

На правах рукописи



ИВАНОВА ЮЛИЯ ПАВЛОВНА

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛИНЕЙНОГО
ГОРОДА ПРИ УМЕНЬШЕНИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ОКСИДА УГЛЕРОДА И ШУМА
(на примере г. Волгограда)**

05.23.19 – Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Волгоград – 2021 г.

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»

Научный
руководитель доктор технических наук, профессор
Азаров Валерий Николаевич

Официальные
оппоненты: **Ложкина Ольга Владимировна**
доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России», кафедра физико-химических основ процессов горения и тушения, профессор

Гармонов Кирилл Валерьевич,
кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», кафедра гидравлики, водоснабжения и водоотведения, доцент

Ведущая
организация: ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет»

Защита состоится « 25 » июня 2021 г. в 10.00 на заседании диссертационного совета Д 212.028.09 при ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» по адресу: 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, ауд. Б-203.

С диссертацией можно ознакомиться в информационно–библиотечном центре и на сайте Волгоградского государственного технического университета www.vstu.ru.

Автореферат разослан « » _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Жукова Наталия Сергеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В мире существует множество городов, имеющих линейно вытянутую структуру, такие как Эдинбург (Шотландия), Литвинов (Чехия), Кривой Рог (Украина), Сочи, Волгоград, Хабаровск и ряд др. Основным источником загрязнения атмосферы, в частности оксидом углерода, для таких городов является автотранспорт, а наиболее неблагоприятными с позиции экологической безопасности являются примагистральные территории. Линейно-вытянутая структура предопределяет изменчивость направления и скорости ветра по всей длине города. Это особенно проявляется в суточном цикле, когда законы распределения характеристик ветра могут различаться в дневное и ночное время, что в свою очередь обуславливает характер изменения содержания СО в атмосфере примагистральных территорий. Поэтому при организации мониторинга атмосферного воздуха на примагистральных, селитебных территориях линейных городов для повышения точности прогноза актуальным является оценка этих факторов как случайных.

К основному источнику шумового загрязнения городской среды относится транспорт, способный проникать в зону жилой застройки, парки, скверы. При этом совместное воздействие загазованности и уровня шума городской среды увеличивает негативное действие этих факторов на состояние здоровья населения. В этой связи изучение одновременного влияния СО и шума на экологическую безопасность линейного города и здоровье населения актуально.

Тема диссертационной работы соответствует паспорту специальности 05.23.19 «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства», пунктам 7 и 8. Работа выполнена на основе тематического плана научно-исследовательских работ ФГБОУ ВО Волгоградский технический университет.

Объект исследования – воздушная среда линейного города (на примере г. Волгограда).

Предмет исследования – загрязнение воздушной среды линейного города оксидом углерода и шумовое загрязнение.

Степень разработанности темы исследования. Проблемы загрязнения (загазованности) воздуха городской среды автомобильным транспортом, токсичность ряда компонентов, распространение загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, система мониторинга, исследования эквивалентного уровня шума городской среды от транспортных потоков, а также влияние зеленых насаждений на снижение данного воздействия изложены в работах следующих авторов: А.А. Аброськина, В.Н. Азарова, М.Е. Берлянда, Н.С. Буренина, В.В. Балакина, Т. И. Борисочкина, Н.В. Бакаевой, В.И. Беспалова, Б.К. Байкова, М.М. Болховитина, В.А. Большакова, А.Н. Васильева, К.В. Гармонова, Н.Н. Гильмутдинова, Е.Л. Гениховича, А.В. Городкова, В.Н. Добромирова, В.К. Донченко, И.И. Доценко, Т.В. Донцовой, И.Ю. Зубковой, Ю.В. Зобнина, Г.М. Илькуна, С.И. Крестьяшина, А.О. Крузе, И.Ю. Колпакова, Н.С. Краснощековой, Н.М. Краснова, В.Е. Коробкова, Э.С. Косицыной, В.В. Кустова, В.Н. Ложкина,

О.В. Ложкиной, Н.В. Лазарева, А.А. Лепина, Т.Н. Лопатиной, Н.В. Мензелинцевой, Б.Н. Малыгина, Р.И. Оникул, Е.М. Пекелис, С.В. Пестрякова, В.В. Приваленко, Г. С. Пименова, О.А. Растяпиной, И.В. Сидоренко, В.Ф. Сидоренко, Н.В. Сапожковой, Б.Х. Санжапова, Н.П. Садовниковой, Н.А. Суровцева, Л.Г. Сафонова, Л.А.Тиунова, П.Г. Толкач, Е.К. Федорова, Ю.Г. Фельдмана, В.В. Цыганкова, С.Г. Шеиной и многих других, за рубежом – в работах J.C. Fensterstock, P. Benson J. Härkönen, M. Ketznel, R. Berkowicz, J. Kukkanen, R.S. Sokhi, Alexandre A., Ph. Barde, LeisureC., Langdon N., GriffithsI.D., Langdon F.I., Johnson D., Saunders E., Kellomaki S., Jonson, D, N. Forbes, W. Bender, P.Lawther, B.Commins, J. Goldsmith, S.Cohen, R. Stewart, G. Fodor и др.

Однако, в настоящий момент вопросы, связанные с исследованием закономерностей распространения загрязнения воздушной среды примагистральных территорий линейного города и эквивалентного уровня шума на исследуемых территориях, являются недостаточно изученными.

Цель работы повышение экологической безопасности линейного города от СО и шума за счет совершенствования системы мониторинга в части «прогноза состояния и оценки прогнозируемого состояния» и совершенствовании системы мониторинга и защитных мероприятий.

Задачи исследования:

1. Выявить особенности загрязнения атмосферного воздуха СО и определить факторы, влияющие на его концентрацию в атмосферном воздухе на примагистральных территориях в условиях линейного города, и которые необходимо учитывать при ведении мониторинга указанных территорий.

2. Совершенствование научно-методического подхода к формированию системы мониторинга качества атмосферного воздуха на примагистральных территориях линейного города на основе учета закономерностей изменения во времени загазованности и шума.

3. Разработать модель зонирования города по критерию загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом на примагистральных территориях дорог городского, районного и местного значения. Провести натурные исследования в этих зонах и оценить концентрацию СО с учетом метеорологических условий.

4. Для повышения точности оценки и прогноза концентрации СО при мониторинге его содержания в атмосферном воздухе на бордюре проезжей части провести сравнительные расчеты по ряду известных методик с целью выявления наиболее адекватной.

5. Получить законы распределения концентрации СО на бордюре проезжей части различных зон линейного города на примере Волгограда для обоснования точек натурального обследования и контроля системы мониторинга, для оценки вероятности превышения ПДК при фиксированных направлениях и скоростях ветра.

