



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На тему:

«Воздействие кольцевой автодороги Санкт-Петербурга на экологическое состояние окружающей среды прилегающей территории»

Исполнитель

Конова Алёна Андреевна

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель

Кандидат биологических наук, доцент

(учёная степень, учёное звание)

Рижия Елена Яновна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат географических наук, доцент

(учёная степень, учёное звание)

Дроздов Владимир Владимирович

(фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 2024 г.

Санкт-Петербург

2024

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1 Транспортные магистрали и их влияние на окружающую среду придорожной полосы (зарубежный и отечественный опыт).....	7
1.1 Влияние автомагистралей на прилегающую территорию.....	7
1.2 Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом.....	9
1.3 Загрязнение почв и грунтов, прилегающих к автомагистралям	12
1.3.1 Содержание тяжелых металлов в придорожной полосе	13
1.3.2 Содержание нефтепродуктов в придорожной полосе.....	14
1.3.3 Содержание полициклических и ароматических углеводородов в придорожной полосе	15
1.4 Негативное воздействие автотранспорта на растительный покров.....	16
1.5 Воздействие автотранспорта на здоровье населения	17
1.6 Зарубежный опыт	18
Глава 2 Общие сведения о кольцевой автодороге Санкт-Петербурга.....	23
2.1 Описание выбранного объекта исследования.....	23
2.1.1 Климатические особенности.....	25
2.1.2 Гидрогеологические условия.....	27
2.1.3 Геоморфологические и геологические особенности.....	28
2.1.4 Характеристика растительного и животного мира	28
2.2 Жилые массивы, расположенные в пределах КАД.....	29
2.3 Техническая и инженерная инфраструктура КАД	32
2.4 Состояние атмосферного воздуха по статистическим данным	33
Глава 3 Объекты и методы проведения работ	37
3.1 Объекты.....	37

3.2 Методы.....	39
3.2.1. Тяжелые металлы в почвах	40
3.2.2. Содержание нефтепродуктов.....	41
3.2.3 Суммарный показатель загрязнения прилегающих участков к КАД тяжелыми металлами	41
3.3 Оценка уровня загрязненности атмосферного воздуха	43
Глава 4 Полученные результаты	48
4.1 Содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов в исследуемых почвогрунтах	48
4.1.1 Концентрация свинца	48
4.1.2 Концентрация кадмия.....	50
4.1.3 Концентрация цинка.....	52
4.1.4 Концентрация меди.....	54
4.1.5 Концентрация никеля	55
4.1.6 Концентрация кобальта.....	57
4.1.7 Концентрация нефтепродуктов	58
4.1.8 Суммарный показатель загрязнения почвенного покрова	58
4.2 Комплексный индекс загрязнения атмосферы	60
Практические рекомендации по уменьшению негативного воздействия КАД	64
Заключение	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	67

СОКРАЩЕНИЯ

КАД	Кольцевая автодорога
ТМ	Тяжелые металлы
КИЗА	Комплексный индекс загрязнения атмосферы
ФЗ	Федеральный закон
ПДК	Предельно допустимая концентрация

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность: Развитие транспорта, строительство и поддержание транспортной инфраструктуры увеличивают вредные нагрузки на окружающую среду и человека посредством шума, загрязнения воздуха, разрушения ландшафтов. Почвы и грунты придорожных полос автомагистралей подвержены загрязнению тяжелыми металлами, нефтепродуктами. В связи с этим понятно беспокойство людей, проживающих в районах, где сосредоточены подобные объекты риска.

Результатом активного развития городской инфраструктуры Санкт-Петербурга является увеличение нагрузки на дорожные системы. Центральная часть города характеризуется загруженностью трафика дорожного движения. Для разгрузки транспортного потока было принято решение о строительстве Кольцевой автодороги (КАД). Трасса КАД является объединяющим элементом транспортной системы региона и соединяет в единое целое все основные дорожные магистрали, расходящиеся из центра Санкт-Петербурга в направлении Хельсинки, Мурманска, Москвы, Киева и Таллина.

В последние десятилетия из-за дефицита территории под строительства в центральных районах города происходит активная застройка окраин. Образуются жилые комплексы вдоль кольцевой автодороги Санкт-Петербурга. Следствием этого является подверженность жителей данных районов ряду вредных воздействий со стороны дороги. В связи с чем, необходимо регулярно проводить экологический мониторинг автодорог, который обеспечит экологическую устойчивость региона, защиту окружающей среды от негативного воздействия транспортного потока и обеспечит здоровье горожан. Регулярное проведение мониторинга и анализ полученных данных позволяет принимать рациональные решения по снижению экологического воздействия и улучшению качества окружающей среды в городе. В соответствии со ст.12 ФЗ-№174 «Об экологической экспертизе», объекты магистралей городов подлежат обязательной

государственной экологической экспертизе, оценке воздействия на окружающую среду и составлению экологического обоснования хозяйственной и иной деятельности.

Цель работы заключается в оценке воздействия юго-восточной части Кольцевой автодороги Санкт-Петербурга на компоненты природной среды.

Задачи:

1. Провести литературный обзор проблемы влияния транспортных магистралей на окружающую среду придорожной полосы;
2. Рассмотреть общие сведения о кольцевой автодороге Санкт-Петербурга;
3. Определить содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов в исследуемых почвогрунтах;
4. Провести эколого-геохимическую оценку состояния изучаемых территорий по степени загрязненности тяжелыми металлами;
5. Определить концентрацию загрязняющих веществ в атмосферном воздухе исследуемых участков;
6. Рассчитать комплексный индекс загрязнения атмосферы;
7. Рассмотреть практические рекомендации по уменьшению негативного воздействия КАД.

Объектом исследования является Кольцевая автодорога Санкт-Петербурга.

Предмет исследования – воздействие Кольцевой автодороги Санкт-Петербурга на состояние окружающей среды прилегающей территории.

Глава 1 Транспортные магистрали и их влияние на окружающую среду придорожной полосы (зарубежный и отечественный опыт)

1.1 Влияние автомагистралей на прилегающую территорию.

Транспортные магистрали – это главные транспортные пути, которые характеризуются большой пропускной способностью и большим транспортным грузо- и пассажиропотоками [11].

Приоритетным направлением государственной политики России является развитие транспортной структуры, включающее строительство новых дорог, усовершенствование и восстановление существующих дорожно-транспортных систем [11].

Влияние автомагистралей на окружающую среду выражается в выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух, загрязнении поверхностных вод, почвы, а также шумовом воздействии автотранспорта.

Негативное воздействие на состояние окружающей среды оказывает строительство дорог. На участке, выделенном под строительство, производят вырубку деревьев, снимают почвенно-растительный покров. В период строительства скоростных автомагистралей образуются отходы. При работе дорожной техники происходит загрязнение почвенного покрова нефтепродуктами, образование пыли, которая оседает на растительность и нарушает процесс фотосинтеза. Также происходит изъятие территорий, изменение формы рельефа. Изменение рельефа может вызвать изменение режима грунтовых и поверхностных вод [11].

Работа дорожно-строительной техники сопряжена с выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух: автомобильный транспорт, который задействован в транспортировке конструкций, пересыпка щебня и др.

Однако воздействие на окружающую среду во время строительства дорог носит временный характер, в отличие от эксплуатации автомагистралей [11].

Величина негативных воздействий на придорожную полосу может меняться в зависимости от характеристик: интенсивность транспортного потока, состав движения, климатических условий [13].

Защитная полоса располагается с обеих сторон дороги и имеет особый режим использования земельных участков. На территории придорожной полосы автомобильной дороги запрещено строительство жилого сектора [13].

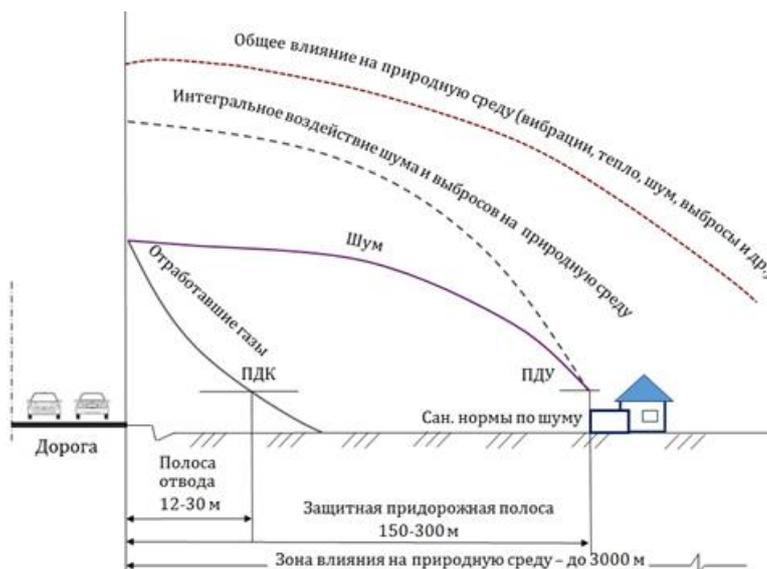


Рисунок 1 – Схема распространение автомобильно-дорожных воздействий на придорожной территории

Автомобильный транспорт влияет на качество воды. В результате эксплуатации автомобилей может происходить утечка масла, которое, смешиваясь с ливневой водой, попадает в поверхностные воды [13].

Топливо и масло может просачиваться из автомобилей и тем самым загрязнять почву придорожной территории. При сжигании топлива в атмосферный воздух поступают выхлопные газы, насыщенные нефтепродуктами, которые оседают на поверхности почвы [13].

Автомобильные дороги оснащены дорожным и придорожным сервисом. К объектам придорожного сервиса относятся автозаправочные станции.

Автозаправки, расположенные на резервуарах с топливом, также вносят вклад в загрязнение компонентов природной среды посредством утечек бензина, дизельного топлива и сжиженных углеводородных газов [9].

Растительный покров придорожной территории также подвергается негативному воздействию в результате эксплуатации дорожной инфраструктуры. Дорожная пыль, содержащая токсичные вещества, оседает на листья, вследствие чего происходит нарушение структуры растений. На рост растений также оказывает воздействие искусственное освещение, обусловленное ночным движением транспортных средств. Ветер способствует переносу токсичных веществ на большие расстояния, тем самым увеличивая зону воздействия автотранспорта [19].

На объем выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта внутри городов влияет структура автомобильного парка. Экологический класс автомобиля характеризует количество загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу от автотранспорта. Евро-1 является первым принятым экологическим классом автомобиля. На данный момент в России принято пять экологических классов: Евро-1, Евро-2, Евро-3, Евро-4, Евро-5. Переход от Евро 1 к Евро 6 снижает объем выбросов на одну машину практически в 5 раз [31].

