

На правах рукописи



БАРИКАЕВА НЕЛЛИ СЕРГЕЕВНА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ВОЗДУХА ПРИДОРОЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДОВ
МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛЬЮ**

05.23.19 – Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени

кандидата технических наук

Волгоград — 2017

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: **Лобойко Владимир Филиппович,**
Доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Экология и экономика
природопользования» ФГБОУ ВО
Волгоградского государственного аграрного
университета
Поляков Илья Владимирович,
Кандидат технических наук, начальник
отдела управления проектными работами
ООО «ЕвроХимВолгаКалий»

Ведущая организация: Институт сервиса, туризма и дизайна
(филиал) федерального государственного
автономного образовательного учреждения
высшего образования «Северо-Кавказский
федеральный университет»

Защита диссертации состоится «02» марта 2018 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 библиотеке ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

Автореферат разослан «___» _____ 201_ года

Учёный секретарь
диссертационного совета



Жукова Н.С.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Дорожно-транспортная составляющая крупных промышленных центров вносит существенный вклад в общий выброс вредных веществ в атмосферу. Дороги являются линейными источниками выбросов вредных веществ. К основным видам загрязнений, наряду с отработавшими газами и не полностью сгоревшим топливом, относятся антигололёдная смесь, присутствующая на поверхности дорог в зимний период, а также продукты истирания автомобильных шин и органических вяжущих материалов, входящих в состав дорожной одежды. Выбросы от автомобильного транспорта в атмосферу городов составляют до 70%.

В настоящее время пыль становится одним из приоритетных загрязнителей, который необходимо учитывать при организации наблюдений за состоянием окружающего воздуха. Атмосферный мониторинг пылевого загрязнения воздушной среды, являясь сложной современной задачей, позволяет определить фактические данные о качестве воздуха, концентрацию пыли и тенденции её изменения, оценить степень вреда наносимого здоровью людей.

Для гигиенической оценки вредности пыли большое значение имеет определение размера её частиц. Особое внимание следует уделить содержанию частиц малых размеров (менее 10 мкм). Такого рода пыль характерна для крупных городов и образуется в результате работы промышленных предприятий (пылящие производства), строительства, движения автотранспорта. Поэтому, одним из главных направлений мониторинга экологической обстановки на сегодняшний день должен стать учет загрязнения воздуха городской среды мелкодисперсными твёрдыми частицами. При этом важен комплексный подход к определению концентрации и дисперсного состава пыли. Для решения этой задачи необходимо определение мест забора воздуха, с учетом высокой интенсивности автотранспорта; разработка способов определения уровня содержания мелкодисперсной пыли, а также методики возможного прогнозирования уровня запыленности в зависимости от различных факторов.

Степень разработанности темы исследования. Исследованию запыленности воздушной среды и оценке воздействия транспорта на экологическую безопасность посвящены работы: Ильичева В.А., Азарова В.Н., Сидоренко В.Ф., Ложкина В. Н., Ложкиной О.В., Колчунова В.И., Бакаевой Н.В., Чистякова С.Б. Луканина В.Н., Буслаева А. П., Трофименко Ю.В., Бондаренко Е.В., Корчагина В.А., Кузнецова Е.С., Хейта Ф. и многих других.

В настоящей диссертационной работе обобщены и проанализированы результаты предыдущих исследований в области экологической безопасности. В большинстве из них при изучении запылённости воздуха городской среды вблизи автомобильных дорог рассматривают концентрацию взвешенных веществ без учета фракционного состава пыли.

Цель исследования: повышение надёжности мониторинга пылевого загрязнения воздуха городской среды, в том числе и мониторинга загрязнения мелкодисперсной пылью.

Задачи исследования:

1. Провести анализ современного состояния системы экологического мониторинга атмосферного воздуха в городской среде и выявить основные проблемы запыленности урбанизированных территорий.

2. Усовершенствовать методику определения дисперсного состава пыли для проведения исследований в воздухе жилой зоны с учетом особенностей движения транспорта.

3. Провести опытные исследования загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсной пылью и определить факторы, влияющие на концентрацию мелкодисперсной пыли в воздухе городской среды вблизи автомобильных дорог.

4. Разработать математические модели для оценки и описания концентрации и дисперсного состава пыли в воздухе городской среды.

5. Для оценки содержания взвешенных частиц, PM_{10} и $PM_{2,5}$ на основании теоретических методов определить вероятность превышения гигиенических нормативов.

6. Разработать систему мониторинга загрязнения воздуха городской среды мелкодисперсной пылью.

Научная новизна:

1. Проведены и проанализированы натурные исследования содержания мелкодисперсной пыли PM_{10} и $PM_{2,5}$ в воздушной среде придорожных территорий г. Волгограда.

2. На основе теории стационарных случайных функций получена расчетная модель для нахождения среднего числа и длительности превышений концентрации пыли гигиенических нормативов, $ПДК_c$ и $ПДК_{PM_{10}}$.

3. Разработаны математические модели зависимости уровня содержания мелкодисперсной пыли от климатологических факторов и факторов режима движения транспортных потоков.

4. Показано, что для описания дисперсного состава пыли в воздушной среде городов для зон, где основным загрязнителем является автомобильный

транспорт, оптимальной аппроксимацией интегральной функции распределения массы частиц по диаметрам является трехзвенный сплайн.

Теоретическая и практическая значимость работы заключаются:

- в том, что возможно использовать для теоретического расчета вероятности превышения нормативных значений концентрации взвешенных веществ, PM_{10} и $PM_{2,5}$ теорию стационарных случайных функций;
- в адаптации формулы Райса для расчета среднего числа превышений концентрации пыли гигиенических нормативов, ПДК_с и ПДК_{PM10} на основе результатов экспериментального исследования опытных параметров;
- в возможности контроля и оценки содержания мелкодисперсной пыли PM_{10} и $PM_{2,5}$ и определении вероятности превышения гигиенических нормативов концентраций пыли различных диаметров на основе метода микроскопического анализа.

Методология и методы диссертационного исследования включали: аналитическое обобщение известных научных результатов, теоретические, натурные и лабораторные исследования, математическую обработку экспериментальных данных методами математической статистики и анализа.

На защиту выносятся следующие основные научные положения:

- результаты исследований загрязнения воздуха городов мелкодисперсной пылью в жилой зоне, при воздействии выбросов автомобильного транспорта (на примере Волгограда);
- теоретические и экспериментальные исследования дисперсного состава пыли, содержания PM_{10} и $PM_{2,5}$;
- экспериментальные зависимости, характеризующие изменения концентрации мелкодисперсной пыли в зависимости от метеорологических параметров и режимов движения транспортного потока;
- теоретическая и экспериментальная оценка превышений гигиенических нормативов фракционной концентрации пыли на основе формулы Райса;
- методика контроля и оценки дисперсного состава и концентрации пылевых частиц (PM_{10} и $PM_{2,5}$) в воздухе жилых зон, для мониторинга соответствия гигиеническим нормативам ГН 2.1.6.2604-10;
- система подбора защитных мероприятий по снижению негативного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду.

Достоверность научных положений диссертационной работы обоснована использованием классических положений теоретического анализа, а также сопоставлением результатов экспериментальных исследований в лабораторных и натурных условиях с результатами теоретических обобщений и данными

ранее проведенных исследований.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы докладывались и получили одобрение на Международной научно-практической конференции «Научный потенциал молодых ученых для инновационного развития строительного комплекса Нижнего Поволжья» (г. Волгоград, 2010 г.), на Международной научно-практической интернет-конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития» (г. Одесса, 2011 г.), Всероссийском конкурсе экологических проектов молодых ученых и специалистов «Экологическая безопасность и природопользование: наука, инновации, управление» (г. Москва, 2012 г.), II Международных Академических чтениях РААСН «Биосферно-совместимые технологии в развитии регионов» (г. Курск, 2013 г.), Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях», на V международной научно-практической конференции «Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона» (г. Саратов, 2017), XIII международной заочной научно-технической конференции «Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств» (г. Пенза, 2017), ежегодных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (Волгоград, 2010-2015).