6. Разработать математическую модель для прогнозирования концентрации СО в воздухе городской среды в зависимости от основных влияющих факторов (климатических, транспортных), которая может быть использована в системе

мониторинга качества атмосферного воздуха в части «прогноза состояния и оценки прогнозируемого состояния», совершенствования системы мониторинга с добавлением стационарных, маршрутных постов и точек контроля при неблагоприятных метеоусловиях.

7. Провести сопоставление расчетных значений эквивалентного уровня шума и загазованности примагистральных территорий и данных натуральных замеров. Определить сходимость между измеренными и расчетными концентрациями СО и эквивалентного уровня шума.

8. По результатам экспериментальных и теоретических исследований разработать рекомендации по снижению загазованности и эквивалентного уровня шума городской среды и совершенствованию мониторинга качества окружающей среды на примере линейного города Волгограда.

Научная новизна:

1. Впервые для метеоусловий линейного города установлено отдельно для дневного и ночного времени суток отличие законов распределения скоростей воздушного потока, определено, в каких случаях скорости ветра не описываются двухпараметрическим распределением Вейбулла.

2. Для различных зон линейного города получены законы распределения для концентрации СО в атмосферном воздухе на бордюре проезжей части и удельных выбросов, которые необходимы для оценки вероятности превышения ПДК и повышения эффективности мониторинга и контроля за качеством атмосферного воздуха окружающей среды.

3. Для различных зон линейного города получены законы распределения шума на примагистральных территориях.

Теоретическая и практическая значимость работы:

- теоретическими и экспериментальными исследованиями обосновано разделение территорий линейного города по характеру загрязнений СО на три основные зоны: примагистральные территории дорог городского, районного и местного значения;

- в условиях линейного города исследовано влияние основных факторов, таких как: длина участка, интенсивность легковых и грузовых автомобилей, средняя скорость движения транспортного потока, продольный уклон проезжей части, относительная влажность воздуха, температура воздуха, скорость и направление ветра к дороге, на концентрацию СО в атмосферном воздухе. Получено уравнение регрессии, устанавливающее связь между концентрацией СО и основными влияющими факторами, определена степень влияния каждого фактора;

- показано, что для системы мониторинга в условиях линейного города при оценке прогноза загрязнения СО наиболее точные результаты расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе получаются по методике МРР-2017;

- на основании натуральных исследований получены законы распределения концентрации СО на бордюре проезжей части для различных зон линейного города, на основании которых была определена вероятность превышения

гигиенических нормативов по СО и обоснован выбор точек мониторинга и разработаны предложения по организации дополнительных стационарных и маршрутных постов, а также точек контроля при неблагоприятных метеоусловиях и необходимость мобильного мониторинга;

- получено уравнение регрессии, устанавливающие зависимость между концентрацией СО и определяющими факторами для условий линейного города;
- на основе теоретических и натуральных исследований разработан комплекс мероприятий, позволяющий снизить концентрацию СО в воздушной среде и эквивалентный уровень шума в ряде зон линейного города Волгограда. Разработаны и внедрены мероприятия, позволившие снизить уровень СО и шума в Центральном районе линейного города Волгограда до нормативных значений.

Методы диссертационного исследования включали: обобщение научных исследований по проблематике диссертации работ других ученых, результатов натуральных, экспериментальных исследований автора, а также расчеты с использованием методов математического моделирования с использованием высокоточного современного оборудования. Теоретические расчеты, математическое моделирование, обработка натуральных и экспериментальных измерений проводилась с использованием программ STATISTIKA 10, Mathcad, «Эколог», «Эколог-шум» и др.

На защиту выносятся следующие основные научные **положения**:

- положение о возможности при организации мониторинга качества воздушной среды в условиях линейного города выделить три основные зоны по загазованности и шумовому воздействию: примагистральные территории дорог городского, районного и местного значения;

- положение об адекватности математической модели МРР-2017 для оценки и прогноза концентрации СО на примагистральных территориях линейного города, которое подтверждено результатами натуральных исследований автора;

- положение о том, что, полученная по результатам экспериментальных и теоретических исследований регрессионная зависимость концентрации СО в атмосферном воздухе различных зон линейных городов от влияющих факторов имеют высокую сходимость, что подтверждается шкалой Чеддока;

- положение о том, что при фиксированном числе постов мониторинга примагистральных территорий дорог городского, районного и местного значения целесообразно применять предлагаемую математическую модель с использованием аппарата случайных величин, позволяющую определить вероятность превышения гигиенических нормативов содержания СО в различных зонах линейного города.

Личный вклад автора. Все положения, выносимые автором на защиту, получены лично, в том числе сбор, анализ нормативной и научно-технической литературы. Автором лично или под его руководством проведены натурные исследования, оценка концентрации СО в атмосферном воздухе различных зон линейного города Волгограда, обработаны результаты измерений. На основании натуральных измерений с учетом метеорологических условий были построены регрессионные модели и получены законы распределения. Разработаны

практические рекомендации и результаты работы внедрены в ряде предприятий.

Достоверность результатов исследований основана на том, что результаты данной работы подтверждены многолетними натурными измерениями автора концентраций СО и уровня шума в городской среде линейного города с использованием современных средств измерений, а также сопоставлением результатов работ с работами других авторов. Результаты данной работы обоснованы статистическими расчетами, сравнительным анализом натуральных и теоретических исследований, обработкой полученных результатов с использованием программ математического анализа и современных лицензионных экологических компьютерных программ.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы докладывались и получили одобрение на: IV Международной научно-практической конференции (Уфа, 2020 г.); международной научно-практической конференции «Инновационный потенциал развития науки в современном мире: технологии, инновации, достижения (Уфа, 2020 г.); международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современной науки: теория, технология, методология и практика» (Уфа, 2020 г.); II международной науч.-практической конференции «Актуальные вопросы современной науки: теория, технология, методология и практика» 2020 г., Инновационный потенциал развития науки в современном мире : сб. тр. по материалам II Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ (Уфа, 2020 г.); Потенциал интеллектуально одарённой молодежи - развитию науки и образования : материалы IX Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников, Астрахань, 2020 г.; VI Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей, (Волгоград, 2019 г.), актуальные вопросы современной науки: сб. ст. по материалам XX международных. научно-практической конференции (Томск, 2019г.), VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Рубцовск, 2018г.), Международной научно-практической конференции «Современная наука и технический прогресс» (Калининград, 2018 г.), на Восьмой Международной научно-практической конференции, посвященной итогам Олимпийского строительства в г. Сочи «Строительство в прибрежных курортных регионах» (Сочи, 2014 г.), на IV научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли Юга России», (Волгоград, 2010 г.), Международной научно-практической конференции, (Ставрополь, 2010 г.), III научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, «Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли Юга России» (Волгоград, 2009 г.), научно-практической конференции «Проблемы строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог Юга Российской Федерации и пути их решения» (Волгоград, 2009 г.), на Международной научно-технической конференции, «Инновационные организационно-технологические ресурсы для развития строительства доступного и комфортного жилья в Волгоградской области» (Волгоград, 2008 г.),