С 2013 года действует запрет на использование стандарта ниже Евро – 4. С 2014 года в России на ввозимые автомобили действует стандарт Евро-5. С 2016 года он стал применяться и на все производимые автомобили.

Данные стандарты влияют на объем и структуру выбросов. Эффект при переходе с моторных топлив 3 класса на 4 – уменьшение выбросов SO₂ на 79%, бенз(а)пирена – на 22,7%, твердых веществ – на 13,5%, оксидов азота и оксида углеродов – на 4% [31].

1.2 Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом

Автотранспорт является основным источником загрязнения атмосферы. Разрастание городов приводит к увеличению использования автотранспортных средств. По данным Федеральной службы государственной статистики в Российской Федерации за 2023 год в атмосферный воздух поступило 4885 тыс. тонн загрязняющих веществ от автомобильного транспорта [34].

Автомобиль работает на топливе, которое содержит нефтепродукты, при сгорании которых выделяются вещества, загрязняющие атмосферный воздух. Выхлопные газы – продукты работы двигателей внутреннего сгорания. Учитывая стремительный рост числа транспорта за последние 50 лет, и, в частности, прирост личного автотранспорта в городах, их количество растет [31].

Основными загрязняющими веществами, поступающими в окружающую среду от автомобильного транспорта, являются: оксиды углерода, азота, серы, бенз(а)пирен, сажа, зола, свинец, углеводороды, формальдегид [31].

Оксид углерода представляет собой бесцветный газ без запаха. Плотность газа значительно ниже плотности воздуха, что приводит к скоплению его у поверхности земли. Вдыхание данного газа может привести к быстрой утомляемости, головной боли, головокружению и нарушению сна. В выхлопных газах двигателя, работающего на качественном бензине при стандартном режиме, в среднем содержится 2,7 % оксида углерода. При снижении скорости доля возрастает до 3,9 %, а на малом ходу – до 6,9 % [31].

Оксид азота – это бесцветный газ. Наиболее токсичным является диоксид азота, который образуется в результате его окисления кислородом атмосферы под воздействием солнечного света. Образующиеся при данном процессе соединения азотной и азотистой кислот поражают слизистые оболочки и ткань легких [31].

Углеводороды обладают канцерогенным действием. При попадании в организм человека приводит к раздражению легких, которое проявляется в

удушье, отдышке и др. Наиболее уязвима к данным органическим соединениям центральная нервная система. Главный конечный резервуар аккумуляции бенз(а)пирена - почвенный покров. Он также способен накапливаться в растениях [31].

Оксиды серы образуются из присутствующей в топливе серы. В результате реакции с кислородом и водой при сгорании топлива образуется оксид серы, серная и сернистая кислота. Едкий газ провоцирует раздражение слизистой глаз и органов дыхания [31].

Автомобиль, движущийся с постоянной скоростью, сжигает одинаковое количество топлива. Однако при изменении скорости движения сжигается больше топлива и, следовательно, в воздух выделяется больше загрязняющих веществ [26].

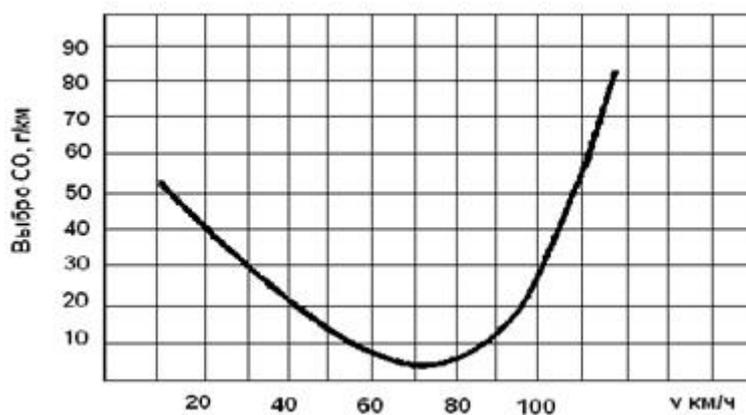


Рисунок 2 - Зависимость выбросов CO от скорости автомобиля

Таким образом, наименьшее количество выбросов оксида углерода происходит при движении автомобиля со скоростью 70 км/ч. При увеличении скорости движения транспортного средства увеличивается количество выбросов, соответственно, скоростные автомагистрали увеличивают антропогенную нагрузку на природную среду [26].

При резком торможении автомобиля происходит стирание шин, а также износ дороги. Результатом такого процесса является выделение твердых частиц и крупиц асфальта, которые остаются в воздухе над автомагистралями [26].

Соответственно, расположение вблизи дороги жилых построек является фактором риска развития различных заболеваний. Также наибольшие концентрации примесей атмосферы фиксируются на уровне 1 метра, то есть на уровне дыхания человека. Таким образом, население, проживающее вблизи автодорог, наиболее уязвимо к негативному воздействию дорожной инфраструктуры [26].

1.3 Загрязнение почв и грунтов, прилегающих к автомагистралям

Высокая интенсивность движения транспорта на автомагистралях приводит к выбросам вредных веществ в атмосферу, которые затем оседают на поверхности почвы и грунтов. Атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды являются динамическими показателями, в отличие от почвенного покрова. Почва является малоподвижной средой, таким образом, миграция элементов происходит медленно, что приводит к накоплению в почве как тяжелых металлов, так и нефтепродуктов [16].

Основными химическими загрязнителями, поступающими от автотранспорта, являются углеводороды, свинец, кадмий, и медь, а также летучие соединения: окись углерода, оксид азота и т.д [16].

Отработавшие газы, масла, топливо и тормозная пыль содержат вредные химические соединения, которые могут накапливаться в почве. Мусор, масляные пятна, шины и другие материалы, выброшенные вдоль дорог или сброшенные с автомобилей, также способствуют загрязнению окружающей среды. Металлическая и резиновая пыль, выделяющаяся в процессе движения автомобилей, может содержать токсичные вещества и оказывать негативное воздействие на почву [16].

Загрязнение тяжелыми металлами почвы происходит через атмосферу или растительность (опадение листьев). Часть из них остается на поверхности, часть распределяется по почвенному профилю. Из чего следует, что воды,

фильтрующиеся через почвенную толщу, насыщаются тяжелыми металлами и загрязняют грунтовые воды и растительность.

Растения способны накапливать тяжелые металлы, поступившие из почвы. Зона в 5 метров от автодороги характеризуется наибольшими концентрациями. По мере удаления от дорожного полотна концентрации тяжелых металлов уменьшаются [16].

1.3.1 Содержание тяжелых металлов в придорожной полосе

Основным источником загрязнения почв тяжелыми металлами придорожной полосы является автотранспорт. При сгорании топлива в атмосферу поступают выхлопные газы, содержащие ТМ, которые оседают на поверхность почвы. При высокой скорости движения транспортного средства увеличивается количество выбросов. Следовательно, почвы придорожной полосы скоростных автомагистралей испытывают высокую антропогенную нагрузку [12].

Максимальное загрязнение ТМ почвенного покрова фиксируются на расстоянии 5 метров от дорожного полотна. Затем по мере удаления от автодороги концентрации уменьшаются. Таким образом, можно выделить несколько зон аккумуляции тяжелых металлов. Первая зона – зона максимального загрязнения (до 15 метро) – расположена в непосредственной близости к автодороге. Следующая зона – зона высокого загрязнения - расположена на расстоянии 100 метров. И в некоторых случаях выделяют третью зону, где также могут быть зафиксированы превышения на расстоянии 150 метров от дороги [12].

Наиболее опасными среди тяжёлых металлов, выбрасываемых транспортным потоком, являются свинец, цинк, медь.

При сгорании этилированных бензинов около половины содержащегося свинца выбрасывается с выхлопными газами в атмосферу, что приводит к значительному превышению концентраций свинца в воздухе, почве.

Воздействие на организм человека проявляется в потере памяти, малокровии, нервных расстройствах, слепоте. Негативному воздействию подвергается и городская растительность [12].

Цинк поступает в придорожное пространство в результате истирания различных деталей, эрозии оцинкованных поверхностей, износа шин за счет использования в маслах присадок, содержащих этот металл. Сам по себе цинк необходим человеку, так как он принимает участие в выработке гормона и участвует в синтезе белка. Однако избыточное количество может привести к негативным последствиям, например: нарушение обменных функций, нарушение со стороны работы печени [7].

Кадмий попадает в почву при истирании автомобильных шин. Однако в настоящее время его запрещено использовать в производстве шин, что отражается на концентрациях кадмия в почвенном покрове. Накопление кадмия растениями ведет к подавлению роста, фотосинтеза и дыхания. На почвах с повышенным содержанием кадмия заметно снижаются урожаи [7].

Одним из источников меди в почвенном покрове является износ тормозных накладок и дисков автомобилей, которые содержат медь или медные сплавы. При каждом торможении частицы меди открашиваются и попадают на поверхность дорожного покрытия, а затем смываются дождевой водой в придорожные почвы. Выбросы выхлопного газа содержат различные металлические соединения, включая медные частицы, которые могут оседать на поверхности почвы вдоль автомагистралей [7].

1.3.2 Содержание нефтепродуктов в придорожной полосе

Нефтепродукты – это совокупность углеводородов, а также индивидуальных химических соединений, являются повсеместными загрязнителями придорожной полосы. Природа содержания нефтепродуктов в придорожной полосе может быть разнообразной. Поступление органических

соединений может происходить в результате аварий на автомагистралях, при ремонте и эксплуатации дорожного полотна [5].

Поступление нефтепродуктов в почвы придорожной полосы приводит к изменению всех звеньев биоценозов или их полной трансформации. При загрязнении почв нефтепродуктами отмечается изменение численности и ограничение видового разнообразия почвенной фауны, что влечет за собой снижение биопродуктивности и потере самоочищения [5].

Основное место концентрации нефтепродуктов - поверхностный почвенный слой 10-20 см. Степень загрязнения постоянно растет, что приводит к увеличению риска неблагоприятных последствий, в первую очередь к загрязнению грунтовых и сточных вод [5].

1.3.3 Содержание полициклических и ароматических углеводородов в придорожной полосе

Одним из ключевых индикаторов загрязнения почвы углеводородами является бенз(а)пирен, который известен своим канцерогенным действием. Этот полициклический ароматический углеводород входит в состав выхлопных газов от автомобильных двигателей. Кроме того, бенз(а)пирен может выделяться из органических связующих материалов, применяемых при строительстве дорожного покрытия. В шинах транспортных средств полициклические ароматические углеводороды присутствуют в результате использования газовой сажи при производстве резины, которая обеспечивает ей необходимые качества: износостойкость, прочность, жесткость и твердость [23].