Публикации. Основные результаты исследований по теме диссертации опубликованы в 21 работе, в том числе: 1 статья опубликована в изданиях, индексируемых базой «Scopus»/«Web of science», 9 статей опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК, 1 патент РФ на полезную модель.

Объём и структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка используемой литературы и приложений. Общий объём диссертации включает 159 страниц, в том числе: 131 страница – основной текст, содержащий 18 таблиц на 17 страницах, 61 рисунок на 51 странице; список используемой литературы из 128 наименований на 15 страницах; 3 приложения на 11 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель, задачи, научная новизна работы, научные положения выносимые на

защиту, теоретическая и практическая значимость.

В первой главе работы проведен анализ источников пылевых выбросов в воздушную среду жилой зоны, изучены предыдущие исследования нормирования мелкодисперсных твёрдых взвешенных частиц в России и за рубежом, рассмотрены современные методы измерения PM_{10} и $PM_{2,5}$ в городских условиях.

В воздухе городской среды пыль является одним из основных загрязняющих веществ, который негативно воздействует как на здоровье человека, так и на состояние окружающей среды. Интенсивный рост численности парка автомобилей, низкий уровень экологической безопасности конструкции транспортных средств, объектов автотранспортной и придорожной инфраструктуры, используемых материалов, техническое состояние автомобилей, несоблюдение регламентов и низкое качество проведения технического обслуживания и ремонта, приводят к обострению проблем воздействия автотранспорта на окружающую среду в городах и на автомобильных дорогах.

Несмотря на то, что во многих странах (в России введены с 21 июня 2010 г.) применяется классификация взвешенных частиц по размерам (PM_{10} и $PM_{2,5}$ – частицы размером менее 10 мкм и 2,5 мкм соответственно) и разработаны подходы к нормированию качества атмосферного воздуха по содержанию взвешенных частиц, в настоящее время отсутствует комплексная система контроля, и оценки содержания мелких фракций, поступающих в воздух городской среды. Таким образом, необходимо совершенствование системы мониторинга, учитывающей особенности образования мелкодисперсной пыли.

Выбор направления исследования обоснован необходимостью снижения содержания мелкодисперсной пыли в воздухе городской среды, за счет проведения мониторинга воздуха придорожных территорий с учетом движения автомобильного транспорта.

Во второй главе проведен анализ состояния промышленно-транспортного комплекса г. Волгограда. Были выбраны участки дорог с наибольшей интенсивностью движения, а также проведен анализ запыленности по районам города вблизи наиболее загруженных участков улично-дорожной сети.

Были определены зависимости содержания взвешенных частиц и PM_{10} в воздухе городской среды от скорости ветра, относительной влажности воздуха и интенсивности движения транспорта (рисунки 1-3).

Для полной оценки влияния всех рассмотренных факторов на концентрацию взвешенных частиц и PM_{10} в атмосферном воздухе обследованных перекрестков

было проведена обработка данных с помощью регрессионного и корреляционного анализов.

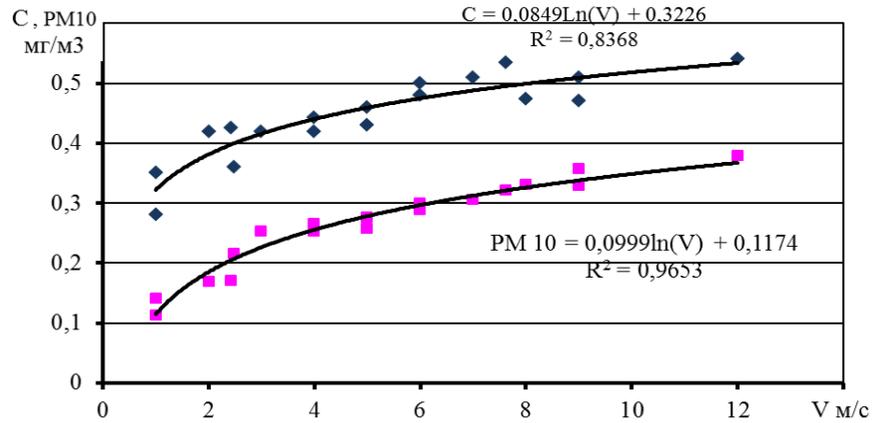


Рисунок 1 – Зависимость общей концентрации пыли и PM_{10} вблизи магистралей от скорости ветра

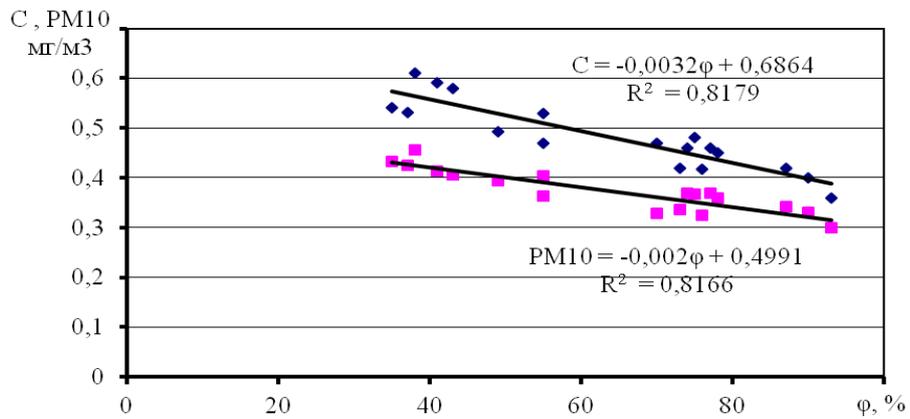


Рисунок 2 – Зависимость общей концентрации пыли и PM_{10} вблизи магистралей от влажности атмосферного воздуха

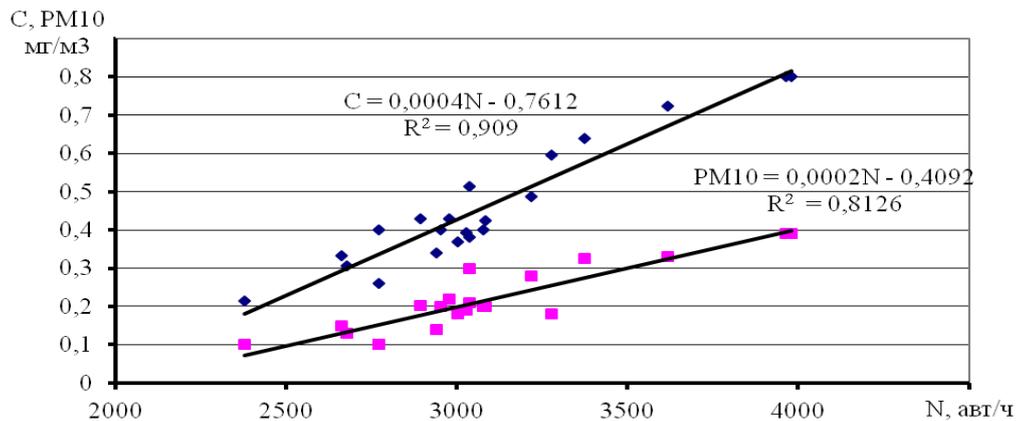


Рисунок 3 – Зависимость общей концентрации пыли и PM_{10} вблизи магистралей от интенсивности движения автотранспорта.

