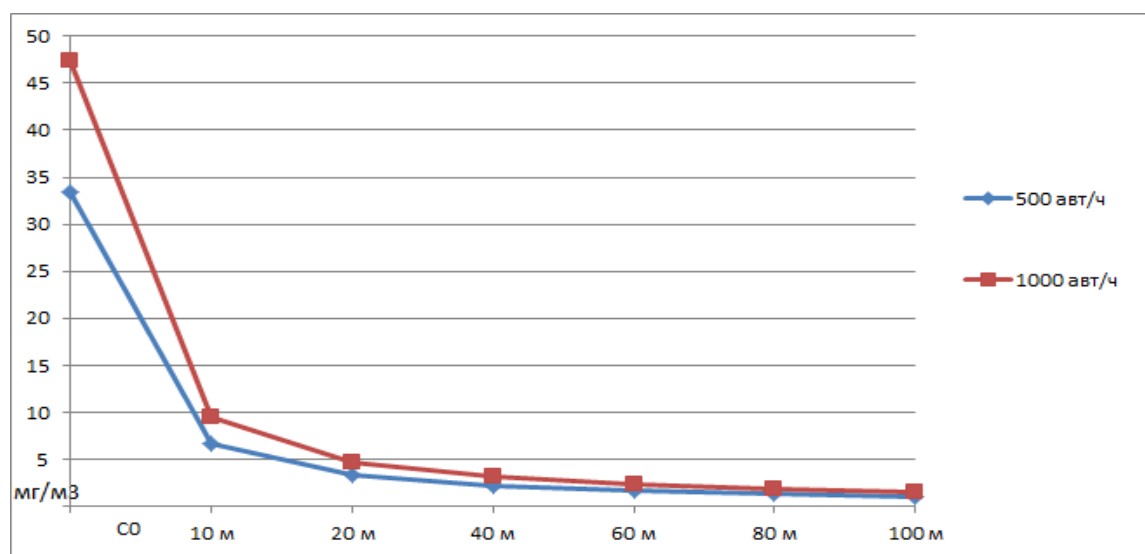


Рис. 10 График зависимости рассеивания концентраций CO от расстояния (от середины проезжей части) для автомагистралей местного значения

На рисунке 11 представлена зависимость рассеивания выбросов автотранспорта (концентраций CO) от расстояния (от середины проезжей части) для магистралей районного значения. Снижение концентраций выражается зависимостью  $y = -30,46\ln(x) + 51,553$ .

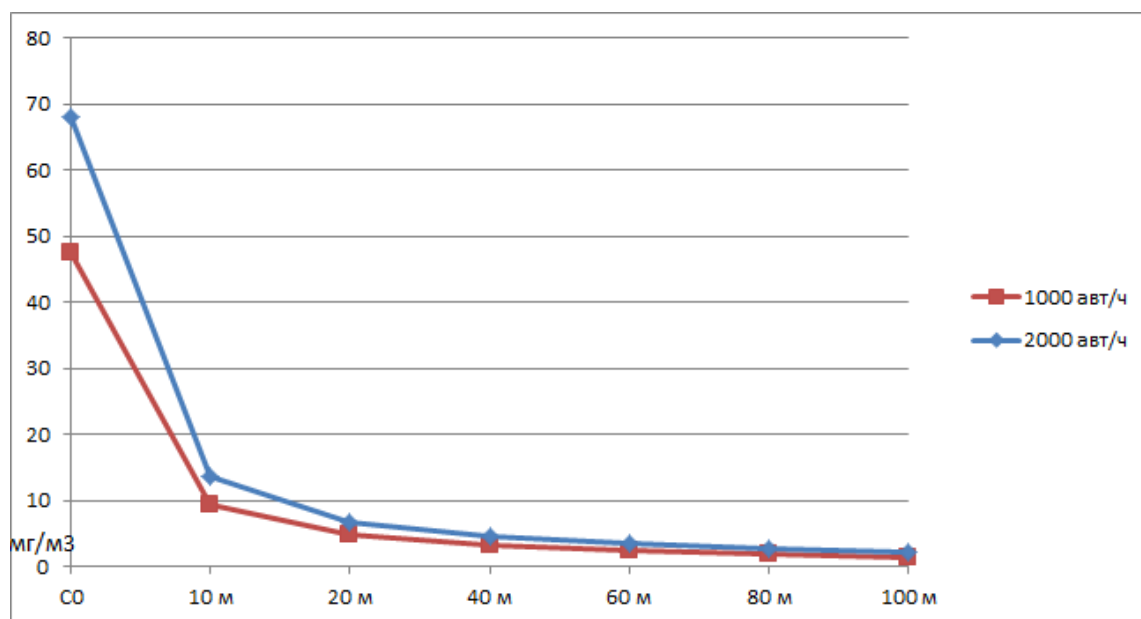


Рис. 11 График зависимости рассеивания концентраций СО от расстояния (от середины проезжей части) для автомагистрали районного значения.

Таким же образом была определена и представлена на рисунке 12 зависимость рассеивания выбросов автотранспорта (концентраций СО) от расстояния (от середины проезжей части) для магистралей городского значения для магистралей с интенсивностью движения 1500-2000 авт. И 2000-3500 авт. Снижение концентраций выражается зависимостью  $y = -39,85\ln(x) + 67,451$ .

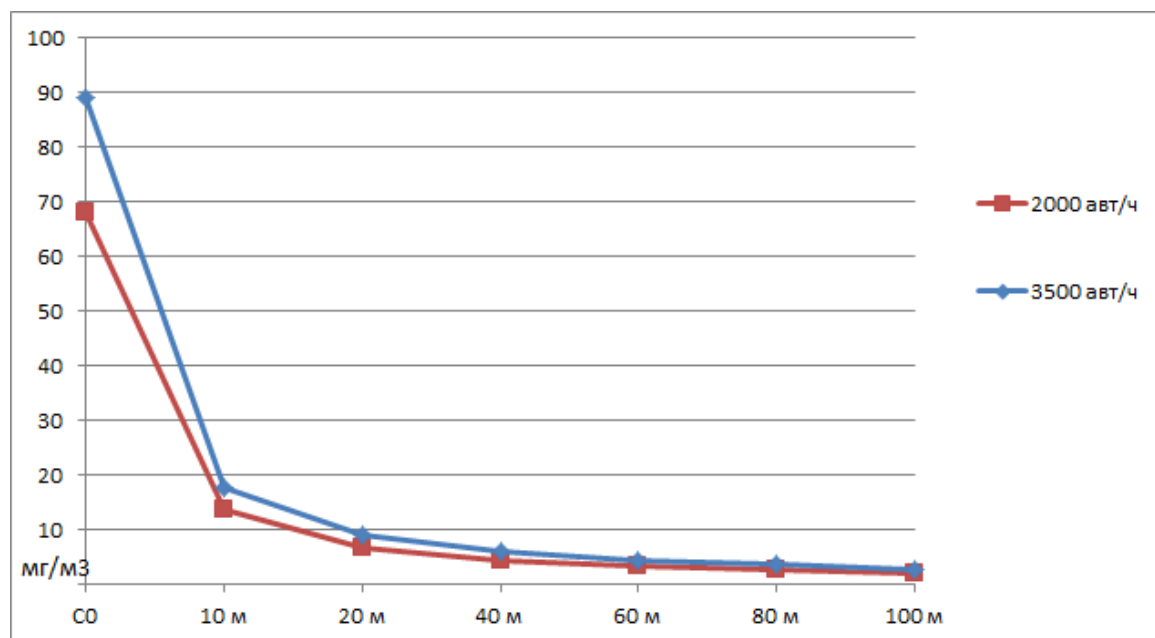


Рис. 12 График зависимости рассеивания концентраций СО от расстояния (от середины проезжей части) для автомагистрали городского значения интенсивностью 2000-3500 авт.

Данные зависимости возможно в дальнейшем использовать для оценки и прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха от автомобильного транспорта в зависимости от категории автомагистралей.

Существующие методы расчёта рассеяния выбросов автотранспорта не учитывают фактора застройки, что является важным для оценки и прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха в условиях города и при планировании сетей мониторинга. Исследование рассеивания автомобильных газов на городской территории в натуральных условиях сопряжено со многими трудностями. Прежде всего, это сложность оценки защитной роли элементов планировки и застройки из-за случайности транспортного потока; кратковременность отбора проб воздуха; изменяющиеся метеорологические факторы; трудоемкость одновременных наблюдений на многих точках-объектах и т.п. В связи с этим при исследовании распространения выбросов автотранспорта в жилой застройке возможно и необходимо использовать метод моделирования, который, устраняя перечисленные трудности, создает условия для более точной количественной оценки изучаемого явления. Так, для построения моделей рассеивания выбросов от автомобильного транспорта на изучаемой территории были использованы данные проведенных экспериментов по моделированию рассеивания выбросов автотранспорта в условиях различной застройки, выполненные Сидоренко В.Ф. на полигоне городского моделирования совместно со специалистами ЦНИИП Градостроительства РААСН, НИИСФ РААСН, МИСИ. При проведении данных исследований ценность моделей аналогии сохраняется только при сходстве в существенных признаках сравниваемых объектов. Степень достоверности результатов, полученных на моделях, зависит от соблюдения так называемых критериев подобия. Необходимым условием моделирования является осуществление геометрического подобия. Если известен коэффициент геометрического подобия – масштаб модели - то простым умножением на него размеров модели можно определить размеры подобного натурального объекта. Для более точной картины рассеяния выбросов автотранспорта в жилой застройке используется крупномасштабное

моделирование. Так, в исследованиях модели зданий были построены в масштабе 1:10 из деревянных брусев, обшитых окрашенной фанерой. Изготавливали их посекционно и секции размерами 1,5х1,2х1,5 устанавливали на ровной бетонированной площадке. При рассеивании выхлопных газов в атмосфере города имеет место случай, когда плотность загрязнителя и его температура практически не отличаются от плотности и температуры атмосферного воздуха. Учитывая это, а также тот факт, что рассеивание примеси происходит в потоке, характеризующемся сравнительно невысокими скоростями движения, ролью гравитационных сил и сил давления в изучаемом процессе можно пренебречь. При распространении примеси в воздухе городской застройки наблюдается обтекание турбулентным потоком газа твердых тел с острыми кромками. Согласно представлениям аэромеханики в этом случае ни кинематика обтекания потоком твердого тела, ни динамика их взаимодействия не претерпевают изменений в очень широких пределах изменения скоростей (автомодельность явления). В подобных условиях влияние числа Рейнольдса на постановку опыта незначительно. Определяющим условием подобия в данных исследованиях является число Струхала, т.е. для сохранения подобия необходимо в моделируемом потоке СОХ решить те же отношения  $\frac{tV}{l}$ , что и в натурном потоке (здесь  $V$  - скорость потока, м/с;  $t$  — время, с;  $l$  — линейный размер, м). Для того, чтобы молекула газа в любой момент времени была в строго зафиксированной точке на модели и в натуре, уменьшение линейных размеров модели в 10 раз по сравнению с размерами натурального объекта компенсируются при моделировании снижением скорости ветра в 10 раз. Поэтому наблюдения проводились при скорости ветра 0,1-0,5 м/с, соответствующей скорости ветра в натуральных условиях 1-5 м/с. В качестве источника загрязнения воздуха использовали двигатель внутреннего сгорания. Так как поток автомобилей на магистрали представляет собой ряд точек загрязнения, расположенных на близком расстоянии и составляющих как бы линию источников, моделировали линейный источник загрязнения.

Данные, полученные при моделировании процесса рассеивания окиси углерода, оказались очень близки данным, полученным при проведении натурных замеров (Рис. 13). Это позволяет использовать полученные зависимости для прогнозирования процессов рассеивания загрязняющих веществ и построения полей загрязнения при любых типовых ситуациях в условиях города.

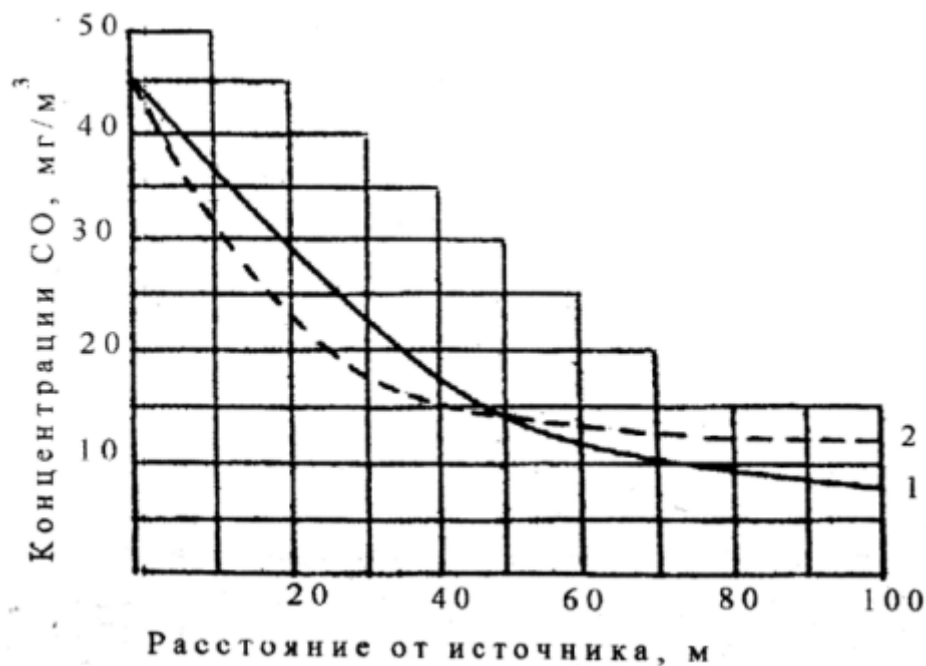


Рис. 13 Рассеивание окиси углерода на открытой территории. 1 – при моделировании процесса, 2 – в натурных условиях

В соответствии с полученными данными экспериментов на полигоне по моделированию рассеивания загрязнений, распределение концентраций оксида углерода внутри жилой застройки определяется по характерным сочетаниям типов застроек. При строчной застройке концентрация рассчитывается так же, как и на открытой территории (Рис. 14). Угловая застройка позволяет снизить концентрацию CO на 10% (Рис. 15). Перед фронтально стоящим зданием наблюдаются повышенные концентрации CO, за зданием концентрация снижается на 50-70% от расчётов на открытой территории (Рис. 15). При замкнутых планировочных решениях в дворовом пространстве концентрация CO увеличивается на 20-30% по сравнению с ожидаемой для обычного фронтально расположенного здания (Рис. 16)

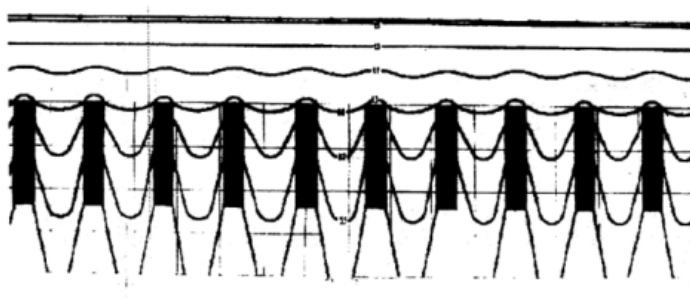


Рис. 14. Карта загазованности жилой застройки при строчной застройке

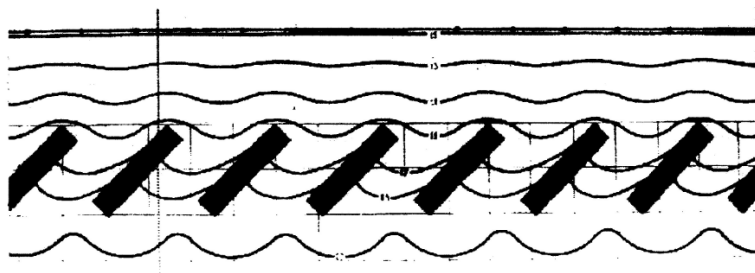


Рис. 15. Карта загазованности жилой застройки при угловой застройке

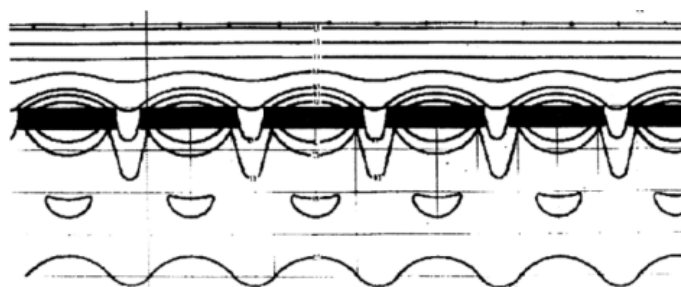


Рис. 16. Карта загазованности жилой застройки при фронтальной застройке

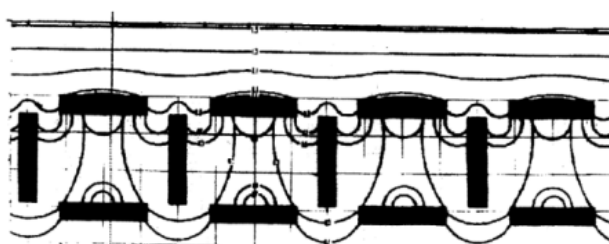


Рис. 17. Карта загазованности жилой застройки при замкнутой застройке

Концентрация загрязнений атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от застройки определяется по формулам, схожим с расчётом без учёта застройки, но с добавлением пересчетного коэффициента  $l$ .

Был проведён анализ состояния улиц экспериментального района на предмет типа застройки. Все улицы были категорированы и приведены к общему

виду. Для удобства расчётов были выбраны четыре типа (категории) застройки в соответствии с таблицей 7.

Таблица 7

Коэффициенты для расчета загрязнения атмосферного воздуха от выбросов автомобильного транспорта с учетом вида застройки

Тип застройки	Снижение концентрации CO, %	Пересчетный коэффициент 1
Строчная	0	1
Под углом	10	0.9
Фронтальная	50-80	0.5-0.8
Периметральная	35-45	0.35-0.45

На основе собственных расчетов и зависимостей распределения загрязняющих веществ в условиях застройки, полученных методом моделирования, для расчётов распространения окиси углерода получены зависимости распространения с учётом вида застройки. (Таблицы 8,9,10)

Таблица 8

Зависимости для расчетов рассеивания окиси углерода с учетом типа застройки для автомагистралей местного значения

Тип застройки	Формула расчета концентрации CO
Строчная	$y = -21,2 \ln(x) + 35,883$
Под углом	$y = 0,9 * (-21,2 \ln(x) + 35,883)$
Фронтальная	$y = 0,6 * (-21,2 \ln(x) + 35,883)$
Периметральная	$y = 0,35 * (-21,2 \ln(x) + 35,883)$

Таблица 9

Зависимости для расчетов рассеивания окиси углерода с учетом типа застройки для автомагистралей районного значения

Тип застройки	Формула расчета концентрации CO
Строчная	$y = -30,46 \ln(x) + 51,553$
Под углом	$y = 0,9 * (-30,46 \ln(x) + 51,553)$
Фронтальная	$y = 0,6 * (-30,46 \ln(x) + 51,553)$
Периметральная	$y = 0,35 * (-30,46 \ln(x) + 51,553)$

Таблица 10

Зависимости для расчетов рассеивания окиси углерода с учетом типа застройки для автомагистралей городского значения

Тип застройки	Формула расчета концентрации СО
Строчная	$y = -39,85 \ln(x) + 67,451$
Под углом	$y = 0,9 * (-39,85 \ln(x) + 67,451)$
Фронтальная	$y = 0,6 * (-39,85 \ln(x) + 67,451)$
Периметральная	$y = 0,35 * (-39,85 \ln(x) + 67,451)$

Полученные зависимости позволяют получать данные о концентрации загрязняющих веществ (окиси углерода) на расстоянии от автомагистралей различной категории в зависимости от вида застройки городской территории.

### 2.2.2. Стационарный источник

Стационарный источник загрязнения атмосферного воздуха на исследуемой территории – котельная установка на газовом топливе, высота выброса (трубы) которой составляет 40 м. Основные загрязняющие вещества, поступающие от данного источника - это оксиды азота и продукты неполного сгорания (оксид углерода, бензапирен). Из-за небольшой высоты дымовых труб токсичные вещества в высоких концентрациях рассеиваются вблизи котельных установок (Таблица 11).

Таблица 11.

Перечень загрязняющих веществ, вбрасываемых в атмосферный воздух котельной

Вредный выброс	Код	Критерий	Значение ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
оксиды азота	304	ПДК м.р.	0,4	3
оксид углерода	337	ПДК м.р.	5,0	4
бенз(а)пирен	703	ПДК с.с.	0,000001	1

Расчеты рассеивания от стационарных источников загрязнения строятся в соответствии с методикой ОНД-86.[80]

Так, для расчета рассеивания выбросов для одиночного источника или группы  $N$  близкорасположенных источников используется методика, разработанная в Главной геофизической обсерватории им. Воейкова под руководством М.Е. Берлянда.

Для промышленности формула расчета имеет вид (3):

$$C_{\text{пром.}} = \frac{AMFmn}{H^2} \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{V\Delta T}}, \quad (3)$$

где

$A$  - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе,  $C^{2/3} \cdot \text{мг} \cdot \text{град}^{1/3} / \text{г}$

$M$  - количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу г/с;

$F$  - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе для газов;

$m$  и  $n$  - безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

$H$  - высота источника выброса над уровнем земли, м;

$\Delta T$  - разность между температурой выбрасываемой газовой смеси и температурой окружающего воздуха, °С;

$V$  - объем газовой смеси, м<sup>3</sup>/с.

### 2.2.3. Оценка воздействия неблагоустроенных территорий (пылевой фактор)

По данным натурных исследований, на модельной территории определяются зоны (микротерритории) с ограниченно благоприятным (зона от ул. Циолковского до ул. Рабоче-Крестьянской) и неблагоприятным типом по уровню благоустройства (зона от ул. Рабоче-Крестьянской до ул. Череповецкой). Их отличает невысокий процент озеленения территории, недостаточная площадь озеленения на 1 жителя (ниже рекомендуемых - 25 м<sup>2</sup> для южных территорий), высокий процент неблагоустроенных, пылящих территорий, наличие сорной растительности в дворовых пространствах, низкий % площади асфальтового покрытия дорожек, наличие неблагоустроенной территории, малая площадь объектов озеленения общего пользования (сквер им. Саши Филиппова) (Таблица 12).

Показатели благоустройства изучаемой территории

№	Показатель благоустройства территории	Значение показателя
1	Процент озеленения территории	18,4- 30,7
2	Площадь зеленых насаждений на 1 жителя (м <sup>2</sup> )	4,9-12,6
3	Процент неблагоустроенных площадей	20-25
4	Газонное покрытие	0-1,8
5	Дорожки с твердым покрытием, %	11,4-35,6
6	Дендрологический состав древесно-кустарниковой растительности (кол-во видов)	16-19
7	Водные объекты (фонтаны, бассейны)	0
8	Зеленые насаждения общего пользования (%)	Менее 5
9	Плотность застройки микротерритории	22,2-26,3

Городские территории, особенно недостаточно благоустроенные, с развитой промышленностью и транспортом, являются источниками загрязнения воздушной среды. Существующий уровень благоустройства территории является фактором, способствующим формированию высокого содержания пыли в воздухе, особенно в теплый период года, затруднению его очищения от вредных примесей зелеными насаждениями.

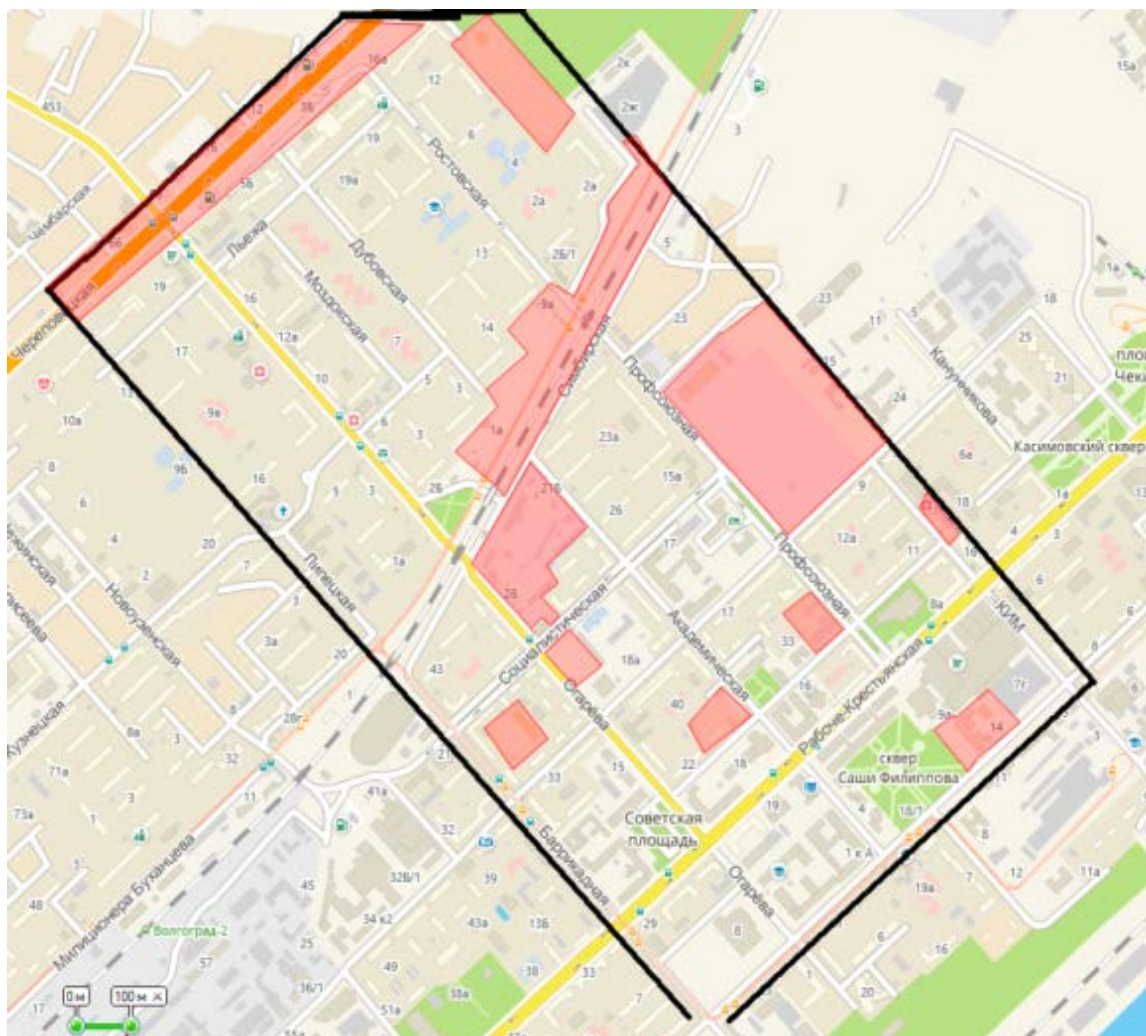


Рис. 18 Карта расположения неблагоустроенных территорий исследуемой зоны Ворошиловского района.

Общая площадь неблагоустроенных территорий (Рис. 18) составляет около 20% от общей территории исследуемого участка ( $0,31 \text{ км}^2$ ). Значительную площадь составляет неблагоустроенная территория, образовавшаяся после сноса промышленного предприятия (завода медицинского оборудования), которая была учтена при расчете полей загрязнения как временный источник загрязнения атмосферного воздуха площадного типа.

Средние концентрации пыли на изучаемой территории, проводимые в теплый период года составили  $0,33 \text{ мг/м}^3$  на ограниченно благоприятной микротерритории и  $0,41 \text{ мг/м}^3$  на неблагоприятной, количество проб, превышающих ПДК составило соответственно 50 и 60% от общего количества отобранных проб (Таблица 13). Пробы отбирались аспирационным методом.