По данным исследований, в 100 граммах изношенной резины содержится от 1,2 мг бенз(а)пирена. Причинами высокого содержания бенз(а)пирена в придорожной почве являются износ асфальта и шин.

На магистралях интенсивного движения автотранспорта содержание бенз(а)пирена значительно выше, чем на улицах с малым движением [23].

1.4 Негативное воздействие автотранспорта на растительный покров

Дорожное загрязнение оказывает негативное воздействие на растительный покров. При работе двигателя внутреннего сгорания происходит образование выхлопных газов, содержащих токсичные соединения. В зависимости от ветрового режима, распространение может происходить на большие расстояния. Однако основная часть оседает на почвенный покров и растительность в пределах 15-20 метров от автодороги [8].

Дорожная пыль, оседая на листья растений, нарушает процесс фотосинтеза. Попадая в почву или на растительность, токсичные вещества всасываются растениями, вследствие чего происходит нарушение структуры растений.

Растущие у больших дорог или парковок газоны и деревья часто выглядят вяло и быстро погибают [8].

Устойчивость растений к тяжелым металлам проявляется по-разному: некоторые растения способны накапливать высокие концентрации тяжелых металлов, другие с помощью барьерных функций стремятся снизить поступление ТМ [8].

Цинк легко мигрирует в водные системы, а также захватывается растениями. Избыток цинка в растениях может привести к замедлению роста, отмиранию молодых побегов [19].

Содержание меди зависит от вида растения. Си ускоряет окислительно-восстановительные процессы, входит в состав ряда важных окислительных ферментов. Медь влияет на образование хлорофилла. Под влиянием этого элемента усиливается образование в растениях белков, углеводов, жиров, витамина С [19].

Кадмий является наиболее токсичным для растений. Избыточное содержание кадмия приводит к замедлению роста и развития растений, к

нарушению протекания основных физиологических процессов. Кроме того, кадмий тормозит фотосинтез, нарушает транспирацию и фиксацию углекислого газа [19].

Автомобильные дороги представляют более серьезную угрозу для дикой природы, создавая практически непроходимые зоны для многих видов рептилий, амфибий и мелких млекопитающих. Строительство автомобильных дорог приводит к изменению целостности среды обитания.

Ухудшение качества природной среды, проявляющееся в выбросах в атмосферу загрязняющих веществ от дорожной инфраструктуры, загрязнении поверхностных вод, могут привести к деградации местообитаний на расстоянии до нескольких сотен метров от дорог [19].

1.5 Воздействие автотранспорта на здоровье населения

Качество воздуха в мегаполисах ухудшается с каждым годом. За последние 10 лет количество произведенных автомобилей выросло на 60%. В 2000 году транспортные компании выпустили 58 млн. машин, в 2019 году – 92 млн. В начале 1970-х г. доля загрязнений от автомобилей составило 13%, в 2020 году – 50%. Высокие концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе являются причиной респираторных и легочных заболеваний. Ежегодно из-за высоких выбросов загрязняющих веществ в атмосферу 4,2 млн человек умирают. Наиболее уязвимы дети, поскольку нижние слои воздуха перенасыщены токсичными веществами [20].

Загазованность служит причиной 29% случаев заболевания раком легких и 25% - ишемической болезни сердца.

Воздействие на организм примесей атмосферы является постоянным. В результате чего возникают как острые, так и хронические заболевания. Воздействие на дыхательную систему может проявляться в виде астмы, отдышки, раздражения дыхательных путей, удушья и др. Проблемы с сердцем и сосудами проявляются в отдышке, головокружении [20].

Более 50% углекислого газа, выбрасываемого в атмосферу, поступает от автомобильного транспорта. При работе двигателя на холостом ходу, торможении или ускорении концентрация углекислого газа увеличивается в 2,5-4 раза. Монооксид углерода воздействует непосредственно на клетки, нарушая тканевое дыхание и снижая потребление кислорода тканями. Его основной эффект обусловлен способностью вступать в реакцию с гемоглобином, что приводит к недостатку кислорода [20].

Диоксид серы в атмосферу поступает в результате сжигания топлива. Человек чувствителен к SO₂ при воздействии низких концентраций, что проявляется в раздражении дыхательных путей. Увеличение концентрации диоксида серы приводит к росту смертности от болезней органов дыхания [20].

1.6 Зарубежный опыт

Зарубежный опыт влияния автомагистралей рассматривался на примере таких стран как Эстония, Великобритания и Франция.

Дорожная сеть Эстонии состоит из государственных шоссе, местных, частных и лесных дорог. Общая протяженность дорог составляет 16608 км на 2019 год. Основные шоссе и магистрали имеют протяженность 1609 км, что составляет 9%, шоссе регионального значения - 2405 км, в процентном соотношении - 14,5%, наибольшая протяженность у второстепенных дорог – 12480 км (75,2 %).

За последние 10-15 лет в Эстонии значительно увеличилось количество автомобилей, в то время как развитие общественного транспорта замедлилось. Основная цель транспортной политики заключается в обеспечении мобильности людей и товаров. Транспортная система должна при этом оставаться эффективной и экологически безопасной.

Одной из проблем является разрастание городов, которое значительно ускорилось с середины 1990-х годов, что привело к увеличению использования автомобилей и образованию пробок в утренние и вечерние часы.

В различных документах подчеркивается необходимость развития экологически чистого электротранспорта. Однако из-за небольшого размера Эстонии приоритетным видом транспорта остаётся автомобиль. Тем не менее, все больше внимания уделяется развитию железнодорожного пассажирского транспорта.

Уровень выбросов CO₂ в Эстонии значительно превышает средний показатель по ЕС. Примерно 16% выбросов парниковых газов в Эстонии приходится на транспорт, из них 66% - на автомобильный транспорт.

Что касается будущей деятельности, то планируется разработать новые меры по поддержке экологически чистых транспортных технологий. Разрабатываются новые требования к дорожному строительству с уклоном в обеспечение экологической безопасности.

Автомагистраль M25— кольцевая автомобильная дорога длиной 188 км в Великобритании, расположенная вокруг Лондона. M25 является одной из самых важных и оживленных автомагистралей Великобритании, соединяя ключевые транспортные узлы [42].



Рисунок 3 - Автомагистраль M25 (Лондон)

Загрязнение воздуха в Лондоне уже давно является серьезной проблемой, в городе регулярно отмечается один из самых высоких уровней в стране. Основными загрязнителями являются взвешенные частицы и диоксид азота (NO₂), которые образуются в Лондоне в результате работы городского транспорта. Было установлено, что концентрация NO₂ на прилегающих территориях к КАД значительно выше фоновых значений. Так, результаты исследования концентраций NO₂ за период с августа 2018 года по июль 2019 года установили, что фоновые значения в среднем составляли 28,4 мкг/м³, в то время как концентрации на обочинах дорог в среднем составляли 44,9 мкг/м³ [42].

Исследование, проведенное колледжем Лондона в 2015 году, установило, что загрязнение взвешенными частицами приводит к 3500 преждевременным смертям ежегодно, в то время как NO₂ приводит к 5900 преждевременным смертям, в результате чего общее количество преждевременных смертей составляет 9400 в год [42].

Королевский колледж Лондона обнаружил, что проживание рядом с оживленной дорогой в Лондоне может привести к 230 случаям госпитализации от инсульта в год, а также к задержке развития легких у детей.

Меры, направленные на снижения загрязнения воздуха, заключаются в создании зоны с низким уровнем выбросов (ULEZ). Зона распространяется на определенную территорию в центре Лондона, въезд в которую осуществляется согласно стандартам по выбросам вредных веществ, за нарушение взимается штраф [42].

В столице также реализуются другие инициативы по борьбе с загрязнением от автотранспорта окружающей среды. Так, новые двухэтажные автобусы должны быть оснащены гибридными, водородными или электрическими двигателями [42].

Бульвар Периферик часто называемый Периф, является кольцевой дорогой с контролируемым доступом с двойной проезжей частью в Париже,

Франция. Периферика - 35-километровая кольцевая дорога вокруг Парижа - является самой загруженной городской дорогой в Европе, по которой проезжает 1,2 миллиона автомобилей в день или 40% трафика Парижа [41].

Структура бульвара Периферик похожа на большинство французских автомагистралей, автомагистралей Великобритании, а также американских автострад.

Это двухкольцевая, многополосная дорога с контролируемым доступом без пересечений или светофоров [41].

Весь бульвар Периферик имеет длину 35,04 километра, измеренную вдоль центральной средней полосы. Маршрут тесно следует за муниципальными границами Парижа [41].



Рисунок 4 – Кольцевая автодорога в Париже

Парижская «Периферика» протяженностью 35 километров, которая проходит вокруг города, оказывает сильное негативное воздействие на окружающую среду. Ежедневно по кольцевой автодороге совершается более

1,1 миллиона поездок, что подвергает тех, кто живет рядом с дорогой, риску шума и загрязнения окружающей среды [41].

Был разработан план преобразования бульвара Периферик, кольцевой дороги. Разработанный для реализации после Олимпийских игр 2024 года план превратит автомагистраль «из серого пояса в зеленый пояс», зарезервируя по одной полосе в каждом направлении для объединения автомобилей, такси и автобусов. Таким образом, автомагистраль будет сокращена до трех полностью доступных полос в каждом направлении с нынешних четырех [41].

Этот шаг позволил бы превратить около десяти гектаров существующей парижской кольцевой дороги в участок с высаженными деревьями.

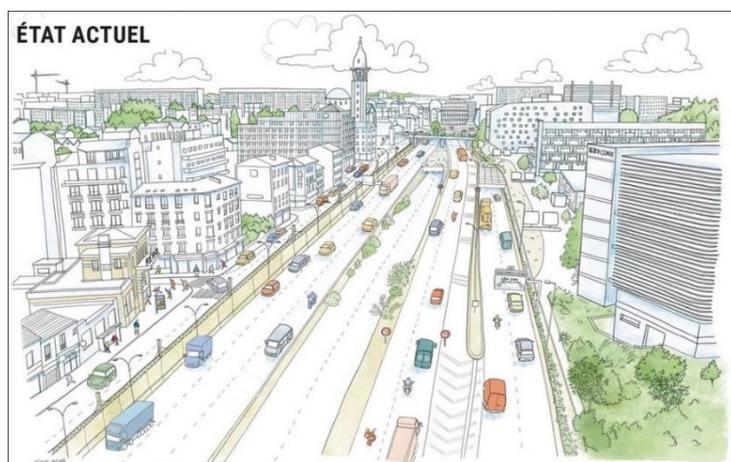


Рисунок 5 – Кольцевая автодорога 2022 год



Рисунок 6 - Кольцевая автодорога 2030 год

Глава 2 Общие сведения о кольцевой автодороге Санкт-Петербурга.