Полученные корреляционные уравнения для концентрации взвешенных веществ и PM_{10} имеют вид:

$$C_n = 0,169 + 0,006V - 0,0018\varphi + 0,00012N \quad (1)$$

$$PM_{10} = 0,103 + 0,0084V - 0,00098\varphi + 0,00014N, \quad (2)$$

где C_n – концентрация пыли в атмосферном воздухе, мг/м³;

PM_{10} – концентрация частиц размером менее 10 мкм, мг/м³;

V_e – скорость ветра, м/с;

φ – влажность атмосферного воздуха, %;

N – интенсивность движения транспорта по автомагистрали, авт./ч.

При этом коэффициент множественной корреляции для представленных уравнений равен 0,937 и 0,952 соответственно, что говорит о высокой тесноте связи факторов, а стандартная ошибка вычисления для каждого уравнения составила: 0,021 и 0,0136.

Рассмотрены методы определения дисперсного состава пыли. Как правило, большинство из них предназначено для исследования запылённости в рабочей зоне промышленных предприятий. Пока единой методики измерения дисперсного состава пыли в воздухе жилых зон в нашей стране на данный момент не существует.

Для определения дисперсного состава пыли в воздухе жилой зоны использована «Методика микроскопического анализа дисперсионного состава пыли с применением персонального компьютера (ПК)». Данный метод позволяет определить наличие в воздушной среде частиц от 0,1 мкм до 250 мкм, что подходит для данного вида загрязнения.

В третьей главе рассмотрены вопросы описания дисперсного состава и концентрации пыли с использованием теории случайных функций. Одной из характерных особенностей движения транспорта в городской среде является его нестационарность, связанная с такими факторами, как неравномерность скорости движения, неоднородность состава транспортного потока, изменяющаяся интенсивность движения и др. В результате чего, содержание пыли в воздушной среде вблизи автомобильных дорог может изменяться в некотором диапазоне. В свою очередь, это обуславливает колебания значений концентраций, включая возрастание до уровня, превосходящего установленные нормативы. Таким образом, для прогнозирования экологической ситуации в воздухе городской среды необходимо знать среднее число и среднюю длительность превышения гигиенических нормативов концентрации мелкодисперсной пыли.

Для расчета среднего числа выхода концентрации пыли за фиксированный уровень (нормативное значение) адаптирована формула Райса:

$$\bar{v}_{C_{\text{норм}}} = \frac{\sigma_v}{2\pi\sigma_C} \cdot \exp\left(-\frac{(C_{\text{норм}} - M_C)^2}{2\sigma_C^2}\right), \quad (3)$$

где M_C — математическое ожидание;

σ_v — дисперсия скорости изменения ординаты случайной функции;

σ_C — среднее квадратическое отклонение.

$C_{\text{норм}}$ — нормативное значение концентрации загрязняющих веществ в воздухе, мг/м³.

Для определения средней длительности выхода концентрации мелкодисперсной пыли за фиксированный уровень нормативов предложена следующая формула:

$$\tau = \frac{\pi\sigma_C}{\sigma_v} \exp\left(\frac{(C_{\text{норм}} - M_C)^2}{2\sigma_C^2}\right) \left(1 - \Phi\left(\frac{C_{\text{норм}} - M_C}{\sigma_C}\right)\right), \quad (4)$$

где $\Phi(t)$ — интегральная функция Лапласа,

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt. \quad (5)$$

Полученные характеристики позволяют определить вероятность превышения гигиенических нормативов мелкодисперсной пыли.

В работе проведено сравнение 2 методов описания интегральной функции распределения массы частиц по диаметрам для пыли отобранной в городской среде с использованием метода аппроксимации непрерывными линейными и нелинейными функциями:

1. метод с использованием двухзвенного сплайна (линейная функция и гипербола);

2. метод с использованием трехзвенного сплайна (линейная функция, парабола и гипербола).

Рассчитав сумму квадратов отклонения двумя методами, можно сделать вывод, что для пыли отобранной в воздухе городской среды вблизи автомобильной дороги с интенсивным движением наиболее точное описание аппроксимации достигается трехзвенным сплайном. Величина отклонения в этом случае меньше на 20%, чем при использовании двухзвенного сплайна. Однако следует отметить, что расчёт аппроксимации с использованием трехзвенного сплайна трудоемкий и для простоты расчета возможно

использование двухзвенного сплайна в случае, когда диапазон изменения диаметров пыли незначителен.

В четвертой главе описана методика проведения исследований и представлены результаты. Изучение изменения концентрации и дисперсного состава пыли проводилось в зависимости от различных факторов в воздушной среде г. Волгограда, в различное время года в 8 районах города в жилой зоне на пересечениях автомобильных дорог и перегонах с наибольшей интенсивностью движения транспорта. Исследования проводились в течение 9 месяцев (март-ноябрь), когда метеорологические условия способствуют высокому содержанию пыли в воздухе.

Для определения выбросов автотранспорта на городских автодорогах и последующего их использования в качестве исходных данных при составлении расчетов загрязнения воздушной среды проведено изучение характеристик движения автотранспортных потоков по городу и их изменение во времени.

Анализ результатов, на примере Центрального района, полученных при большой интенсивности движения, показал, что в воздухе городской среды вблизи автомобильных дорог присутствуют 30-99% пыли размером менее 10 мкм (PM_{10}) и 0,5-5% пыли размером менее 2,5 мкм ($PM_{2,5}$) (рисунок 4а), а при малой интенсивности движения транспорта содержание PM_{10} составляет 100%, $PM_{2,5}$ – от 1 до 4 % (рисунок 4б).

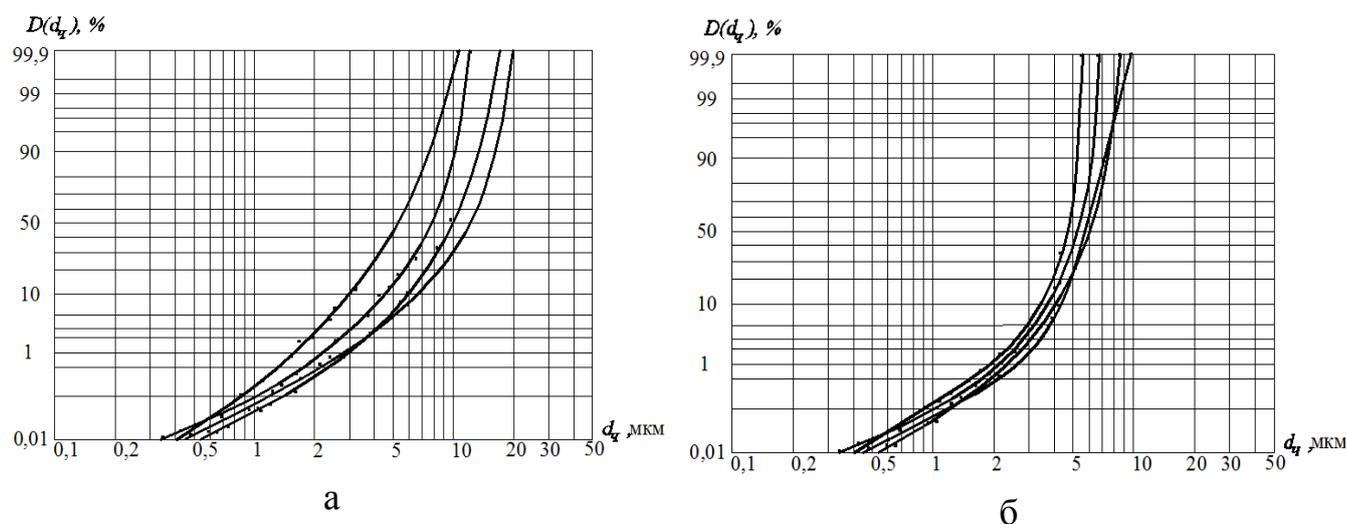


Рисунок 4 – Интегральные функции распределения массы частиц по диаметру для пыли отобранной в Центральном районе г. Волгограда: а) при $V_v=8$ м/с, $\varphi=50\%$, $N=3331$ авт/ч, б) при $V_v=6$ м/с, $\varphi=40\%$, $N=1283$ авт/ч