Фильтры взвешивались до отбора проб и после, по объему прошедшего воздуха определялись концентрации.

Таблица 13

Концентрации пыли на территориях жилой застройки на территориях  
Ворошиловского района (мг/м<sup>3</sup>)

№ пробы	Территория с ограниченно благоприятным уровнем благоустройства	Территория с неблагоприятным уровнем благоустройства
1	0,25	0,30
2	0,42	0,45
3	0,17	0,16
4	0,16	0,18
5	0,75	0,80
6	0,50	0,58
7	0,10	0,20
8	0,40	0,60
9	0,35	0,39
10	0	0,10
11	0,10	0,10
12	0,35	0,40
13	0,20	0,21
14	0,43	0,45
15	0,15	0,16
16	0,64	0,70
17	0,70	1,50
18	0,16	0,25
19	0,23	0,33
20	0,45	0,43
M±m	0,33±0,05	0,41±0,07

Для оценки рассеивания пылевых частиц на территории важно учитывать такой фактор как дисперсность пыли. Данные о дисперсности городской пыли на изучаемой территории представлены в таблице 14.

Таблица 14

Дисперсная характеристика городской пыли в атмосферном воздухе на территории  
Ворошиловского района (%)

Уровень благоустройства территории	Удельный вес фракций				
	До 1 мкм	1-1,9 мкм	2-5,9 мкм	6-10 мкм	Более 10 мкм
Ограниченно-благоприятная	43,3±4,98	31,54±4,85	16,86±3,17	2,89±0,71	3,45±1,12
Неблагоприятная	46,45±4,23	31,79±4,85	15,71±2,85	2,82±0,88	3,35±1,06

По данным натурных исследований в городской пыли преобладают мелкодисперсные фракции: большую часть составляют частицы размером до 1 мкм (в среднем 44%), значительна также фракция от 1 до 2 мкм (удельный вес ее в среднем 31%). Наименьшее количество составила фракции 6-10 мкм и более 10 мкм.

При расчетах загрязнения атмосферного воздуха от неблагоустроенной, пылящей территории учитывались данные о том, что более вероятностным процессом, обеспечивающим дополнительное запыление городской среды природной пылью, является процесс местного ветропылепереноса.

Процесс местного пылепереноса может проявляться в виде: пыльного поземка, пыльного суховея и пыльной бури. Пыльный поземок - это перенос пыли непосредственно у земной поверхности, не выше 1-2 м.

Поземок проявляется на распыленной сухой поверхности при малых скоростях ветра (4-8 м/с) в виде развеивания. При поземках образуются значительные скопления пыли в придорожных выемках, на отдельных растениях и в неровностях рельефа. Данный вид пылепереноса характерен также для городской среды. Большое количество пыли может скапливаться на автомагистралях и тротуарах, вдоль стен жилых домов, у ограждений и т.д., а при неблагоприятных метеорологических условиях - при сильном ветре и низкой влажности - пыль с потоками воздуха способна подниматься вверх.

Суховой - это ветер при высокой температуре, низкой относительной влажности воздуха и большом дефиците влажности (насыщения).

Пыльные бури, возникающие в результате местного пылепереноса, охватывают небольшие площади и быстро затухают. Такие бури типичны для продолжительного, жаркого и сухого летнего периода в Волгограде.

Пыльные бури различают по продолжительности. Кратковременные пыльные бури (15-45 минут), вызываемые шквалистыми ветрами, приводят к кратковременному замутнению атмосферы за счет взвешенных в воздухе мелких частиц и не оставляют заметных следов выдувания на почвенном покрове. Повторяемость таких бурь составляет 42-62%. При средней продолжительности

(1,5-3 часа) перенос частиц ограничивается площадью в несколько десятков га. Особо опасными считаются пыльные бури продолжительностью 6 часов и более. В Нижнем Поволжье средняя скорость ветра при пыльных бурях изменяется от 4 до 22 м/с, а наиболее вероятная скорость составляет 14-16 м/с.

Несмотря на закономерность высокой запыленности городской и природной среды в летнее время, переходные периоды - весна и осень, характеризуются не менее высокими показателями. Как показывают исследования, проведенные в г. Волгограде, запыленность воздуха весной объясняется тем, что отопительный сезон еще не закончился и к выбросам пыли от энергетических объектов добавляется пыль, поднимающаяся с высыхающей поверхности почвы. Весенний сезон характерен также поступлением в атмосферу пыльцы от цветущих растений. Осенью в Волгограде обычно сохраняется сухая погода, также способствующая запыленности городской среды. Кроме того, почвы наиболее податливы выдуванию в зимний и ранневесенний период, когда ветры имеют наибольшую скорость, а снежный покров отсутствует.

Таким образом, наибольшая запыленность городской среды наблюдается в летний и весенне-осенний периоды. В несколько меньшей степени - в зимний и ранневесенний период, когда ветры имеют наибольшую скорость, а снежный покров отсутствует.

Сочетание засушливости климата с сильными ветрами со скоростью выше порога природного пылепереноса называют ветроэрозионной погодой, продолжительность и повторяемость которой определяет активность и масштабность местного пылепереноса. Например, в Волгограде, в течение почти 60 дней в году, наблюдается влажность воздуха 30% и менее, сочетающаяся с сильными ветрами более 15 м/с (7-8 раз в году). Все это способствует загрязнению почвенной пылью воздушных потоков, поступающих вглубь застройки.

При расчетах уровня и площади запыленности изучаемой территории, учитывалась скорость ветра, при которой происходит отрыв частицы и ее

перенос. Такая скорость называется пороговой или критической, и значение ее зависит от размера частиц пыли.

В таблице 15 указаны значения критической скорости ветра для частиц различного диаметра.

Таблица 15

Зависимость пороговой скорости ветра пылепереноса от размера частицы

Дисперсность	Диаметр частиц, мкм	Пороговая скорость ветра, создающая перенос пыли по А.К. Дюнину (м/сек)
-	1000-500	4,5
-	500-200	3,5
-	200-100	3,5
Крупная	100-50	4,0
Крупная	50-10	-
Средняя	10-1	-

В таблице 16 представлены зависимости пороговой скорости ветра пылепереноса от типа почв.

Таблица 16

Пороговая скорость ветра пылепереноса различных типов почв, на высоте 1,5 м

Типы почв	Доля частиц песка к общему составу почвы	Группа	Пороговая скорость ветра пылепереноса, м/с
Средние и тяжело-суглинистые некарбонатные почвы	60-50 и 50-30%	I группа	В естественных условиях (если они не нарушены) эрозии не подвергаются. При $V=20$ м/с возможен пылеперенос
Пески и песчаные рыхлые почвы	100-85%	II группа	Пылят при слабом ветре 1-3 м/с, даже, при наличии древесной растительности
Пески боровые и песчаные, связанные и супесчаные почвы, городская пыль	85-70%	II группа	3-4 м/с
Легко-суглинистые почвы	70-60%	II группа	4-5 м/с
Карбонатные и тяжело-суглинистые почвы	50-30%	II группа	5,5-7 м/с

Значения пороговой скорости пылепереноса для частиц от 0,1 до 1000 мкм составляют 1 - 4,5 м/с; и для типа почв: пески (1-3 м/с), супеси и городская пыль (3-4 м/с), суглинки (4-5 м/с, 5,5-7 м/с и св. 20 м/с).

При скорости ветра более 1 м/с, мелкодисперсная пыль поднимается в воздух и в течение часа переносится на расстояние более 20 км. Такие условия в Волгограде наблюдаются 285 дней в году. При увеличении скорости увеличивается количество поднятой пыли и соответственно ее концентрация в воздухе. В весенне-летний период года увеличивается повторяемость восточных и юго-восточных ветров со средней скоростью 3,5-5,8 м/с. Около 60 дней в году в Волгограде наблюдается влажность 30 % и менее, сочетающаяся с сильными ветрами более 15 м/с (7-8 раз в году). Эти условия способствуют загрязнению почвенной пылью воздушной массы, переносимой в селитебную застройку.

Перенос пыли ветровым потоком в горизонтальном направлении определяет зону пылевого загрязнения, ширина которой зависит от скорости ветра и размера частиц. При скорости ветра 1 м/с пыль диаметром 10 мкм переносится на 100 м, диаметром 1 мкм – на 900 м, а при скорости 4 м/с – соответственно на 400 и 3600 м.

#### **2.2.4. Объекты нового строительства и сноса зданий и сооружений в сложившейся застройке, как источник загрязнения и их влияние на систему мониторинга**

В современных условиях, когда довольно часто наблюдается возведение новых зданий в условиях сложившейся застройки (в т.ч. точечная застройка), объекты нового строительства также необходимо рассматривать как источники возникновения неблагоприятных факторов окружающей среды, в том числе и источник загрязнения.

На объектах нового строительства производится ряд работ, которые способствуют загрязнению атмосферного воздуха - расчистка земель, эксплуатация дизельных двигателей строительной техники и транспортных средств, жжение, снос, лакокрасочные и сварочные работы, пересыпка песка,

щебня, асфальта и т.д. При этом возникает определенное негативное воздействие на состояние воздушной среды на селитебной территории, прилегающей к строительной площадке.

Строительные площадки на городской территории необходимо рассматривать как источник повышенной пылевой нагрузки. Все они генерируют высокие уровни пыли, которые могут переноситься на дальние расстояния. Пыль на строительстве образуется при дроблении камня, размалывании и просеивании извести, гипса, взрывании земляных масс, транспортировании сыпучих материалов, разборке сооружений и др.. При погрузке и выгрузке сыпучих материалов в воздух образуется значительное количество цементной пыли, которая рассеивается на расстояния до расположенной вблизи жилой застройки. Строительная пыль классифицируется как твердые частицы в 10 мкм. Строительная пыль на стройке также генерируются дизельными двигателями автомобилей и тяжелой строительной техникой. Эти частицы состоят из сажи, сульфатов и силикатов, которые увеличивают риски для здоровья населения.

Дизельные двигатели тяжелой строительной техники также выбрасывают в атмосферный воздух окись углерода, углеводороды, оксиды азота. Вредные пары из масел, клеев, растворителей, красок, пластмасс, чистящих средств и других химических веществ, которые используются на строительных площадках, также вносят свой вклад в загрязнение атмосферного воздуха.

Объекты нового строительства приводят к изменению плотности транспортного потока, из-за необходимости подвоза к строительной площадки строительных материалов и др., и вследствие этого являются источниками таких факторов, как увеличение концентрация загрязняющих веществ от автотранспорта, обслуживающего строительство (например, CO), изменение аэрационного потока и др.[158] В результате функционирования объектов нового строительства можно прогнозировать увеличения уровня CO до уровня 11,2 мг/м<sup>3</sup>, создаваемого большегрузным транспортом обслуживающим стройку (прогноз увеличения транспортного потока с 450 до 490 авт/час), с учетом коэффициента

проветриваемости и сложения всех источников выбросов СО на строительной площадке. [161]

Снос существующих зданий и сооружений в условиях городской застройки также приводит к загрязнению атмосферного воздуха за счет образующейся пыли при разрушении, погрузке и вывозе мусора, а также выбросов большегрузной техники, осуществляющей вывоз разрушенных конструкций. Важным негативным последствием сноса зданий для существующей в непосредственной близости жилой территории является тот фактор, что образовавшая территория может долгое время оставаться неблагоустроенной и служить источником загрязнения атмосферного воздуха пылью или же другими вредными веществами, если сносимое здание было производственным (Рис. 19).

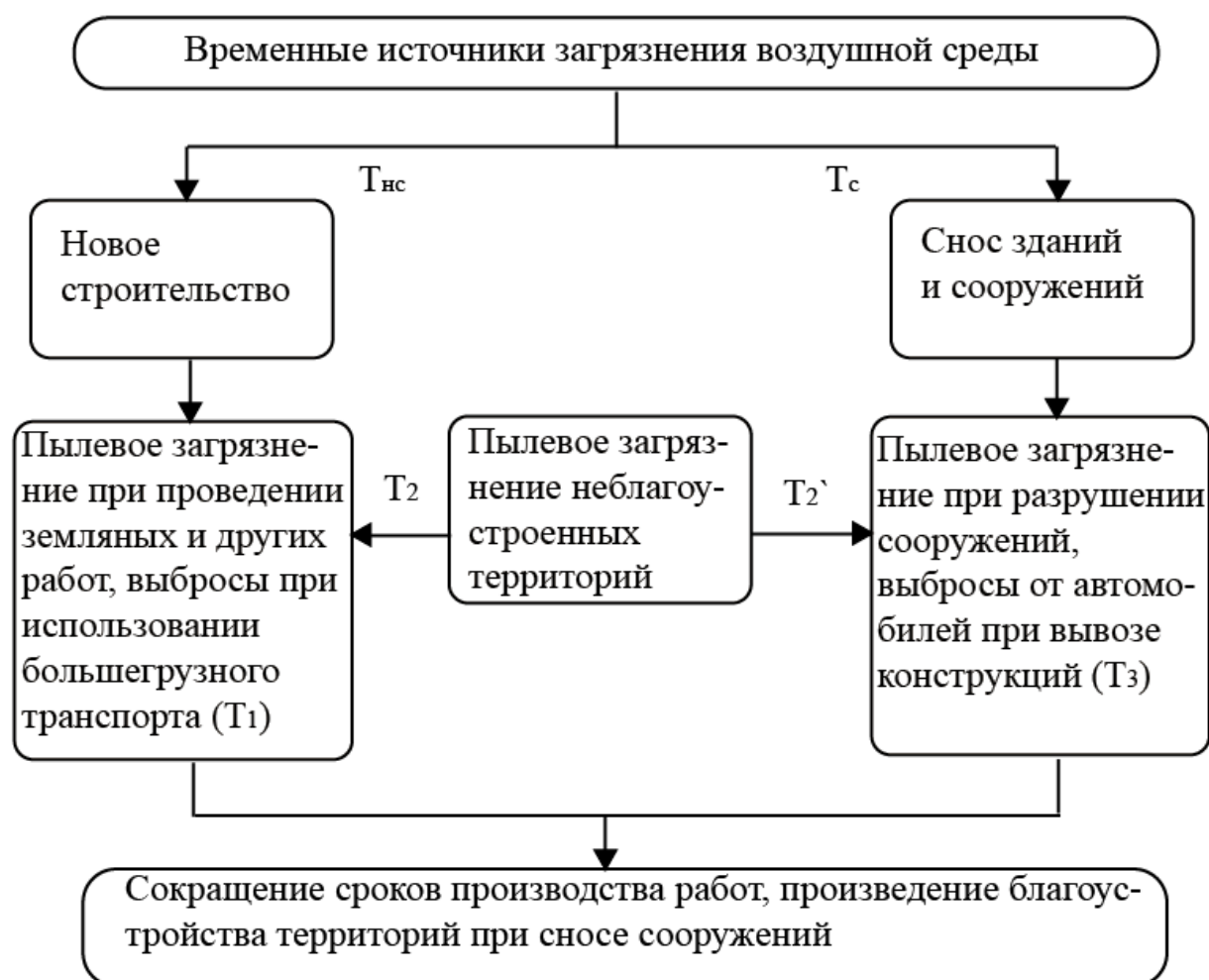


Рис. 19. Блок-схема обоснования принятия мер по снижению негативного воздействия временных источников загрязнения

Таким образом, пылевое загрязнение воздушной среды при сносе зданий, прежде всего вызывается разрушением строительных конструкций (время воздействия  $T_3$ ), а при возведении новых строительных объектов при проведении строительных и земляных работ (время воздействия  $T_1$ ). При оценке пылевого загрязнения необходимо учитывать также, что источником пылеобразования становятся неблагоустроенные территории, остающиеся после сноса зданий и сооружений (зачастую длительное время -  $T_2'$ ), а также и неблагоустроенные территории после возведения новых зданий до момента полного благоустройства прилегающей территории ( $T_2$ ). В среднем, благоустройство после сноса зданий ( $T_2'$ ) занимает значительно больше времени, чем после постройки ( $T_2$ ). Так время существования пылевого загрязнения можно выразить следующим образом (4, 5):

$$T_{nc} = T_1 + T_2 \quad (4)$$

$T_{nc}$  - время воздействия объекта нового строительства, как источника пыли в атмосферном воздухе;

$T_1$  - время пылеобразования при проведении строительных работ при возведении нового объекта;

$T_2$  - время пылеобразования от неблагоустроенных территорий после возведения нового объекта.

$$T_c = T_3 + T_2' \quad (5)$$

$T_c$  - время воздействия объекта по сносу зданий и сооружений, как источника пыли в атмосферном воздухе;

$T_3$  - время пылеобразования при проведении строительных работ при сносе объекта строительства;

$T_2'$  - время пылеобразования от неблагоустроенных территорий, образовавшихся после сноса объекта строительства.

В таблице 17 представлены основные виды строительных работ и негативные виды воздействия на атмосферный воздух при их проведении.

Негативные воздействия на атмосферный воздух при проведении  
строительных работ при возведении новых строительных объектов и  
сносе существующих зданий

№ п/п	Виды работ	Виды воздействия	Загрязняющие вещества, поступающие в атмосферный воздух
<b>При возведении новых объектов</b>			
1	Организация строительной площадки	Образование пыли при расчистке территории, проведении земляных; Выбросы большегрузного автотранспорта при вывозе мусора;	Пыль неорганическая;  Оксиды азота, окись углерода, окись сажа, углеводороды, формальдегид и др.
2	Транспортные, погрузо-разгрузочные работы, работа компрессоров, отбойных молотков и другого строительного оборудования	Выбросы большегрузного автотранспорта и при работе строительной техники Образование пыли от строительных материалов	Оксиды азота, окись углерода, окись сажа, углеводороды формальдегид и др.  Пыль неорганическая, пыль строительных материалов (цемент, гипс и др.)
4	Сварочные, изоляционные, кровельные, отделочные работы	Выбросы в атмосферный воздух вредных веществ	Пары из масел, клеев, растворителей, красок, пластмасс, ксилол, керосин, углеводороды и др., пыль, оксид углерода, оксиды азота
5	Каменные и бетонные работы	Образование пыли	Пыль неорганическая, пыль строительных материалов (цемент, гипс и др.)
<b>При сносе зданий и сооружений</b>			
	Работы по разрушению строительных конструкций	Образование пыли от строительных материалов	Пыль неорганическая, пыль строительных материалов (цемент, гипс и др.)
	Транспортные, погрузочные работы, работа строительного оборудования	Выбросы большегрузного автотранспорта и при работе строительной техники Образование пыли от строительных материалов	Оксиды азота, окись углерода, окись сажа, углеводороды формальдегид и др. Пыль неорганическая, пыль строительных материалов (цемент, гипс и др.)

Таким образом, в связи с возможным негативным влиянием объектов нового строительства и работ по сносу имеющихся зданий на состояние

атмосферного воздуха в зоне жилой застройке, их необходимо оценивать как временный источник загрязнения и учитывать при планировании сети мониторинга качества атмосферного воздуха.

### 2.3. Оценка метеорологических условий.

Волгоград - крупный промышленный центр. В настоящее время долина городского полукольца достигает примерно 80 км при ширине от 3 до 10 км. Общая площадь, очерченная границами города, составляет 400 кв.км, однако территории, занятые городскими кварталами, почти в 3 раза меньше, что показывает на «рыхлость» структуры Волгограда. В городе существуют разрывы между районами, занятые зелеными зонами и пустырями.

Климат Волгограда резко континентальный. Основные климатические особенности Волгограда формируются под воздействием Азиатского материка, переохлажденного зимой и перегретого летом, а также под смягчающим влиянием западного переноса воздушных масс.

Лето в Волгограде продолжительное, сухое, знойное, пыльное, наступающее сразу после зимы без большого весеннего периода. Практически сразу после того как сойдет снег, наступают теплые дни, начинают дуть суховеи. Наиболее жаркий месяц - июль, когда температура доходит до  $43^{\circ}\text{C}$  среднемесячная  $26,2^{\circ}\text{C}$  (Рис. 20). Значительна амплитуда среднесуточных колебаний температур - в июле-августе достигает  $16,3^{\circ}\text{C}$ . Зима суровая, малоснежная, с недостаточным количеством атмосферных осадков. Наиболее холодный месяц январь, когда температура снижается до  $-28^{\circ}\text{C}$  (среднемесячная температура  $-6,7^{\circ}\text{C}$ ). [49]

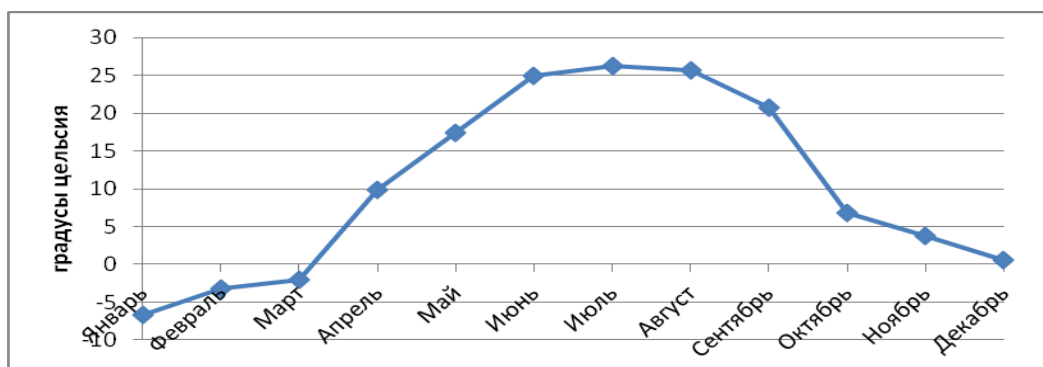


Рис. 20. Динамика среднемесячных температур в г. Волгограде (2015 г.)

Климат Волгограда характеризуется достаточно высокими скоростями ветра – среднемноголетнее значение 3,8 м/с, значительной повторяемостью приземных инверсий температуры (39%), повторяемостью приподнятых инверсий температуры (42%) (Таблица 18).

Таблица 18

Основные метеорологические характеристики климата Волгограда  
(многолетние значения)

Метеорологические характеристики	Многолетние значения	Значения 2015 год
Осадки, количество дней	125	148
Скорость ветра, м/с	3,8	2,2
Повторяемость приземных инверсий температуры, %	39	43
Повторяемость застоев воздуха, %	9	3
Повторяемость ветров со скоростью 0-1 м/с, %	22	14
Повторяемость приподнятых инверсий температуры, %	42	23
Повторяемость туманов, %	10	2

При расчете среднемесячных метеорологических характеристик за 2015 год и использованы сведения опорной метеостанции (М Волгоград СХИ) и аэрологической станции Волгоград (АЭ Волгоград) (Таблица 19).

Таблица 19

Метеорологические характеристики и потенциал загрязнения атмосферы  
в г.Волгограде в 2015 году

Метеорологические характеристики	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Осадки, количество дней	19	17	8	15	15	11	9	5	5	7	11	26	148
Повторяемость приземных инверсий температуры, %	55	43	61	30	45	47	52	49	52	41	28	31	43
Повторяемость застоев воздуха, %	0	4	0	2	3	5	3	7	8	2	2	0	3
Повторяемость ветров со скоростью 0-1 м/с, %	3	25	13	17	39	37	19	39	50	29	10	13	14
Повторяемость приподнятых инверсий температуры, %	42	54	35	18	11	3	6	3	3	34	50	45	23
Повторяемость туманов, %	6	14	1	0,1	0	0	0	0	0	2	6	2	2
ПЗА	2,7												

Территория России характеризуется большим разнообразием климатических условий, определяющих потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА).

ПЗА определяет перенос и рассеивание примесей, поступающих в воздушный бассейн города с выбросами от предприятий и автотранспорта. Выделяется пять зон с различными условиями рассеивания примесей: низкий, умеренный, повышенный, высокий и очень высокий. Низкий ПЗА, благоприятные условия для рассеивания, наблюдается на северо-западе Европейской части России (I и II зона). Территория Волгоградской области относится к зоне с повышенным ПЗА.

Существенное влияние на перенос веществ в атмосфере и формирование ее загрязнения оказывают ветровой режим и температурные характеристики нижнего слоя атмосферы. [51,154,155]

Так, скорости ветра (по данным наблюдений Гидрометслужбы) представлены в таблице 20. Следует отметить, что данные о скорости ветра на опорной метеостанции (М Волгоград СХИ) и аэрологической станции Волгоград (АЭ Волгоград) в пос. Гумрак значительно отличаются: на метеостанции М Волгоград СХИ, находящейся на застроенной территории города, скорости ветра значительно ниже. Данный факт следует учитывать при оценке формирования пылевого загрязнения или при планировании застройки на свободных территориях города.

Таблица 20

Среднемесячная температура воздуха и скорость ветра в г. Волгограде (2015 год)

Месяц года	Средняя скорость ветра, м/с на метеостанции СХИ	Средняя скорость ветра, м/с на метеостанции п. Гумрак
Январь	2,7	6,5
Февраль	2,1	5,2
Март	2,7	6,1
Апрель	2,5	6,2
Май	1,7	4,5
Июнь	1,8	4,3
Июль	2,0	4,5
Август	2,0	4,1
Сентябрь	1,5	4,2
Октябрь	2,1	4,9
Ноябрь	2,5	5,6
Декабрь	2,8	6,4

Данные об изменениях скорости ветра на метеостанциях М Волгоград СХИ и АЭ Волгоград в пос. Гумрак г. Волгограда в течение года представлены на рисунках 21,22.

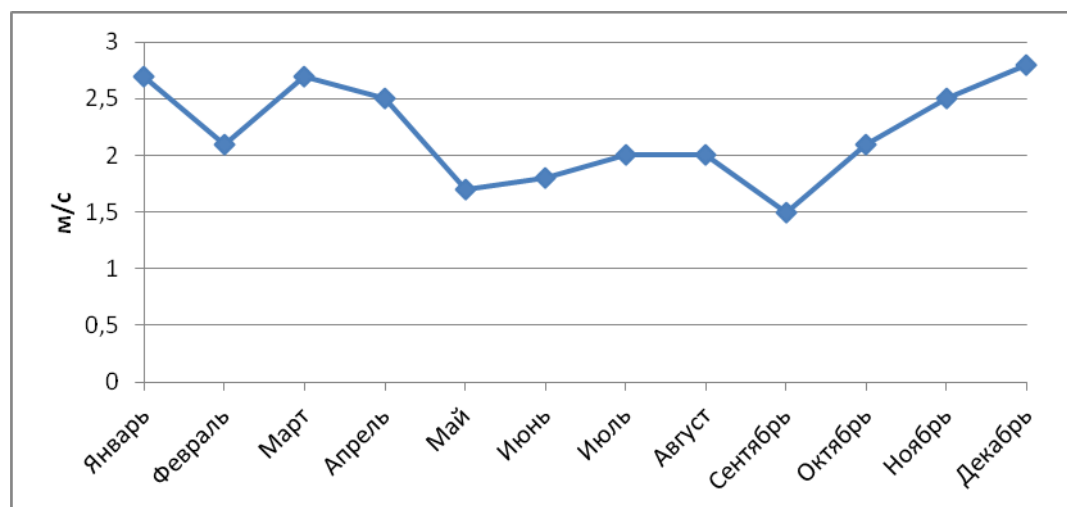


Рис. 21. Динамика среднемесячной скорости ветра в г. Волгограде в 2015 году на метеостанции М Волгоград СХИ

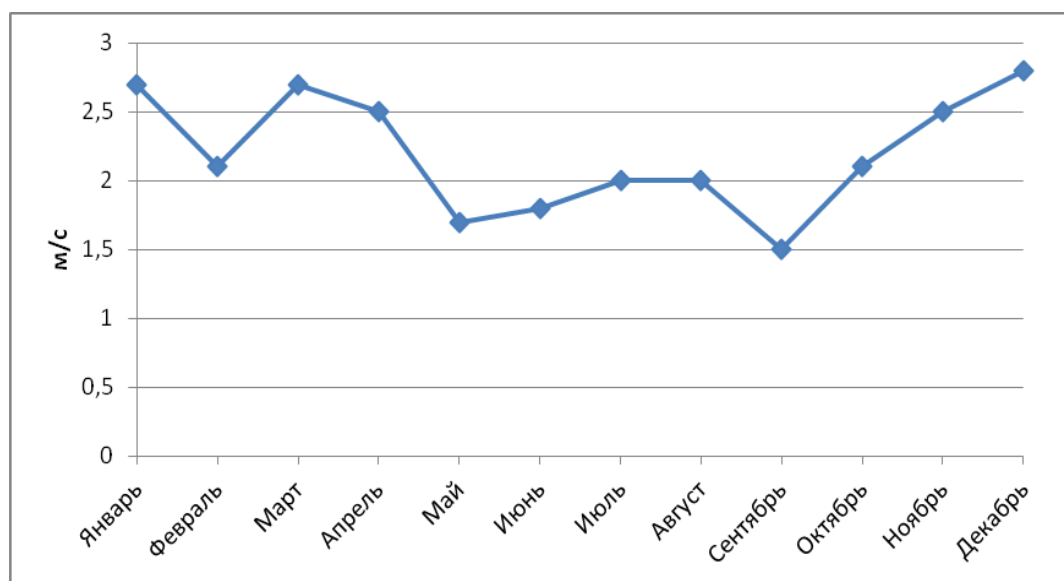


Рис. 22. Динамика среднемесячной скорости ветра в г. Волгограде в 2015 году на аэрологической станции г. Волгоград в пос. Гумрак

При оценке влияния воздействия метеорологических условий на рассеивание загрязняющих веществ необходимо выявлять неблагоприятные скорости ветра для разных источников, создающие условия максимального загрязнения атмосферного воздуха или распространения загрязняющих веществ. Так, скорости ветра, при которых создаются условия наибольшего загрязнения

атмосферного воздуха от различных источников в городских условиях, представлены в таблице 21.