на II студенческой научно-технической конференции, «Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли Юга России» (Волгоград, 2008 г.), на III Международной научно-технической конференции, «Надежность и долговечность строительных материалов и конструкций», (Волгоград, 2003 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 42 научные работы, в том числе 3 статьи опубликованы в изданиях, входящих в наукометрические базы цитирования: Web of Science - 1 статья, Scopus - 2 статьи, 10 статей – в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ, 29 статей, опубликованных в сборниках научно-практических, международных конференций, 11 из которых приведены в автореферате.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемой литературы и приложений. Общий объем работы составляет 221 страницу, в том числе: 154 страницы основного текста, содержащий 42 таблицы на 33 страницах, 74 рисунков на 59 страницах; список литературы из 172 наименований на 20 страницах; приложения на 47 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы научного исследования, степень ее разработанности, сформулированы цель и задачи работы, ее научная новизна, теоретическая и практическая значимость, основные положения, выносимые на защиту, степень достоверности, сведения об апробации результатов проведенных исследований, публикациях по теме диссертации, её структуре и объёму.

Первая глава посвящена обзору и анализу работ по экологической безопасности городской среды, в ходе анализа которых было установлено, что в России и за рубежом практически отсутствуют исследования по воздействию факторов шума и загазованности на примагистральные территории в условиях линейного города. На основании обзора исследований по данной тематике установлено, что доминирующим загрязняющим веществом, поступающим в атмосферный воздух с выбросами автотранспорта на примагистральные территории такого линейного города как Волгограда, является оксид углерода. Анализ литературных источников показал, что сочетанное негативное воздействие шума и концентрации СО на человека является не просто аддитивным, а потенцированным.

В настоящее время практически отсутствуют исследования роли «линейности» города в закономерностях как шумового загрязнения, так и загрязнения воздушной среды СО. Многие авторы считают, что одним из путей улучшения экологической безопасности воздушной среды города является совершенствование системы мониторинга в части прогноза состояния и оценки прогнозируемого состояния атмосферы.

Проведенный автором анализ существующей системы мониторинга г. Волгограда показал необходимость учета влияния на концентрацию загрязняющих веществ в атмосферном воздухе не только метеорологических условий (скорость, направление ветра), но и особенностей застройки линейного

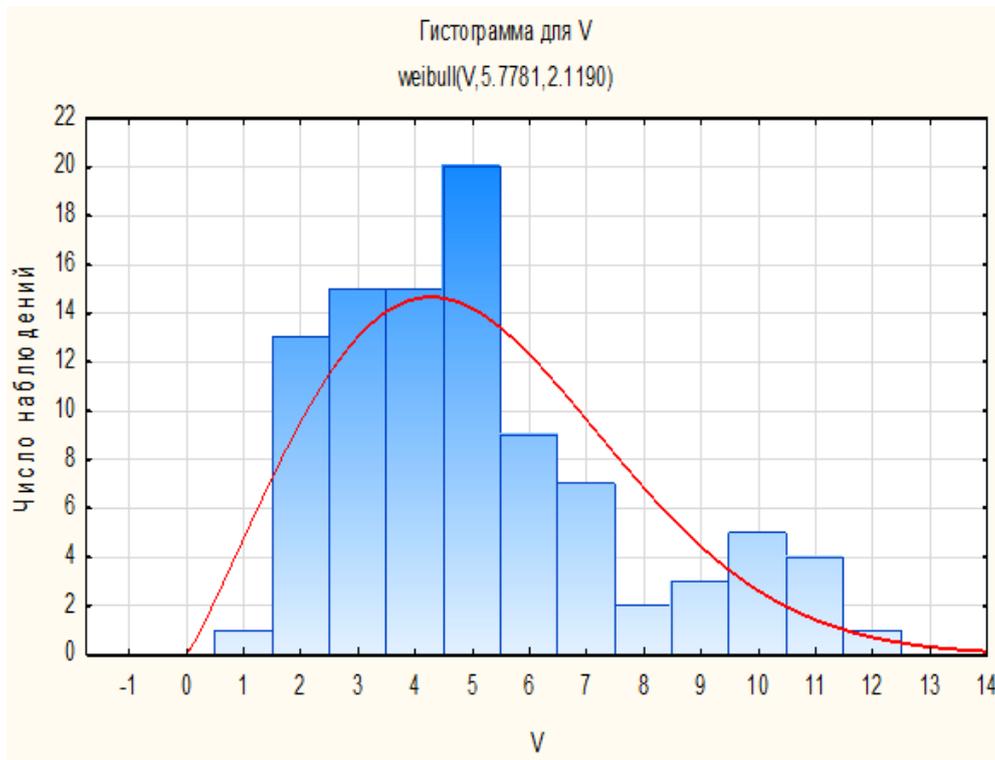
города, необходимость пересмотра мест дислокации и работы мониторинговых точек. Поэтому, по мнению автора, для линейного города важно использование наиболее адекватной методики расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, а также разработки эффективной системы мониторинга шума.

Проведен анализ методик расчета рассеивания вредных веществ на примагистральных территориях на некотором расстоянии от источника выбросов. В мировой практике, в основном, применяются модели, основанные на двух теориях рассеивания: теории атмосферной диффузии («К – модели», такие как ОНД-86, МРР-2017) и теория Гаусса. Целесообразно проверить корректность использования моделей, разработанных на базе этих теорий, для прогноза загрязнений атмосферы примагистральных территорий линейного города.

На примере г. Волгограда показано, что в связи с ежегодным ростом подвижного состава, и, как следствие, увеличением уровня загазованности и уровня шума городской среды необходимо проведение дополнительных исследований, направленных в итоге на снижение концентрации СО и эквивалентного уровня шума, одним из способов снижения которых является правильно подобранный дендрологический состав и рядность посадки газозащитных зеленых зон в условиях линейного города.

Вторая глава посвящена анализу основных факторов воздействия автомобильного транспорта на экологическую безопасность примагистральных территорий. На основании результатов проведенных социологических опросов населения, проживающего на анализируемых территориях установлено, что наибольший дискомфорт от воздействия транспорта для горожан представляет загазованность и шум, причем количество жалоб зависит от категории дороги рядом с жилой зоной. Поэтому для анализа загрязнения атмосферного воздуха было предложено выделить примагистральные территории дорог городского, районного и местного значения. Анализ литературных данных показал, что недостаточно исследован вопрос влияния метеорологических условий, в частности направления и скорости ветра, на распространение загрязнения в воздушной среде линейного города. Достаточно часто при линейной структуре города, вытянутой вдоль реки, за преобладающее принимается направление ветра вдоль меридиональной оси города. Представляется целесообразным для обоснования расположения точек мониторингового контроля исследовать закономерности ветрового режима. Проведенный анализ розы ветров г. Волгограда за 2014-2018 показал, что направление ветров по дневному и ночному времени суток существенно различаются (рис.1). Повторяемость скоростей ветра почти при всех его направлениях подчиняется распределению Вейбулла, но их параметры β и k в дневное и ночное время суток различны. Так значения β для дневного времени суток по 7 направлениям изменяется от 5,62 до 7,63, а параметр k от 2,46 до 2,9. А в ночное время суток β изменяется 4,88 до 6,56, а k от 2,11 до 2,44. Причем, при южном направлении в ночное время суток

повторяемость скоростей ветра подчиняется логарифмически нормальному закону, а не распределению Вейбулла.