Также были проведены исследования дисперсного состава пыли в различное время года (рисунок 5)

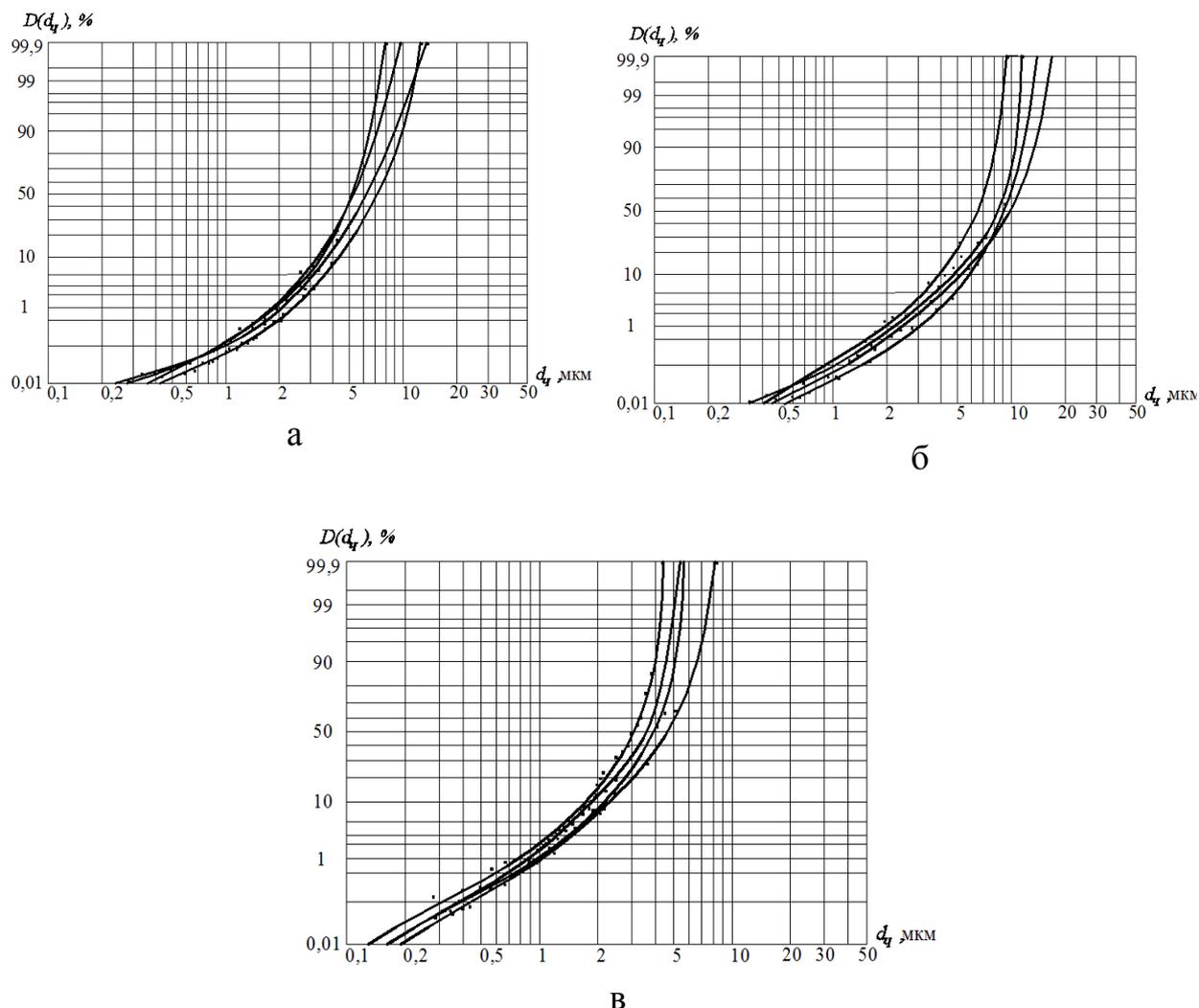


Рисунок 5 – Интегральные функции распределения массы частиц по диаметру для пыли отобранной в Центральном районе г. Волгограда: а – весной, б – летом, в – осенью

По результатам исследования построены функции изменения фракционной концентрации пыли отобранной в воздухе городской среды. На рисунке 6 показаны границы изменения фракционной концентрации пыли ($C(d)$) отобранной в воздухе на пересечении автомобильных дорог в Центральном районе г. Волгограда при высокой интенсивности движения при анализе верхней и нижней огибающих, графиков представленных на рисунке 4а.

Анализируя рисунок 6, следует отметить, что при большой интенсивности можно рассматривать концентрацию мелкодисперсной пыли как случайную величину.

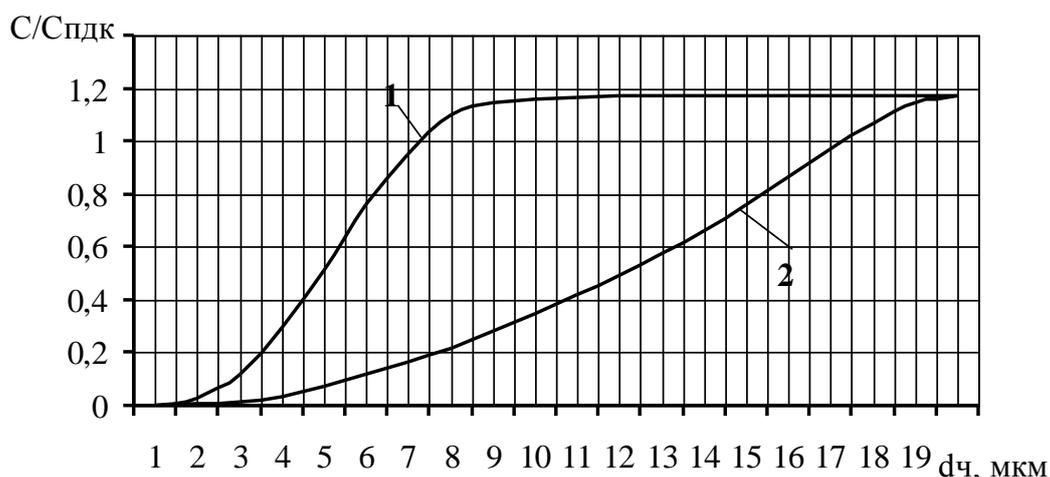


Рисунок 6 – Границы изменения фракционной концентрации пыли, отобранной в воздухе на пересечении автомобильных дорог в Центральном районе г. Волгограда при высокой интенсивности движения: 1 – верхняя огибающая; 2 – нижняя огибающая.

Для определения среднего пребывания концентрации взвешенных веществ выше допустимого уровня в воздухе городской среды, по результатам проведенных исследований, были определены дневные максимумы в течение суток и получена выборка (объемом $n = 70$) суточных максимальных концентраций пыли.

Для решения задач математической статистики определялся вид и параметры закона распределения максимальной суточной концентрации пыли в различных районах города Волгограда. На основании проверки применения нормального или логарифмически-нормального закона, которая осуществлялась с помощью критериев Хи-квадрат и Колмогорова-Смирнова при уровне значимости $\rho = 0,01$ установлено, что опытные данные лучше согласуются с логарифмически-нормальным законом распределения для всех районов города Волгограда.