Таблица 21

Наиболее неблагоприятные скорости ветра для распространения загрязнения атмосферного воздуха от разных типов источников

Промышленный источник	Автомобильный транспорт	Неблагоустроенные (пылящие) территории
3-5 м/с	0-1 м/с	Более 5 м/с

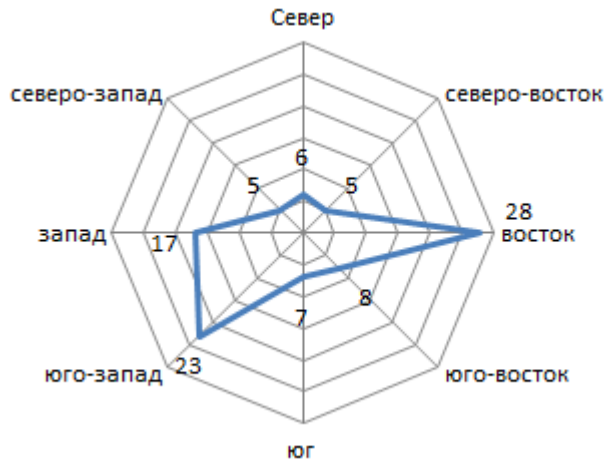
Решающее влияние на уровень загрязнения атмосферы в различных районах города имеет направление ветра. Данные о направлениях ветра в 2015 году по данным метеорологической станции АЭ Волгоград в пос. Гумрак представлены в таблице 22.

Таблица 22

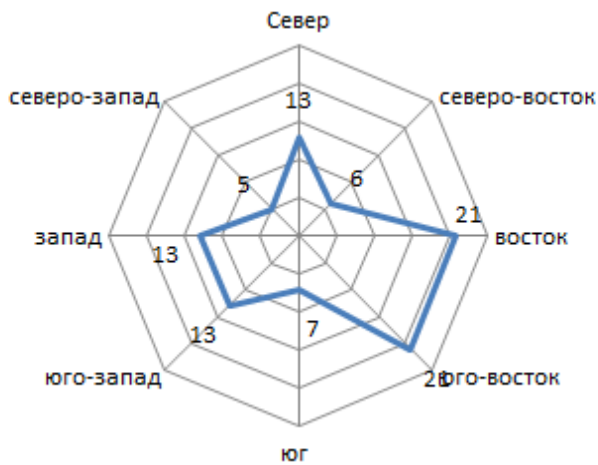
Результаты оценки замеров направления ветра в г. Волгограде в течение года

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Число замеров	248	223	246	240	244	240	247	244	234	244	242	246
Север	6,0	13,5	7,7	2,5	11,1	15,4	10,5	16,8	5,1	10,2	4,1	8,5
Северо-восток	4,8	6,3	27,6	2,9	9,0	10,8	6,9	28,3	15,4	4,9	3,3	2,4
Восток	27,8	20,6	33,7	13,8	17,6	15,0	11,3	17,2	39,3	16,0	7,9	2,0
Юго-восток	8,5	21,1	3,7	16,7	13,9	10,4	8,1	3,7	16,2	11,5	21,5	6,9
Юг	7,3	6,7	2,4	12,9	4,9	5,0	5,7	2,0	9,0	7,0	14,0	6,9
Юго-запад	23,4	13,0	14,6	29,2	8,6	14,6	17,8	9,0	3,4	11,9	12,4	14,6
Запад	17,3	13,5	6,1	19,6	24,6	18,8	27,1	10,7	6,8	23,8	21,1	48,4
Северо-запад	4,8	5,4	4,1	2,5	10,2	10,0	12,6	12,3	4,7	14,8	15,7	10,2

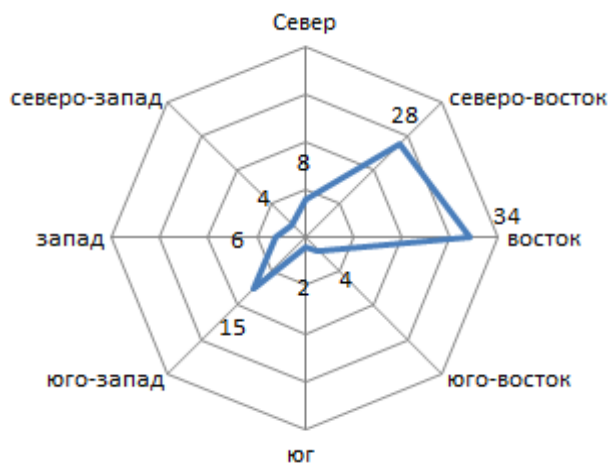
На основе полученных данных метеостанции о направлениях ветров в г. Волгограде, были построены розы ветров по месяцам (2015 г.) (рис. 23).



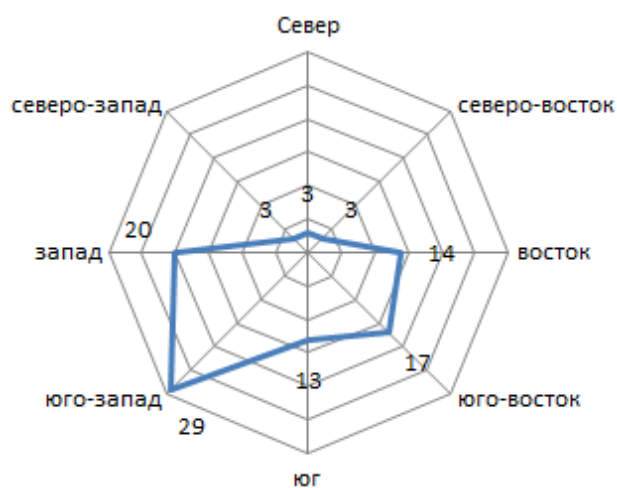
1. январь



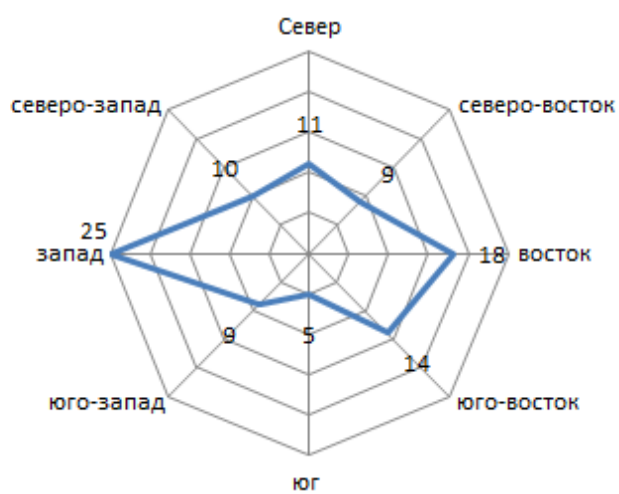
2. февраль



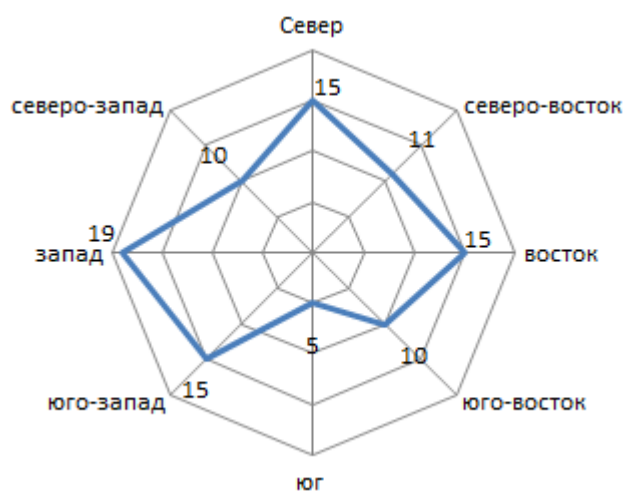
3. март



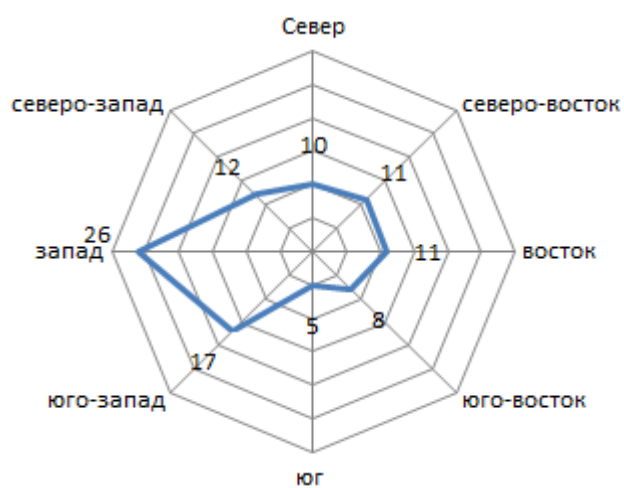
4. апрель



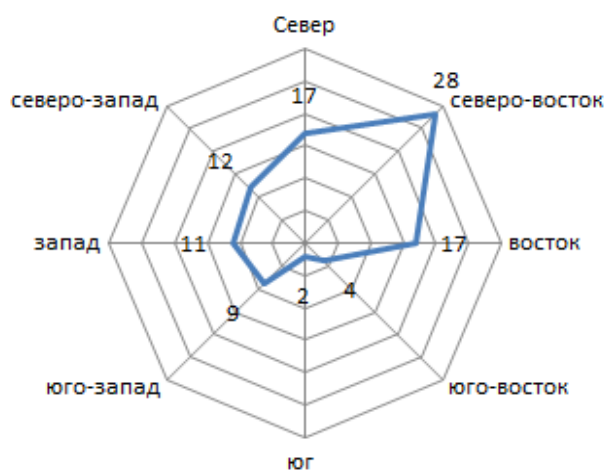
5. май



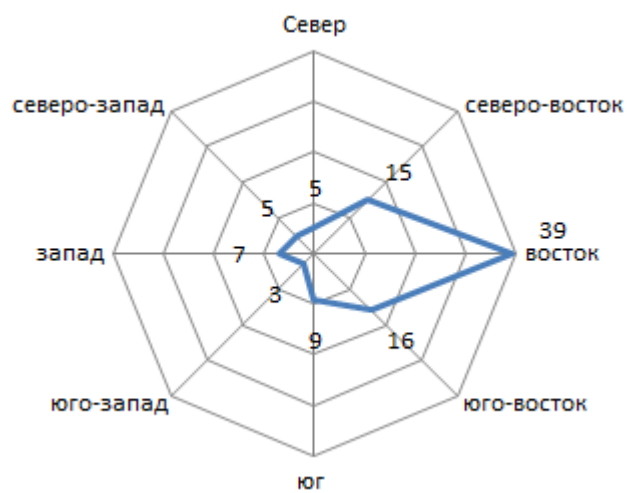
6. июнь



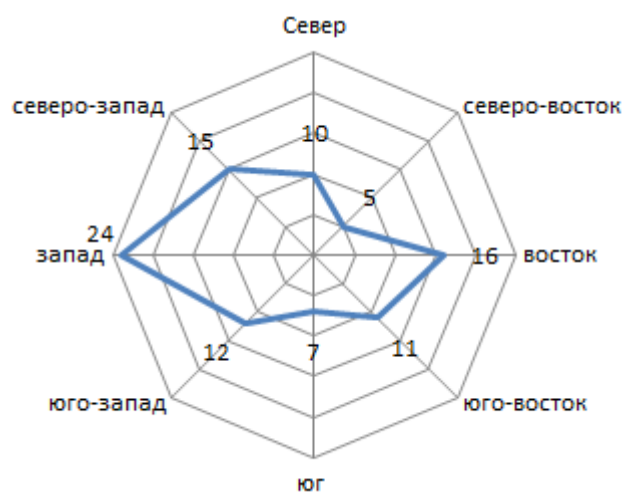
7. июль



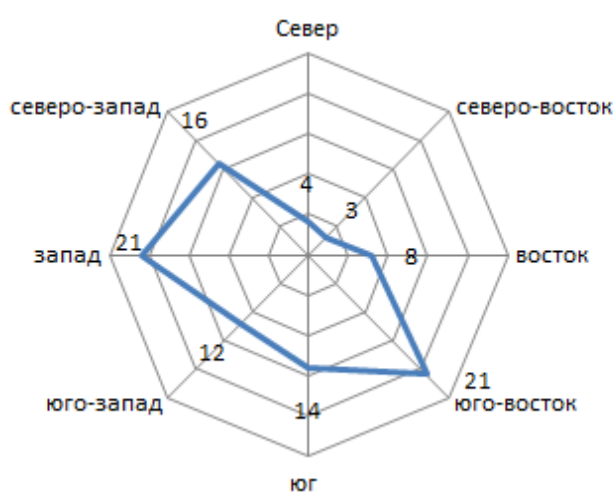
8. август



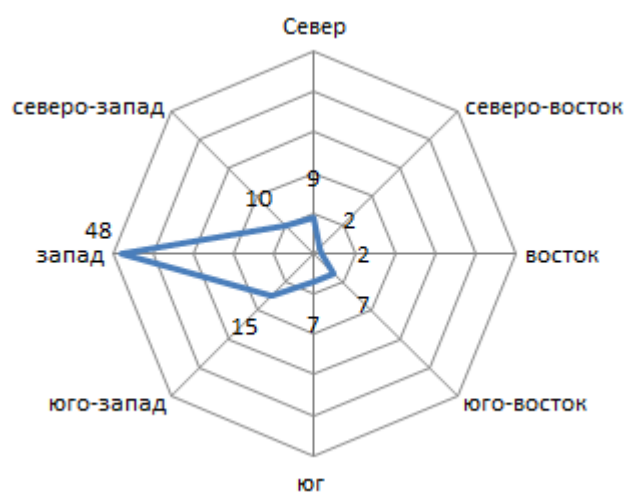
9. сентябрь



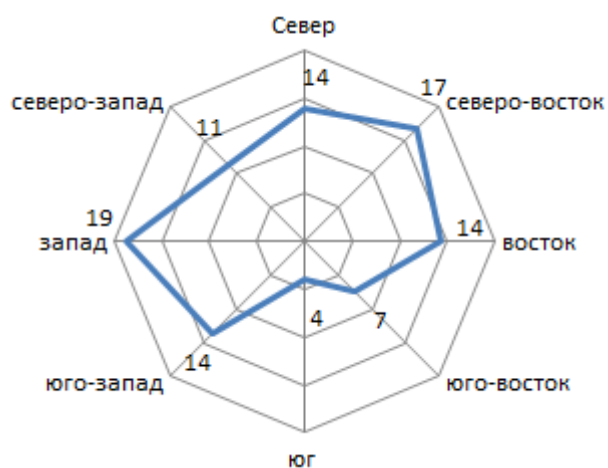
10. октябрь



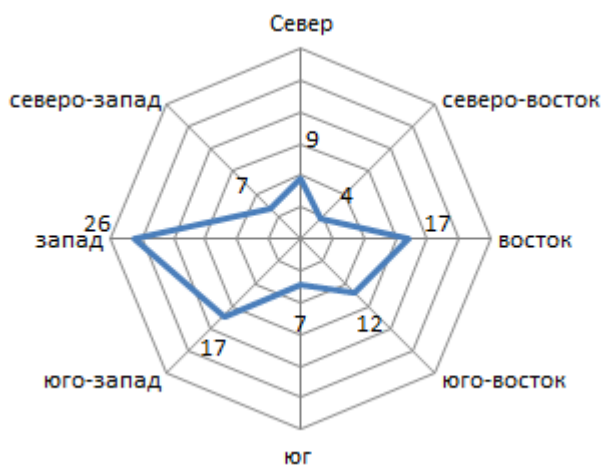
11. ноябрь



12. декабрь



13. теплое время года



14. холодное время года

Рис. 23. Розы ветров по месяцам: 1. Январь; 2. Февраль; 3. Март; 4. Апрель 5. Май 6. Июнь; 7. Июль; 8. Август; 9. Сентябрь; 10. Октябрь; 11. Ноябрь; 12. Декабрь; 13. Теплое время года; 14. Холодное время года

В течение года в Волгограде преобладают ветра западного восточного и северо-восточного направлений. В теплое время года – западный и северо-восточный, в холодное – западный и восточный.

(Таблица 23)

Таблица 23

Преобладающие направления ветра в Волгограде								
Направление ветра	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Год	34	38	67	43	25	52	72	33
Теплое время года	16	18	19	11	5	15	25	14
Холодное время года	12	14	28	18	11	24	32	12

Преобладающие направления ветров в конкретных условиях определяют места и время формирования наибольшего загрязнения в течение года, от чего зависит расположение сети постов наблюдения за атмосферным воздухом и стратегия безопасного размещения жилой застройки, социальных объектов инфраструктуры.

## **Выводы по главе 2.**

1. Современная система мониторинга атмосферного воздуха должна быть репрезентативной и динамической, то есть учитывать все основные источники загрязнения на территории и их комбинированное действие (техногенные и природные, временные и постоянные), а также такие факторы, тип застройки, благоустройство территории и их изменения, сезонные изменения метеорологических факторов.

2. При разработке динамической системы мониторинга должны учитываться следующие важнейшие источники загрязнения атмосферного воздуха:

- стационарные и подвижные;
- точечные, площадные и линейные;
- необходимо учитывать не только постоянные источники загрязнения, но и временные, в том числе, например, объекты нового строительства, объекты сноса зданий и сооружений).

3. В результате исследования были получены типичные зависимости рассеивания загрязняющих веществ от автомагистралей различных категорий, что позволит для них проводить расчеты концентрации загрязняющих веществ на различном удалении от проезжей части.

4. При оценке рассеивания загрязняющих веществ от автомобильного транспорта необходимо учитывать вид застройки городской территории. Для получения полей рассеивания в условиях различного вида застройки возможно использовать данные и зависимости рассеивания загрязняющих веществ, полученные методом моделирования. Использование этих данных позволит

усовершенствовать систему построения сети мониторинга атмосферного воздуха в условиях города в целях получения репрезентативных данных.

5. Метеорологические условия и уровень благоустройства изучаемой территории создают условия для создания условий повышенной запыленности атмосферного воздуха.

6. Метеорологические факторы, изменяющиеся условия застройки, благоустройства и интенсивности движения автотранспорта, а также появляющиеся объекты нового строительства обуславливают пространственно-временную изменчивость выбросов, условий рассеивания загрязнителей в атмосфере, и обуславливают сложный характер изменчивых полей концентраций загрязняющих веществ в окружающей городской среде.

### **ГЛАВА 3 ВЫЯВЛЕНИЕ СОЧЕТАНИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ. ОБОСНОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА МОДЕЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ**

#### **3.1. Построение моделей влияния метеорологических условий на загрязнение атмосферного воздуха от основных источников в условиях разных типов жилой застройки с учетом основных источников загрязнения**

Для получения полного представления о распространении загрязняющих веществ в условиях городской застройки может быть недостаточно или непрактично ограничиваться одним лишь измерением параметров окружающей среды. Необходимо сочетать его с другими объективными методами получения оценочных данных, включая моделирование, интерполирование и картирование. Моделирование представляет собой мощный инструмент для интерполирования, прогнозирования и оптимизации стратегий борьбы с загрязнением. Измерение качества атмосферного воздуха (натурные исследования) и проведение оценки посредством моделирования взаимно дополняют друг друга.

В данном случае для построения моделей рассеивания загрязнителей от автомагистралей при различных метеоусловиях должны использоваться данные натурных исследований об интенсивности движения автомобильного транспорта, проведен расчет рассеивания загрязняющих веществ в соответствии с ГОСТ 56162—2014 и с применением зависимостей, полученных методом моделирования (метод натурного эксперимента) для различных видов застройки (Рис. 24, 25, 26, 27)



Рис. 24. Микрорайонная застройка при восточном направлении в тёплый период года (ветер 2 м/с).



Рис. 25. Микрорайонная застройка при западном направлении ветра в тёплый период года (ветер 2 м/с).



Рис. 26 Квартальная застройка при западном направлении ветра в тёплый период года (ветер 2 м/с).



Рис. 27 Квартальная застройка при восточном направлении ветра в тёплый период года (ветер 2 м/с).

Модели рассеивания от основных источников (автотранспорт, промышленный источник, неблагоустроенные территории) в условиях существующей жилой застройки были построены для различных метеорологических условий – по 8-ми румбам (Рис 28,29,30,31,32,33,34,35).