2.1 Описание выбранного объекта исследования

Кольцевая автодорога вокруг Санкт-Петербурга, также известная как "КАД", является одной из главных транспортных магистралей в Северо-Западном регионе России. Эта дорога имеет стратегическое значение как для внутригородского транспорта Санкт-Петербурга, так и для транзитного движения через город [14].

Трасса кольцевой дороги связывает все основные дорожные магистрали, расходящиеся из центра Санкт-Петербурга в направлении Москвы, Мурманска, Хельсинки, Киева и Таллина. Первоначально средства на строительные работы выделялись только из федерального бюджета. Санкт-Петербург в финансировании участия не принимал поскольку объект — дорога федерального значения [14].

Кольцевая автодорога, простирающаяся на более чем 140 километров, соединяет множество районов Санкт-Петербурга и обеспечивает удобное сообщение между ними.

Построена Кольцевая автодорога была в начале 1970-х годов и с тех пор стала неотъемлемой частью инфраструктуры города. Она проходит через различные районы Санкт-Петербурга, такие как Приморский, Красногвардейский, Василеостровский, Московский и другие, а также связывает их с окружающими населенными пунктами и важными транспортными магистралями [14].

Кольцевая автодорога Санкт-Петербурга является не только удобным путем следования для автомобилей, но и важной составляющей системы общественного транспорта города. По ней курсируют автобусы, троллейбусы и маршрутные такси, обеспечивая жителям и гостям города доступность и удобство перемещений.

Развитие Кольцевой автодороги способствует снижению автомобильных пробок в центре города, облегчает транспортную доступность различных районов, способствует развитию инфраструктуры и повышению качества жизни горожан [14].

На КАД установлены современные дорожные знаки, светофоры и дорожные развязки, что обеспечивает безопасность движения на этом участке. Однако из-за интенсивного потока автомобилей и сложной транспортной ситуации возникают пробки и задержки [14].

Протяженность трассы составляет 116,75 км, а с учетом части магистрали, проходящей по защитной дамбе Санкт-Петербурга, автодорога имеет длину 142,15 километра.

При утверждении Генерального плана развития Ленинграда в 1966 впервые была поднята тема, касающаяся необходимости строительства КАД. Строительство трассы было положено в 1988 году, генеральным проектировщиком выступило ЗАО «Институт «Стройпроект» [14].

В 2004 году активные строительные работы на КАД дважды приостанавливались из-за отсутствия финансирования.

Строительство КАД проходило в несколько этапов, каждый новый участок, введенный в эксплуатацию, разгружал внутригородские дороги, которые страдали от транспортных заторов [14].

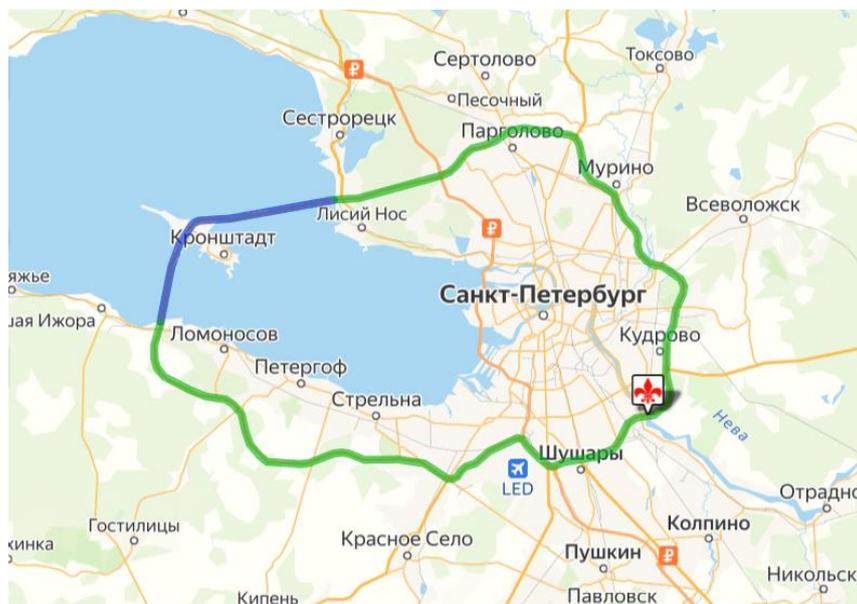


Рисунок 7 - Карта КАД — Кольцевой автодороги Санкт-Петербурга

Суммарная площадь территории в границах зоны влияния КАД составляет 64252 га, в том числе:

- в административных границах города расположено 38617 га территории, что составляет 60% площади зоны; в том числе:

- площадь акватории составляет 2912 га, или 8% площади зоны влияния в границах города;

- в административных границах области расположено 25635 га территории, что составляет 40% площади зоны.

2.1.1 Климатические особенности

Санкт-Петербург расположен на северо-западе страны и имеет умеренно континентальный климат с морским влиянием. Особенности климата города определяются его местоположением близ Балтийского моря. Лето в Санкт-Петербурге короткое, прохладное и влажное. Согласно многолетним наблюдениям, среднегодовая температура воздуха в Санкт-Петербурге составляет 5,6 градуса по Цельсию [35].

Средняя температура июля составляет около $+17^{\circ}\text{C}$. Зимы в городе также мягкие, снежные и ветреные, средняя температура января около -8°C .

Город характеризуется высокой влажностью, осадков в течение года выпадает около 600мм преимущественно летом. Летний сезон характеризуется частыми дождями и грозами, продолжительность и интенсивность которых достаточно высока [35].

Весной и осенью в Санкт-Петербурге часто наблюдаются резкие перепады температуры и переменчивая погода. Туманы также встречаются нередко, что является еще одной особенностью климата города.

Зимой в Санкт-Петербурге преобладают снегопады, которые создают снежный покров. Однако он не удерживается на протяжении долгого времени из-за морских теплых ветров [35].

Влажность в городе высока из-за его близкого расположения к водным просторам. В летний период влажность воздуха может достигать 80-90%, что является характерной чертой для данной территории.

Большое количество осадков может привести к проблемам на дорогах, увеличивая вероятность аварий [35].

Такой климат оказывает влияние на состояние дорог Санкт-Петербурга. Прежде всего колебания температуры зимой выше и ниже нуля могут привести к разрушению асфальта из-за замерзания и оттаивания воды в трещинах и порах дорожного покрытия, что может вызвать появление выбоин и других дефектов [35].

Во-вторых, дождливое и прохладное лето может привести к тому, что асфальтовое покрытие будет дольше оставаться влажным, что замедляет процесс его высыхания и отвердевания. Это может способствовать образованию трещин и разрушению асфальта под воздействием движения автотранспорта [35].

2.1.2 Гидрогеологические условия

Гидрологические условия в Санкт-Петербурге определяются его расположением на побережье Финского залива и наличием нескольких крупных рек, таких как Нева, Малая Нева, Большая Невка и другие [17].

Финский залив является частью Балтийского моря и имеет среднюю глубину около 30 метров. Вода в заливе имеет низкую соленость, что связано с впадением в него крупных рек и интенсивным перемешиванием водных масс [17].

Реки Санкт-Петербурга имеют важное значение для города. Река Нева является главной водной артерией города и связывает его с Балтийским морем. Она имеет длину около 74 километров и ширину до 600 метров в устье. Река Малая Нева является одним из рукавов дельты Невы и разделяет Васильевский остров и Петроградскую сторону.

Большая Невка - еще один рукав дельты Невы, который отделяет Васильевский остров от острова Декабристов. Эта река имеет длину около 8 километров и ширину около 200 метров [17].

Гидрогеологические условия территории Санкт-Петербурга чрезвычайно сложны. В ее пределах распространены верховодка, грунтовые воды, межпластовые подземные воды на юге и западе, в пригородной зоне также трещинные и карстовые воды.

Грунтовые воды содержатся в слоях техногенных грунтов, озерно-морских и озерно-ледниковых отложений. Верховодка образуется преимущественно в слоях техногенных грунтов, она в некоторых случаях агрессивна по отношению к бетону. Уровень грунтовых вод круглый год высокий (обычно не ниже 2 м от дневной поверхности), во влажные сезоны года он достигает поверхности грунта. Сезонные колебания уровня грунтовых вод, как правило, незначительны (в пределах 1-2 м). Химический состав грунтовых вод изменчив, он зависит от сезона года (обильности атмосферных

осадков), состава промстоков, технического состояния канализации, наличия свалок и отвалов грунта и технологических отходов [17].

2.1.3 Геоморфологические и геологические особенности

Территория Санкт-Петербурга и его окрестности в прошлом были заняты ледниками. С отступлением ледников началось формирование современного рельефа Санкт-Петербурга. В его геологическом составе преобладают глинистые и песчаные отложения, сформированные под влиянием воды и льда.

Большая часть территории Санкт-Петербурга представляет собой низменности, возникшие благодаря отложениям глинистых и песчаных осадков во время последних ледниковых периодов. Эти низменности отличаются ровным поверхностным профилем и минимальными изменениями высот.

Тем не менее, в отдельных районах городов встречаются возвышенности, сформированные под влиянием ледниковых языков и тектонических процессов.

Равнины и возвышенности оказывают влияние на планировку городских районов, формируя инфраструктуру и транспортную систему.

2.1.4 Характеристика растительного и животного мира

Территория Санкт-Петербурга расположена в таежной зоне, на юге города начинает уступать место зоне смешанных лесов [3]. Масса произрастающих древесных насаждений неоднородна. В таблице 2.1 представлено процентное соотношение видового разнообразия деревьев.

Таблица 1 – Видовое разнообразие древесных насаждений

Видовое название	Процентное соотношение, %
липа мелколистная	43,1
береза повислая	19,6
вяз	9,6
дуб черешчатый	9,5
клен остролистный	9,5
ясень обыкновенный	8,5

На состояние зеленых насаждений оказывает влияние неблагоприятные естественные и антропогенные факторы. В наиболее худшем состоянии среди уличных насаждений находится тополь, вяз, дуб [2].

Животные характерные для таежной зоны в данное время практически не встречаются в окрестностях Санкт-Петербурга. Крупные млекопитающие, такие как медведь и волк, очень редки. Однако можно встретить таких представителей фауны как, лисица, норка, выдра. На территории города можно заметить лося [2].

На распространение и видовой состав птиц сильное воздействие оказала городская инфраструктура. Однако есть виды, которые адаптировались к новым условиям, к ним относится дрозд, дятел. В городской черте часто встречаются два вида воробьев - домовый и полевой.