а) дневное время



б) ночное время

Рисунок 1 - Гистограмма скоростей воздушного потока по южному направлению в дневное время за период 2014-2018

Анализ показал, что скорость и направление ветра следует рассматривать как случайные величины, следовательно, концентрацию примеси в атмосфере также следует рассматривать как случайную величину, а закономерности распространения примесей в атмосфере описывать вероятностными методами, что особенно актуально для линейного города при учете загрязнения от дорог различных категорий.

Для натуральных исследований было выбрано 95 мониторинговых точек в 8 районах города с учетом категории территории и особенностей ветрового режима на ней. Выборочно карта-схема г. Волгограда с точками мониторингового исследования представлена на рисунке 2. Количество точек и число замеров в каждой точке при экспериментальных исследованиях выбирали таким образом, чтобы обеспечить доверительную вероятность выборки на уровень 95 %. Замеры концентрации СО проводились на бордюре проезжей части, чтобы исключить влияние застройки и других факторов.



Рисунок 2 - Карта-схема точек мониторинга вблизи различных категорий дорог (фрагмент)

В третьей главе описаны теоретические, натурные и экспериментальные исследования загрязнения примагистральных территорий линейного города.

Для оперативного прогноза содержания СО в атмосферном воздухе примагистральных территорий линейного города методом множественной корреляции было получено уравнение регрессии, устанавливающее связь между концентрацией СО на бордюре проезжей части и основными влияющими факторами, в качестве которых были выбраны: L — длина участка, км; J_1 — интенсивность легковых автомобилей, авт/час; J_2 — интенсивность грузовых автомобилей, авт/час; V_a — средняя скорость движения транспортного потока, авт/час; α — продольный уклон проезжей части, градусы; φ — относительная влажность воздуха, %; t — температура воздуха, °С; V_v — скорость ветра, м/с; θ — угол ветра к дороге, градусы. Расчет производился по программе STATISTIKA10, значимость коэффициентов проверяли по критерию Стьюдента. С учетом только значимых коэффициентов уравнение в натуральных величинах имеет вид:

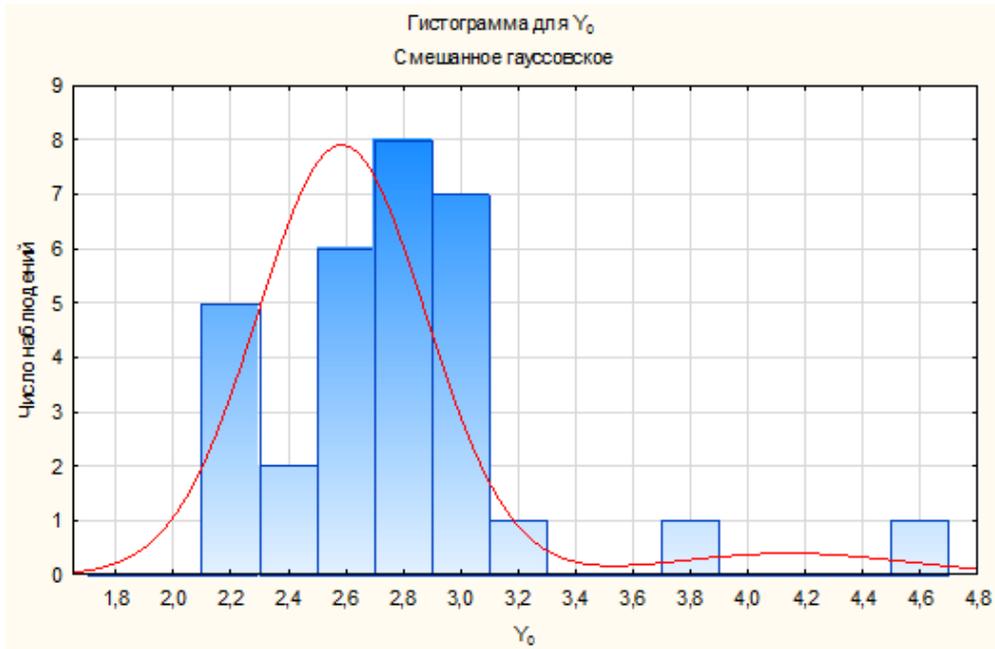
$$Y_0 = - 0,05754V_v^2 + 0,000119J_2 \cdot V_v - 0,000022 J_1 \cdot \varphi + 0,000034 J_1 \cdot t - 0,000005 J_1 \cdot \theta - 0,000009 J_2 \cdot \theta + 0,000406 V_a \cdot \theta, \quad (1)$$

Уравнение адекватно, так как расчетное значение критерия Фишера меньше табличного $F_{\text{табл}} = 5,15$, $F_{\text{расч}} = 2,98$.

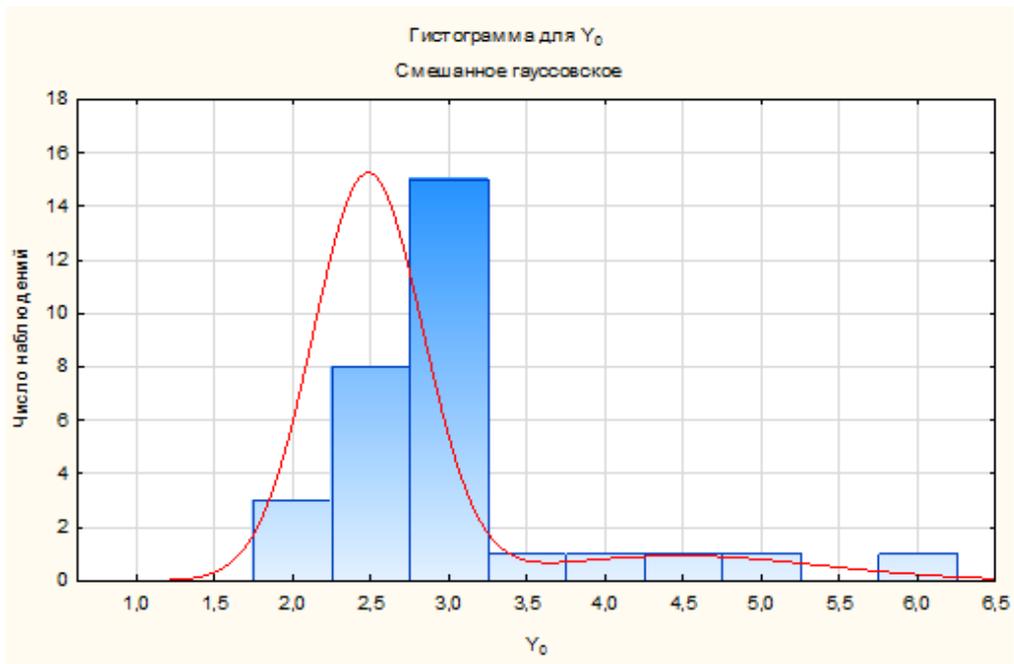
Анализ уравнения показал, что наиболее значимыми факторами из исследуемых, влияющих на концентрацию СО в атмосферном воздухе линейного города на бордюре проезжей части, являются скорость и направление ветра, а также интенсивность грузовых и легковых автомобилей в потоке.