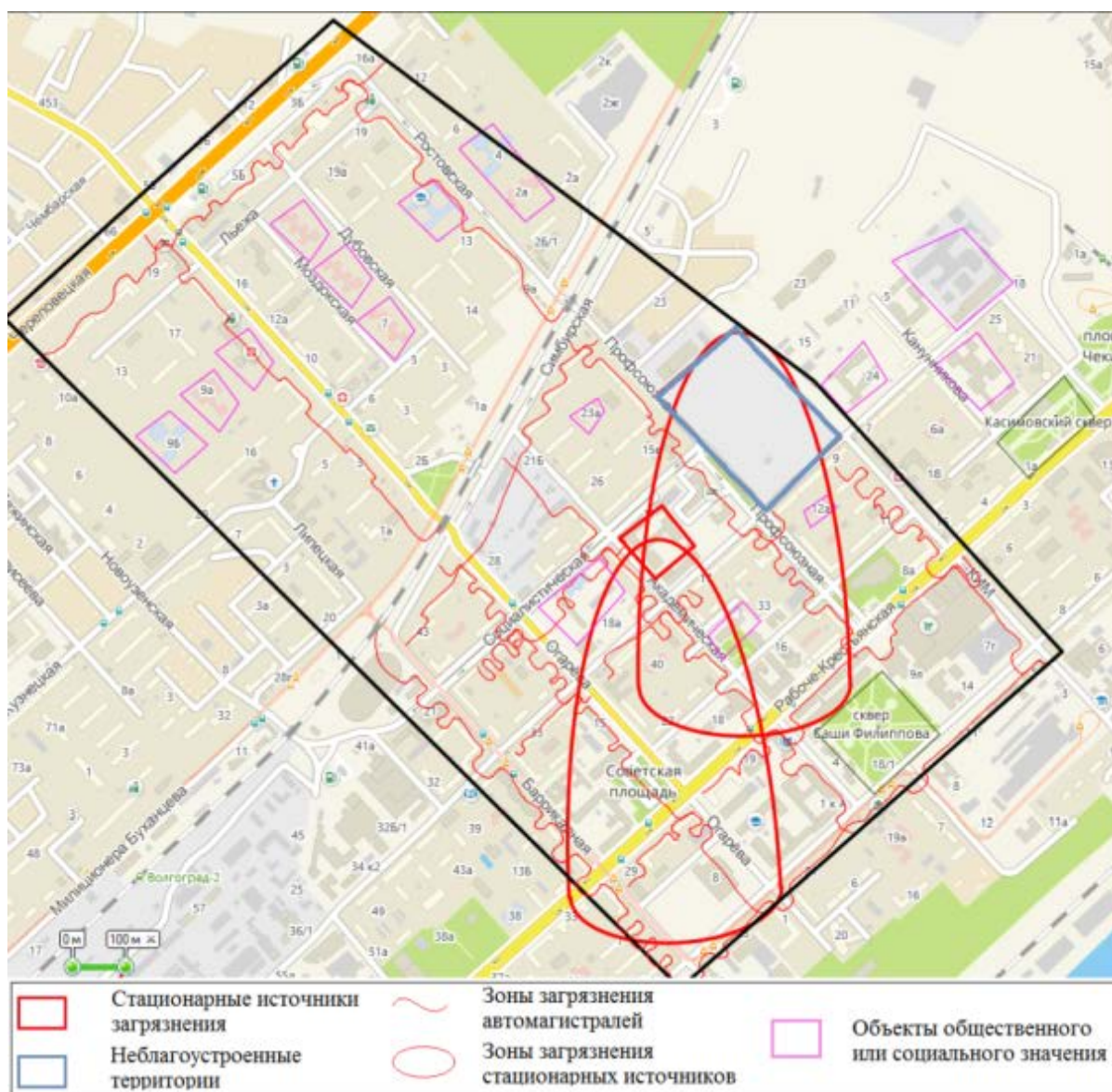


Рис. 28 Модели рассеивания от основных источников при северном направлении ветра

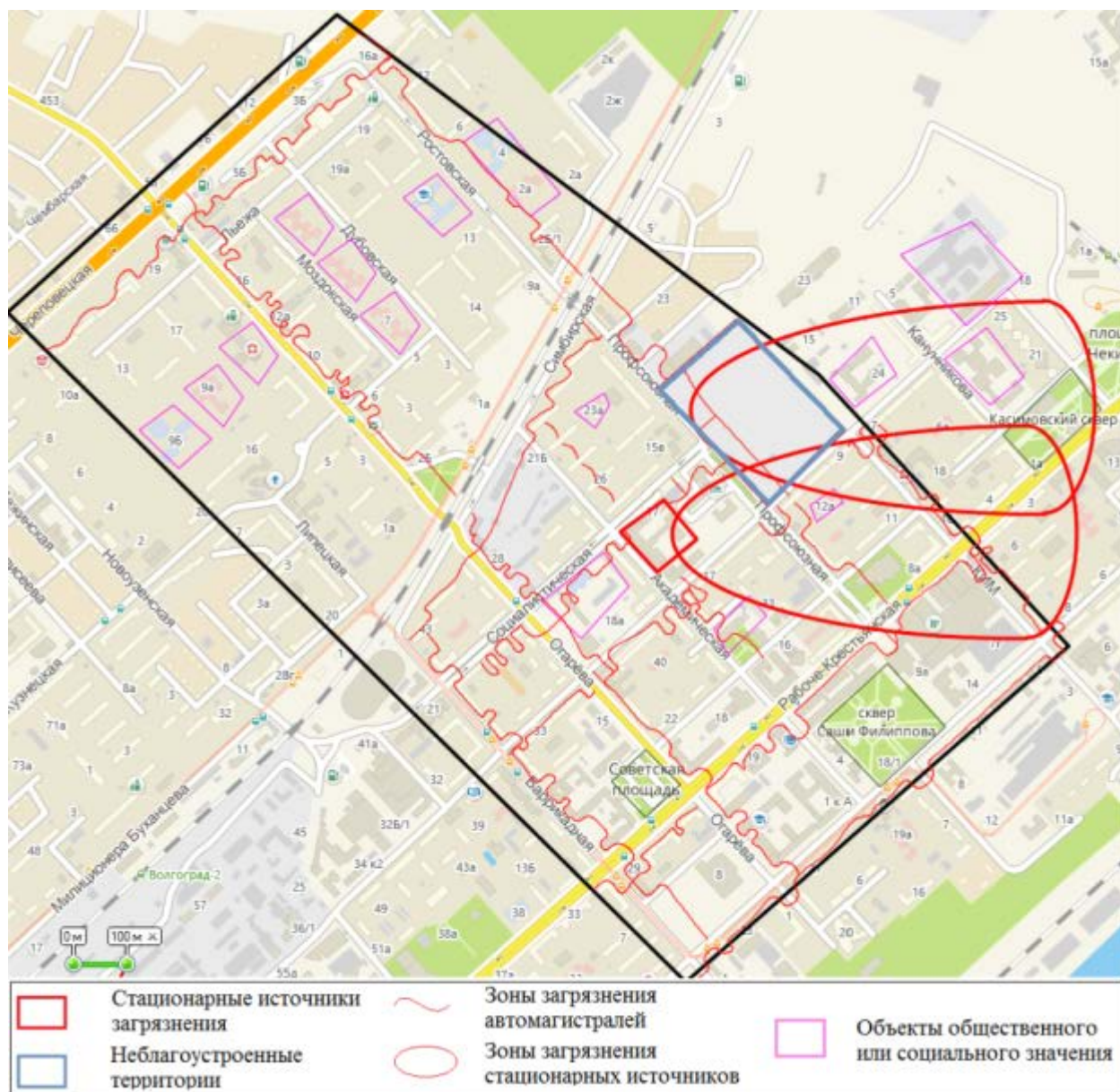


Рис. 29 Модели рассеивания от основных источников при западном направлении ветра

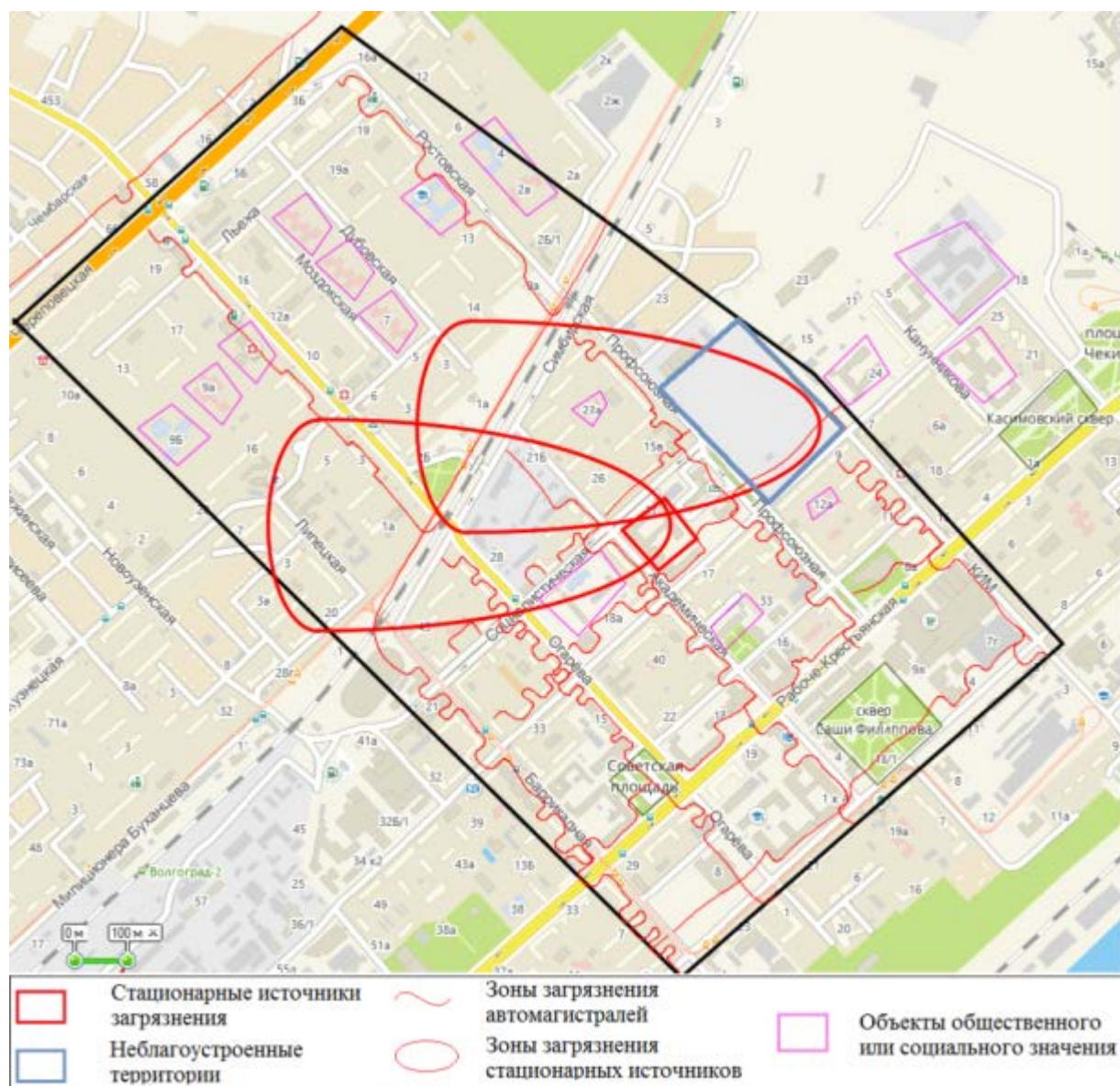


Рис. 30 Модели рассеивания от основных источников при восточном направлении ветра

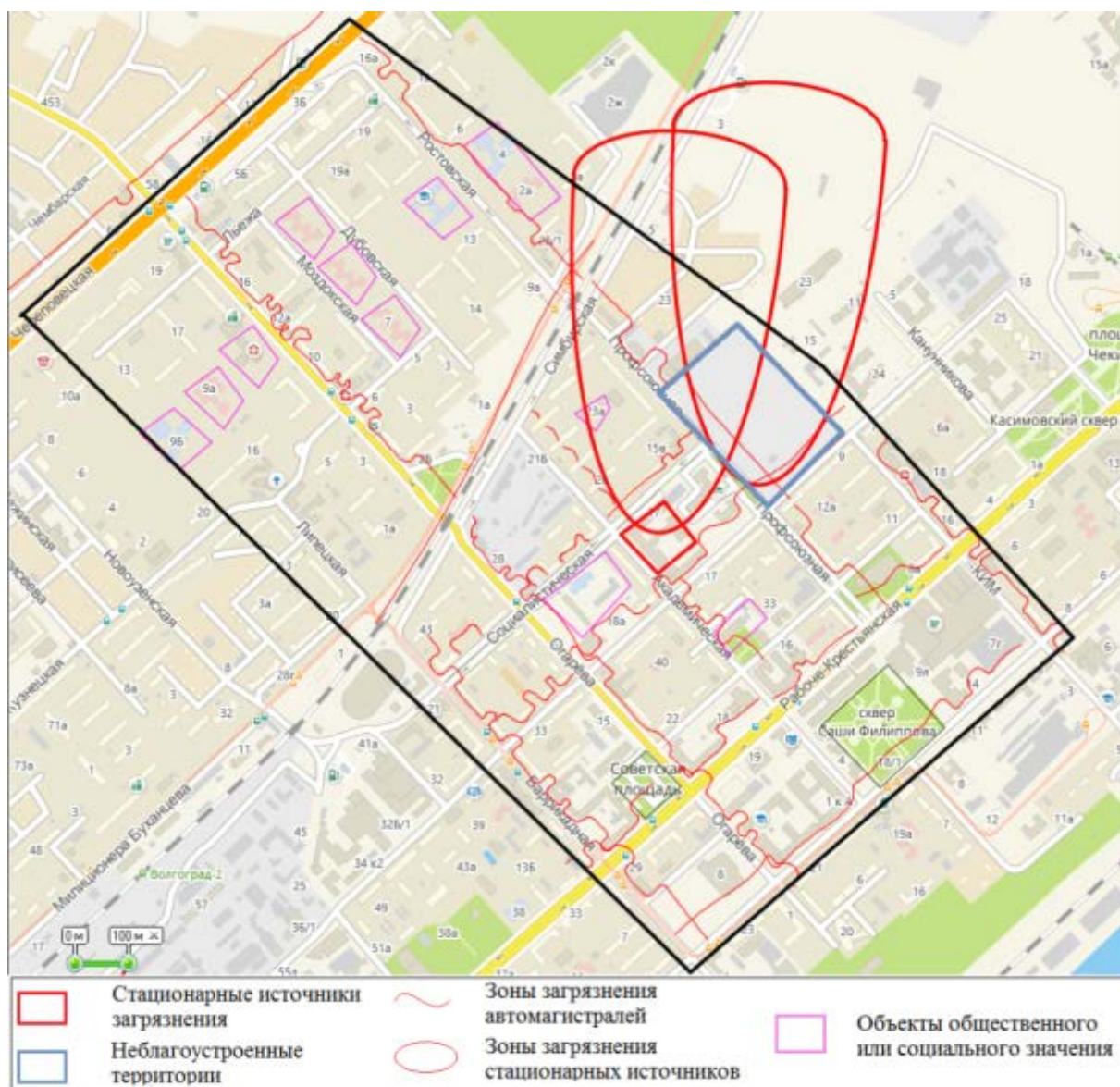


Рис. 31 Модели рассеивания от основных источников при южном направлении ветра

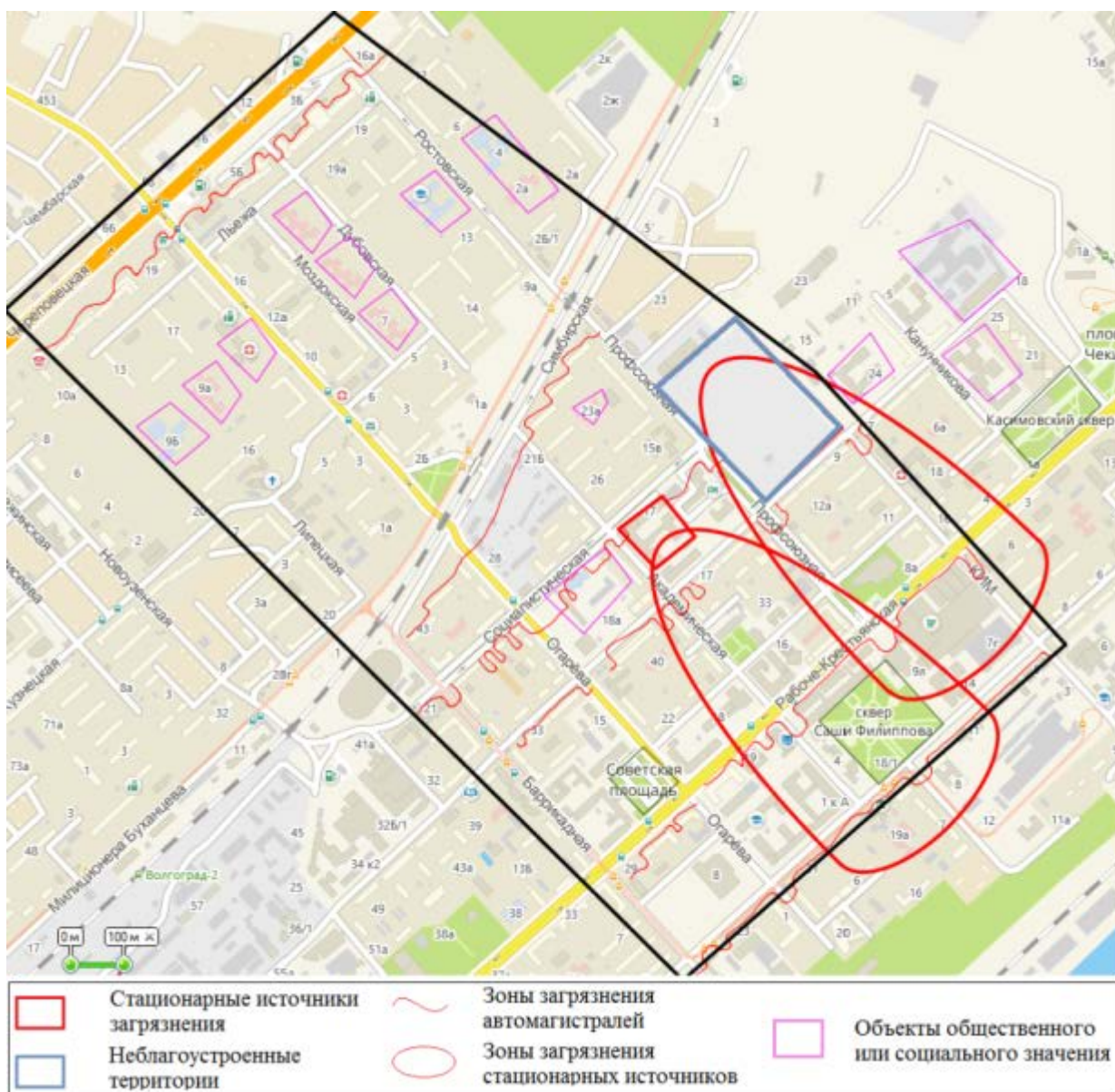


Рис. 32 Модели рассеивания от основных источников при северо-западном направлении ветра

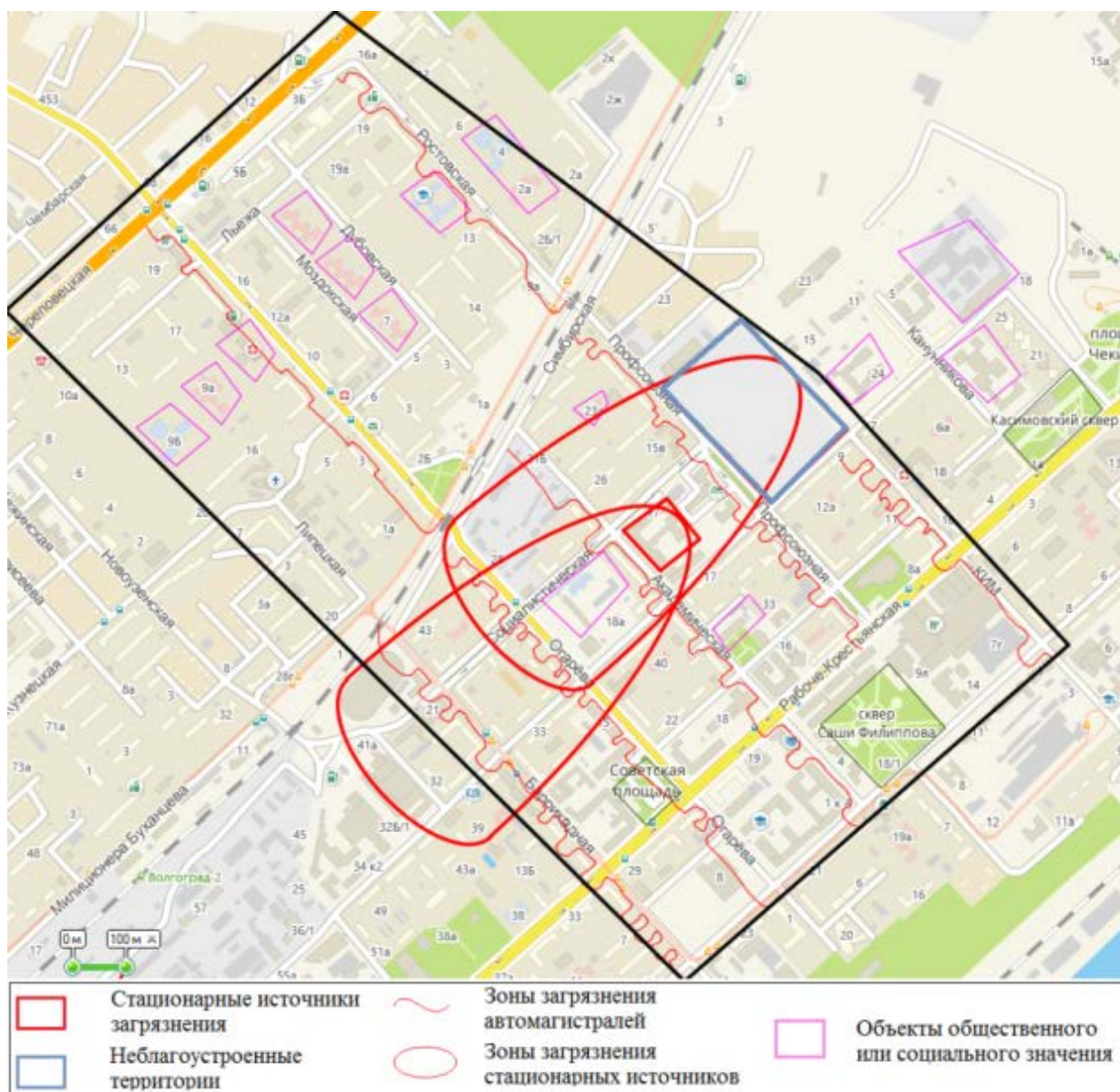


Рис. 33 Модели рассеивания от основных источников при северо-восточном направлении ветра

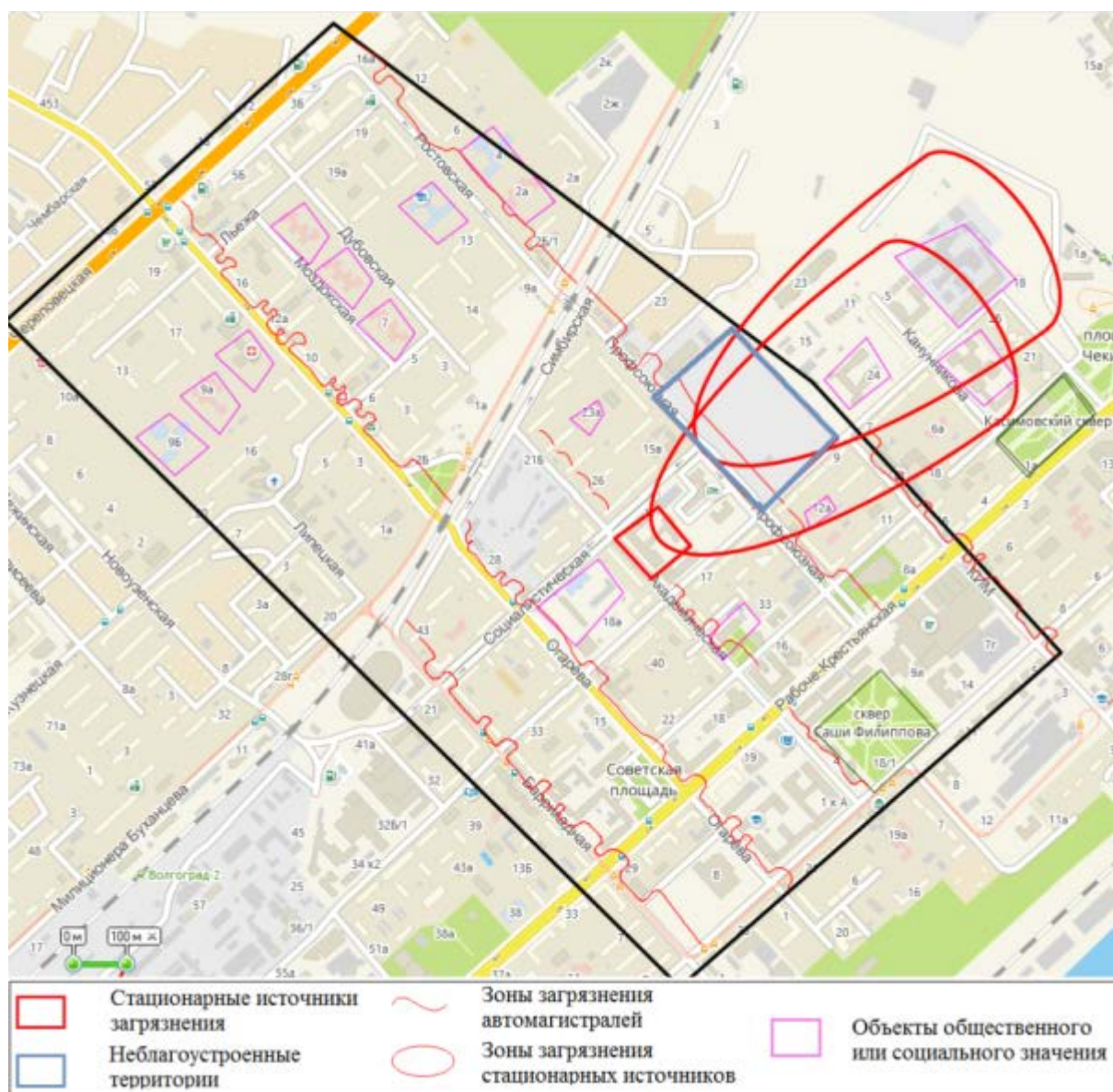


Рис. 34 Модели рассеивания от основных источников при юго-западном направлении ветра

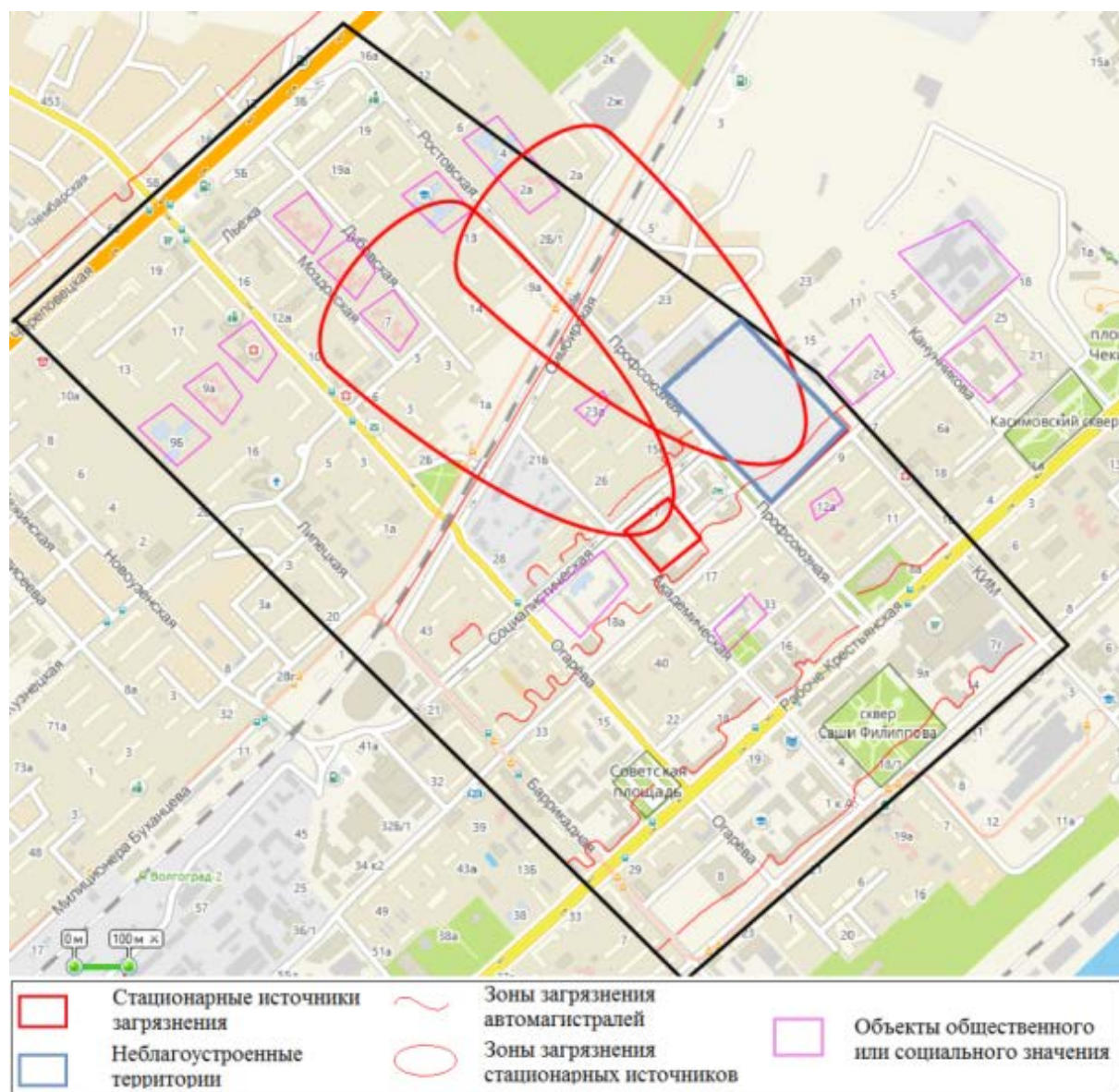


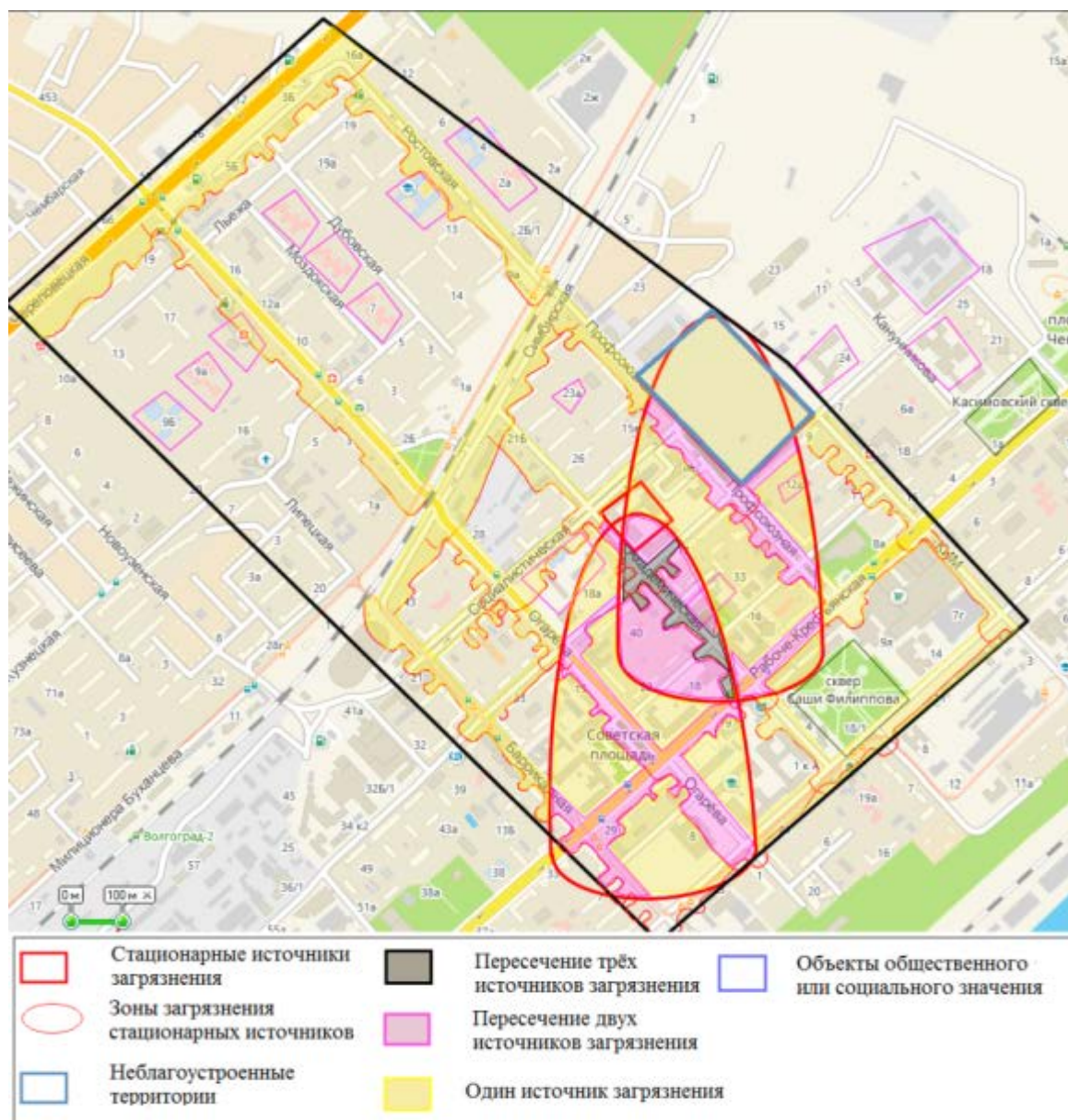
Рис. 35 Модели рассеивания от основных источников при юго-восточном направлении ветра