Так для Кировского района функции плотности логарифмически-нормального распределения максимальной суточной концентрации пыли и PM_{10} описываются уравнениями (6) и (7) соответственно:

$$f(C) = \frac{1}{\sigma C \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln C - M_c)^2}{2\sigma^2}\right) = \frac{1}{0,28C} \exp\left(-\frac{(\ln C - 0,456)^2}{0,026}\right) \quad (6)$$

$$f(C) = \frac{1}{\sigma C \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln C - M_c)^2}{2\sigma^2}\right) = \frac{1}{0,102C} \exp\left(-\frac{(\ln C - 0,23)^2}{0,0033}\right) \quad (7)$$

Гистограммы и теоретические кривые функции плотности логнормального распределения концентрации взвешенных частиц и PM_{10} для Кировского района

представлены на рисунках 7, 8.

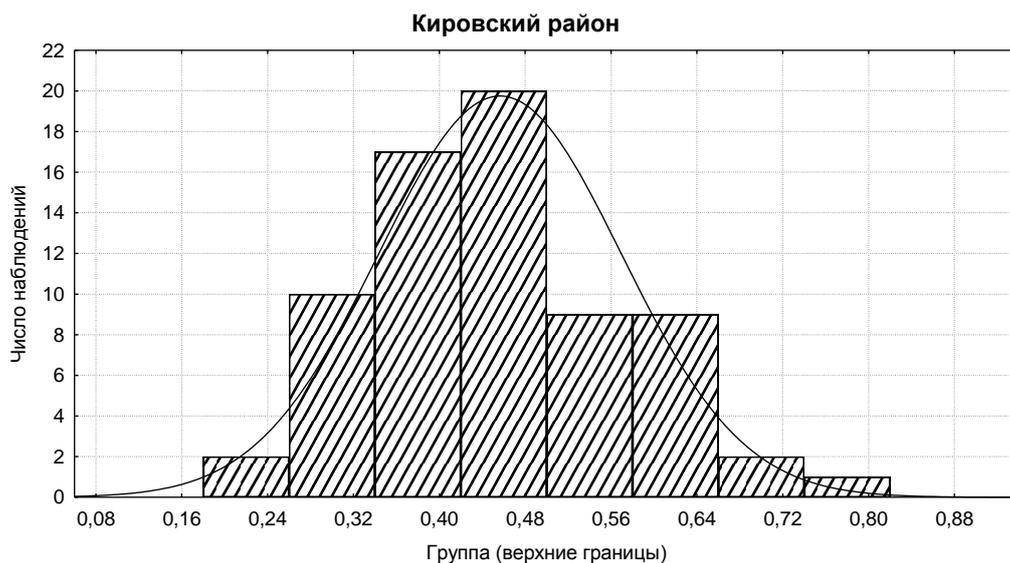


Рисунок 7 – Гистограмма и теоретическая кривая распределения максимальной суточной концентрации пыли для Кировского района г. Волгограда

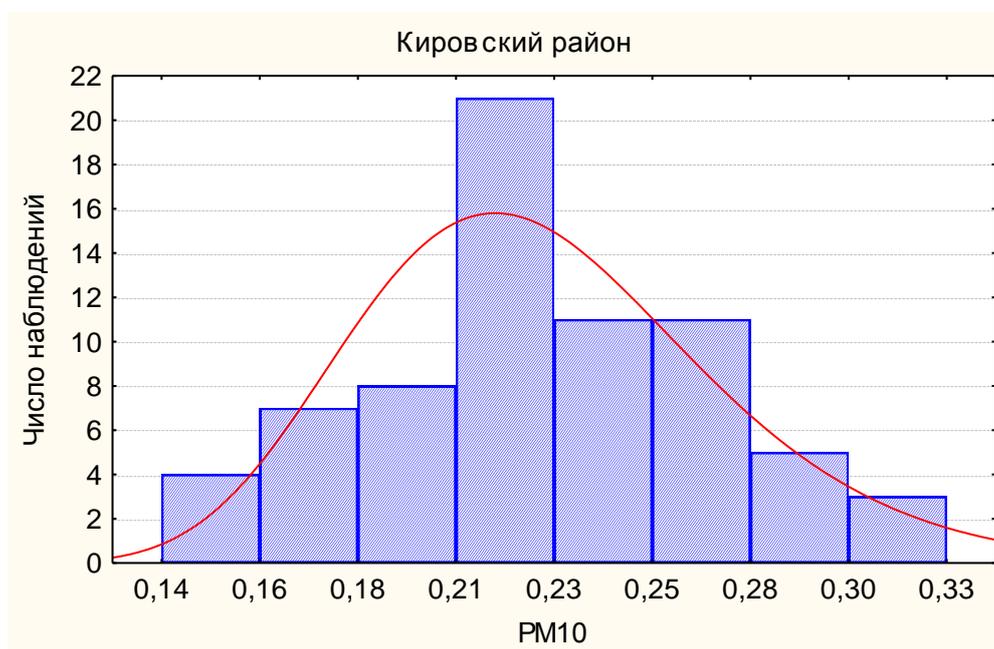


Рисунок 8 – Гистограмма и теоретическая кривая распределения максимальной суточной концентрации PM_{10} для Кировского района г. Волгограда

По эмпирическим данным получены корреляционные функции (рисунок 9, 10), которые в случае стационарного процесса для взвешенных частиц и PM_{10} описываются уравнениями (8) и (9) соответственно:

$$\tilde{K}(\tau) = \exp(-0,49\tau) \cdot \sin(1,2447\tau) \quad (8)$$

$$\tilde{K}(\tau) = \exp(-0,502\tau) \cdot \sin(1,376\tau) \quad (9)$$

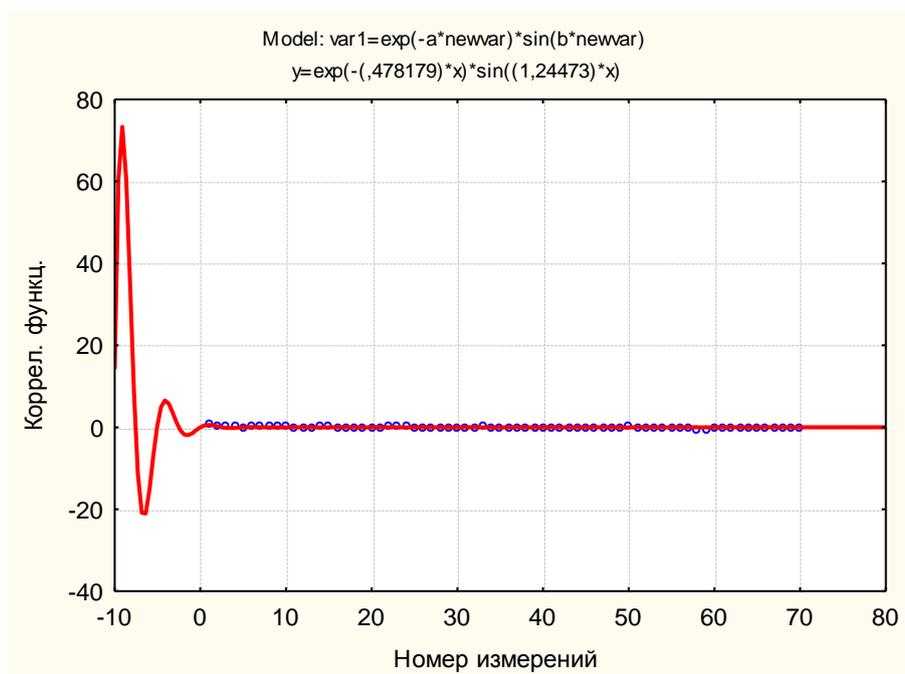


Рисунок 9 – Аппроксимация корреляционной функции для концентрации взвешенных частиц