Для выбора математической модели, используемой в системе мониторинга на этапе анализа и прогноза загрязнения в наибольшей степени учитывающей особенности линейного города, был проведен сравнительный анализ результатов расчета по четырем моделям: профессора В.Ф. Сидоренко; «Рекомендациям по учет требований ООС», 1995; ОНД-86 (Эколог 3.0); МРР-2017 (Эколог 4.5) и экспериментальных исследований загрязнения в выбранных 95 точках. Анализ показал, что для линейного города наибольшая точность расчетов достигается по МРР-2017. Коэффициент корреляции между Y_0 (измеренное СО) и $Y_{\text{расч}}$ (расчетное СО) составляет 0,987.

На основании экспериментальных исследований установлено, что распределение концентрации СО на бордюре проезжей части для всех примагистральных территорий дорог можно описать смешанным гауссовским распределением, что подтверждается также теоретическим расчетом (рис. 3).



а) измеренная концентрация CO



б) расчётная концентрация CO

Рисунок 3 - Гистограмма распределения и теоретическая кривая смешанного гауссовского распределения концентрации CO на бордюре проезжей части дорог местного значения

Так как интенсивность транспортного потока в условиях линейного города быстро меняется, то в системе мониторинга для характеристики загрязнения от линейного протяженного источника (дороги) целесообразно использовать обобщенную характеристику - удельные выделения СО. В 95 мониторинговых точках определена интенсивность движения и рассчитано удельное выделение СО. На основе экспериментальных данных в мониторинговых точках установлено, что законы распределения удельных выделений оксида углерода для различных категорий дорог варьирует по годам и описываются логарифмически нормальным распределением либо смешанным нормальным распределением, что следует учитывать при прогнозе загрязнения на перспективу.

Таблица 1 - Функции плотности распределения удельных выделений СО для различных категорий дорог за период 2008 и 2018 гг.

		Дороги городского значения	Законы распределения
1	2008	$f(CO) = \frac{0,52}{1,43\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(CO-3,66)^2}{4,03}} + \frac{0,48}{4,5\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(CO-10,78)^2}{40,5}}$	Смешанное нормальное распределение
2	2018	$f(CO) = \frac{1}{0,62CO\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\lg CO-1,93)^2}{0,77}}$	Логарифмически нормальное распределение
		Дороги районного значения	
3	2008	$f(CO) = \frac{1}{0,85CO\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\lg CO-1,26)^2}{1,46}}$	Логарифмически нормальное распределение
4	2018	$f(CO) = \frac{0,94}{1,78\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(CO-3,64)^2}{6,34}} + \frac{0,06}{0,80\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(CO-11,56)^2}{1,28}}$	Смешанное нормальное распределение
		Дороги местного значения	
5	2008	$f(CO) = \frac{1}{0,98CO\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\lg CO-0,13)^2}{1,92}}$	Логарифмически нормальное распределение
6	2018	$f(CO) = \frac{0,71}{0,42\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(CO-0,83)^2}{0,35}} + \frac{0,29}{1,83\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(CO-3,23)^2}{6,70}}$	Смешанное нормальное распределение

Для примагистральных территорий различных категорий дорог определена вероятность превышения ПДК по оксиду углерода. Если концентрацию СО рассматривать, как случайную величину описываемую смешанным гауссовским

законом, то вероятность $P(Y_0 > \text{ПДК})$ превышения концентрации СО над ПДК, которое равно 5 мг/м^3 рассчитывается по формуле:

$$P(Y_0 > \text{ПДК}) = 1 - P(Y_0 \leq 5) = 1 - \int_0^{\text{ПДК}} f(C) dC \quad (2)$$

где $f(C)$ – функция распределения случайной величины концентрации СО в конкретной зоне.

Для дорог городского значения вероятность превышения ПДК по СО составляет 34,0 %, дорог районного значения 17,1%, дорог местного значения 0,1%. На основании полученных значений вероятности превышения ПДК можно рекомендовать расположение стационарных постов преимущественно на примагистральных территориях дорог городского значения, а также учитывать эти результаты при разработке графика замеров на маршрутных постах и обосновать необходимость мобильного мониторинга превышения СО.

Для обоснования необходимых дополнительных разовых замеров в конкретной точке мониторинга при изменении направления и скорости ветра, вероятность превышения ПДК производят по формуле полной вероятности:

$$P_i(C_i > \text{ПДК}) = \sum_{v, \theta} P(v, \theta) \cdot P_i(C > \text{ПДК}/V, \theta), \quad (3)$$

где C_i – концентрация СО в i точке (или зоне), θ – направление ветра, V – скорость ветра, $i - 1 \div 95$, $P_i(C > \text{ПДК}/V, \theta)$ – условия вероятности того, что при заданных V, θ – концентрация СО будет выше ПДК.

Социологический опрос населения, проживающего вблизи примагистральных территорий дорог городского и районного значения, показал, что существует прямая связь между количеством жалоб на загазованность и превышение эквивалентного уровня шума. Были проведены экспериментальные замеры эквивалентного уровня шума в 95 мониторинговых точках и расчет по программе «Эколог-Шум», версия 2.2.1.3868 (рис. 4). Установлено, что для рассматриваемых территорий характерен нормальный закон распределения (рис. 5).