### 3.2. Определение опасных направлений ветра (ОНВ), времени воздействия и «зон риска» по загрязнению атмосферного воздуха на территории застройки

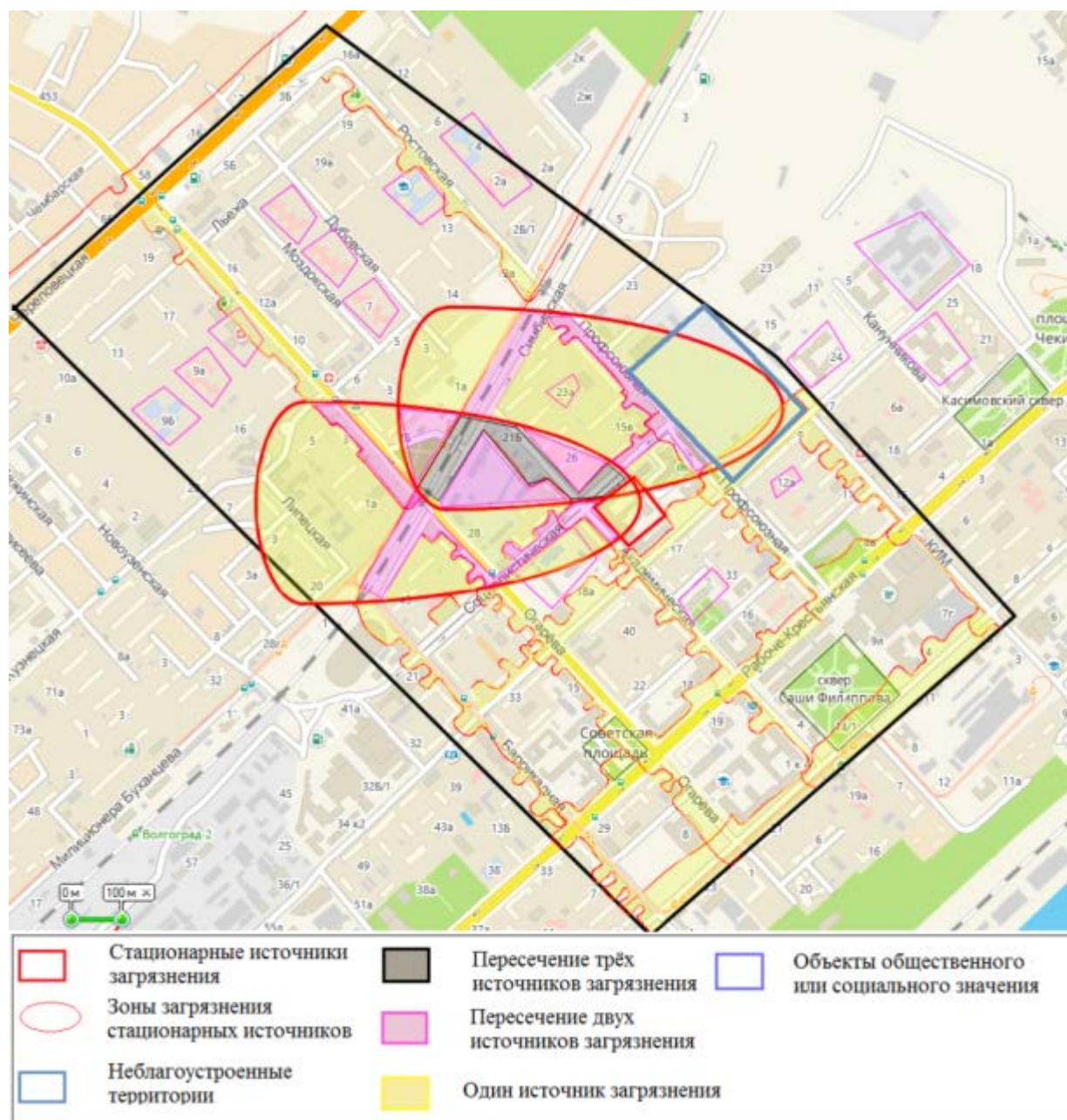
На модельной территории определены зоны, находящиеся под воздействием одного, двух и трех источников воздействия при направлениях ветра по 8-ми румбам. (Рис. 36).

По результатам построенных на карте изучаемого района города моделей рассеивания были определены наиболее неблагоприятные экологические условия

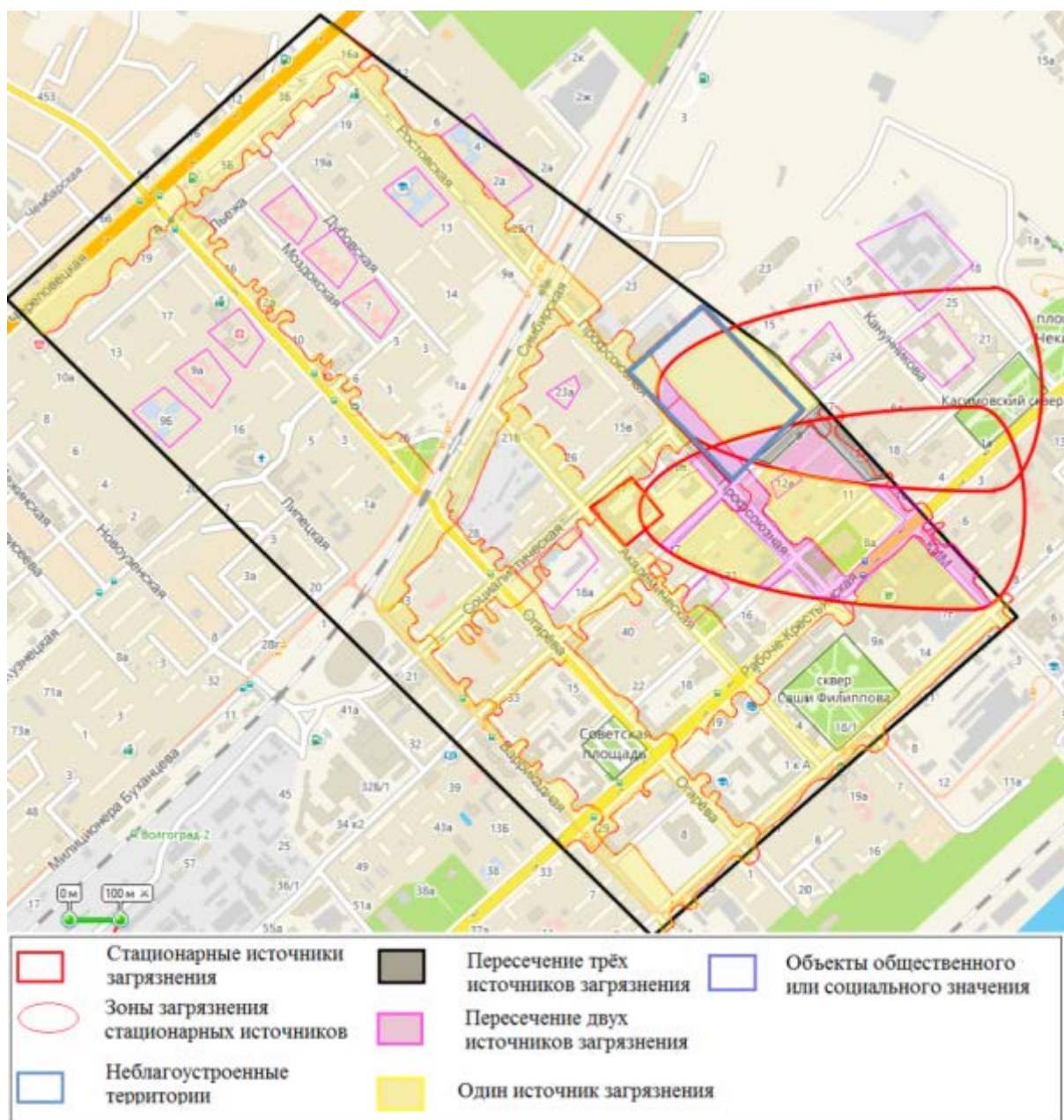
и выявлены так называемые «точки схождения» - зоны, наиболее подверженные загрязнению от всех основных источников (промышленных, автотранспорта и пылящих неблагоустроенных территорий) при конкретных метеорологических условиях (направлении и скорости ветра), характерных для данной территории в разные периоды года.



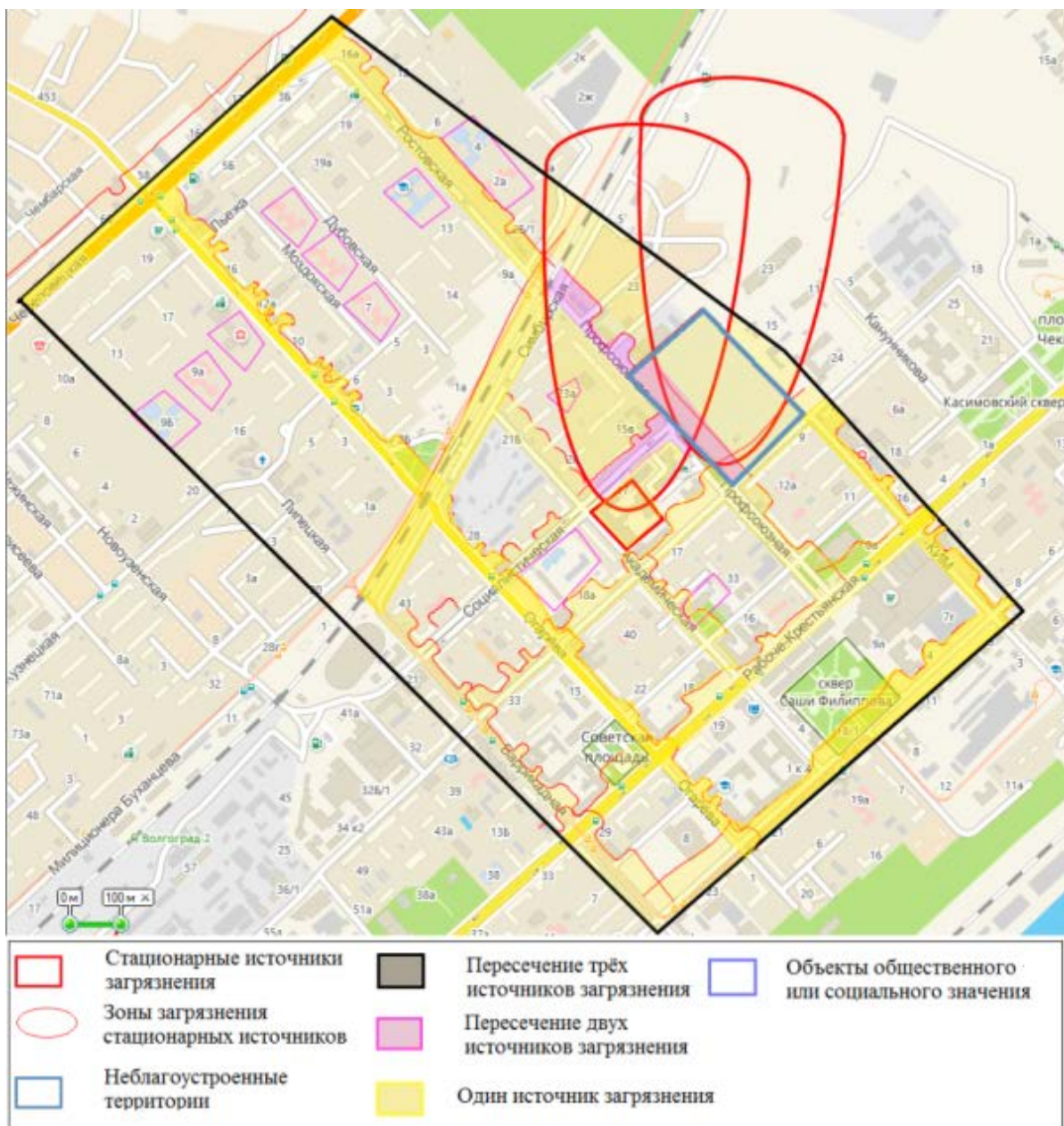
а) северное направление



б) восточное направление



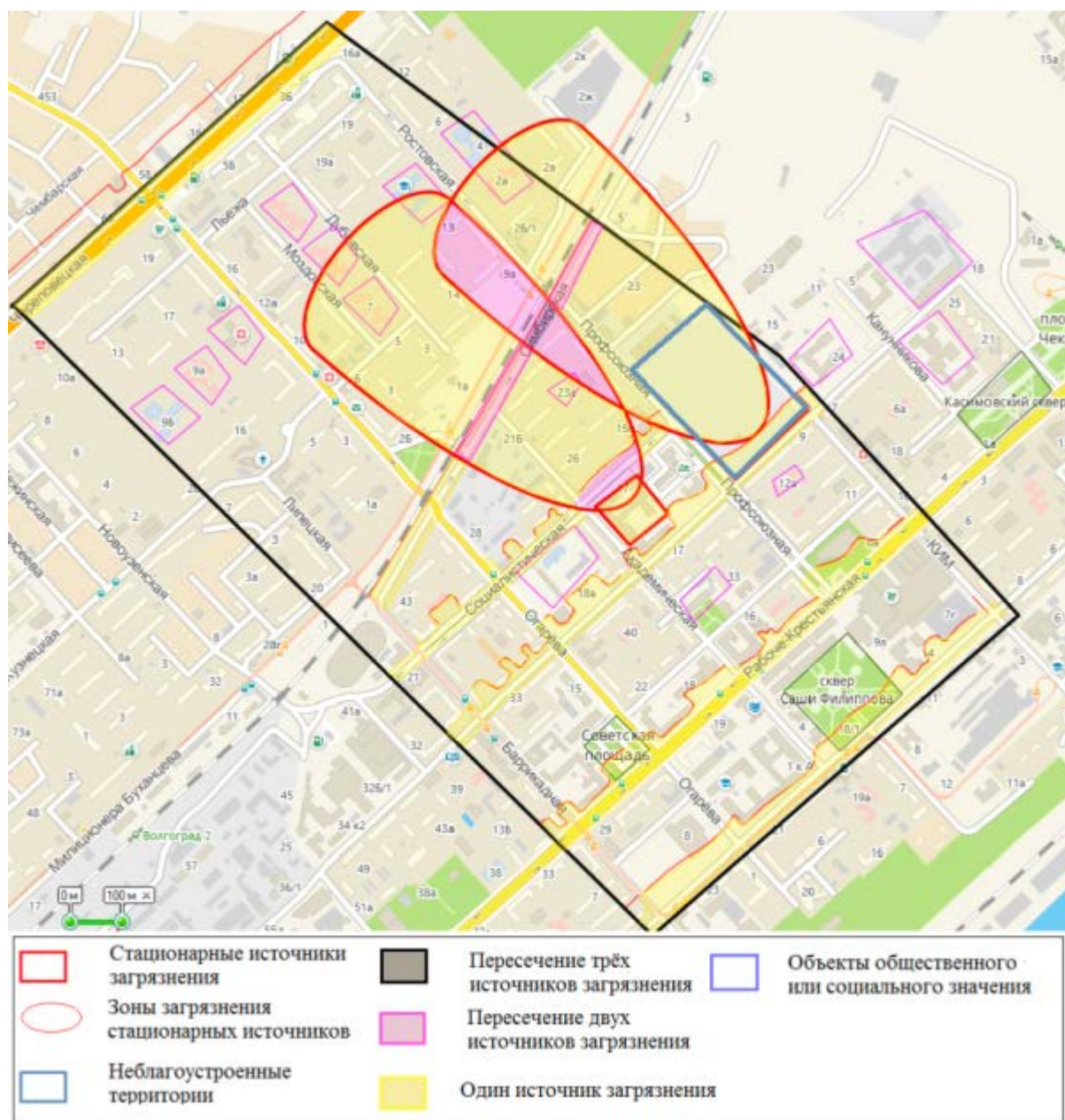
в) западное направление



г) южное направление



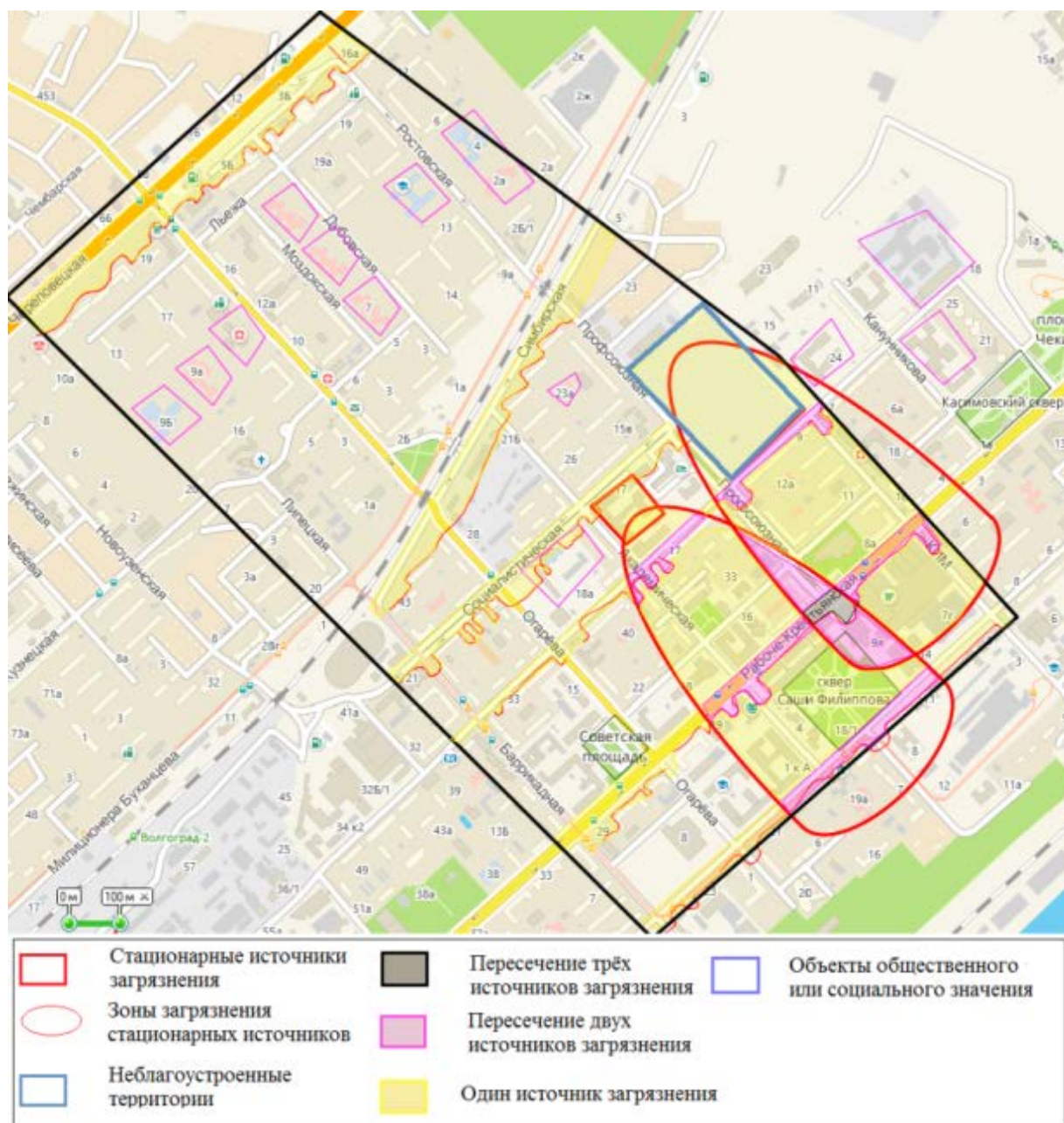
д) северо-восточное направление



е) юго-восточное направление



ж) юго-западное направление



з) северо-западное направление

Рис. 36. Зоны жилой застройки, подвергающиеся воздействию различных источников загрязнения атмосферного воздуха при различных направлениях ветра

По результатам оценки полученных картографических данных в таблице 24 представлены данные о времени воздействия и площади территории (%), находящейся под воздействием одного, двух или трех источников одновременно.

Таблица 24

Удельный вес площади жилой застройки исследуемой территории, находящейся под неблагоприятным воздействием атмосферных загрязнителей при различных направлениях ветра

Румб	Срок воздействия, дней	Площадь застройки под воздействием 1 источника, % от общ. S	Площадь застройки под воздействием 2 источников, % от общ. S	Площадь застройки под воздействием 3 источников, % от общ. S
<b>Зима</b>				
Север	9	40%	13%	3%
Северо-восток	4	17%	4%	4%
Восток	17	40%	8%	3%
Юго-восток	12	10%	2%	0%
Юг	7	30%	5%	1%
Юго-запад	17	12%	5%	2%
Запад	27	43%	11%	3%
Северо-запад	7	13%	2%	0%
<b>Весна</b>				
Север	10	40%	13%	3%
Северо-восток	8	17%	4%	4%
Восток	15	40%	8%	3%
Юго-восток	14	10%	2%	0%
Юг	8	30%	5%	1%
Юго-запад	17	12%	5%	2%
Запад	21	43%	11%	3%
Северо-запад	8	13%	2%	0%
<b>Лето</b>				
Север	10	40%	13%	3%
Северо-восток	11	17%	4%	0%
Восток	22	40%	8%	3%
Юго-восток	12	10%	2%	4%
Юг	7	30%	5%	1%
Юго-запад	12	12%	5%	2%
Запад	18	43%	11%	3%
Северо-запад	9	13%	2%	0%
<b>Осень</b>				
Север	10	40%	13%	3%
Северо-восток	12	17%	4%	4%
Восток	14	40%	8%	3%
Юго-восток	12	10%	2%	0%
Юг	8	30%	5%	1%
Юго-запад	11	12%	5%	2%
Запад	18	43%	11%	3%
Северо-запад	14	13%	2%	0%

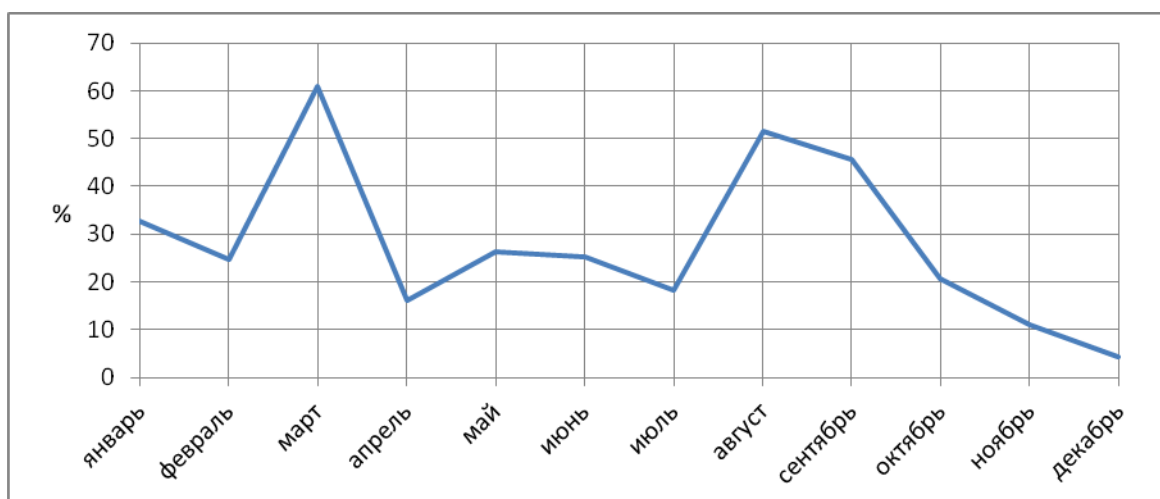


Рис. 37 Удельный вес площади жилой застройки исследуемой территории, находящейся под неблагоприятным воздействием трёх атмосферных загрязнителей при опасных направлениях ветра

Анализируя полученные данные, возможно определить «опасные направления ветра» (ОНВ), при которых наибольшая часть застройки, в том числе социальные объекты, попадают в зону загрязнения от одного, двух или трех источников в течение длительного времени (Рис. 37).

Так, в холодный период времени наибольшую опасность представляет стационарный источник загрязнения (ТЭЦ) ввиду начала действия отопительного сезона. ОНВ для данного периода времени по длительности — западное, юго-западное и восточное, по охваченной территории — восточное и северо-восточное направления, где пересечение выбросов трёх источников создают напряжённую ситуацию в районе лица № 6, детского сада № 19 и жилой застройки в районе домов 21-29 по улице Огарёва и домов 15-19 по улице Академическая.

Тёплый период времени года характеризуется повышенными концентрациями пыли и окиси углерода в воздухе. ОНВ менее выражены, но остаются теми же, что и в холодный период, при этом несколькими источниками одновременно затрагивается меньший процент жилой застройки. Площадной источник — неблагоустроенная территория, образовавшая после сноса промышленного предприятия, на пересечении автомагистралей районного

значения (улиц Козловская и Профсоюзная) — наиболее опасен при северном, северо-западном и северо-восточных направлениях ветра, так как к югу от него находится жилая застройка и несколько социальных объектов: поликлиника №4, детские сады №302, №269, №280 и торговый центр.

По охвату объектов социального значения и жилой застройки в течение года наибольшую опасность представляют восточный и северо-восточный ветер, пиковые повторения которого приходятся на март, август и октябрь.

Следует заметить, что скорость ветра в городе достаточно слабо коррелирует со временем года, но в зимнее время наблюдаются повышение в среднем на 10% по сравнению с летним значением до 2,7 м/с.

### **3.3. Обоснование динамической системы мониторинга атмосферного воздуха: определение мест и времени размещения репрезентативных постов наблюдения на территории жилой застройки**

В зависимости от полученных результатов рассеивания загрязняющих веществ от всех основных источников и времени воздействия неблагоприятных условий в течение года, на исследуемой территории была спланирована стратегия отбора проб, которая позволяет наиболее оптимально использовать отведенное для этого время, а также определить количество мобильных (маршрутных) постов наблюдения за атмосферным воздухом и места их расположения.

Для получения репрезентативных данных о состоянии атмосферного воздуха необходимо располагать посты наблюдения таким образом, чтобы они учитывали комплексное воздействие имеющихся источников загрязнения: передвижных (автомобильный транспорт), стационарных (промышленные предприятия, ТЭЦ), неблагоустроенных (пылящие) территорий, а также объекты нового строительства (строительные площадки).

Кроме того, предлагаемая для данной территории динамическая система мониторинга атмосферного воздуха, учитывает изменяющиеся параметры городской среды. Прежде всего, это сезонные изменения метеоусловий. Также на изменение места расположения точки наблюдения влияют появляющиеся

изменения типа и состояния застройки, уровня благоустройства территории, интенсивности автомобильных потоков, работы стационарных источников загрязнения, появление объектов нового строительства, также являющихся источником загрязнения.

В соответствии с таким гибким подходом к планированию сети мониторинга, места контроля атмосферного воздуха располагаются на тщательно отобранных репрезентативных участках, местоположение которых определено на основании изученной структуры распределения выбросов и рассчитанных зон рассеивания анализируемых загрязняющих веществ от всех основных источников загрязнения и меняются в зависимости от вышеперечисленных условий городской среды.