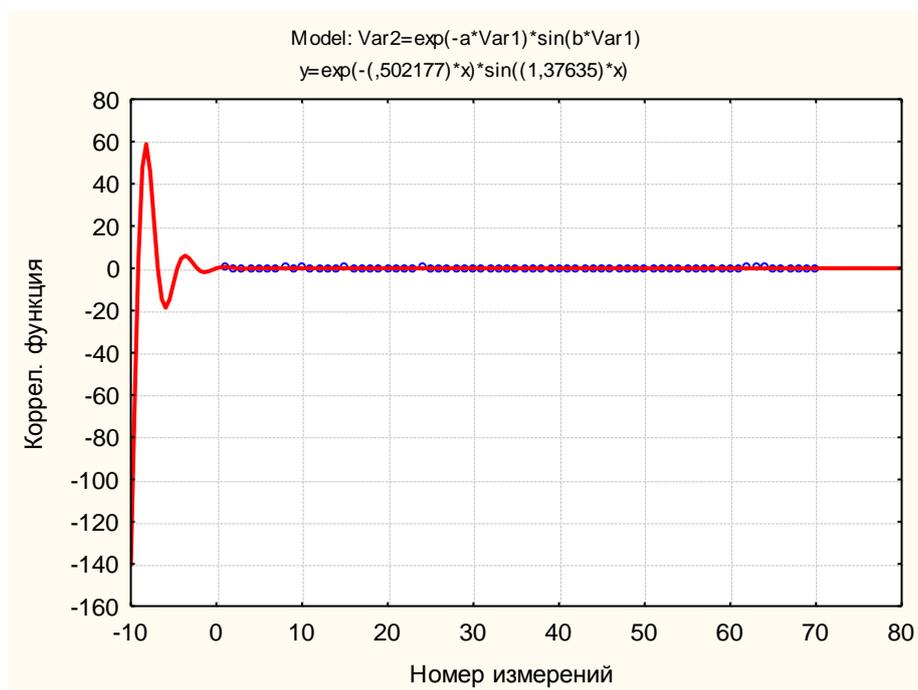


Рисунок 10 – Аппроксимация корреляционной функции для концентрации частиц PM_{10}

Согласно формуле (3) рассчитано среднее число выходов за уровень $C_{\text{норм}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$ в единицу времени по рассматриваемым районам и определена вероятность превышения гигиенических нормативов, которая составила 0,55 для каждого района, а средняя длительность выхода за фиксированный уровень по формуле (4) — 0,26 суток. Для PM_{10} вероятность выходов за

фиксированный уровень $C_{\text{норм}}=0,3 \text{ мг/м}^3$ составила 0,52, а средняя длительность выхода за фиксированный уровень — 0,12 суток.

Результаты расчетов вероятности и длительности превышения концентрации PM_{10} на перекрестках в г. Волгограде представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета вероятности и длительности превышения концентраций PM_{10}

Наименование пересечения	Параметры оценки расчета превышений		Факторы		
	$V_{\text{Снорм}}$	τ , сут.	N	φ	V
1	2	3	4	5	6
ул. Ополченская – пр. Ленина	0,56	0,233	2064- 3432	23-85	1-9
ул. Маршала Еременко – ул. Германа Титова	0,55	0,192	1896- 3300	23-85	1-9
ул. Хорошева – пр. Маршала Жукова	0,72	0,353	2292- 3848	23-85	1-9
ул. 7-я Гвардейская – пр. Ленина	0,69	0,381	2472- 3336	23-85	1-5
ул. Профсоюзная – ул. Рабоче-крестьянская	0,54	0,290	1932- 3324	23-85	1-5
пр. Университетский – ул. Казахская	0,65	0,320	2496- 3420	23-85	1-6
ул. Кирова – ул. 64-й Армии	0,50	0,221	1920- 3168	23-85	1-9
Б-р Энгельса – пр. Героев Сталинграда	0,49	0,25	2328- 3156	23-85	1-9

Используя полученные значения вероятности превышения установленных гигиенических нормативов для концентрации мелкодисперсной пыли и длительности превышения рассмотрены их зависимости от интенсивности движения транспорта (рисунок 11).

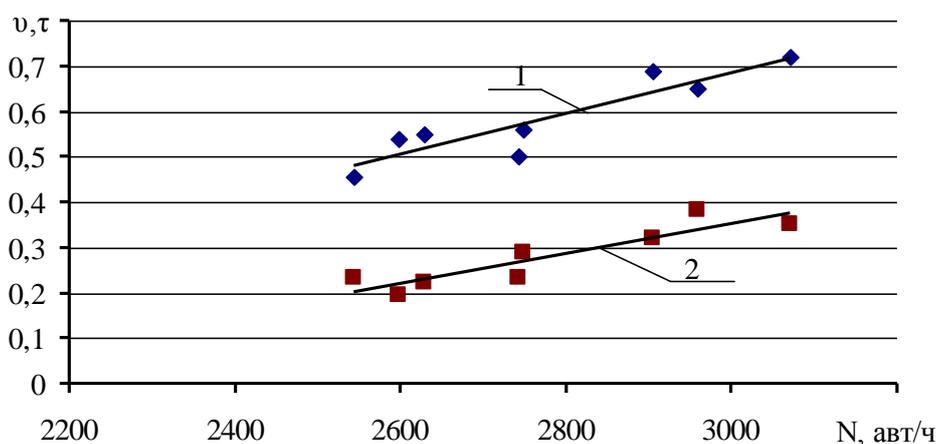


Рисунок 11 – Зависимости вероятности и длительности превышения PM_{10} гигиенического норматива от интенсивности движения автотранспорта: 1 – вероятность превышения, 2 – длительность превышения.

Получены уравнения для среднего выхода концентрации пыли за нормативный уровень и длительности этого выхода с достаточно высокими значениями достоверности аппроксимации соответственно: $R^2 = 0,8305$ и $R^2 = 0,8361$.

$$\bar{v}_{C_{\text{норм}}} = 0,0005N - 0,6794 \quad (10)$$

$$\tau = 0,0003N - 0,6375 \quad (11)$$

Для определения аэродинамических характеристик пыли отобранной в воздухе придорожных территорий городов, скорости ее витания и оседания пыли разработана лабораторная установка и получены зависимости скорости оседания (V) от эквивалентного диаметра частиц (рисунок 12).

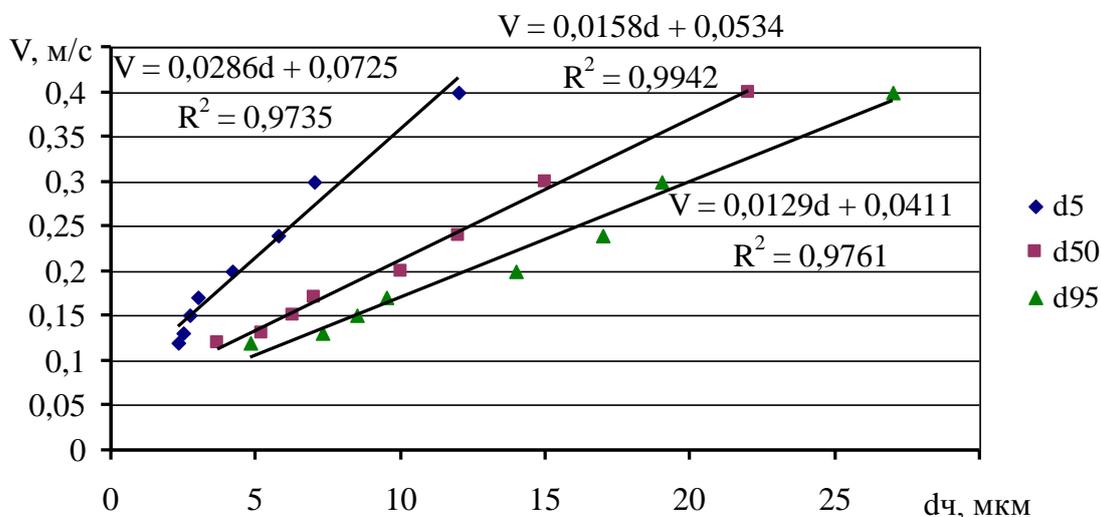


Рисунок 12 – Зависимости скорости оседания от эквивалентного диаметра частиц

В пятой главе предложена методика оценки содержания мелкодисперсной пыли в воздухе городской среды от автотранспорта, которая учитывает

особенности измерения концентрации и дисперсного состава пыли вблизи автомобильных дорог.