Функция плотности нормального распределения эквивалентного уровня шума K_3 будет иметь вид:

$$f(K_3) = \frac{1}{4,95\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(K_3-70,57)^2}{49,01}}. \quad (4)$$

Функция распределения:

$$F(K_3) = 0,5 + \phi\left(\frac{K_3-70,57}{4,95}\right), \quad (5)$$

где $\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ — интегральная функция Лапласа. (6)

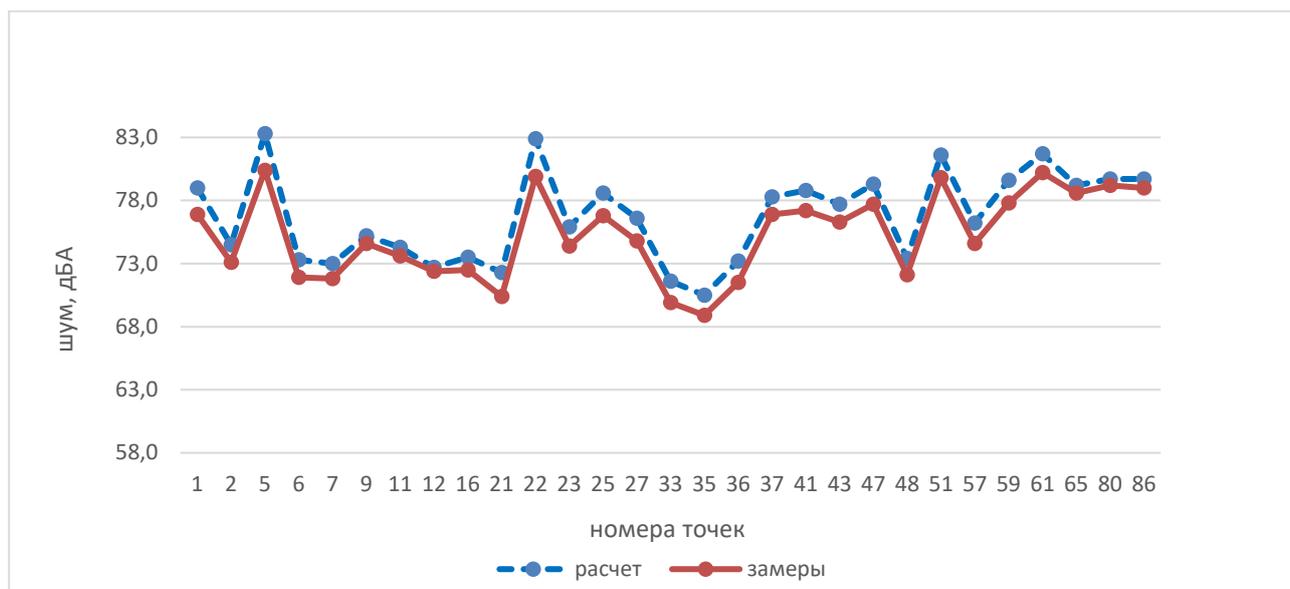


Рисунок 4 – Эквивалентный уровень шума на примагистральных территориях дорог городского значения

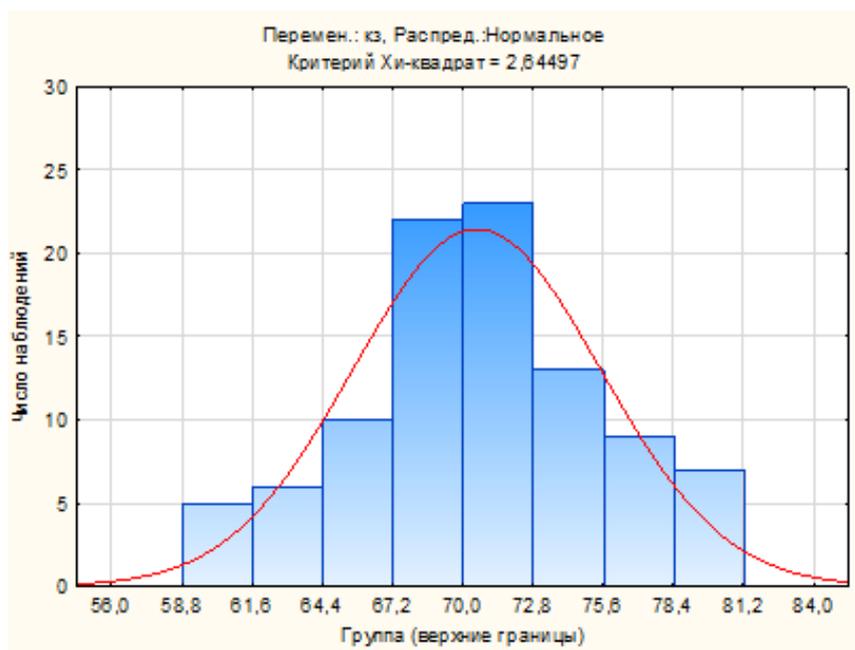


Рисунок 5 - Гистограмма распределения и теоретическая кривая эквивалентного уровня шума

Полученные зависимости позволяют определить ожидаемый уровень шума в расчетных точках, требуемое снижение уровней шума на основе сопоставления ожидаемых с предельно допустимыми уровнями (ПДУ), построить карты,

разработать мероприятия по обеспечению требуемого снижения уровня шума, а также обосновать необходимость мобильного мониторинга эквивалентного уровня шума.

Четвертая глава посвящена практической реализации мер по снижению загазованности и шума, реализации мер по совершенствованию системы мониторинга качества воздушной среды линейного города Волгограда. Результаты диссертационной работы и методика расчета концентрации оксида углерода от линейного источника использованы ООО «Интеграл» при тестировании программы «Эколог» версии 4.5.

Результаты диссертационного исследования по капитальному ремонту и реконструкции зеленых зон приняты и реализованы ООО «ЕвроПарк» Волгограда, ООО «РосДомСтрой» на следующих улицах г. Волгограда: Комсомольская, пр. В.И. Ленина, Мира, Набережная 62-ой Армии, Советская, Пархоменко, Симонова, Рокоссовского, Космонавтов, а также при озеленении Городского сада, для обеспечения снижения концентрации СО и эквивалентного уровня шума от транспортных потоков. Так разработанные рекомендации использованы администрацией Волгограда при внедрении проекта Генеральной реконструкции бульвара проспекта В.И. Ленина, учтены при реализации Генерального плана развития города Волгограда до 2025 года. На рисунке 6 представлены работы по уширению проезжей части вдоль пр. В. И. Ленина по периметру бульвара в границах от предмостной площади до площади Ленина.



Рисунок 6 - Панорама производственных процессов дорожно-строительных работ по уширению проезжей части по периметру бульвара пр. В.И. Ленина

На рисунке 7 представлены изменения концентрации СО на бордюре проезжей части пр. В.И. Ленина, до проводимых мероприятий, после мероприятий, а также после введения в эксплуатацию рокадной дороги.