На основе анализа полученных данных, в тёплое время года (июнь-август) два маршрутных поста предлагается устанавливать в точках, где наблюдается сочетание воздействия трех источников загрязнения на протяжении наибольшего времени воздействия (ул. Академическая, 16 и Козловская, 22). (Рис 38) Преобладающее направление ветра (ОНВ) в данный период года северо-восточное, время суммарного воздействия составило 17 дней.

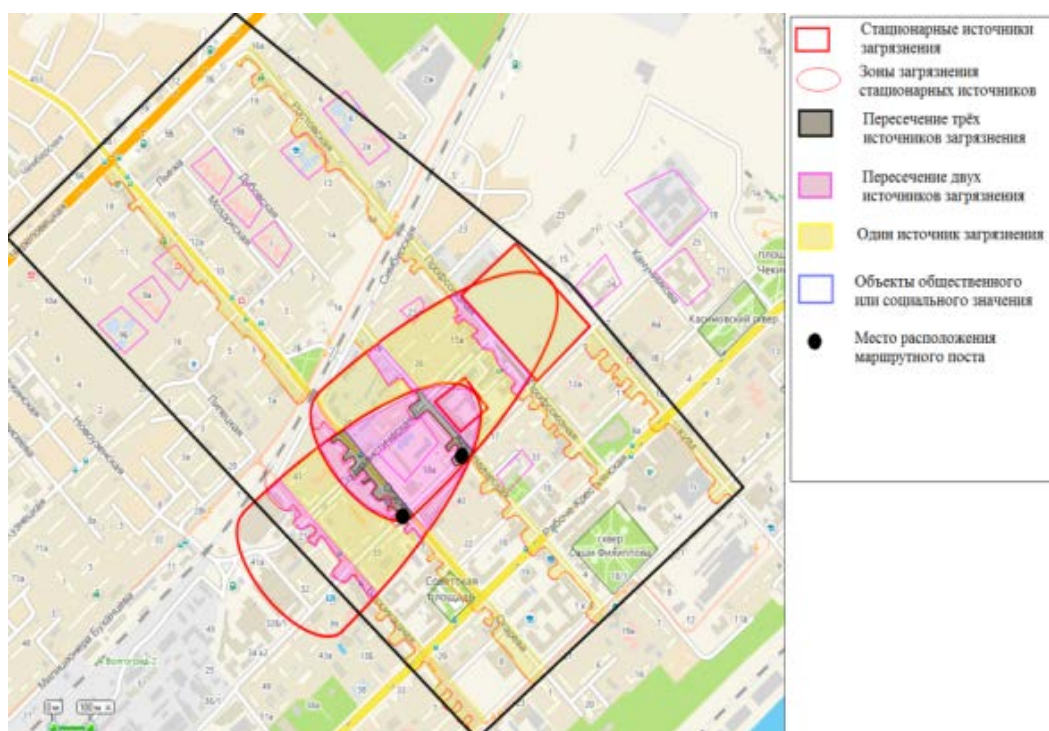


Рис. 38 Размещение маршрутных постов наблюдения в теплый период года (июнь-август)

В связи с преобладанием западного ветра в холодный период года (ноябрь-март), маршрутные посты в данное время предлагается установить в «точках схождения» по адресам Козловская, 13 и Рабоче-Крестьянская, 7. Время воздействия ОНВ составило 26 дней за период (Рис.39).

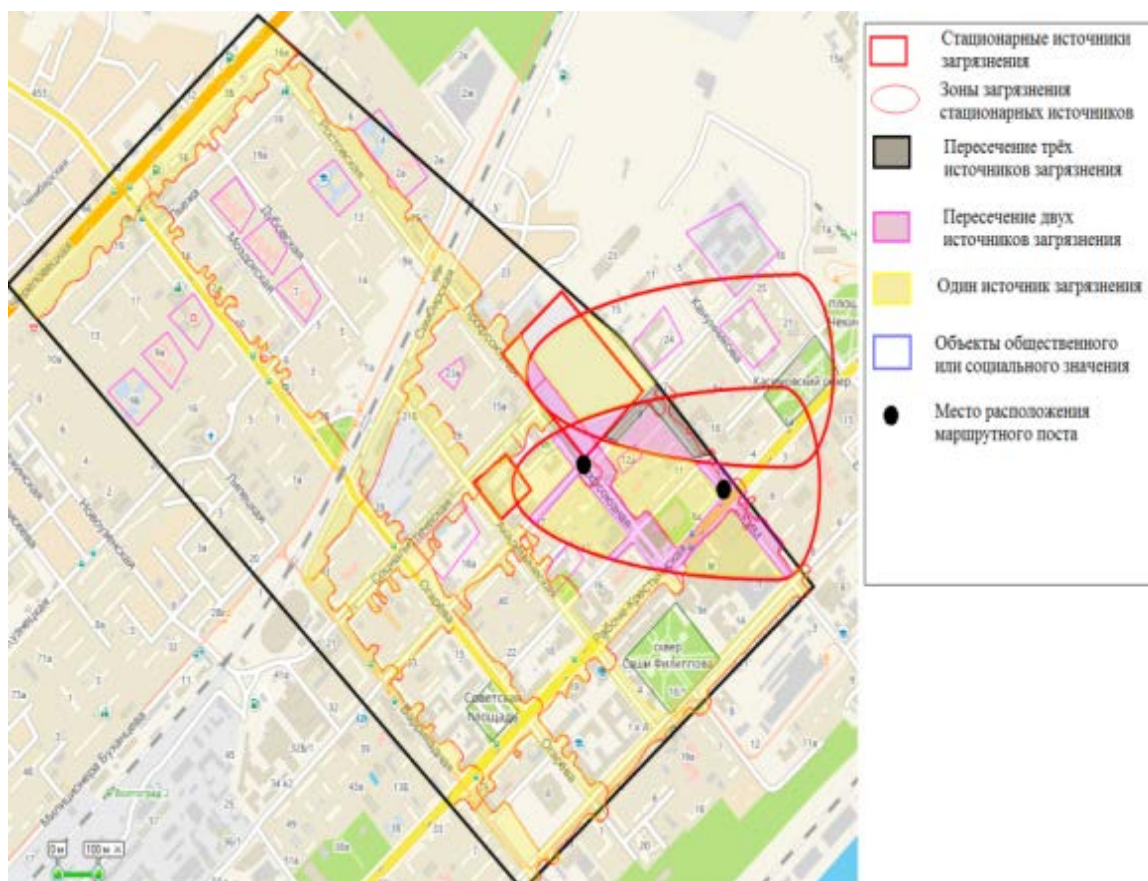


Рис. 39 Размещение маршрутных постов наблюдения в холодный период года (ноябрь-март)

Восточный ветер представляет опасность в течение всего года, поэтому стационарные посты наблюдения, работающие в течение года, предлагается установить по адресам Социалистическая, 18 и Буханцева, 18, где в «точках схождения» наблюдается сочетание воздействия трех источников загрязнения на протяжении 70 дней в течение года (Рис.40).

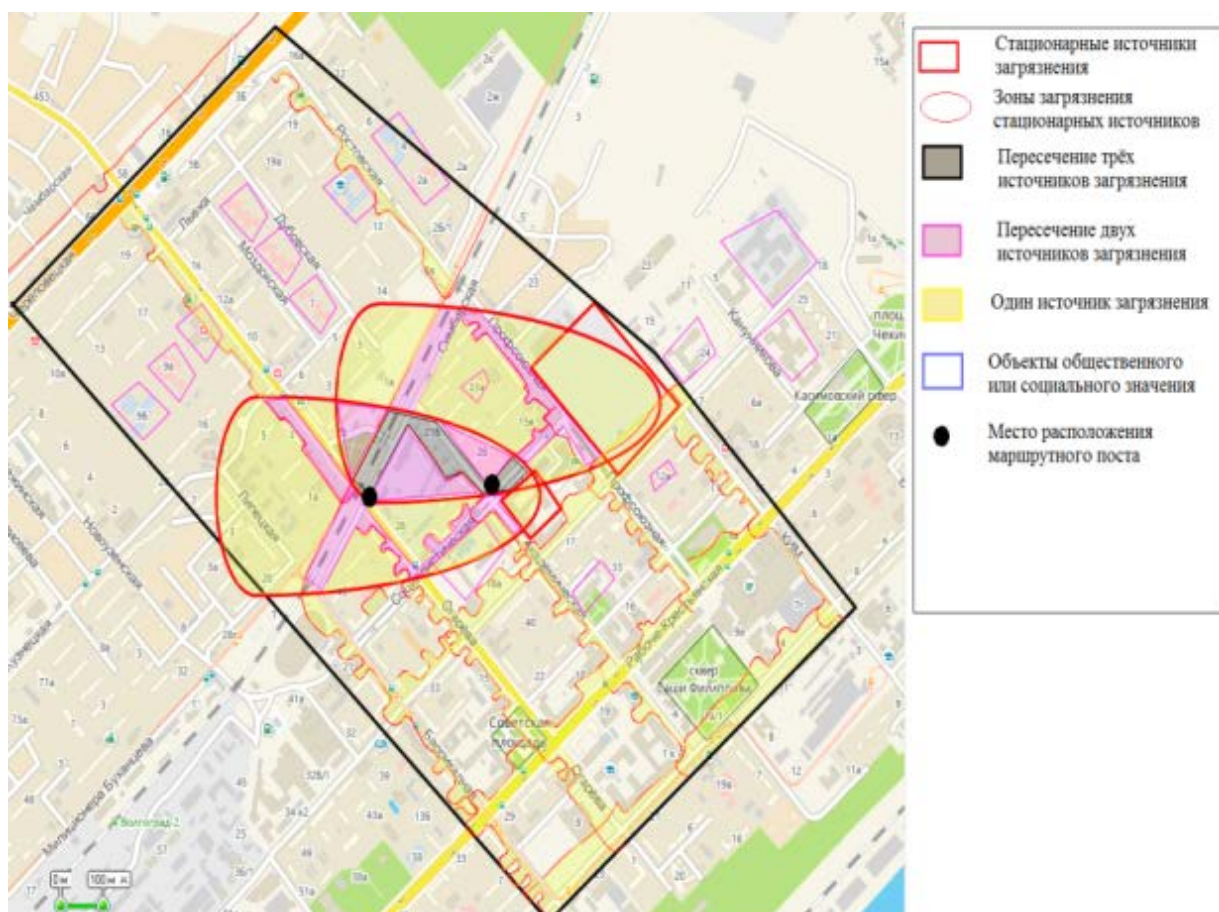


Рис. 40 Размещение стационарных постов наблюдения

Предложенная динамическая система мониторинга позволит получать репрезентативные данные о качестве атмосферного воздуха в условиях городской застройки.

### Выводы по главе 3.

1. По результатам построенных на карте изучаемого района города моделей рассеивания загрязняющих веществ были определены зоны, находящиеся под воздействием одного, двух и трех источников загрязнения при направлениях ветра по 8-ми румбам, а также выявлены так называемые «точки схождения» - зоны, наиболее подверженные загрязнению от основных источников (промышленных, автотранспорта и пылящих неблагоустроенных территорий) при конкретных метеорологических условиях (направлении и скорости ветра), характерных для данной территории в разные периоды года.

2. Полученные данные о рассеивании загрязняющих веществ позволило определить «опасные направления ветра» (ОНВ), при которых наибольшая часть застройки, в том числе социальные объекты, попадают в зону загрязнения от одного, двух или трех источников в течение длительного времени.

3. В соответствии гибким подходом к планированию сети мониторинга, на исследуемой территории были определены места контроля атмосферного воздуха – маршрутные и стационарные посты наблюдения. Они располагаются на тщательно отобранных репрезентативных участках, местоположение которых определено на основании изученной структуры распределения выбросов и рассчитанных зон рассеивания загрязняющих веществ от всех основных источников загрязнения. Места расположения постов наблюдения меняются в зависимости от метеорологических условий в течение года (с учетом определенных ОНВ), а также при изменении типа застройки, выбросов от источников загрязнения атмосферного воздуха (постоянных и временных - новых объектов строительства, объектов сноса зданий и сооружений).

## **ГЛАВА 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ПРОЕКТНОЙ И СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

### **4.1. Система категорирования территории в зависимости от уровней загрязнения территории от основных источников**

Полученные данные о загрязнении атмосферного воздуха на территории застройки от основных источников с учетом времени и степени воздействия вредных факторов необходимо использовать для обоснования возможности размещения объектов строительства, в том числе жилой застройки и социальных объектов, или принятия управленческих решений по улучшению экологической ситуации и снижению неблагоприятного воздействия. [48,50,95]

С этой целью на основе комплексной оценки данных, полученных в результате обоснованной динамической системы мониторинга атмосферного воздуха, на территории изучаемых районов предлагается выделение трех типов категорий селитебных территорий:

- зона экологического благополучия (ЗЭБ);
- зона усиленного экологического мониторинга (относительно благоприятная территория (ЗУМ);
- зона экологической опасности (ЗЭО).

Для категорирования предлагаются такие критерии как наличие или отсутствие загрязнений, уровни превышений ПДК по отдельным загрязнителям окружающей среды и по результатам комплексной оценки, уровень благоустройства территории, длительность (время) действия наиболее неблагоприятных условий на территории.

В зависимости от категории селитебной территории по степени экологического благополучия зависит возможность безопасного размещения объектов городской инфраструктуры различного назначения (Таблица 25).

Таблица 25

Критерии категорирования селитебных территорий по степени экологического благополучия, в целях безопасного размещения объектов строительства

Категория селитебной территории	Характеристики территории	Возможность размещения объектов строительства
Зона экологического благополучия (ЗЭБ)	Отсутствие загрязнения, уровни загрязняющих веществ не превышают ПДК	Размещение жилой застройки, объектов социальной инфраструктуры (ДДУ, школы, ЛПУ), рекреационных территорий, спортивных объектов
Зона усиленного мониторинга (ЗУМ)	Невысокий уровень загрязнения воздуха (превышение ПДК в 1,1-1,2 раза) при незначительном по времени воздействии (неблагоприятные метеорологические условия), влияние 1-го, 2-х источников	Преимущество для размещения административных зданий, зеленых насаждений общего пользования, жилая застройка с проведением мероприятий по оптимизации городской среды
Зона экологической опасности (ЗЭО)	Значительные превышения ПДК загрязняющих веществ, сочетанное воздействия от 2-х или 3-х источников загрязнения, длительное воздействие в течение года (неблагоприятные метеорологические условия)	До проведения мероприятий по снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха размещение жилой застройки и административных зданий не рекомендуется

Так, на исследуемой территории выделены территории в соответствии с предложенной системой категорирования с учетом длительности воздействия наиболее неблагоприятных условий в течение года (Рис. 41).

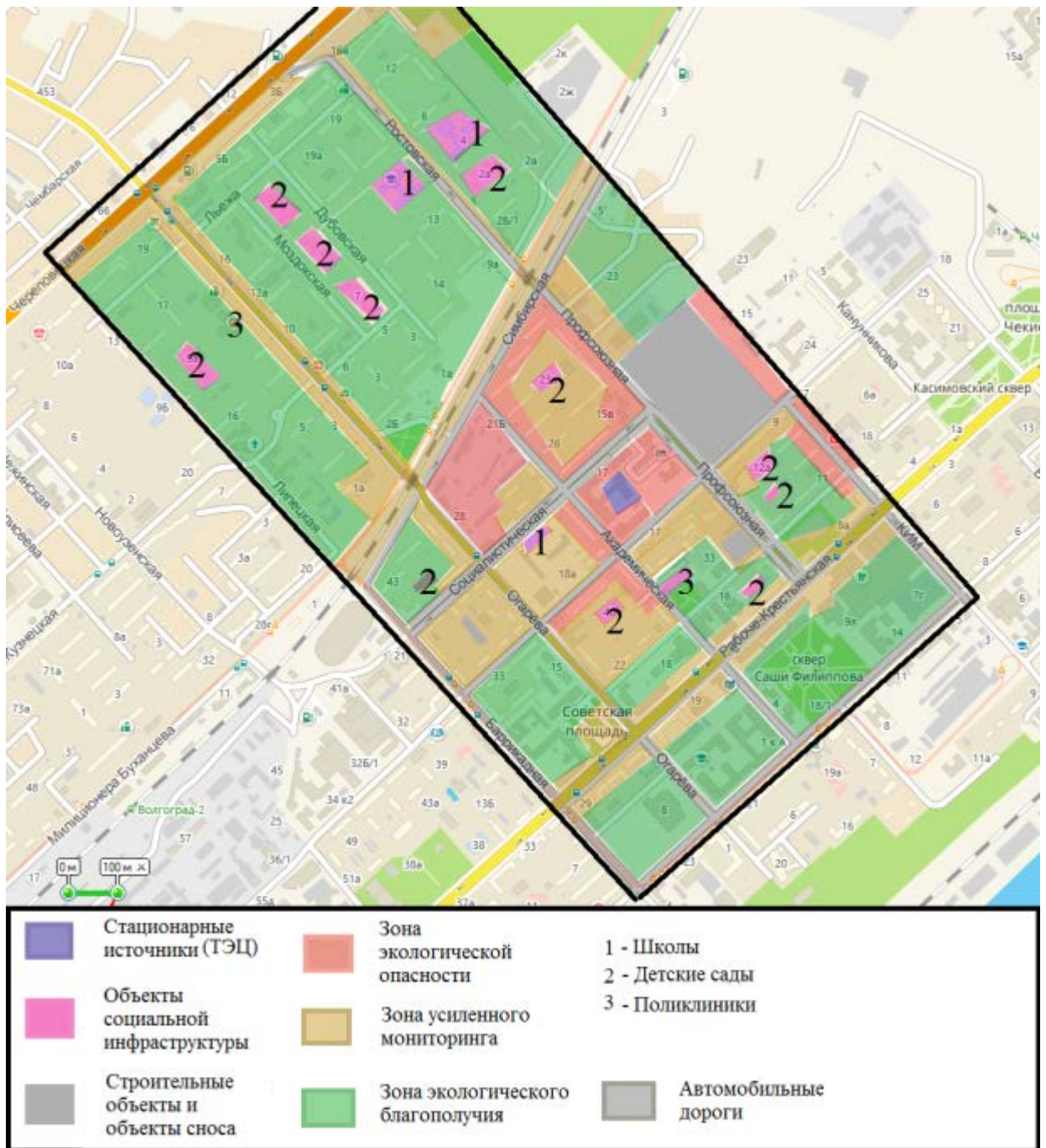


Рис. 41. Категорирование исследуемой территории по степени экологического благополучия

По полученным данным в условиях данной застройки в ЗЭО попадают такие объекты социальной инфраструктуры как детское образовательное учреждение (лицей) и лечебное учреждение (Клиника семейной медицины), в ЗУМ - четыре детских сада и две поликлиники (Таблица 26).

Таблица 26

Объекты социальной инфраструктуры, попадающие в зоны экологического неблагополучия на изучаемой территории

Опасное направление ветра (ОНВ)	Социальный объект
Зона усиленного мониторинга	
Юго-восточное	Детский сад №199
Северо-восточное	Детский сад №269
Западное	Детский сад №302
Северное	Поликлиника №4
Северное	Детский сад №280
Восточное	Поликлиника №6
Зона экологической опасности	
Северо-восточное	Лицей №6
Западное	Клиника семейной медицины

В зависимости от результатов оценки и категорирования территории решается вопрос о возможности безопасного размещения градостроительных объектов: жилой застройки, детских дошкольных и школьных учреждений, лечебно-профилактических учреждений, рекреационных зон, а отнесение территории к зонам экологической опасности предполагает необходимость принятия неотложных управленческих решений по снижению негативного воздействия факторов окружающей среды. [29,31]

#### **4.2. Практическое использование данных динамической системы мониторинга и результатов категорирования территории в процессе эксплуатации жилой застройки и при строительстве новых объектов в сложившейся застройке**

При практическом использовании динамической системы мониторинга атмосферного воздуха, разработанной на модельной территории, ее построение экстраполируется на любую территории малого, среднего, крупного населенного пункта с различным набором источников загрязнения атмосферного воздуха. Для реализации модели и построения системы мониторинга территория крупного промышленного города может быть разделена на участки с различным количеством и набором источников загрязнения: территория, где присутствует один источник (автомобильный транспорт), два источника (транспорт и промышленные предприятия или транспорт и неблагоустроенные территории),

либо присутствуют все три источника, как на модельной территории. Разработанная информационная система может обрабатывать данные, полученные как от трех различных источников, так и от меньшего количества, если на исследуемом участке присутствует один или два источника.

Например, данная система мониторинга может быть использована для оценки экологического состояния любых населённых пунктов, как участка территории, района, так и города в целом. (Рис. 42)

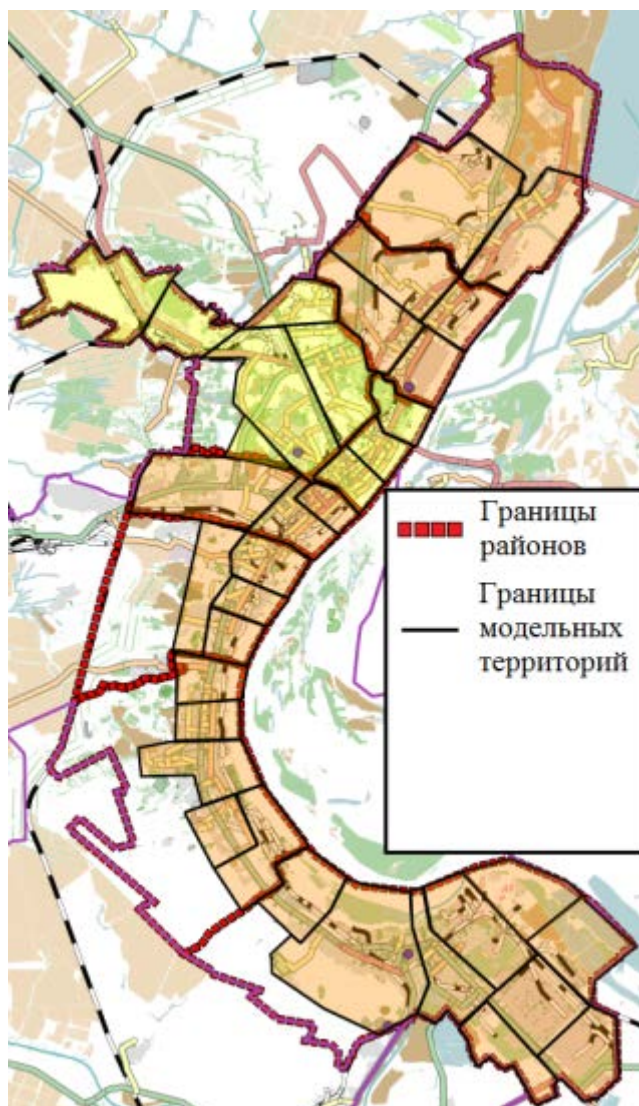


Рис. 42. Деление территории города для разработки и реализации модели динамической системы мониторинга атмосферного воздуха

Данные динамической системы мониторинга о состоянии атмосферного воздуха, а также результаты категорирования территории по степени экологического благополучия необходимо использовать с целью принятия

приоритетных управленческих решений по улучшению качества городской среды и безопасного размещения объектов строительства.

При оценке результатов динамической системы мониторинга, а также их дальнейшего практического, необходимо учитывать не только сочетание воздействия источников загрязнения, а также время и силу воздействия факторов в данный период года. Для каждой предварительно категорированной территории дополнительно предлагается оценивать суммарное воздействие источников следующим образом (6):

$$C_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^4 C_i \times t_i, \text{ где} \quad (6)$$

$C_1$  – воздействие стационарного источника (промышленные объекты);

$C_2$  – воздействие автомобильного транспорта;

$C_3$  – воздействие от неблагоустроенных территорий;

$C_4$  – воздействие от временного источника (объекты нового строительства и сноса строительных объектов);

$t_i$  - коэффициент временного воздействия по соответствующему фактору.

Коэффициент временного воздействия определяется по длительности существования неблагоприятных метеорологических условий в течение года, используя розу ветров. Например, при существовании ОНВ в течение 21% времени года, коэффициент временного воздействия будет оценен как 0,21.

Для оценки суммарного воздействия предлагается балльная система оценки степени влияния источника загрязнения на качество атмосферного воздуха с учетом объема выбросов и сезонности воздействия (Таблица 27).

Система балльной оценки воздействия источников загрязнения атмосферного воздуха

№ п/п	Источник загрязнения атмосферного воздуха	Теплое время года	Холодное время года
1	Автотранспорт	5	5
2	Котельная	1	5
3	Промышленное предприятие	5	5
4	Неблагоустроенные (пылящие территории)	5	2
5	Объекты нового строительства, снос жилых и промышленных объектов	5 - во время функционирования, 0 – при отсутствии объекта	4 - во время функционирования 0 – при отсутствии объекта
6	Суммарная максимально возможная нагрузка (от всех источников)	21	21

При градации оценочных баллов предлагается:

0 – отсутствие загрязнения от данного источника;

1 – минимальные концентрации загрязняющих веществ, выбрасываемых данным источником, в атмосферном воздухе;

5 – максимальные концентрации загрязняющих веществ, выбрасываемых данным источником, в атмосферном воздухе;

Предлагаемая система оценки позволит провести скрининговую комплексную оценку воздействия возможных источников загрязнения атмосферного воздуха, а также выделить приоритетный источник загрязнения для данной территории при конкретных метеорологических условиях с учетом времени воздействия.

Последовательность организации и реализации системы динамического мониторинга представлена на схеме (Рис. 43).

Для реализации системы мониторинга на практике создана программа, рабочий алгоритм которой изображен на рисунке 44.



Рис. 43 Схема организации системы динамического мониторинга атмосферного воздуха



Рис. 44. Алгоритм работы разработанной программы расчёта загрязнения

Сочетание полученных данных о рассеивании загрязняющих веществ (с учетом типа застройки), результатов категорирования селитебной территории по уровню экологического благополучия, данных скрининговой оценки с выявлением приоритетного источника загрязнения позволит и определить

алгоритм принятия мер по улучшению качества атмосферного воздуха и возможности экологически безопасного размещения строительных объектов. [34]

Так, после оценки каждого источника загрязнения, определяется приоритетный по воздействию на атмосферный воздух на данной территории, и планируются меры по снижению его негативного влияния. Это могут быть:

1. Меры по снижению влияния автомобильного транспорта – уменьшение интенсивности движения автотранспорта, сокращение грузового потока, регулирование перекрестков, многоуровневые развязки;

2. Меры по снижению выбросов промышленных предприятий: совершенствование технологии производства, пыле-газоочистного оборудования и др.

3. Меры по снижению неблагоприятного воздействия пылящих территории: благоустройство территории, озеленение, мощение и др.

4. Меры по снижению воздействия временных источников загрязнения – объектов нового строительства: сокращение сроков строительства, благоустройства территорий и др.

После оценки зон влияния каждого источника загрязнения атмосферного воздуха и их комплексного воздействия с учетом метеорологических условий, категорирования территорий по степени экологического благополучия, определяется возможность размещения на исследуемой селитебной территории объектов строительства:

1. На территории «зоны экологического благополучия» (ЗЭБ) – возможно размещение детских дошкольных и образовательных учреждений, лечебно-профилактических учреждений, спортивных объектов, зон рекреации.

2. На территории «зоны усиленного мониторинга» (ЗУМ) – возможно размещение жилых зданий (при проведении детального, усиленного мониторинга атмосферного воздуха и недопущении ухудшения экологической ситуации);

3. На территории «зоны экологической опасности» (ЗЭО) - возможно размещение административно-хозяйственных и торговых зданий (необходимо

проведение мер улучшению качества атмосферного воздуха и снижению негативного влияния источников загрязнения).