На территории города обитает множество птиц как типично городских (воробьи, ласточки, стрижи, голуби, вороны), так и водоплавающих (кулики, гуси, утки, лебеди) [2].

2.2 Жилые массивы, расположенные в пределах КАД

В данный момент проходит активная застройка прилегающих к КАД территорий. В связи с чем, необходимо регулярно проводить экологический мониторинг автодорог, который обеспечит экологическую устойчивость региона, защиту окружающей среды от негативного воздействия транспортного потока и обеспечит здоровье горожан. Регулярное проведение мониторинга и анализ полученных данных позволяет принимать рациональные решения по снижению экологического воздействия и улучшению качества окружающей среды в городе.

Кольцевая автодорога Санкт-Петербурга проходит через такие районы, как Курортный, Приморский, Выборгский, Калининский, Красногвардейский район, Мурино, Кудрово, Невский, Фрунзенский, Московский, Красносельский, Кронштадтский.

На рисунке представлена карта районов Санкт-Петербурга.

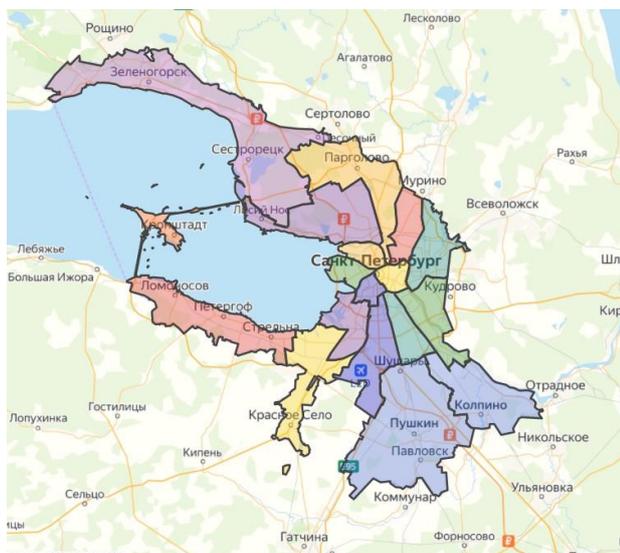


Рисунок 8 – Карта районов Санкт-Петербурга



Рисунок 9 – Примеры застройки прилегающих к КАД территорий

На рисунке 9 представлены примеры застройки прилегающих к КАД территорий.

В таблице 2 представлен количественный анализ жилой застройки вдоль КАД.

Таблица 2 - Количественный анализ жилой застройки вдоль КАД

Район	Численность (чел)	Количество домов
Курортный	67412	0
Выборгский	443827	0
Красногвардейский	336402	39
Мурино	78200	15
Кудрово	54471	20
Невский	467500	43
Фрунзенский	390980	0
Московский	288744	0
Красносельский	330773	30
Кронштадтский	42999	6

Наиболее близкое расположение кольцевой автодороги к жилым домам отмечается в таких районах, как Красногвардейский, Невский, Красносельский.

"СП 42.13330.2011. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*" был соблюден при строительстве новых жилых комплексов.

Расстояние от края основной проезжей части магистральных дорог до жилой застройки составляет 50 метров, при условии применения шумозащитных устройств расстоянием может быть уменьшено до 25 метров.

2.3 Техническая и инженерная инфраструктура КАД

Юго-восточная часть КАД проходит как через жилой сектор, так и через технические и промышленные сооружения. Наиболее близкое расположение

к КАД имеет южная ТЭЦ. Станция обеспечивает энергией южные районы Санкт-Петербурга. Для выработки энергии используется природный газ.

Вблизи кольцевой автодороги также расположен бетонный завод «БСК», занимающийся производством и реализацией товарного бетона и раствора.

В непосредственной близости к кольцевой дороге расположены автозаправки, станции технического обслуживания, производственные склады.

Кольцевая автодорога Санкт-Петербурга в юго-восточной части проходит через железнодорожную станцию «Обухово». Станция Обухово выполняет функции железнодорожного узла. Кроме того, имеются соединения с грузовой южной портовой ветвью Санкт-Петербургского железнодорожного узла.

2.4 Состояние атмосферного воздуха по статистическим данным

Санкт-Петербург является вторым по численности населения городом России. Развитая промышленность и большое количество автотранспорта привели к значительным объемам выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [17].

Оценивая уровень загрязнения атмосферы, необходимо учитывать количество и категорию транспортных средств. ГИБДД ГУ МВД России по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области предоставили данные о количестве автотранспортных средств за период 2012-2022 г.г [17].

Таблица 3 – Количество (единиц) автотранспортных средств в г. Санкт-Петербурге

Годы	Легковые автомобили	Грузовые автомобили	Автобусы	Всего
2012	1437864	198265	21847	1657976
2013	1648328	217459	20836	1886623
2014	1573971	210659	18356	1802986
2015	1523901	215825	19267	1758993
2016	1556739	211824	18463	1787026
2017	1798769	226489	30846	2056104
2018	1698807	229627	23649	1952083
2019	1754293	230164	20178	2004635
2020	1802321	232582	19834	2054737
2021	1804452	236956	21096	2062504
2022	1895932	239714	19635	2155281

К 2022 году количество автотранспорта увеличилось на 16%, легковых автомобилей стало больше на 16%, грузовых автомобилей на 18%, количество автобусов сократилось на 8%.

Данные Росприроднадзора о выбросах загрязняющих веществ от автотранспорта г. Санкт-Петербурга за 2012-2022 гг. приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта г. Санкт-Петербурга, тыс. т

Годы	Всего	Твердые вещества	SO ₂	CO	NO _x	CH ₄	NH ₃	ЛОС
2012	419,3	0,6	2,1	338,2	35,3	1,8	0,7	40,6
2013	464,3	0,7	2,2	374,4	38,9	2	0,8	45,1
2014	441,8	0,7	2	356,2	37,2	1,9	0,8	42,8
2015	446,8	0,7	2,2	360,1	37,7	1,7	0,8	43,3
2016	447,6	0,7	2,1	361,1	37,6	1,9	0,7	43,50
2017	470,5	0,8	2,3	377,8	39,6	2	0,8	45,5
2018	467,8	0,5	2,3	377,2	39,4	2	0,8	45,3
2019	134,2	0,5	1,1	106,7	17,3	0,2	2,2	5,9
2020	131,2	0,5	1,1	103,2	16,8	0,2	2,3	5,6
2021	128,8	0,4	1,1	102,4	16,7	0,2	2,2	5,5
2022	132,6	0,4	1,1	105,5	17	0,3	2,3	6

Выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта на 2022 год составили 132,6 тыс. тон. В 2019 году количество выбросов сократилось на 333,6 тыс. тон с 2018 года и составило 134,2 тыс. т. Начиная с 2019 года, концентрации загрязняющих веществ резко снизились. Такая тенденция связана с изменением системы учета оксида углерода, а также с увеличением количества автомобилей с газовым двигателем.

Относительно 2021 года количество выбросов в 2022 году сократилось на 3,8 тыс. т.

Основной объем выбросов – 65,4% от суммарных выбросов всех загрязняющих веществ г. Санкт-Петербурга - вносят АТС.

В атмосферный воздух выбрасывается более 550 наименований загрязняющих веществ. Превалирующий вклад в суммарный выброс по городу традиционно вносят выбросы оксидов азота, поступающие в атмосферу от автотранспорта.

Оценивая суммарное значение выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта в Санкт-Петербурге, важно отметить увеличение значения в 2022 году в сравнении с 2021 году. Это связано с увеличением количества автотранспортных средств, развитием дорожной инфраструктуры.

Глава 3. Объекты и методы проведения работ

3.1 Объекты

Для оценки экологического состояния окружающей среды вдоль Кольцевой автомобильной дороги Санкт-Петербурга были выбраны три участка, представленные на рисунках 3.1-3.3. Данные площадки выбраны исходя из близкого расположения КАД к жилым домам и местам большого скопления людей.

На участках еженедельно производился отбор проб атмосферного воздуха на протяжении пяти месяцев (май-сентябрь). Произведены суточные измерения концентраций примесей атмосферы.

Проведён отбор почвенных образцов на тяжелые металлы в мае, июне и августе. Исследования почвы придорожной полосы проводят для контроля загрязнения и оценки качественного состояния почв естественного и нарушенного сложения.

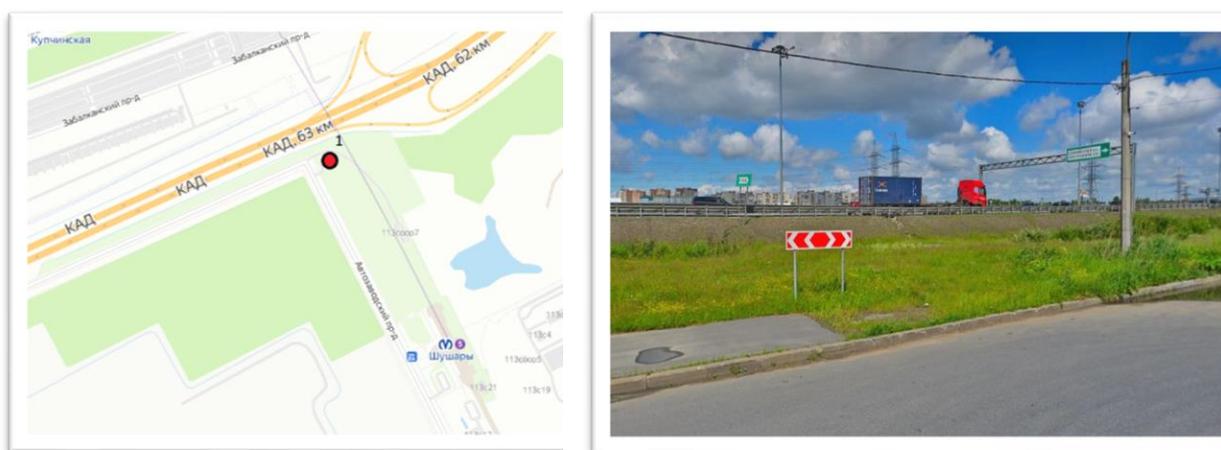


Рисунок 10 – Первый участок отбора проб (метро Шушары)

Первый участок расположена в 400 метров от метро Шушары. Здесь расположена транспортная развязка Кольцевой автодороги. Данный участок характеризуется частыми автомобильными пробками, что приводит к большим выбросам загрязняющих веществ.