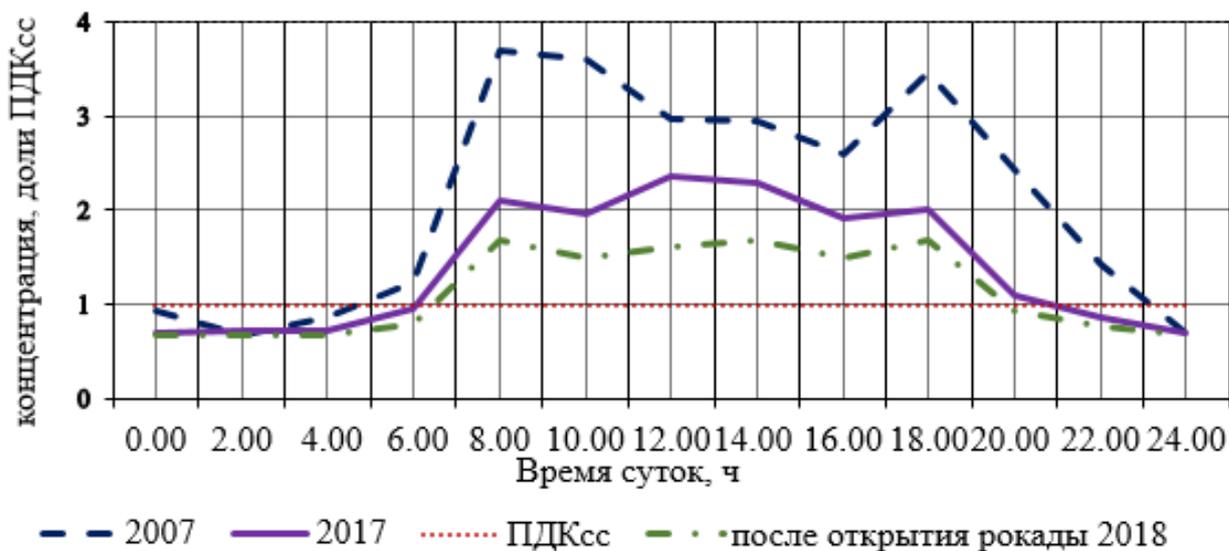


Рисунок 7 – Динамика изменения концентрации оксида углерода в атмосферном воздухе городской среды в течении суток

Предложенные архитектурно-планировочные мероприятия и озеленению позволили достичь снижения концентрации CO в среднем до уровня ПДК и эквивалентного уровня шума до уровня ПДУ. Рассчитанный предотвращённый эколого-экономический ущерб составил 895432,26 руб./ год.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Данная работа посвящена решению проблем, относящихся к п.7 и п. 8 паспорта специальности 05.23.19 – Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства. На основании изложенных материалов, можно сделать следующие основные выводы:

1. Выявлены особенности загрязнения атмосферного воздуха CO и определены факторы, влияющие на его концентрацию в атмосфере различных зон линейного города Волгограда.

2. Проведено усовершенствование научно-методического подхода к формированию системы мониторинга качества атмосферного воздуха на примагистральных территориях линейного города на основе учета закономерностей изменения во времени загазованности и шума.

3. Разработана модель зонирования города по критерию загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом на примагистральных территориях дорог городского, районного и местного значения. Проведены натурные исследования на примагистральных территориях и проведена оценка концентрации CO при различных метеорологических условиях.

4. Для повышения точности оценки и прогноза концентрации CO при мониторинге его содержания в атмосферном воздухе на бордюре проезжей части

проведены сравнительные расчеты по ряду известных методик и определено, что наиболее репрезентативной является методика расчета рассеивания загрязняющих веществ МРР-2017.

5. Получены законы распределения концентрации СО на бордюре проезжей части различных зон линейного города на примере Волгограда для обоснования точек контроля системы мониторинга.

6. Разработана математическая модель для прогнозирования концентрации СО в воздухе городской среды в зависимости от основных влияющих факторов (климатических, транспортных), которая может быть использована в системе мониторинга качества атмосферного воздуха в части «прогноза состояния и оценки прогнозируемого состояния».

7. Проведено сопоставление расчетных значений загазованности и эквивалентного уровня шума при магистральных территориях и данных натурных замеров. Определены сходимость между измеренными и расчетными концентрациями СО. Проведено тестирование программы «Эколог» версии 4.5 фирмы «Интеграл».

8. Результаты экспериментальных и теоретических исследований, использованы для улучшения качества мониторинга окружающей среды: администрацией Волгограда в Генеральной реконструкции бульвара проспекта В.И. Ленина, которые частично уже внедрены и учтены в реализации Генерального плана развития города Волгограда до 2025 года; при реализации ежегодных программ ООО «ЕвроПарк», ООО «РосДомСтрой» по озеленению территорий линейного города Волгограда; вошли в научно-технический отчет «Комплексная транспортная схема г. Волгограда на период 2007-2025 года» ВолгГАСУ.

В работе приведены практические рекомендации снижения концентрации оксида углерода и шума на при магистральных территориях линейного города Волгограда. Определены вероятности превышения ПДК оксида углерода для различных категорий дорог, основываясь на которых возможен расчет текущего и прогнозируемого на будущее загрязнения атмосферного воздуха городской среды.

Перспективы дальнейшей разработки темы диссертации заключаются в использовании полученных закономерностей для совершенствования системы мониторинга при магистральных территориях за счет обоснования точек маршрутного мониторинга, а также необходимости мобильного мониторинга.

Основное содержание работы отражено в следующих публикациях

Работы, опубликованные в изданиях, индексируемых в международных наукометрических базах данных «Scopus» / «Web of Science»:

1. Dispersion analysis of carbon monoxide concentrations in the cities atmospheric air [Electronic resource] / J. P. Ivanova [et al.] // E3S Web of Conferences. Vol. 138 :

International Scientific Conference “Construction and Architecture: Theory and Practice for the Innovation Development” (CATPID-2019), Kislovodsk, Russia, October 1-5, 2019 / ed. A. Mottaeva. – [Published by: EDP Sciences], 2019. - 5 p. - DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913801031>

2. On atmosphere pollution of cities with linear configuration [Electronic resource] / J. P. Ivanova [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 698: The International Scientific Conference “Construction and Architecture: Theory and Practice for the innovation Development” (CATPID-2019) 01-05 October 2019, Kislovodsk / eds.: V. Yazyev [et al.]. – [IOP Publishing], 2019. - 8 p. - URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/6/066041>. - Doi: [10.1088/1757-899X/698/6/066041](https://doi.org/10.1088/1757-899X/698/6/066041).

3. Barikaeva, N. About forecasting air pollution in the construction of highways [Text] / N. Barikaeva, D. Nikolaenko, J. Ivanova // International multi-conference on industrial engineering and modern technologies 2-4 October 2018, Vladivostok, Russian Federation.

Работы, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях:

1. Закономерности распределения оксида углерода в воздушной среде Красноармейского района линейного города Волгограда [Электронный ресурс] / Ю. П. Иванова [и др.] // Инженерный вестник Дона. - 2021. - № 1. - 7 с. - URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2021/6780>.

2. Влияние метеорологических условий на распространение загрязняющих веществ в атмосферном воздухе прилегающих территорий городов [Текст] / В.Н. Азаров [и др.] // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. - 2020. - Вып. 4 (81). - 311-315.

3. Проверка выполнения закона Вейбулла для различных направлений ветра, характерных для линейного города Волгограда [Текст] / Ю.П. Иванова [и др.] // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. - 2020. - Вып. 3 (80).