В диссертационной работе предлагается для внедрения схема мониторинга содержания мелкодисперсной пыли в атмосферном воздухе жилой зоны (рисунок 13).

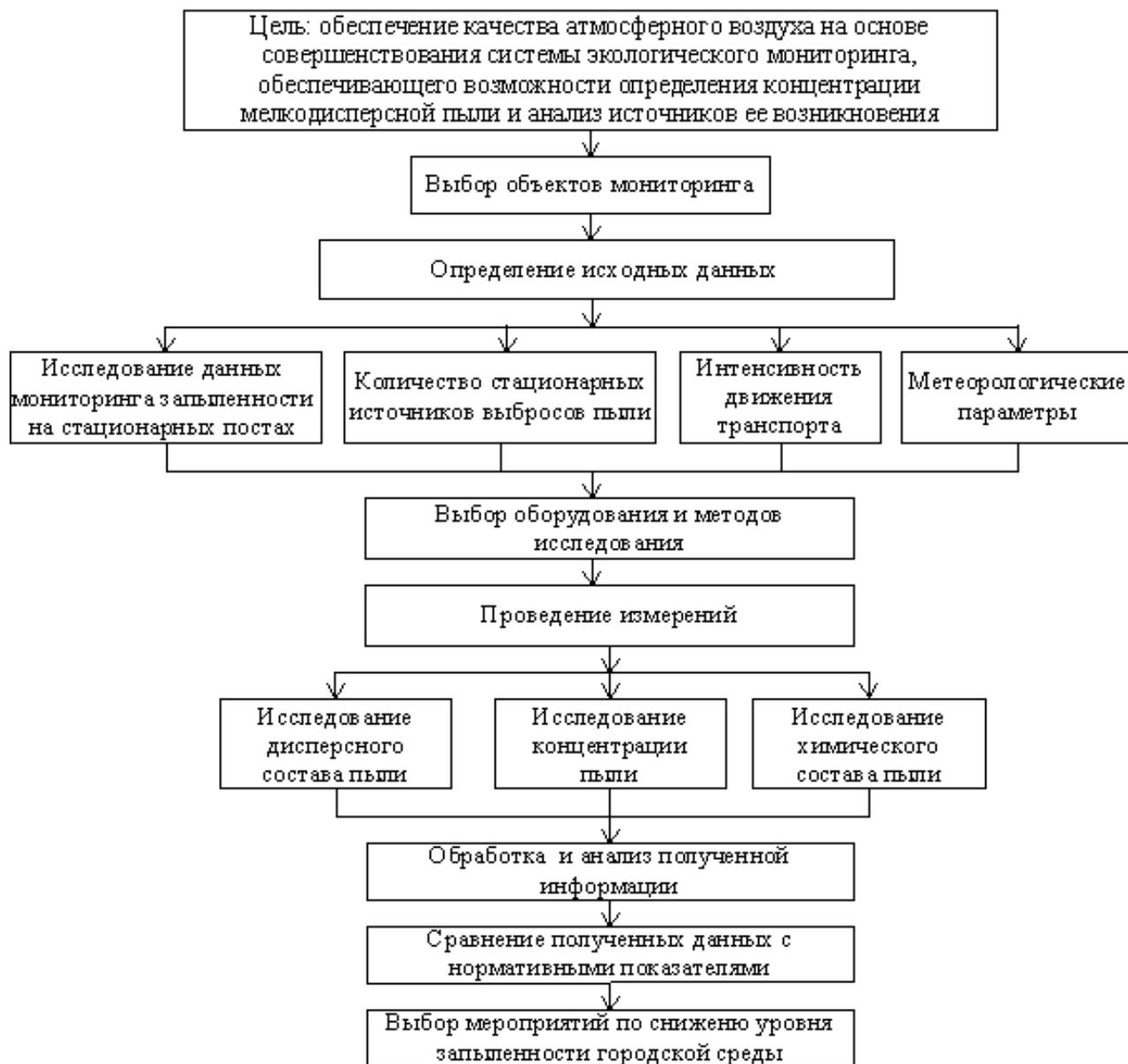


Рисунок 13 – Схема организации мониторинга содержания мелкодисперсной пыли в атмосферном воздухе городов.

Для снижения запыленности городской среды от автотранспорта предложены следующие мероприятия: совершенствование организации дорожного движения; улучшение дорожного покрытия, благоустройство участков дорог; контроль технического состояния автотранспортных средств; экологическая сертификация шин; озеленение городских дорог и улиц; уборка

городских магистралей и улиц в рамках работ по содержанию автомобильных дорог.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации представлено решение актуальной задачи совершенствования мониторинга загрязнения воздуха городской среды мелкодисперсной пылью. На основании результатов проведенных теоретических и экспериментальных исследований можно сделать следующие основные **выводы** по работе:

1. В результате исследования был проведен анализ современного состояния системы экологического мониторинга атмосферного воздуха в крупных городах. Анализ показал, что в настоящее время практически отсутствует система контроля, и оценки содержания мелких фракций, поступающей в воздух городской среды.

2. Для определения дисперсного состава пыли в воздухе городской среды вблизи автомобильных дорог адаптирована «Методика микроскопического анализа дисперсионного состава пыли с применением персонального компьютера (ПК)».

3. Проведены опытные исследования концентрации и дисперсного состава пыли в воздухе городской среды на пересечениях в 8 районах города. При проведении замеров учитывались климатологические факторы и факторы режима движения транспортных потоков.

4. Исследовано влияние ряда факторов на концентрацию взвешенных частиц и PM_{10} в воздухе. Разработаны математические модели зависимости уровня содержания PM_{10} от скорости ветра, относительной влажности воздуха и интенсивности движения транспорта.

5. При сравнении методов описания дисперсного состава пыли доказано, что наиболее точное описание функции распределения массы частиц по диаметрам данных кривых достигается при использовании трехзвенного сплайна. Но так как расчёты с использованием трехзвенного сплайна трудоемкие, то для простоты расчета аппроксимации функции возможно использование двухзвенного сплайна при незначительном диапазоне изменения диаметров пыли.

6. Проведена теоретическая оценка превышений гигиенических нормативов фракционной концентрации пыли на основе теории случайных функций. Получены дифференциальные и интегральные функции

распределения для концентрации взвешенных частиц и PM_{10} , корреляционные функции, которые позволили получить прогноз числа и длительности превышений нормативов концентраций пыли в воздухе на примере г. Волгограда.

7. Разработана система мониторинга загрязнения воздуха городской среды мелкодисперсной пылью. В ней учитываются особенности содержания пыли в воздухе городской среды.

Предлагаются следующие **рекомендации** по совершенствованию мониторинга пылевого загрязнения:

1. Для повышения эффективности контроля выполнения нормативов по содержанию PM_{10} , $PM_{2.5}$ в воздухе городской среды необходимо дополнить существующую систему мониторинга возможностью определения значений этих гигиенических нормативов на основании исследования дисперсного состава пыли микроскопическим методом.

2. Для выбора мест проведения мониторинга загрязнения воздуха мелкодисперсной пылью помимо исследования данных запыленности на стационарных постах и наличия стационарных источников выбросов, необходимо учитывать исследования характеристик транспортных потоков.