Результаты категорирования также позволяют решать вопросы о возможности размещения объектов нового строительства на городской территории: необходимо учитывать прогноз значительного ухудшения экологической ситуации на территориях ЗЭО, либо на территориях ЗЭБ, где размещаются рекреационные, спортивные объекты, детские образовательные учреждения и лечебно-профилактические учреждения.

Алгоритм действий представлен на рисунке 45.

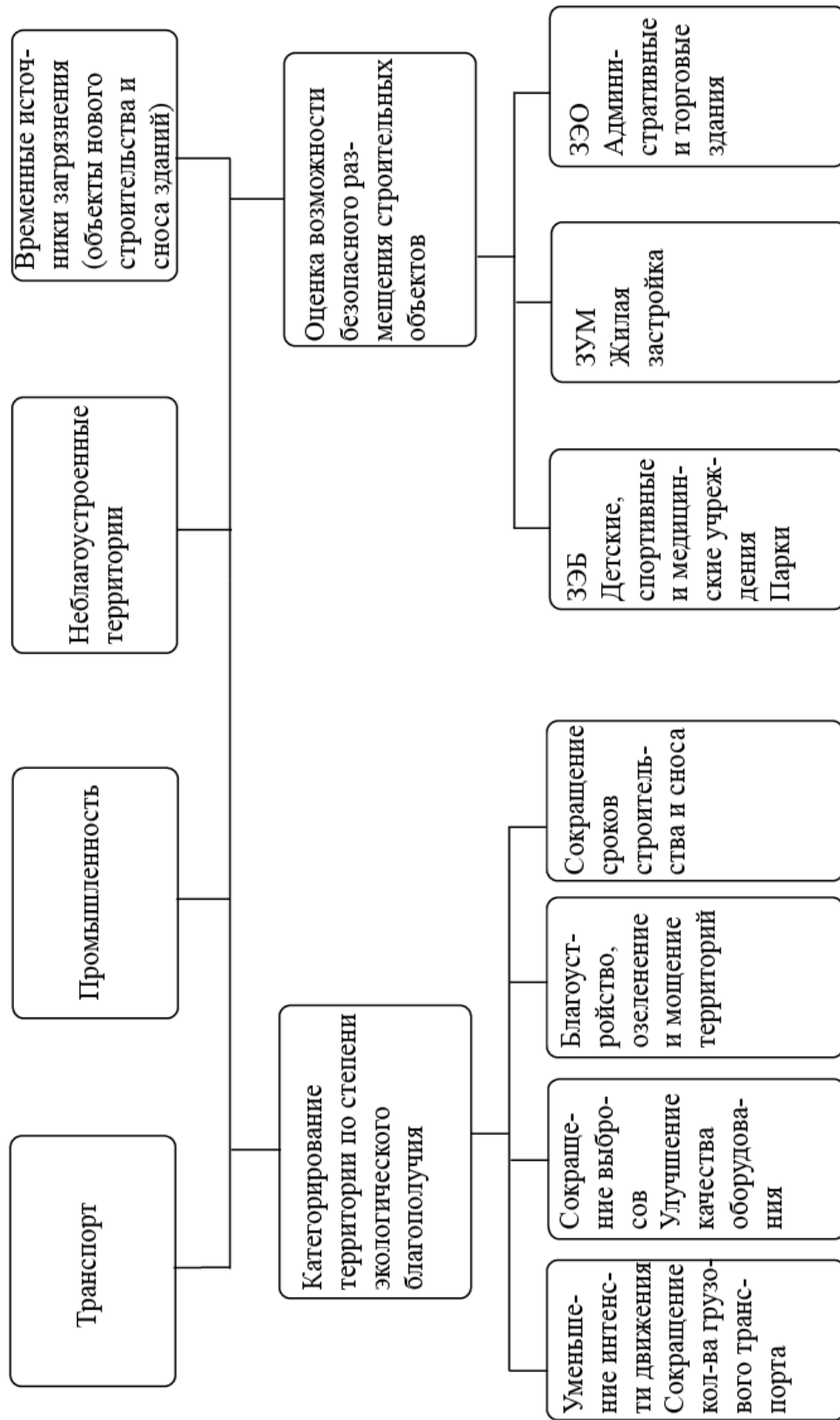


Рис. 45 Блок-схема обоснования принятия мер по снижению воздействия приоритетного источника загрязнения и размещения объектов строительства в зависимости от категорирования территории

Методика разработки динамической системы мониторинга атмосферного воздуха с целью экологически безопасного размещения градостроительных и строительных объектов следующая:

1. а. Установление границы мониторинговой зоны.
1. б. Установление источников загрязнения воздушной среды (автомобильный транспорт, промышленные объекты, неблагоустроенные территории, временные источники загрязнения);
2. Определение объемов загрязнения от основных источников.
3. Зонирование территории (детские образовательные учреждения, лечебно-профилактические учреждения, жилая застройка различной этажности, административно-торговые, коммунально-складские территории), определение характера застройки (квартальная, строчная, замкнутая, индивидуальная);
4. Анализ метеорологических факторов – ветрового режима (определение неблагоприятных направлений (ОНВ) и скоростей);
5. Построение зон загрязнения от основных источников загрязнения атмосферного воздуха;
6. Категорирование территории – определение зон экологического благополучия, усиленного мониторинга и экологической опасности;
7. Принятие решений в зависимости от результатов категорирования - недопущение ухудшения на территории благополучной зоны и перевод зон экологической опасности и усиленного мониторинга в лучшую категорию.
8. Снижение содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в период неблагоприятных метеорологических условий.
9. Разработка и проведение мероприятий по оптимизации воздушной среды.

Был оценен экономический эффект от внедрения динамической системы мониторинга, который может составить около 1 млн рублей для модельной территории.

#### **4.3. Экономическое обоснование динамической системы мониторинга.**

Важным, а часто и ключевым, при планировании любой системы мониторинга факторов окружающей среды является вопрос наличия финансовых ресурсов на ее реализацию и поддержание функционирования. [9] От этого во многом зависит не только проект организации сети мониторинга, но и количество постов наблюдений, выбор контролируемых загрязняющих веществ и приборов для осуществления наблюдений за качеством атмосферного воздуха.

Расходы, связанные с мониторингом атмосферного воздуха включают финансовое обеспечение ряда мероприятий и работ:

1. Первоначальная закупка анализаторов и пробоотборников, затраты на организацию инфраструктуры постов наблюдения;
2. Обслуживание, техническое обеспечение и ремонт оборудования;
3. Затраты на содержание персонала и оплату услуг по эксплуатации и управлению;
4. Затраты на процедуры обеспечения и контроля качества, поверку приборов, их калибровку, и подготовку специалистов;
5. Управление данными, включая их сбор, анализ, введение архива и отчетности;
6. Отбор и обработка проб, лабораторные анализы;
7. Текущие расходы, куда может входить: аренда земельных участков под посты наблюдения, оплата электричества, расходных материалов, запчастей, калибровочных газовых смесей, телефона, транспортных средств и др.

По данным экспертных оценок (в т.ч. при разработке целевых программ) стоимость подготовительных работ, затрат на приобретение оборудование и расходных материалов для проведения мониторинговых исследований на стационарном посту наблюдений за качеством атмосферного воздуха может составлять около 1800-2000 тыс. руб.. Затраты на проведение мониторинговых исследований на стационарном посту, учитывая проведение вышеперечисленные мероприятий и работ составляет в среднем 750-900 тыс. руб. в год. Проведение

мониторинговых исследований на передвижном посту могут составлять 100-300 тыс. руб. в год.

В связи со значительным перечнем дорогостоящих мероприятий по организации сети мониторинга атмосферного воздуха, возникают вопросы с определением обязательных и обоснованных затрат. Оптимальным является минимизация затрат при получении максимально возможного пространственного разрешения и репрезентативности информации.

Предлагаемая система динамического мониторинга позволяет максимально приблизиться к решению данной задачи, сочетая использование минимальное количество стационарных постов, располагаемых в местах, учитывающих наличие всех основных городских источников загрязнения, рассеивание загрязнителей с учетом застройки и преобладающее направление ветра в течение года, а также получать максимально достоверную информацию с передвижных пунктов мониторинга с учетом меняющихся в течение года метеорологических условий, появлении временных источников загрязнения с учетом планирования застройки города.

При реализации системы динамического мониторинга за счет возможного сокращения количества стационарных постов (за счет расположения их только в «точках схождения») и использование передвижных пунктов наблюдения при неблагоприятных метеорологических условиях (при ОНВ) может осуществляться значительная экономия средств за счет. Так, использование двух передвижных постов вместо стационарных (вместе с тем получая максимально достоверную информацию о качестве атмосферного воздуха) приводит к экономии денежных средств около 1000 тыс. руб. в год.

#### **Выводы по главе 4.**

1. Предлагаемая динамическая система мониторинга атмосферного воздуха отработана на модельном участке района г.Волгограда для практического использования экстраполируется на любую территорию малого, среднего, крупного населенного пункта с различным набором источников загрязнения

атмосферного воздуха.(1,2,3 источника) с использованием разработанной системой (программой) расчета и построения полей загрязнения.

2. На основе комплексной оценки данных, полученных в результате обоснованной динамической системы мониторинга атмосферного воздуха, на территории изучаемых районов предлагается выделение трех типов категорий селитебных территорий: зона экологического благополучия (ЗЭБ); зона усиленного экологического мониторинга (относительно благоприятная территория (ЗУМ); зона экологической опасности (ЗЭО).

3. Разработана система оценки суммарного воздействия (Ссум) от автомобильного транспорта, стационарных источников (промышленные объекты) загрязнения, неблагоустроенных территорий и новых объектов строительства с учетом фактора времени воздействия (коэффициента). Для скрининговой оценки суммарного воздействия предлагается балльная система оценки степени влияния источника загрязнения на качество атмосферного воздуха с учетом объема выбросов и сезонности воздействия.

4. В зависимости от преобладания источника загрязнения атмосферного воздуха и их комплексного воздействия на окружающую среду, а также результатов оценки и категорирования территории по степени экологической безопасности, предлагается схема-алгоритм принятия решений по улучшению состояния окружающей среды и экологически безопасного размещения объектов строительства.

5. Проведена оценка возможного экономического эффекта от использования предлагаемой динамической системы мониторинга атмосферного воздуха.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Итоги исследования:

На основании анализа и обобщения научно-технической литературы и современных нормативных документов установлено, что существующая система мониторинга атмосферного воздуха имеет свои недостатки, не позволяющие достоверно оценить экологическую ситуацию и решить вопросы безопасного размещения объектов строительства:

- не учитывается комплексное воздействие основных источников загрязнения, включая пылящие территории и временные источники (объекты нового строительства и сноса);

- сеть мониторинга статична и не учитывает: изменения интенсивности и состава транспортных потоков, объемов и состава промышленных выбросов, появление новых производств, взаимного расположения источников загрязнения, возникновение или исчезновение площадных источников загрязнения (неблагоустроенных территорий), включение в застройку различных строительных объектов, требующих различной степени защиты (детские образовательные учреждения, жилая застройка, спортивные объекты и др.), изменение планировочных решений, ветрового режима в течение года;

- не учитываются особенности рассеивания загрязняющих веществ при различных приемах застройки и внутри застройки, что требует сочетанного использования данных измерения качества атмосферного воздуха (натурные исследования) и оценки посредством моделирования.

1. Обоснована динамическая система мониторинга атмосферного воздуха, учитывающая основные источники загрязнения на территории (подвижные и стационарные, временные и постоянные) и их комбинированное действие, а также такие факторы, тип застройки, сезонные изменения метеорологических факторов.

2. Проведен анализ данных об имеющихся источниках загрязнения атмосферного воздуха: оценка интенсивности движения автомобильного транспорта, оценка выбросов стационарного источника, оценка уровня

благоустройства и содержания пыли в атмосферном воздухе. Проведена оценка метеорологических условий.

3. В целях дальнейшего построения системы мониторинга были получены математические зависимости рассеивания загрязняющих веществ от автомагистралей и городских улиц различных категорий. Для расчета полей рассеивания от автотранспорта и внутри застройки используются данные, полученные методом моделирования (натурные эксперименты и исследования на полигоне городского моделирования).

4. На основе полученных данных и расчетов на карте изучаемого модельного района города строятся поля рассеивания загрязняющих веществ от источников, определяются зоны, находящиеся под воздействием одного, двух и трех источников загрязнения при направлениях ветра по 8-ми румбам, выявляются так называемые «точки схождения» - зоны, наиболее подверженные загрязнению от всех основных источников при конкретных метеорологических условиях. Полученные данные о рассеивании загрязняющих веществ позволяют определить «опасные направления ветра» (ОНВ), при которых наибольшая часть застройки попадает в зону загрязнения в течение длительного времени.

5. В соответствии с гибким подходом к планированию сети мониторинга, на исследуемой территории определяются места контроля атмосферного воздуха – передвижные и стационарные посты наблюдения. При внедрении динамической системы мониторинга атмосферного воздуха, они располагаются на тщательно отобранных репрезентативных участках. Места расположения постов наблюдения меняются в зависимости от метеорологических условий в течение года (с учетом определенных ОНВ), а также при изменении типа застройки, выбросов от источников загрязнения атмосферного воздуха (постоянных и временных - новых объектов строительства и сноса).

6. Предлагается система оценки суммарного воздействия ( $S_{\text{сум}}$ ) от автомобильного транспорта, стационарных источников (промышленные объекты) загрязнения, неблагоустроенных территорий и новых объектов строительства и сноса зданий и сооружений с учетом фактора времени воздействия

(коэффициента). Результаты позволят оценить приоритетность источника загрязнения и их комплексное влияние с учетом времени воздействия наиболее неблагоприятных метеорологических условий.

7. В зависимости от преобладания источника загрязнения атмосферного воздуха и их комплексного воздействия на окружающую среду, а также результатов оценки и категорирования территории по степени экологической безопасности, предлагается схема-алгоритм принятия решений по улучшению состояния окружающей среды и экологически безопасного размещения объектов строительства.

8. Предлагаемая динамическая система мониторинга атмосферного воздуха, отработанная на модельном участке района г. Волгограда, для практического использования экстраполируется на любую территорию городского населенного пункта с различным набором источников загрязнения атмосферного воздуха (1, 2, 3 источника) с использованием разработанной системы (программы) расчета и построения полей загрязнения.

### **Рекомендации:**

1. Рекомендовано при организации системы наблюдения за качеством атмосферного воздуха использовать принцип динамической системы мониторинга, учитывающей комплексное воздействие источников загрязнения (промышленные, автомобильный транспорт, неблагоустроенные пылящие территории, временные источники загрязнения), изменение метеорологических факторов и городских условий, а также временной фактор наиболее неблагоприятных условий.

2. При расчете зон рассеивания от автомобильного транспорта рекомендовано использовать полученные типичные зависимости рассеивания загрязняющих веществ от автомагистралей и городских магистралей различных категорий, а также учитывать вида застройки (с использованием зависимостей рассеивания загрязняющих веществ, полученных методом моделирования).

3. Рекомендовано при планировании размещения мест контроля атмосферного воздуха использовать гибким подходом, располагать их на

тщательно отобранных репрезентативных участках, после оценки структуры выбросов и расчета зон рассеивания загрязняющих веществ от всех основных источников загрязнения и перемещать в зависимости от метеорологических условий в течение года (с учетом определенных ОНВ), а также при изменении типа застройки, выбросов от источников загрязнения атмосферного воздуха (постоянных и временных - новых и сносимых объектов строительства). Учет изменяющихся условий городской среды, требует периодический пересмотр мониторинговых точек (не реже 1 раза в год).

4. Рекомендовано использовать предложенную систему категорирования территории по степени экологического благополучия для обоснования возможности безопасного размещения новых объектов строительства различного назначения.

**Перспективы дальнейшей разработки темы** диссертации состоят в возможности использования результатов данных исследований и расчетов для разработки сети мониторинга атмосферного воздуха для крупных промышленных городов РФ, а также в дальнейшем совершенствовании мер по обеспечению экологической безопасности размещения объектов строительства.

### Список литературы

1. Аброськина, Н. В. Эколого-гигиеническое обоснование критериев благоустройства при комплексной оценке антропогенной нагрузки селитебных территорий [Текст] : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.07 / Аброськина Наталья Владимировна ; Волгогр. мед. акад. – Волгоград, 1999. - 125 л.
2. Азаров, В. Н. Загрязненность строительных конструкций и памятников архитектуры как один из аспектов визуальной экологии [Текст] / В. Н. Азаров, А. А. Кузьмичев // Социология города. - 2015. - № 2. - С. 76-86.
3. Аксенов, И. Я. Транспорт и охрана окружающей среды [Текст] / И. Я. Аксенов, В. И. Аксенов. – Москва : Транспорт, 1986. - 176 с.
4. Атмосферная турбулентность и моделирование распространения примесей [Текст] / под ред. Ф. Т. М. Ньистадта, Х. Ван-Дона. - Ленинград : Гидрометеиздат, 1985. - 350 с.
5. Бабак, Н. А. Превентивный метод оценки состояния, защиты природно-техногенных систем и управления ими при осуществлении строительной деятельности и ЖКХ [Текст] / Н. А. Бабак // Известия Петербургского университета путей сообщения. - 2011. - № 3. - С. 114-121.
6. Байдюк, А. П. Проблемы экологической безопасности в строительстве [Текст] / А. П. Байдюк // Жилищное строительство. - 2011. - № 3. - С. 78-80.
7. Балакин, В. В. Исследование эффективности градостроительных средств защиты от выбросов автотранспорта [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Балакин Владимир Васильевич. - Москва, 1981. - 61 с.
8. Балакин, В. В. Трансформация воздушного потока при обтекании жилых зданий на городских улицах [Текст] / В. В. Балакин, В. Ф. Сидоренко // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2016. - Вып. 44 (63), Ч. 2. - С. 4-18.
9. Балацкий, О. Ф. Определение экономической эффективности оздоровительных мероприятий по охране атмосферного воздуха [Текст] / О. Ф.

Балацкий, Ю. Е. Корнеев // Общие методич. и теоретич. вопр. гигиены атмосферного воздуха. - Москва, 1973. - С. 100-110.

10. Бальзанов, Т. А. Защита атмосферы от загрязнения бензпиреном выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания [Текст] / Т. А. Бальзанова, Т. А. Гендель, А. Г. Шуэр. - Москва, 1987. - 15 с.

11. Башкатов, О. М. Математическое обоснование размещений стационарных постов экологического контроля [Текст] / О. М. Башкатов // Перший Незалежний Науковий Вісник. - 2015. - № 1-1. - С. 15-19.

12. Белова, Т. В. Повышение эффективности защиты окружающей среды от загрязнения отходами строительства [Текст] / Т. В. Белова, А. А. Болотова // Вестник МГСУ. - 2013. - № 4. - С. 92-101.

13. Берлянд, М. Е. Об атмосферной диффузии примесей при штиле [Текст] / М. Е. Берлянд, О. И. Куренбин // Тр. ГГО. - Ленинград : Гидрометеиздат, 1969. - Вып. 238. - С. 3-13.

14. Берлянд, М. Е. О распределении атмосферных примесей в условиях города [Текст] / М. Е. Берлянд // Метеорология и гидрология. - 1970. - № 3. - С. 45-57.

15. Беспалов, В. И. Классификационно-методические основы борьбы с загрязнением окружающей среды твердыми отходами потребления [Текст] / В. И. Беспалов, О. Н. Парамонова // Сборник научных трудов SWorld : материалы междунар. науч.-практ. конф. «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2012». – Одесса : Купrienko, 2012 - Вып. 3, т. 9. - 8-9 с

16. Ванкевич, Р. Е. Применение методов системного анализа и ГИС-технологий для исследования количественных взаимосвязей в системе «автотранспорт - городская среда - здоровье» [Текст] : дис. ... канд. технич. наук / Ванкевич Роман Евгеньевич. - Санкт-Петербург, 2003. - 135 с.

17. Васильев, А. П. Проектирование дорог с учетом влияния климата на условия движения [Текст] / А. П. Васильев. - Москва : Транспорт, 1986. - 248 с.

18. Васильев, Н. К. Автомобиль, общество, биосфера [Текст] / Н. К. Васильев // За рулем. - 1974. - № 2. - С. 12-13.
19. Владимиров, В. В. Рациональное использование территории и охрана окружающей среды в районной планировке [Текст] / В. В. Владимиров. – Москва, 1979. - 32 с.
20. Волков, В. С. Мониторинг городской окружающей среды с учётом деятельности автомобильного транспорта [Текст] / В. С. Волков, Е. В. Тарасова // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - № 2. - С. 20.
21. Волох, А. А. Опыт контроля за загрязнением атмосферного воздуха металлами и летучими органическими соединениями на городских и фоновых территориях [Текст] / А. А. Волох // Геохимические исследования городских агломераций. – Москва : ИМГРЭ, 1998. - С. 40-58.
22. Гершензон, В. Е. Информационные технологии в управлении качеством среды обитания [Текст] : учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В. Е. Гершензон, Е. В. Смирнова, В. В. Элиас. - Москва : ИЦ "Академия", 2003. – 288 с.
23. Гичев, Ю. П. Загрязнение окружающей среды и здоровье человека [Текст] / Ю. П. Гичев. – Москва ; Новосибирск, 2002. - 288 с.
24. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе [Текст] ; введ. 25.06.2003. Москва : ФГУП ЦПП : СТК Аякс, 2003. - 255 с.
25. ГОСТ 17.2.1.03-84. Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения [Текст] ; введ. 01.07.85. - Москва : Изд-во стандартов, 1985. - 11 с.
26. ГОСТ Р 52398-2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования [Текст] ; введ. 2006-01-05. - Москва : Стандартинформ, 2007. - 10 с.
27. ГОСТ Р 56162-2014 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. [Текст]. Метод расчета выбросов от автотранспорта при проведении сводных

расчетов для городских населенных пунктов. - Москва : Стандартинформ, 2014. - 12 с.

28. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Волгоградской области в 2015 году» [Текст] / Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Волгоградской области. - Волгоград, 2016.

29. Градостроительство [Текст] : справ. проектировщика / под общ. ред. В. Н. Белоусова. - Москва : Стройиздат, 1977. - 367 с.

30. Григорьев, Ю. И. Качество воздушной среды и заболеваемость детей [Текст] / Ю. И. Григорьев, А. В. Ершов, И. И. Силин // Гигиена и санитария. - 2010. - № 4. - С. 28-31.

31. Губернский, Ю. Д. Экологические основы строительства жилых и общественных зданий [Текст] / Ю. Д. Губернский, В. А. Лещиков, Ю. А. Рахманин. - Москва, 2004. - 253 с.

32. Гурова, О. С. Основные принципы классификации источников загрязнения воздушной среды городских территорий Южного федерального округа [Электронный ресурс] / Гурова О. С. // Интернет-журнал Науковедение. - 2013. - № 5 (18). - С. 123.

33. Данилевич, Д. В. Некоторые предложения по развитию действующей системы градостроительного регулирования [Текст] / Д. В. Данилевич, Е. Н. Бондарева // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. - 2013. - № 1. - С. 14-20.

34. Евгеньев, И. Е. Окружающая среда и строительство автомобильных дорог [Текст] / И. Е. Евгеньев // Автомобильные дороги. - 1988. - № 11. - С. 13.

35. Девятов, М. М. Комплексная транспортная схема г. Волгограда : идеи, цели, задачи [Текст] / М. М. Девятов, С. В. Алексиков, И. М. Вилкова // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2007. - Вып. 8 (27). - С. 63-67.

36. Демиденко, Г. А. Экологический мониторинг загрязнения окружающей среды формальдегидом и бенз(а)пиреном [Текст] / Г. А. Демиденко, Д. Ф. Жирнова // Вестник КрасГАУ. - 2013. - № 10. - С. 109-113.
37. Диамант, Р. Предотвращение загрязнения окружающей среды [Текст] / Р. Диамант. - Москва : Стройиздат, 1979. - 172 с.
38. Диденко, В. Г. Определение дисперсного состава пыли методом цифровой микроскопии [Текст] : метод, указ. / В. Г. Диденко, Д. В. Беломутенко, Д. П. Боровков. - Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2003. - 12 с.
39. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2014 году» [Текст] / ред. колл.: П. В. Вергун [и др.] ; Ком. природн. ресурсов и экологии Волгогр. обл. – Волгоград : Изд-во «СМОТРИ», 2015. - 300с.
40. Евгеньев, И. Е. Автомобильные дороги в окружающей среде [Текст] / И. Е. Евгеньев, Б. Б. Каримов. - Москва : Изд-во «Трансдорнаука», 1997. - 286 с.
41. Евгеньев, И. Е. Защита природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог [Текст] / И. Е. Евгеньев, В. В. Савин. - Москва : Транспорт, 1989. - 124 с.
42. Жегалин, О. И. Снижение токсичности автомобильных двигателей [Текст] / О. И. Жегалин, П. Д. Лупачев. - Москва : Транспорт, 1985. - 120 с.
43. Израэль, Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды [Текст] / Ю. А. Израэль. - Ленинград : Гидрометеиздат, 1984. - 560 с.
44. Илгунас, А. Ю. Промышленные сооружения в композиции исторически сложившихся городов [Текст] / А. Ю. Илгунас, М. А. Илгунас, А. М. Рудницкий. - Москва : Стройиздат, 1983. - 62 с.
45. Инженерная экология [Текст] : учеб. / под ред. проф. В. Т. Медведева. – Москва : Гардарики, 2002. – 687 с.
46. Исследование методом моделирования эффективности различных планировочных решений и типов жилой застройки для защиты от транспортного шума [Текст] : отчет / ДИСИ ; рук. Е. П. Самойлюк. - № ГР 79018809 ; инв. № Б809873. - Днепропетровск, 1979. - 168 с.

47. Кандрор, И. С. Физиологические принципы санитарно-климатического районирования территории СССР [Текст] / И. С. Кандрор, Д. М. Демина, Е. М. Ратнер. – Москва : Медицина, 1974. - 176 с.
48. Категорирование территории г. Волгограда по экологическим факторам и их комплексная оценка [Текст] : отчет о НИР ; рук. В. Ф. Сидоренко . - Волгоград, 2005.
49. Климат Волгограда [Текст] : справ. специалиста. – Ленинград : - Гидрометеиздат, 1989. - 212 с.
50. Клименко, М. Ю. Методика снижения загрязнения окружающей среды при капитальном ремонте (реконструкции) зданий городской застройки [Текст] / М. Ю. Клименко // Юг России: экология, развитие. - 2015. - № 2. - С. 128-135.
51. Коваленко, П. П. Городская климатология [Текст] / П. П. Коваленко, Л. Н. Орлова. - Москва : Стройиздат, 1993. - 144 с.
52. Кожевников, Р. К. Пути повышения эффективности охраны воздушной среды [Текст] / Р. К. Кожевников, Т. Г. Булыгина, Н. Е. Хейфец. - Минск : Бениинти, 1986. - 44 с.
53. Комплексная транспортная схема Волгограда до 2025 г. [Текст]. - Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2008. - 113 с.
54. Кондратенко, Т. О. Оценка воздействия строительного производства на окружающую среду [Текст] / Т. О. Кондратенко, А. В. Сайбель // ИВД. - 2012. - № 4-2. - С. 153.
55. Кондратьев, К. Я. Аэрозоль и климат [Текст] / К. Я. Кондратьев Ленинград : Гидрометеиздат, 1991. - 542 с.
56. Кононович, Ю. В. Основы экологического планирования градостроительной деятельности [Текст] : учеб. пособие / Ю. В. Кононович, А. Д. Потапов. - Москва : Изд-во МГСУ, 1999. - 103 с.
57. Константинов, И. С. Прагматический взгляд на технический аспект обеспечения безопасности жизнедеятельности [Текст] / И. С. Константинов, В. В. Раков // Информационные системы и технологии. - 2011. - № 3 (65). - С. 91-101.