4. Влияние транспортных магистралей на формирование шума в городской среде и способы его снижения [Электронный ресурс] / Ю. П. Иванова [и др.] // Инженерный вестник Дона. - 2020. - № 1 - URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N1y2020/6257>

5. О совершенствовании системы мониторинга загрязнения оксидом углерода атмосферного воздуха линейных городов [Электронный ресурс] / В.Н. Азаров [и др.] // Инженерный вестник Дона. - 2020. - № 5. - 11 с. - URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2020/6431>.

6. Осуществление проверки закона распределения концентрации оксида углерода на бордюре проезжей части дорог разной категории городов [Электронный ресурс] / В.Н. Азаров [и др.] // Инженерный вестник Дона. - 2020. - № 4. - 7 с. - URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6413>.

7. Влияние метеорологических условий на рассеивание вредных выбросов в городской среде [Электронный ресурс] / Ю. П. Иванова [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 1- 11 с. – URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/N1y2020/6263>.

8. Ганжа, О. А. Оценка факторов антропогенного воздействия на экологическое состояние урбанизированных территорий [Текст] / О. А. Ганжа, Ю. П. Иванова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. - 2012. - Вып. 27 (46). - С. 187-189. - Библиогр.: с. 189 (2 назв.).

9. Полковникова, Л. С. Влияние дендрологического состава зеленых насаждений на оптимизацию городской среды [Текст] / Л. С. Полковникова, Ю. П. Иванова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. - 2009. - Вып. 15 (34). - С. 206-209. - Библиогр.: с. 209 (3 назв.).

10. Иванова, Ю. П. Экологическая безопасность современного мегаполиса [Текст] / Ю. П. Иванова, Л. С. Полковникова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. - 2009. - Вып. 14 (33). - С. 216-219. - Библиогр.: с. 219 (5 назв.).

Основные работы, опубликованные в научных журналах и изданиях по материалам научно-практических конференций:

1. Иванова, Ю.П. Автомобильный транспорт как причина акустического загрязнения селитебных территорий городов / Ю.П. Иванова, О.О. Иванова // Актуальные вопросы современной науки: теория, методология, практика, инноватика : сб. науч. ст. по материалам IV Междунар. науч.-практ. конф. (30 декабря 2020 г., г. Уфа). - Уфа, 2020. - С. 292-296.

2. Иванова, Ю.П. О сравнении методик расчета концентрации оксидами углерода на примагистральных территориях / Ю.П. Иванова // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности : материалы VI Всерос. (с междунар. участием) науч.-техн. конф. мол. исследователей, Волгоград, 22-27 апр. 2019 г. / под общ. ред. Н. Ю. Ермиловой, И. Е. Степановой ; Волгогр. гос. техн. ун-т. - Волгоград, 2019. - С. 181-185.

3. Иванова, Ю. П. О влиянии автотранспорта на экологическую обстановку г. Волгограда [Текст] / Ю. П. Иванова, В. Н. Азаров // Актуальные вопросы современной науки : сб. ст. по материалам XX междунар. науч.-практ. конф. (11 апр. 2019 г., г. Томск). : в 3 ч. – Уфа : Изд. Дендра, 2019. - Ч. 3 - С. 194-198. – Библиогр.: с.226.

4. Иванова, Ю. П. Озеленение примагистральных территорий г. Волгограда как один из способов снижения антропогенных факторов, таких как загазованность, запыленность, шум [Текст] / Ю. П. Иванова, В. Н. Азаров // Актуальные вопросы современной науки : сб. ст. по материалам XX междунар.

науч.-практ. конф. (11 апр. 2019г., г. Томск) : в 3 ч. – Уфа : Изд. Дендра, 2019. – Ч. 3. - С. 183-187. – Библиогр.: с.226.

5. Иванова, Ю.П. Влияние автотранспортных потоков на экологическую обстановку городов = Influence of motor transportation streams on an ecological situation of the cities / Ю.П. Иванова, Е.П. Хаустова // Современная наука и технический прогресс : материалы междунар. науч.-практ. конф. (27 нояб. 2018 г., Калининград) / отв. ред. А. А. Зарайский. - Саратов, 2018. - С. 55-57.

6. Иванова, Ю. П. Влияние автотранспорта на экологическую обстановку города [Текст] / Ю. П. Иванова // Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли Юга России : материалы IV науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, 11-14 мая 2010 г., Волгоград. – Волгоград : Изд-во ВолГАСУ, 2010. - С. 246-252. - Библиогр.: с. 252 (4 назв.).

7. Иванова, Ю. П. Генеральная реконструкция исторической части бульвара проспекта В. И. Ленина мегаполиса Волгограда [Текст] / Ю. П. Иванова, Д. В. Серова, А. С. Арустамян // Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли Юга России : материалы II студенческой науч.-техн. конф. – Волгоград : Изд-во ВолГАСУ, 2009. - С. 144-147.

8. Иванова, Ю. П. Роль зеленых насаждений в создании оптимальной городской среды [Текст] / Ю. П. Иванова // Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли Юга России : материалы III науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, 13-15 мая 2009 г., г. Волгоград. – Волгоград : Изд-во ВолГАСУ, 2009. - С. 155-159. - Библиогр.: с. 147 (7 назв.).

9. Иванова, Ю. П. Влияние автомобильного транспорта на экологию современного мегаполиса [Текст] / Ю. П. Иванова, Ю. Ф. Полковников // Инновационные организационно-технологические ресурсы для развития строительства доступного и комфортного жилья в Волгоградской области : материалы науч.-техн. конф. – Волгоград : Изд-во ВолГАСУ, 2008. - С. 60-63.

10. Технические решения организации пространства скверов бульвара проспекта В. И. Ленина исторической части г. Волгограда [Текст] / В. С. Новиков [и др.] // Инновационные организационно-технологические ресурсы для развития строительства доступного и комфортного жилья в Волгоградской области : материалы Междунар. науч.-техн. конф., 1-3 дек. 2008 г., Волгоград. – Волгоград : Изд-во ВолГАСУ, 2008. - С. 53-55.

11. Иванова, Ю. П. Проблемы экологии в дорожном комплексе промышленных центров [Текст] / Ю. П. Иванова // Надежность и долговечность строительных материалов и конструкций : материалы III науч.-техн. конф. – Волгоград : Изд-во ВолГАСА, 2003. - С. 141-143.

ИВАНОВА ЮЛИЯ ПАВЛОВНА

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛИНЕЙНОГО
ГОРОДА ПРИ УМЕНЬШЕНИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ОКСИДА УГЛЕРОДА И ШУМА
(на примере г. Волгограда)**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

05.23.19 – Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

Подписано в печать 23.04.2021 г. Заказ №55 Тираж 100 экз. Печ. л. 1,0
Формат 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать плоская.

Институт архитектуры и строительства
Волгоградский государственный технический университет
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1
Отдел оперативной полиграфии