3. Для выбора мероприятий по снижению концентрации мелкодисперсной пыли в воздухе городской среды необходимо использовать прогнозирование экологической обстановки с учетом вероятностных характеристик, а именно среднего числа и длительности превышения гигиенических нормативов.

Перспективы дальнейшей разработки темы состоят: в дальнейшем совершенствовании системы мониторинга качества воздуха городской среды по содержанию мелкодисперсной пыли; в исследовании особенностей рассеивания мелкодисперсной пыли на пересечения автомобильных дорог и перегонах; в разработке методики прогнозирования концентрации мелкодисперсной пыли в воздухе городской среды.

Основное содержание работы отражено в следующих публикациях

Работы, опубликованные в изданиях, индексируемых в «Scopus»/«Web of science»:

1. Monitoring of fine particulate air pollution as a factor in urban planning decisions / Azarov V.N., Barikaeva N.S., Solovyeva T.// Procedia Engineering. 2016. T. 150. С. 2001-2007.

Публикации в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях

2. Анализ источников загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсной

пылью [Электронный ресурс] / Н. С. Барикаева, [и др.] // Интернет-вестн. ВолгГАСУ. Сер.: Политемат. - 2014. - Вып. 3 (34). - Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>

3. Барикаева, Н. С. Учет пылевого загрязнения атмосферного воздуха при размещении и организации объектов городской среды [Текст] / Н. С. Барикаева, В. Н. Азаров // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2012. - Вып. 29(48). - С. 213-217.

4. Барикаева, Н. С. Исследование запыленности городской среды вблизи автомобильных дорог [Текст] / Н. С. Барикаева, Д. А. Николенко // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. - № 11 (133). – С. 75-78.

5. Барикаева, Н. С. Влияние параметров микроклимата на изменение концентрации пыли в воздухе рабочей зоны [Текст] / Н. С. Барикаева, О. К. Барсуков, В. П. Батманов // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2011. - Вып. 25 (40). - С. 233-236.

6. Барикаева, Н. С. Организация контроля концентрации пыли в воздухе рабочей зоны с помощью оптических методов [Текст] / Н. С. Барикаева, В. П. Батманов, О. К. Барсуков, // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. - 2011. - Вып. 25 (40). - С. 228-232.

7. Барикаева, Н. С. Модель дисперсного состава пыли в выбросах в атмосферу при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог [Электронный ресурс] / Н. С. Барикаева, Д. А. Николенко, С. В. Шульга, // Интернет-вестн. ВолгГАСУ. Сер.: Строит. информатика. - 2014. - Вып. 12 (36). - Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>

8. Барикаева, Н. С. Оценка взвешенных частиц PM10 и PM2.5 в атмосферном воздухе жилых зон [Текст] / Н. С. Барикаева, Р. В. Орлов, А. Б. Стреляева, // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. - № 11 (133). – С. 75-78.

9. Об исследовании загрязнения воздушной среды мелкодисперсной пылью с использованием аппарата случайных функций [Электронный ресурс] / Н.С. Барикаева [и др.] // Инженерный вестник Дона – 2015 - №4 – Режим доступа: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3350

10. Барикаева, Н.С. Организация контроля концентрации пыли в воздухе жилых и рабочих зон с помощью оптических методов [Электронный ресурс] / Н.С. Барикаева, В.П. Батманов, О.К. Барсуков // Инженерный вестник Дона : электрон. науч. журнал. - 2017. - № 1. – 6 с. – Режим доступа : <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4041>

Патент

11. Устройство для определения дисперсного состава пыли : пат. 135806

Рос. Федерация : G01N 15/00 / Барикаева Н. С. [и др.] ; патентообладатель ФГБОУ ВПО "Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-т". - 2013. - № 2013121082/28 ; заявл. 07.05.2013 ; опубл. 20.12.2013, Бюл. № 35.

Отраслевые издания и материалы конференций

12. Барикаева, Н. С. Комфорт и экологическая безопасность площадок отдыха на автомобильных дорогах [Текст] / Н. С. Барикаева // Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли Юга России : материалы III науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. - Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2009. - С. 85-91.

13. Барикаева, Н. С. Совершенствование методов контроля запыленности воздуха урбанизированных территорий [Текст] / Н. С. Барикаева, О. К. Барсуков, Е. А. Чернышова // Научный потенциал молодых ученых для инновационного развития строительного комплекса Нижнего Поволжья : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 24 дек. 2010 г., Волгоград : [в 2 ч.]. - Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2010. - Ч. II. - С. 20-23.

14. Барикаева, Н. С. Анализ особенностей нормирования запыленности атмосферного воздуха в странах ЕС и РФ [Текст] / Н. С. Барикаева, Е. А. Калюжина // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2011 : по материалам Междунар. науч.-практ. конф., 04-15 окт. 2011 г. : сб. науч. тр. SWorld. Т. 30. Физическое воспитание и спорт. Биология. - Одесса : Черноморье, 2011. - С. 75-77.

15. Барикаева, Н. С. О методах исследования дисперсного состава пыли в воздухе городской среды [Текст] / Н. С. Барикаева, А. Б. Стреляева, И. В. Тертишников // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. - 2013. - № 2. - С. 72-76.

16. Барикаева, Н. С. О проведении мониторинга воздушной среды на примере отделочно-строительных работ [Текст] / Н. С. Барикаева, В. А. Иванов, Н. А. Маринин // Проблемы охраны производственной и окружающей среды : сб. материалов и науч. тр. инженеров-экологов. - Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2012. - Вып. 4. - С. 115-117.

17. Барикаева, Н. С. Мелкодисперсная пыль как фактор загрязнения воздуха городской среды [Текст] / Н. С. Барикаева, Е. А. Калюжина, // Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях : сб. науч. тр. по материалам Всерос. науч.-практ. конф. (г. Ставрополь, 8-9 апр. 2013 г.). - Ставрополь : [б. и.], 2013. - С. 58-61.

18. О загрязнении мелкодисперсной пылью воздушной среды городских территорий [Текст] / Н. С. Барикаева [и др.] // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. - 2013. - № 1. - С. 30-33.

19. Об исследовании дисперсного состава пыли в воздухе жилых районов [Текст] / Н. С. Барикаева [и др.] // Фундаментальные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли РФ в 2012 году : сб. науч. тр. – Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2013. - С. 492-496.

20. Барикаева, Н.С. О методах снижения негативного воздействия автомобильного транспорта на качество атмосферного воздуха городской среды / Н.С. Барикаева // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона : сб. науч. тр. по матер. V междунар. науч.-практ. конф. / редкол.: Ю.Г. Иващенко (отв. ред.) [и др.] ; Саратовский гос. техн. ун-т им. Гагарина Ю.А. - Саратов, 2017. - С. 341-343.

21. Барикаева, Н.С. Совершенствование организации пассажирских перевозок и повышение экологической безопасности городского общественного транспорта / Н.С. Барикаева, Е.Ю. Серова // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств : матер. XIII междунар. заочн. науч.-техн. конф. (г. Пенза, 18 мая 2017 г.) / редкол.: Э.Р. Домке (отв. ред.) [и др.] ; ФГБОУ ВО «Пензенский гос. ун-т архитектуры и строительства», Автомобильно-дорожный ин-т. - Пенза, 2017. - С. 341-347.

БАРИКАЕВА НЕЛЛИ СЕРГЕЕВНА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА
ПРИДОРОЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДОВ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛЬЮ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Специальность 05.23.19 – Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

Подписано в печать 19.12.2017 г. Заказ № 31 Тираж 100 экз. Печ. л. 1,0

Формат 60×84 1/16. Бумага писчая. Печать плоская.

Институт архитектуры и строительства
Волгоградский государственный технический университет

Институт архитектуры и строительства
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1

Отдел оперативной полиграфии