58. Константинова, З. И. Защита воздушного бассейна от промышленных выбросов [Текст] / З. И. Константинова. - Москва : Стройиздат, 1981. – 104 с.
59. Косицына, Э. С. Комплексная оценка и учет экологических факторов при градостроительном проектировании [Текст] : метод, указ. / Э. С. Косицына, С. Е. Стеценко, Н. В. Коростелева. - Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2004. - 12 с.
60. Краев, Д. А. Экологический мониторинг и использование Web-ГИС технологий [Текст] / Д. А. Краев // ОНВ. - 2012. - № 2 (114). - С. 196-199.
61. Кузнецова, А. В. Разработка алгоритма оценки экологической безопасности объектов недвижимости на примере селитебной зоны Волгограда [Текст] / А. В. Кузнецова, И. В. Владимцева // Современные проблемы науки и образования. - 2012. - № 1. - С. 218.
62. Лapidус, А. А. Математическая модель оценки обобщенного показателя экологической нагрузки при возведении строительного объекта [Текст] / А. А. Лapidус, А. Ю. Бережный // Вестник МГСУ. - 2012. - № 3. - С. 149-153.
63. Левченко, Г. Н. Ветер как градостроительный фактор [Текст] / Г. Н. Левченко, С. Д. Соколов, К. И. Семашко // Сб. науч. тр. ЦНИИП градостроительства. - Москва, 1973. - 18 с.
64. Луканин, В. Н. Автотранспортные потоки и окружающая среды [Текст] / В. Н. Луканин, А. П. Буслаев, М. В. Яшина. - Москва : Высш. шк., 2001. - 295 с.
65. Луканин, В. Н. Автомобильные дороги: безопасность, экологические проблемы, экономика: российско-германский опыт [Текст] / В. Н. Луканин, К.-Х. Ленца. – Москва : Логос, 2002. - 624 с.
66. Луканин, В. Н. Промышленно-транспортная экология [Текст] : учеб. для вузов / В. Н. Луканин, Ю. В. Трофименко. - Москва : Высш. шк., 2001. - 295 с.
67. Лыков, И. И. Автотранспорт и городская среда [Текст] / И. И. Лыков // Экология урбанизированных территорий. - 2013. - № 3. - С. 37-41.

68. Лыкова, А. С. Загрязнение воздуха городских улиц окисью углерода и ее вредное влияние [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Лыкова А. С. - Ленинград, 1953. - 16 с.
69. Мазур, И. И. Курс инженерной экологии [Текст] : учеб. для вузов / И. И. Мазур, О. И. Молдаванов. - Москва : Высш. шк., 1999. - 447 с.
70. Манкетова, А. А. Возникновение риска для здоровья населения г. Улан-Удэ от атмосферных выбросов ТЭЦ-1 [Текст] / А. А. Манкетова, А. Б. Иметхенов // Вестник БГУ. - 2014. - № 4-1. - С. 97-101.
71. Маслобоев, В. А. Долговременный опыт мониторинга промышленных загрязнений [Текст] / В. А. Маслобоев // Вестник Кольского научного центра РАН. - 2009. - № 1. - С. 24-33.
72. Маслов, Н. В. Градостроительная экология [Текст] : учеб. пособие для строит. вузов / Н. В. Маслов ; под ред. М.С. Шумилова. - Москва : Высш. шк., 2002. - 284 с.
73. Махонько, К. П. Возникновение ветрового переноса пыли над подстилающей поверхностью [Текст] / К. П. Махонько // По метрологической деятельности комиссии атомной энергии США, май 19-22, 1964 : сб. конф. - Обнинск : ГМЦ СССР, 1967. - 49 с.
74. Махонько, К. П. Вторичное поступление в атмосферу пыли, осевшей на землю [Текст] / К. П. Махонько // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. - 1979. - Т. 15, № 5. - С. 568-570.
75. Методология оценки техногенного воздействия и организация комплексного мониторинга территории Могилевской области [Текст] / В. И. Мрочек // Вестник Белорусско-Российского университета. - 2006. - № 4. - С. 230-235.
76. Могосова, И. М. Особенности оценки загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота от передвижных источников в Москве [Текст] / И. М. Могосова, Т. А. Воробьева // Экология урбанизированных территорий. - 2014. - № 1. - С. 83-88.

77. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека [Текст]. Региональные публикации ВОЗ. Европейская серия. - 2001. - № 85. - 293 с.

78. Научно-методический подход к определению экологического ущерба от выбросов предприятий строительного комплекса [Текст] / Ю. С. Михайловская [и др.] // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2016. - Вып. 43 (62). - С. 189-198.

79. Об опыте работы сети пунктов наблюдений за загрязнением атмосферы [Текст] / И. А. Янковский [и др.] // Тр. ГГО. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1974. - Вып. 314. - С. 154-157.

80. ОНД 86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ содержащихся в выбросах предприятий [Текст]. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1987. – 93 с.

81. Основы теории градостроительства [Текст] / З. Н. Яргина [и др.]. – Москва : Стройиздат, 1986. - 326 с.

82. Оценка заболеваемости населения в зависимости от условий проживания [Текст] / М. Л. Веревина [и др.] // Гигиена и санитария. - 2010. - № 3. - С. 21-25.

83. Петров, М. В. Практический опыт использования БПЛА swingleT производства компании senseFly (Швейцария) [Текст] / М. В. Петров // Интерэкспо Гео-Сибирь : междунар. науч. конф. - Новосибирск, 2013. - С. 42-47.

84. Петрова, Н. П. К методике проектирования систем экологического мониторинга [Текст] / Н. П. Петрова, Н. С. Попов, В. А. Лузгачев // Вестник Тамбовского университета. Сер.: Естественные и технические науки. - 2014. - № 5. - С. 1712-1716.

85. Природно-климатические условия и состояние атмосферного воздуха в городе Казани [Текст] / Н. Н. Шамсияров [и др.] // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - № 5. - С. 525.

86. Расчетно-аналитический метод определения загрязнения приземного слоя атмосферы выбросами промышленных предприятий [Текст] / Л. О. Штриплинг [и др.] // ОНВ. - 2015. - № 1 (138). - С. 202-205.

87. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов [Текст] / М-во транспорта. – Москва, 1995.

88. Реттер, Э. И. Архитектурно-строительная аэродинамика [Текст] / Э. И. Реттер. – Москва : Стройиздат, 1984. - 294 с.

89. Рзаева, Т. Ш. Экологические проблемы города Саратова [Текст] / Т. Ш. Рзаева // БМИК. - 2014. - № 5. - С. 895.

90. Родивилова, О. В. Оценка воздействия автотранспорта на окружающую среду урбанизированных территорий (на примере г. Иванова) [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Родивилова Оксана Викторовна; Ивановский государственный химико-технологический университет. - Иваново, 1999. – 178 с.

91. Рощупкин, Э. В. Система экологического мониторинга [Текст] / Э. В. Рощупкин // Известия ТулГУ. Науки о Земле. - 2011. - № 1. - С. 10-13.

92. Руководство по контролю загрязнения атмосферы [Текст]. РД 52.04.186-91. – Москва : Гидрометеиздат, 1991. - 693 с.

93. Рябченко, О. И. Охрана и мониторинг атмосферного воздуха приоритетные направления сервиса экосистем Санкт-Петербурга и Ленинградской области [Текст] / О. И. Рябченко, Я. В. Зачиняев // ТТПС. - 2014. - № 2 (28). - С. 34-40.

94. Сазонов, Э. В. Экологические проблемы современного градостроительства [Текст] / Э. В. Сазонов, В. И. Леденев, Г. Л. Леденева // Вопросы современной науки и практики. - 2016. - № 4 (62). - С. 53-60.

95. Сазонов, Э. В. Зонирование территорий при градостроительном проектировании с позиции обеспечения экологической безопасности [Текст] / Э. В. Сазонов, В. В. Смольянинов // Научный вестник Воронежского

государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. - 2010. - № 3. - С. 120-130.

96. Санкина, Т. И. Исследование распространения автомобильных выбросов на территориях городских транспортных пересечений в одном уровне [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 18.00.04 / Санкина Т. И. - Москва, 1987. - 173 с.

97. Сапожкова, Н. В. Разработка метода комплексной оценки воздействия автотранспорта на экологическую безопасность городской среды для обоснования мониторинга и защитных мероприятий [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.19 / Сапожкова Наталья Васильевна. - Волгоград, 2012. - 183 с.

98. Сапожкова, Н. В. Комплексная оценка воздействия автотранспорта для регулирования экологической ситуации в городе [Текст] / Н. В. Сапожкова // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2010. - Вып. 20 (39). - С. 175-179.

99. Сапожкова, Н. В. Обоснование мониторинга экологической обстановки на улицах города от воздействия автотранспорта [Текст] / Н. В. Сапожкова // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. : сб. ст. - Казань : Казан. изд. дом, 2010. - № 9.1, вып. 1. - С. 192-195.

100. Сапожкова, Н. В. Подбор мероприятий по снижению негативного воздействия автотранспорта на городскую среду [Текст] / Н. В. Сапожкова // Вестн. Волгогр. гос. арит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2011. - Вып. 23 (42). - С. 162-167.

101. Сборник санитарно-гигиенических нормативов и методов контроля вредных веществ в объектах окружающей природной среды [Текст]. - Москва : Искусство, 1991. - 370 с.

102. Святенко, А. В. Система расчетного мониторинга загрязнения воздуха городов автомобильными выбросами [Текст] / А. В. Святенко, В. А. Лузгачев, И. В. Якунина // Вестник Тамбовского университета. Сер.: Естественные и технические науки. - 2011. - № 2. - С. 501-503.

103. Себелева, С. А. Численное моделирование загрязнения приземной атмосферы выхлопными газами автотранспорта [Текст] / С. А. Себелева, М. Д.

Хуторской // Актуальные проблемы экологии и природопользования : сб. науч. тр. Всерос. конф. – Москва, 2000. - С. 228-233.

104. Серебровский, Ф. Л. Аэрация населенных мест [Текст] / Ф. Л. Серебровский. – Москва : Стройиздат, 1985. - 172 с.

105. Сигаев, А. В. Проектирование улично-дорожной сети [Текст] / А. В. Сигаев. – Москва : Стройиздат, 1978. - 263 с.

106. Сидоренко, В. Ф. Исследование и применение градостроительных мероприятий по защите жилой застройки от выхлопных газов автотранспорта [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / В. Ф. Сидоренко. - Волгоград : ВИИГХ, 1970. 168 с.

107. Сидоренко, В. Ф. Теоретические и методологические основы экологического строительства [Текст] / В. Ф. Сидоренко. - Волгоград : Изд-во ВолгГАСА, 2000. - 200 с.

108. Сидоренко, В. Ф. Учёт загрязнения воздушного бассейна автотранспортом в градостроительном проектировании [Текст] : учеб. пособие / В. Ф. Сидоренко. – 2-е изд., перераб. – Волгоград : ВолгГАСА, 1999. – 72 с.

109. Сидоренко, В. Ф. Строительство как фактор негативного экологического воздействия на урбанизированных территориях [Текст] / В. Ф. Сидоренко, Н. В. Аброськина, И. В. Сидоренко // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. – 2011. – Вып. 25. – С. 374-377.

110. Сидоренко, В. Ф. Выбор для автомагистралей конструкции полос зеленых насаждений по их газозащитным свойствам [Текст] / В. Ф. Сидоренко, В. В. Балакин, Ю. Г. Фельдман // Гигиена и санитария. - 1978. - № 4. - С. 106-108.

111. Сидоренко, В. Ф. Обеспечение экологической безопасности при ведении нового строительства в сложившейся застройке [Текст] / В. Ф. Сидоренко, Г. С. Кузнецов // Энергоэффективность, ресурсосбережение и природопользование в городском хозяйстве и строительстве: экономика и управление : материалы III Междунар. науч.-техн. конф., 20-25 мая 2016 г., Волгоград. - Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2016. - С. 168-173.

112. Сидоренко, В. Ф. Исследование газозащитной эффективности зеленых насаждений на автомагистралях [Текст] / В. Ф. Сидоренко, К. П. Кириллов, Ю. Г. Фельдман // Гигиена и санитария. - 1973. - № 10. - С. 6-8.

113. Сидоренко, В. Ф. Проектная модель жилой застройки (жилых комплексов), основанная на принципах экологической безопасности и устойчивого развития, для регионов Южного федерального округа [Текст] / В. Ф. Сидоренко, Э. Ю. Петров, В. Э. Петров // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2016. - Вып. 44 (63). - Ч. 2. - С. 71-79.

114. Сидоренко, В. Ф. Исследование роли автомобильного транспорта в негативном воздействии вибраций на жилую застройку [Текст] / В. Ф. Сидоренко, И. Е. Степанова, Н. В. Аброськина // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Естеств. наук. - 2004. - Вып. 3 (10). - С. 138-142.

115. Сидоренко, В. Ф. О расчете концентраций окиси углерода в воздухе автомагистралей и прилегающей жилой застройки [Текст] / В. Ф. Сидоренко, Ю. Г. Фельдман // Гигиена и санитария. - 1974. - № 1. - С. 7-10.

116. Сидоренко, И. В. Совершенствование методологии комплексной оценки загрязнений воздушного бассейна крупного города для обоснования мониторинга и системы контроля [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 03.00.16 / Сидоренко Игорь Владимирович ; Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. - Волгоград, 2008. – 177 с.

117. Системный подход к разработке городских автоматизированных систем экологического мониторинга [Текст] / А. Г. Абрамова [и др.] // ИВД. - 2012. - № 4-2. - С. 1.

118. Славущий, О. А. Исследование пылеобразования на грунтовых дорогах Целиноградской области [Текст] / О. А. Славущий. - Омск : Зап.-Сиб. книжн. изд-во, 1972. - С. 148-158.

119. Слесарев, М. Ю. Научные основы и инновационные методы формирования систем экологической безопасности строительства [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Слесарев Михаил Юрьевич ; Москов. гос. строит. ун-т. - Москва, 2007.

120. Слесарев, М. Ю. Прогнозирование уровня экологической безопасности при реконструкции объектов строительства [Текст] / М. Ю. Слесарев, А. И. Негребов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2001. - № 3. - С.41-42.

121. Слесарев, М. Ю. Перспектива развития методологии оценки экологической безопасности в строительстве [Текст] / М. Ю. Слесарев, Т. В. Кузовкина. - Экология урбанизированных территорий. - № 4. - 2014. - С. 6-9.

122. Слесарев, М. Ю. Учет воздействий стационарных объектов энергетики в экологической оценке городского хозяйства Москвы [Текст] / М. Ю. Слесарев, Т. В. Кузовкина. - Экология урбанизированных территорий. - 2015. - № 3. - С. 30-36.

123. Соляник, Н. А. Математическое моделирование процесса загрязнения атмосферного воздуха в зоне влияния промышленных предприятий [Текст] / Н. А. Соляник, В. А. Кушников // Вестник СГТУ. - 2009. - № 1 - С.104-109.

124. . СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика [Текст]. Взамен СНиП П-А.6-72 ; введ. 01.01.84. - Москва : Стройиздат, 1983. - 136 с.

125. . СНиП 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [Текст]. Взамен СНиП П-60-75 ; введ. 01.01.90. - Москва : ОАО «ЦПП», 2007. -56 с.

126. Состояние здоровья населения, проживающего в экологически неблагоприятных городских районах [Текст] / Л. И. Морозова [и др.] // Гигиена и санитария. - 1998. - № 1. - С. 34-37.

127. .Спурный, К. Аэрозоли [Текст] / К. Спурный. Ч. Йех. - Москва : Атомиздат, 1964. - 360 с.

128. Стеценко, С. Е. Механизм ветропереноса природно-техногенной пыли в условиях городской среды [Текст] / С. Е. Стеценко, В. Ф. Сидоренко, Г. А. Птичникова // Проблемы и перспективы экологического строительства : программа, докл. и сообщ. междунар. науч.-техн. конф.-семинара, 25 мая-1 июня 2001 г., Тенерифе, Испания 2001. - Волгоград : [ВолгГАСА], 2001. - С. 66-68.

129. Стеценко, С. Е. Методика проведения экологической реконструкции жилой территории в аспекте запыленности городской среды [Текст] / С. Е. Стеценко // 2002 год - год Волгоградской области в ЮРО РААСН. Первые итоги : докл. и выступ. на науч.-практ. конф. Южн. регион. отд-ния РААСН (8-10 окт. 2002 г.) . - Волгоград : ЮРО РААСН, 2003. - С. 60-64

130. Стеценко, С. Е. Учет фактора запыленности в формировании городской застройки (на примере г. Волгограда) [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 18.00.04 / Стеценко Светлана Евгеньевна. - Волгоград, 2006. - 223 с.

131. Структура системы мониторинга территориальной автотранспортной системы [Текст] / И. С. Константинов [и др.] // Вестник компьютерных и информационных технологий. - 2012. - № 4. - С. 33-37.

132. Тасейко, О. В. Репрезентативность пунктов наблюдения при оценке качества воздуха в городской среде [Электронный ресурс] / О. В. Тасейко, Е. В. Сугак // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. - URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15560> (дата обращения: 22.11.2017).

133. Теличенко, В. И. Классификация уровней безопасности и качественного состояния экосистем. 4.1: Естественные экосистемы [Текст] / В. И. Теличенко, А. Л. Большеротов // Промышленное и гражданское строительство. - 2010. - № 12. - С. 52-54.

134. Теличенко, В. И. Комплексная система экологической безопасности строительства [Текст] / В. И. Теличенко, А. Л. Большеротов // Жилищное строительство. - 2010. - № 12. - С. 2-5.

135. Теличенко, В. И. Состояние и проблемы устойчивого развития строительной деятельности [Текст] / В. И. Теличенко // Вестник МГСУ. - 2015. - № 12. - С. 5-11.

136. Теличенко, В. И. Снижение воздействия необустроенных свалок в условиях городских территорий [Текст] / В. И. Теличенко, Ю. М. Галицкова // Вестник МГСУ. - 2010. - № 4-1. - С.191-196.

137. Теличенко, В. И. Обеспечение комплексной безопасности зданий и сооружений - приоритетное направление технологической модернизации России [Текст] / В. И. Теличенко, В. М. Ройтман // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. - 2014. - № 3. - С. 5-12.

138. Терминологический словарь по загрязнению атмосферного воздуха [Текст] : пер. с англ. – Копенгаген : ВОЗ, 1982. - 156 с.

139. Тетиор, А. Н. Городская экология : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений [Текст] / А. Н. Тетиор. – 3-е изд., стер. – Москва : Изд. центр «Академия», 2008. – 336 с

140. Техногенное загрязнение атмосферного воздуха и его влияние на социально-экологическое благополучие городов-курортов Кавказских Минеральных Вод [Текст] / В. Н. Азаров [и др.] // Социология города. - 2014. - № 1. - С. 28-37.

141. Трофименко, Ю. В. Биологические методы снижения автотранспортного загрязнения придорожной полосы [Текст] : обзорн. информ. / Ю. В. Трофименко, А. В. Лобиков. – Информавтодор. - 2001. - № 5. - 96 с.

142. Федорова, А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды [Текст] : учеб. пособие / А. И. Федорова, А. Н. Никольская. - Москва : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. - 288 с.

143. Фельдман, Ю. Г. Гигиеническая оценка автотранспорта как источника загрязнения атмосферного воздуха [Текст] / Ю. Г. Фельдман. – Москва : Медицина, 1975. - 160 с.

144. Фокин, С. Г. Оценка воздействия на население Москвы загрязнений атмосферного воздуха канцерогенными веществами [Текст] / С. Г. Фокин // Гигиена и санитария. - 2010. - № 1. - С. 18-21.

145. Хачатрян, Т. С. Количественная оценка взаимосвязи показателей состояния здоровья детей и факторов среды [Текст] / Т. С. Хачатрян // Гигиена и санитария. - 1983. - № 7. - С. 18-20.

146. Холлидей, Е. С. Исторический обзор проблемы загрязнения атмосферного воздуха [Текст] / Е. С. Холлидей // Загрязнение атмосферного воздуха. - Женева, 1972. - С. 9-41. - (ВОЗ. Серия монографий, № 46)
147. Хосе, Д. Автомобильные дороги и проблема охраны окружающей среды [Текст] / Д. Хосе, Лоренцо Васкес-Гевара Р. Де. – Испания, 1980. - 127 с.
148. Циммерман, В. И. Воздействие отраслей промышленности на воздушную среду города [Текст] / В. И. Циммерман, С. Э. Бадмаева // Вестник КрасГАУ. - 2015. - № 4. - С. 3-6.
149. Цир, М. О влиянии автодорожного транспорта на концентрацию пыли [Текст] / М. Цир, Х. Кребс. - Ленинград, 1988. - С. 139-143.
150. Чикенева, И. В. Последствия влияния тяжелых металлов на окружающую среду в зоне воздействия промышленных предприятий [Текст] / И. В. Чикенева // Концепт. - 2013. - № 12 (28). - С. 66-70.
151. Чистякова, С. Б. Охрана окружающей среды [Текст] : учеб. для вузов / С. Б. Чистяков. – Москва : Стройиздат, 1988. - 272 с.
152. Чистякова, С. Б. Экологические аспекты регулирования градостроительной деятельности [Текст] / С. Б. Чистякова // Academia. Архитектура и строительство. - 2009. - № 4. - С. 31-35.
153. Чолоян, Е. С. Влияние городского тепла на ветровой режим [Текст] / Е. С. Чолоян // Оздоровление окружающей среды городов. – Москва, 1978. - 4244 с.
154. Чолоян, Е. С. Тепловой режим городской территории [Текст] / Е. С. Чолоян // В помощь проектировщику-градостроителю : сб. - Киев : Будивельник, 1972. - Вып. 6. - С. 69-72.
155. Шрейбер, А. А. Учет дополнительных источников загрязнения атмосферного воздуха при организации жилых территорий [Текст] / А. А. Шрейбер, Н. Ю. Кармадонова // Чистый город. - 2001. - № 2 (14) (апрель-июнь). – С. 41-43.
156. Экологический анализ содержания загрязняющих веществ в воздушном бассейне промышленного города (на примере оксидов азота в г.

Стерлитамак республики Башкортостан) [Текст] / Л. Р. Асфандиярова [и др.] // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. - 2013. - № 12. - С. 182-188.

157. Экология города [Текст] : учеб. / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. В. Ф. Стольберга. - Киев : Либра, 2000. - 464 с.

158. Экология города : учеб. для высш. учеб. заведений [Текст] / В. Н. Азаров [и др.] ; под ред. В. В. Гутенева. - Москва ; Волгоград : ПринТерра-Дизайн, 2010. - 816 с.

159. Якубовский, Ю. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды [Текст] / Ю. Якубовский ; пер. с польск. Т. А. Бабковой. - Москва : Транспорт, 1979. - 198 с.

160. Янин, Е. П. Промышленная пыль в городской среде (геохимические особенности и экологическая оценка) [Текст] / Е. П. Янин. - Москва : ИМГРЭ, 2003. - 82 с.

161. A methodology for calculating transport emissions in cities with limited traffic data: Case study of diesel particulates and black carbon emissions in Murmansk [Text] / Kholod N. [et al.] // Science of The Total Environment. – 2016. – Т. 547. – С. 305-313.

162. An integrated approach to street canyon pollution modeling [Text] / Addison Paul S. [et al.] // Environmental Monitoring and Assessment. - 2000. - Vol. 65, No. 1.2. - P. 333-342.

163. Bartfelde, F. Experimentelle Untersuchungen zur Funktion von Fassadenbegrünungen. Berlin-Forschung [Text] / F. Bartfelder, M. Köhler. // Ausschreibung Freie Universität. - Berlin, 1987. - 612 s.

164. Büttner, A. Regenwassermanagement [Text] / A. Büttner. – Berlin : GRÜNE LIGA Berlin e.V., 1999. - 95 s.

165. Concentrations and risk of heavy metals in surface soil and dust in urban squares and school campus in Beijing [Text] / Li X. [et al.] // Geogr Res. – 2010. – Т. 29, №. 6. – С. 989-996.

166. Duong, T. T. T. Determining contamination level of heavy metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics [Text] / T. T. T. Duong., B. K. Lee // *Journal of Environmental Management*. – 2011. – T. 92, №. 3. – C. 554-562.

167. Extensive Dachbegrünung. Ergebnisse des Symposiums in der Technischen Universität Berlin [Text]. - Berlin : M. Köhler, 1990. - 124 s.

168. Historic and future trends of vehicle emissions in Beijing, 1998–2020: A policy assessment for the most stringent vehicle emission control program in China [Text] / Zhang S. [et al.] // *Atmospheric Environment*. – 2014. – T. 89. – C. 216-229.

169. Hopke, P. K. Multielemental characterization of urban roadway dust / P. K. Hopke, R. E. Lamb, D. F. S. Natusch // *Environmental science & technology*. – 1980. – T. 14. – №. 2. – C. 164-172.

170. Hupfer, P. Witterung und Klima [Text] / P. Hupfer, W. Kuttler. – Stuttgart ; Leipzig : B.G. Teubner B.G. Teubner, 1998.

171. Klemm, O. Urban emissions measured with aircraft [Text] / O. Klemm, C. Ziomas // *Journal of the Air & Waste Management Association*. – 1998. – T. 48. – №. 1. – S. 16-25.

172. Köhler, M. Hof-, Fassaden- und Dachbegrünung Zentraler Baustein der Stadtökologie [Text] / M. Köhler, M. Schmidt. - Berlin, 1997. - 178 s.

173. Modelling soil dust aerosol in the Bodélé depression during the BoDEx campaign [Text] / I. Tegen [et al.] // *Atmospheric Chemistry and Physics*. – 2006. – T. 6, №. 12. – S. 4345-4359.

174. Monitoring Ambient Air Quality for Health Impact Assessment [Text] / World Health Organization. WHO Regional Office for Europe. WHO Regional Publications, European Series. – Copenhagen : World Health Organization, 1999. - No. 85. - 216 p.

175. Niemelä, J. Ecology and urban planning [Text] / J. Niemelä // *Biodiversity & Conservation*. – 1999. – T. 8, №. 1. – C. 119-131.

176. North African soil dust and European pollution transport to America during the warm season : Hidden links shown by a passive tracer simulation [Text] / Gangoiti

G. [et al.] // Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984–2012). – 2006. – T. 111, №. D10.

177. On-road emissions of light-duty vehicles in Europe [Text] // Environmental science & technology / M. Weiss [et al.]. – 2011. – T. 45, №. 19. – C. 8575-8581.

178. Škrbić, B. Multielement profiles of soil, road dust, tree bark and wood-rotten fungi collected at various distances from high-frequency road in urban area [Text] / B. Škrbić, S. Milovac, M. Matavulj // Ecological Indicators. – 2012. – T. 13, №. 1. – C. 168-177.

179. Sukopp, H. Urban ecology—scientific and practical aspects [Text] / H. Sukopp. – Springer Berlin Heidelberg, 1998. – C. 3-16.

180. Pollution and health risk of potentially toxic metals in urban road dust in Nanjing, a mega-city of China [Text] / Liu E. [et al.] // Science of the Total Environment. – 2014. – T. 476. – C. 522-531.

181. Telichenko, V. Method of statistical data processing safety ecological monitoring combined heat and power station in the megalopolis territory [Электронный ресурс] // V. Telichenko, M. U. Slesarev, T. V. Kusovkina // MATEC Web Conf., 86 (2016). - P.05006 - URL: <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20168605006>

182. Telichenko, V. The analysis of mythology of the assessment and expected indicators of ecological air in the Russian Federation for 2010-2020 years [Text] / V. Telichenko, M. U. Slesarev, T. V. Kusovkina // XXV Polish – Russian – Slovak Seminar “Theoretical Foundation of Civil Engineering”. Procedia Engineering, 2016. - Vol. 153. - P. 736-740.

183. Telichenko, V. The analysis expected indicators of ecological safety of atmosphere air in the Moscow for 2010-2020 years [Text] / V. Telichenko, M. U. Slesarev, T. V. Kusovkina // XXV Polish – Russian – Slovak Seminar “Theoretical Foundation of Civil Engineering”. Procedia Engineering, 2016. - Vol. 153. - P. 731–735.