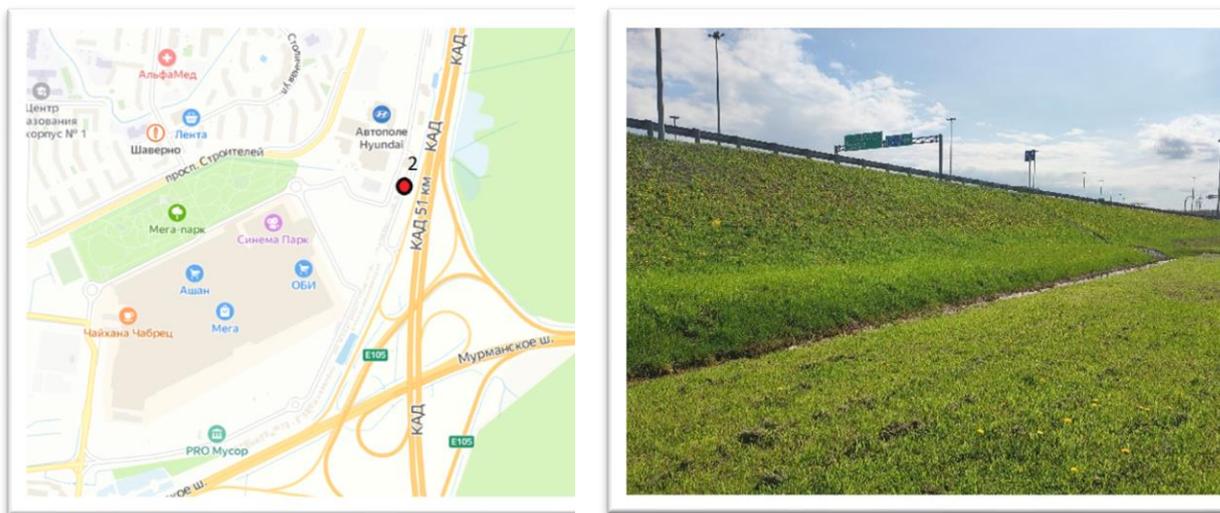


Рисунок 11 – Второй участок отбора проб (Кудрово, ТЦ Мега Дыбенко)

Вторая точка расположена вблизи ТЦ Мега Дыбенко, где также расположена транспортная развязка Кольцевой автодороги. Данная развязка соединяет Мурманское шоссе, в результате часто образуются автомобильные пробки, особенно в выходные дни. Автомобиль, движущийся с постоянной скоростью, сжигает одинаковое количество топлива, но из-за скопления на дороге транспортных средств приходится постоянно набирать и сбавлять скорость. При такой работе двигателя сжигается больше топлива и, следовательно, в воздух выделяется больше загрязняющих веществ.

Расстояние КАД до жилой постройки 350 метров. В 50 метро от КАД расположен выставочный центр. В выходные дни здесь наблюдается большое скопление людей, а на транспортной развязке - дорожный затор, что оказывает негативное воздействие как на окружающую среду, так и на людей.

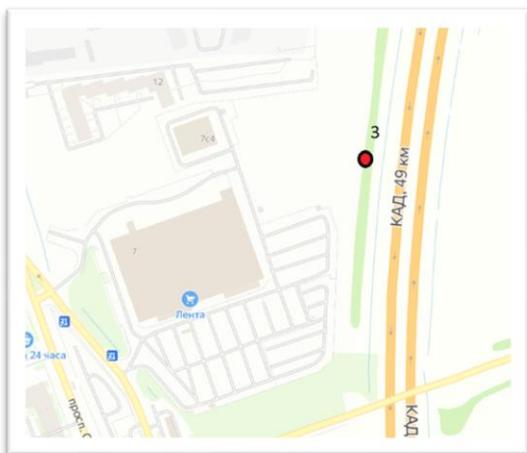


Рисунок 12 – Третий участок отбора проб (Кудрово, Гипермаркет Лента)

Третья точка расположена возле продуктового гипермаркета «Лента» (просп. Строителей, 7, Кудрово), расстояние до КАД 150 метров. Расстояние до жилых домов 350 метров.

3.2 Методы

Влияние автодороги на природно-территориальный комплекс проявляется в воздействии концентраций загрязняющих веществ, поступивших в природную среду при сгорании топлива, которые оседают на прилегающие территории автодорог и затем мигрируют по почвенному профилю.

Отбор проб проводят для контроля загрязнения почв и оценки качественного состояния почв естественного и нарушенного сложения.

Точечные пробы отбирают методом конверта, т.е. на территории пробоотборной площадки обозначается квадрат со стороной 3-5 м (в углах квадрата и посередине отбирается поверхностный слой почвы).

Перед отбором в каждой точке необходимо провести подготовку: снять дерн, очистить место отбора от листвы, мелких камней, корней трав, насекомых.

Глубина отбора пробы составляет 0,0 — 0,2 м. Отбор можно производить лопатами, совками и другими аналогичными устройствами.

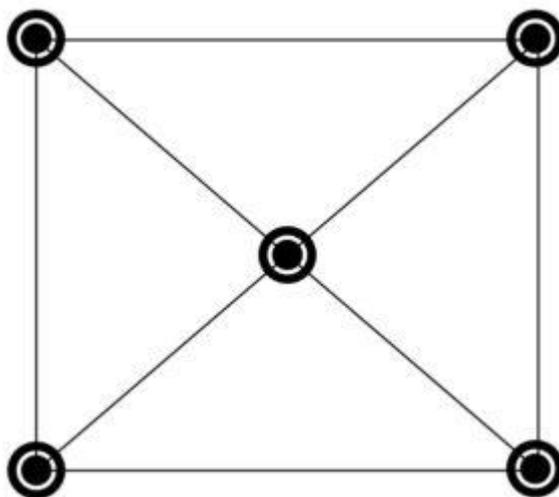


Рисунок 13 – Схема метода «Конверта»

Объединенную пробу составляют путем смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке. Для химического анализа объединенную пробу составляют не менее чем из пяти точечных проб, взятых с одной пробной площадки. Масса объединенной пробы должна быть не менее 1 кг. Для контроля загрязнения поверхностно распределяющимися веществами - нефть, нефтепродукты, тяжелые металлы и др. - точечные пробы отбирают послойно с глубины 0 - 5 и 5 - 20 см массой не более 200 г каждая. Пробы почвы для химического анализа высушивают до воздушно-сухого состояния по ГОСТ 5180 [10].

3.2.1. Тяжелые металлы в почвах

Анализ почвенных образцов проводили на основе нормативного документа РД 52.18.191-2018.

Метод измерений основан на измерении резонансного поглощения излучения свободными атомами определяемого элемента при прохождении

света через атомный пар, образовавшийся в результате электротермической или пламенной атомизации раствора анализируемой пробы [28].

Уровень химического загрязнения почв находили путем сопоставления содержания валовых и подвижных форм тяжелых металлов в загрязненной почве с установленными предельно допустимыми и ориентировочно допустимыми концентрациями (ПДК и ОДК соответственно).

3.2.2. Содержание нефтепродуктов

Определение нефтепродуктов в почве основано на экстракции нефтепродуктов из почвы четыреххлористым углеводородом, очистки элюатов на окиси алюминия в хроматографической колонке и количественном определении нефтепродуктов по интенсивности поглощения в ИК-области спектра. Для определения валового содержания нефтепродуктов в пробах почв использовался стандартный метод ИК-спектроскопии при помощи ИК-Фурье спектрометра IRAffinity-1 фирмы Shimadzu.

Для оценки содержания нефти и нефтепродуктов в почве принята классификация показателей уровней загрязнения:

- менее 1000 мг/кг – допустимый;
- 1000–2000 мг/кг – низкий;
- 2000–3000 мг/кг – средний;
- 3000–5000 мг/кг – высокий;
- более 5000 – очень высокий.

3.2.3 Суммарный показатель загрязнения прилегающих участков к КАД тяжелыми металлами

Определение степени химического загрязнения почв в качестве индикатора негативного воздействия на здоровье людей осуществляется на основе показателей, разработанных в ходе совместных геохимических и геогигиенических исследований окружающей среды городов с активными источниками загрязнения. Такими показателями являются: коэффициент концентрации химического вещества (K_c). K_c определяется отношением фактического содержания определяемого вещества в почве (C_i) в мг/кг почвы к региональному фоновому ($C_{\phi i}$) [28]:

$$K_c = \frac{C_i}{C_{\phi i}};$$

и суммарный показатель загрязнения (Z_c). Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентраций химических элементов-загрязнителей и выражен формулой:

$$Z_c = (K_{c_1+\dots} + K_{c_n}) - (n - 1),$$

Где n - число определяемых суммируемых веществ; K_{c_i} - коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения.

Исследование распределения геохимических характеристик, полученных в результате изучения почв с использованием постоянной сети, позволяет выявить пространственную организацию загрязнения жилых районов и воздушного бассейна, что способствует выявлению зон риска для здоровья населения [28].

Оценка степени опасности загрязнения почв комплексом металлов по показателю Z_c , отражающему дифференциацию загрязнения воздушного бассейна городов как металлами, так и другими наиболее распространенными ингредиентами (пыль, окись углерода, окислы азота, сернистый ангидрид), проводится по оценочной шкале, приведенной в таблице 3.1.

Таблица 5 - Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения

Категория загрязнения почв	Величина Zc	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16-32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32-128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой систем
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикозов беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных)

Таблица 6 - Региональные нормативы фонового содержания тяжелых металлов в почвах ЛО, мг/кг

№ зоны	Фоновые значения исследуемых показателей, мг/кг											
	НП	БП	As	Zn	Pb	Cd	Ni	Co	Mn	Cu	Cr	Hg
I	175	0,035	2,51	35,0	16,2	0,15	13,7	3,10	116,2	17,6	11,7	0,06

3.3 Оценка уровня загрязненности атмосферного воздуха

Значительное количество топлива сжигается автомобильным транспортом. В выбросах карбюраторных и дизельных двигателей

содержится окись углерода, углеводороды, окись азота, сажа и другие токсичные вещества [27].

При работе двигателей, использующих бензин, выбрасываются также свинец, хлор, бром, иногда фосфор.

Газоанализаторы предназначены для измерения объемной доли кислорода (O₂), диоксида углерода (CO₂), пропана (C₃H₈), гексана (C₆H₁₄), массовых концентраций оксида углерода (CO), оксида азота (NO), диоксида азота (NO₂), озона (O₃), диоксида серы (SO₂), сероводорода (H₂S), хлора (Cl₂), аммиака (NH₂) в воздухе.



Рисунок 14 – Газоанализатор ЭЛАН плюс

Для оценки степени загрязнения атмосферы рассчитывается комплексный индекс загрязнения по формуле:

$$I_n = n * \left(q_{ср}^i / ПДК_{с.с.i} \right) C_i$$

где $q_{ср}^i$ — среднегодовая концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/м³;

ПДК_{с.с.i} — его среднесуточная предельно допустимая концентрация, мкг/м³;

C_i — безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень вредности i -ого загрязняющего вещества к степени вредности диоксида серы. Значения C_i равны 1,5; 1,3; 1,0 и 0,85 соответственно для 1, 2, 3 и 4 классов опасности загрязняющего вещества [27].

Затем по таблице 3.3 определяется уровень загрязнения атмосферы по комплексному индексу.

Таблица 7 - Уровень загрязнения атмосферы по комплексному индексу (КИЗА)

Показатель состояния	Уровень загрязнения атмосферы			
	Низкий (Н)	Повышенный (П)	Высокий (В)	Очень высокий (ОВ)
КИЗА	<5	5-7	7-14	>14

На территории Санкт-Петербурга ФГБУ «Северо-Западное УГМС» (государственная сеть наблюдений) проводит систематические наблюдения за состоянием загрязнённости атмосферного воздуха на стационарных постах (ПНЗ), расположенных в разных районах города. На постах отбираются пробы воздуха на содержание в нем взвешенных веществ, диоксида серы, оксида углерода, диоксида азота, оксида азота.

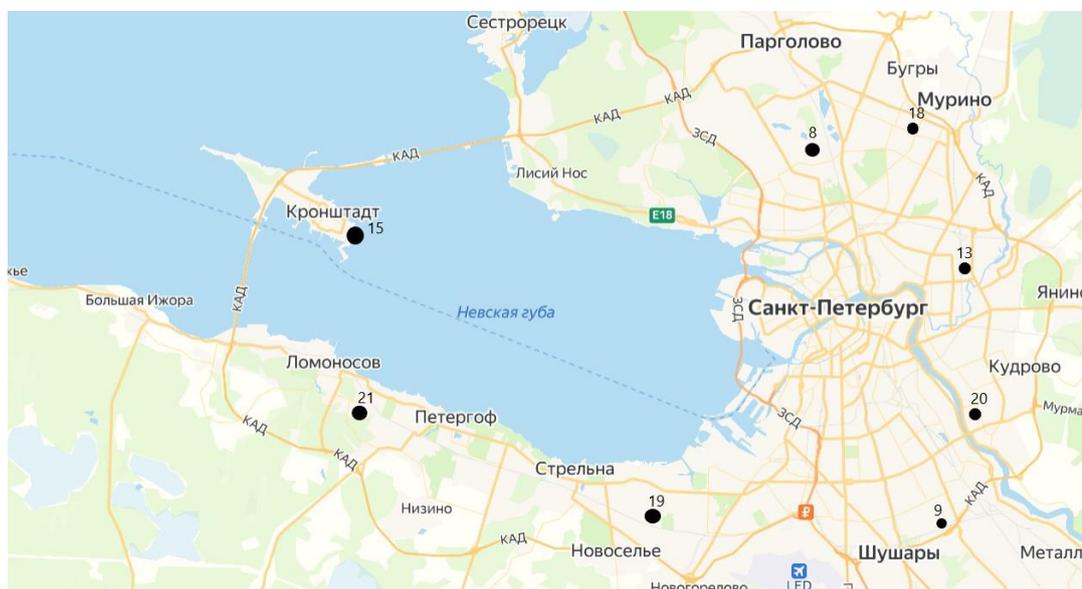


Рисунок 15 – Расположение автоматических станций мониторинга загрязнения атмосферного воздуха

На рисунке 3.6 представлены автоматические станции мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, расположенные вдоль кольцевой автодороги. По данным ФГБУ «Северо-Западное УГМС», полученным с отмеченных автоматических станций, рассчитан комплексный индекс загрязнения атмосфера за период 2021-2023 гг. Результаты представлены в таблице 3.4.

Таблица 8 - Динамика содержания загрязняющих веществ в пробах атмосферного воздуха (среднегодовая)

Автоматическая станция	2021	2022	2023
	КИЗА		
Автоматическая станция № 9. Малая Балканская, 54. Фрунзенский р-н	14,00	13,83	10,64
Автоматическая станция № 20. Ул. Тельмана, 24. Кудрово	17,78	14,22	14,42
Автоматическая станция №13	14,38	15,64	15,50
Автоматическая станция №18.	8,40	9,89	10,95
Автоматическая станция №08	9,24	11,67	11,04
Автоматическая станция №15	5,29	6,39	7,37
Автоматическая станция №21	6,51	6,73	5,72
Автоматическая станция № 19	5,90	6,56	6,55

Можно оценить динамику содержания загрязняющих веществ в пробах атмосферного воздуха (среднегодовая). Значение КИЗА, рассчитанного по данным автоматической станции №9, расположенной вблизи станции Шушары, с каждым годом уменьшается. Такая же динамика прослеживается на автоматической станции №20.

Станции, расположенные на юго-востоке кольцевой автодороги, фиксируют высокий уровень загрязнения атмосферы по комплексному индексу загрязнения атмосферы.

Наиболее благоприятная ситуация наблюдается на западной части кольцевой автодороги Санкт-Петербурга.

Глава 4 Полученные результаты

4.1 Содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов в исследуемых почвогрунтах

Химический анализ почвенных образцов проводился в лаборатории. Были определены концентрации валовых и подвижных форм тяжелых металлов (Приложение А,Б,В). Затем выводились средние значения результатов по каждому показателю и расстоянию от автомагистрали из трех участков сбора и сопоставлялись с установленными ПДК. Статистическая обработка данных выполнена в стандартном пакете Excel.

4.1.1 Концентрация свинца

Весомый вклад в загрязнение почв придорожной полосы вносит свинец. Основным источником поступления свинца является износ тормозов и металлических сплавов в двигателе, а также износа шин. 20% общего количества свинца поступает в виде аэрозолей, остальные 80% в виде твердых частиц. В почве свинец накапливается на глубине фильтрации воды атмосферных осадков.

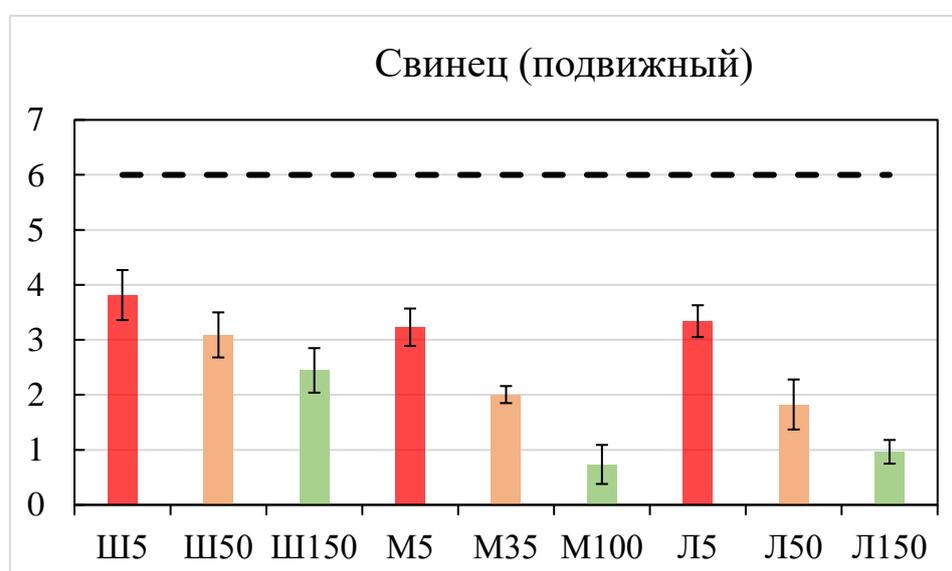
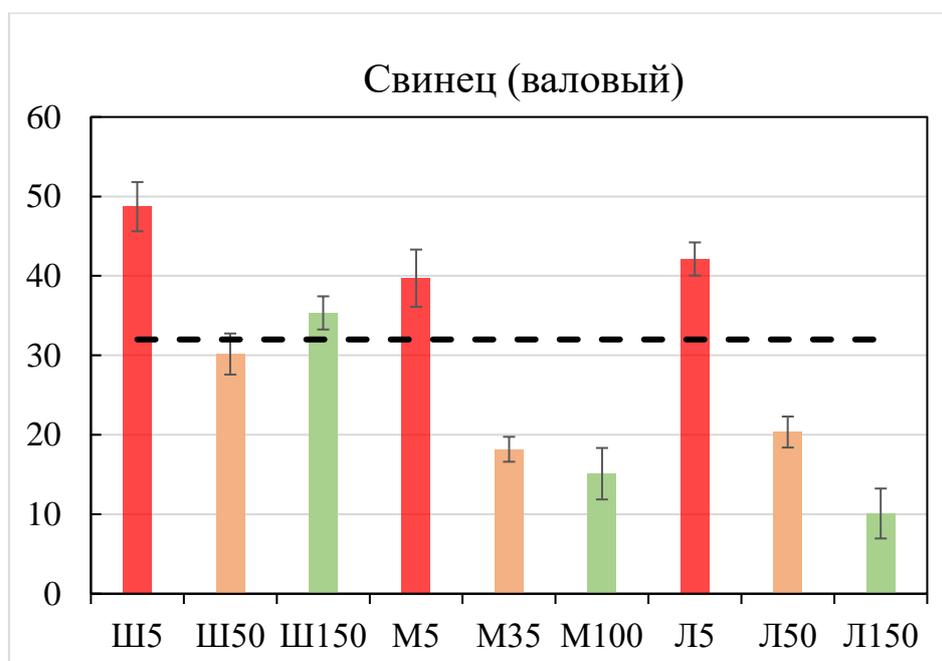


Рисунок 16,17 – Графики содержания свинца на исследуемых участках, где Ш - Шушары, М – Мега Дыбенко, Л - гипермаркета «Лента», 5, 50, 150 – расстояние от КАД до участка отбора (м)

На графиках представлены средние концентрации свинца валовой и подвижной формы на всех исследуемых участках. Анализируя данные графики, можно сделать вывод, что концентрации свинца на каждом участке уменьшаются в зависимости от удаления от автодороги.

Концентрации валовой формы свинца на расстоянии 5 метров от КАД превышают предельно допустимую концентрацию на всех участках.

Наибольшие значения концентраций свинца зафиксированы на первом участке (метро Шушары). На расстоянии 5 метров от автодороги концентрация свинца принимает наибольшее значение относительно более удаленных участков и составляет 48,72 мг/кг, что в 1,5 раза выше предельно допустимой концентрации. В 150 метрах от дороги также зафиксировано превышение ПДК. На расстоянии 50 метров от КАД разница между полученным значением и ПДК составляет 2 единицы и является максимальной сравнительно остальных участков (Мега-Дыбенко и Лента).

На двух остальных участках, в частности, участок около Мега Дыбенко и гипермаркет «Лента», на расстоянии 50 и 150 метров от трассы не зафиксированы превышения предельно допустимой концентрации.

Концентрации свинца подвижной формы также не превышают предельно допустимую концентрацию.

4.1.2 Концентрация кадмия

Основными источниками кадмия на автомобильных дорогах являются утечки моторного масла и износ шин.

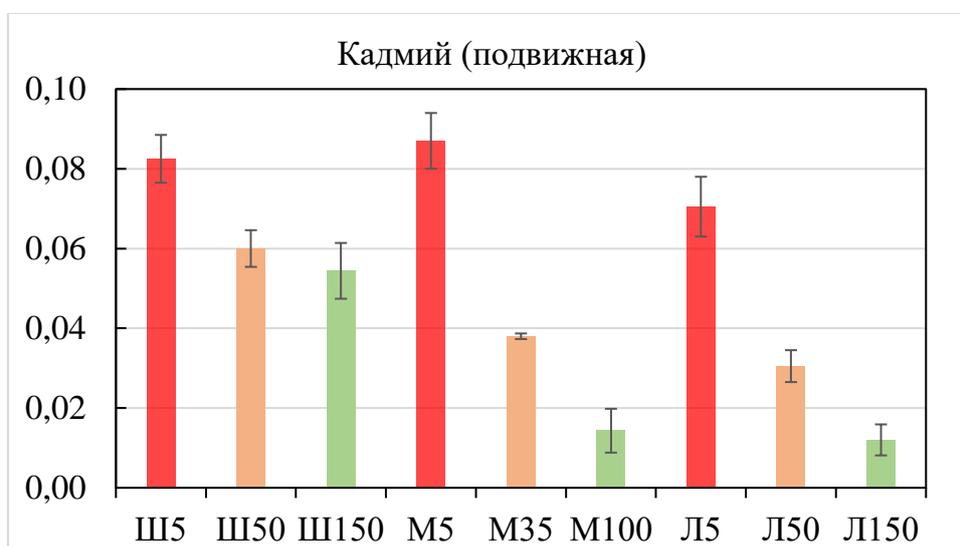
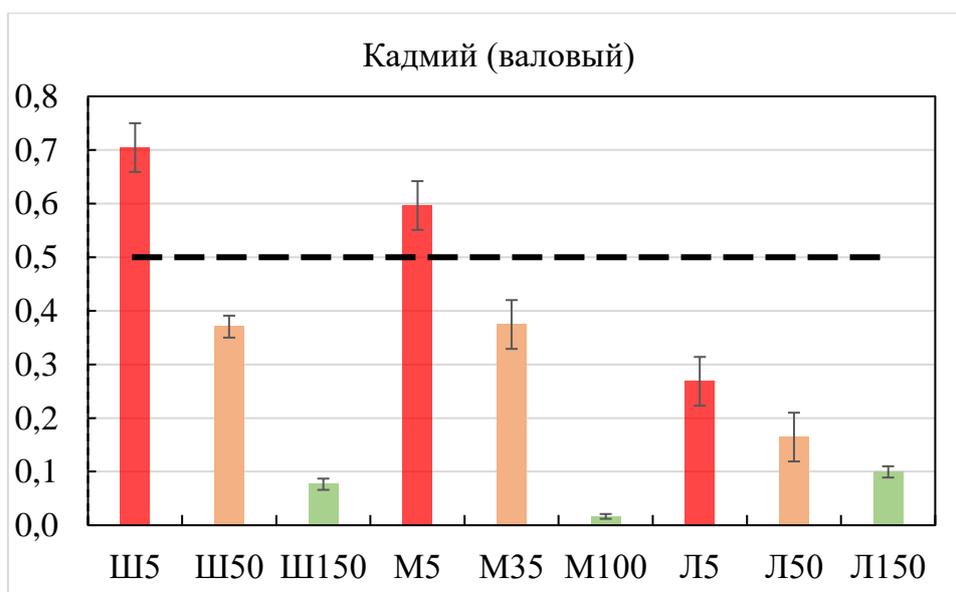


Рисунок 18,19 – Графики содержания кадмия на исследуемых участках, где Ш - Шушары, М – Мега Дыбенко, Л - гипермаркета «Лента», 5, 50, 150 – расстояние от КАД до участка отбора (м)

На данных графиках прослеживается та же динамика, что и с концентрациями свинца, а именно - уменьшение концентрации кадмия по мере удаления от автодороги.

Концентрации валовой формы кадмия на расстоянии 5 метров от КАД на участках, расположенный вблизи метро Шушары и Мега Дыбенко, превышают предельно допустимую концентрацию. Максимальное

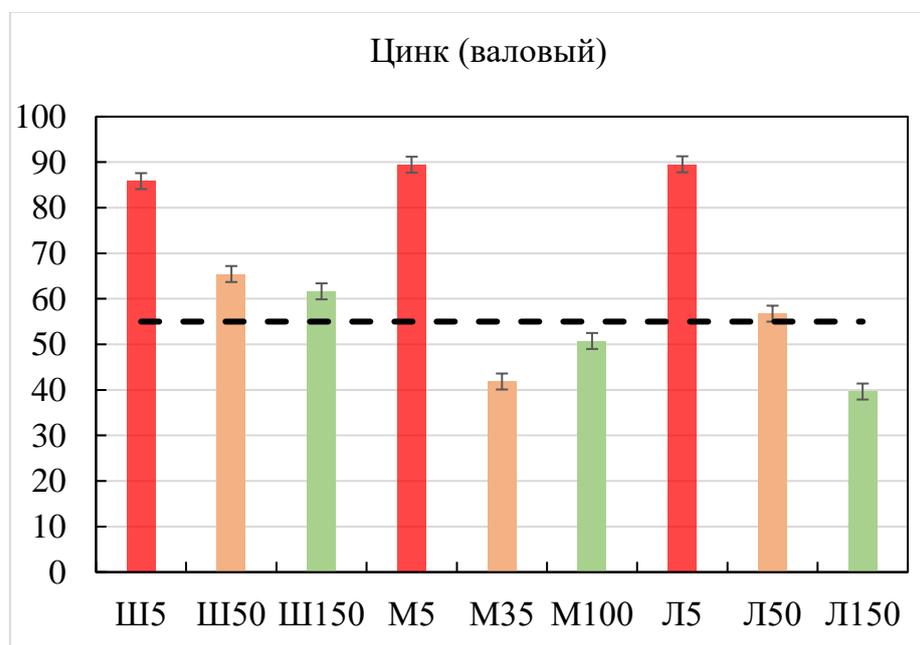
содержание валовой формы кадмия в почве наблюдалось на расстоянии 5 метров от дорожного полотна на первом участке и составляло 0,7 мг/кг, что в 1,4 раза выше ПДК.

Минимальное значение составляет 0,02 мг/кг и зафиксировано на втором участке, а именно Мега Дыбенко на расстоянии 150 метров.

На третьем участке не было зафиксировано превышения предельно допустимой концентрации. Такие данные свидетельствуют о редких заторах на автодороге, в результате чего сжигается меньше топлива.

4.1.3 Концентрация цинка

Цинк может поступать в результате износа и коррозии металлических изделий (тормоза, элементы двигателя, кузов автомобиля), а также истирания шин и сжигания топлива.



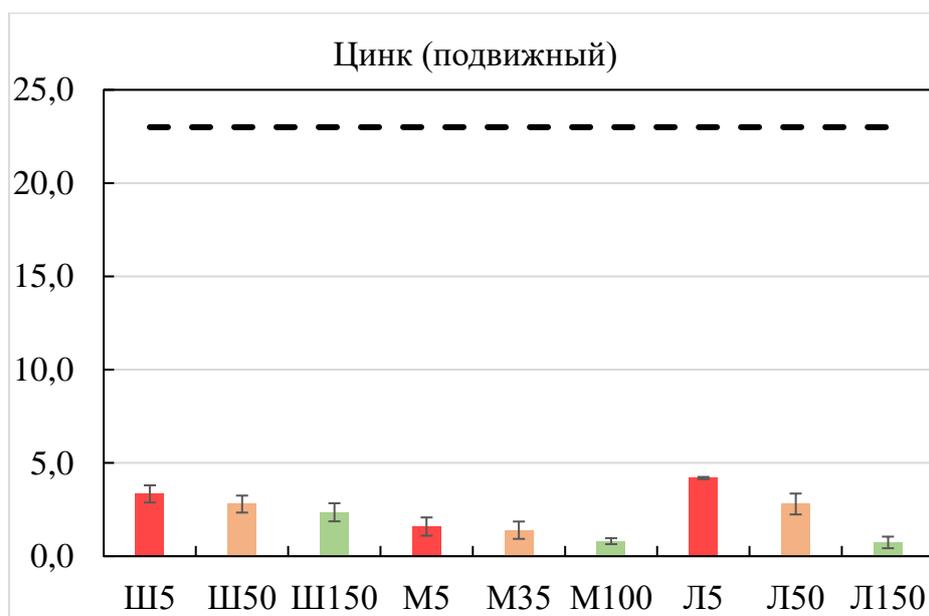


Рисунок 20,21 – Графики содержания цинка на исследуемых участках, где Ш - Шушары, М – Мега Дыбенко, Л - гипермаркета «Лента», 5, 50, 150 – расстояние от КАД до участка отбора (м)

Рассматривая концентрации валовой формы цинка на первом участке, можно отметить превышения ПДК на расстоянии 5, 50 и 150 метров от автодороги. Первый участок расположен вблизи транспортной развязки, соответственно, полученные данные свидетельствуют о частых пробках. Таким образом, автомобиль, находящийся в пробке, сбавляет скорость и снова набирает, что приводит к сжиганию большего количества топлива и большому количеству выбросов загрязняющих веществ.

На втором участке также отмечается превышение ПДК на расстоянии 5 метров от КАД. На участке концентрация кадмия вблизи дороги имеет максимальное значение, затем к середине значение уменьшается, и на последней точке снова увеличивается.

Третий участок характеризуется превышением ПДК на расстоянии 5 и 50 метров от дороги. Также концентрация кадмия принимает наибольшее значение и составляет 89,55 мкг/кг, тем самым превышая ПДК в 1,6 раз.

Минимальная концентрация цинка установлена на втором участке и составляет 39,65 мг/кг.

Концентрации подвижной формы кадмия не превышают предельно допустимую концентрацию.

4.1.4 Концентрация меди

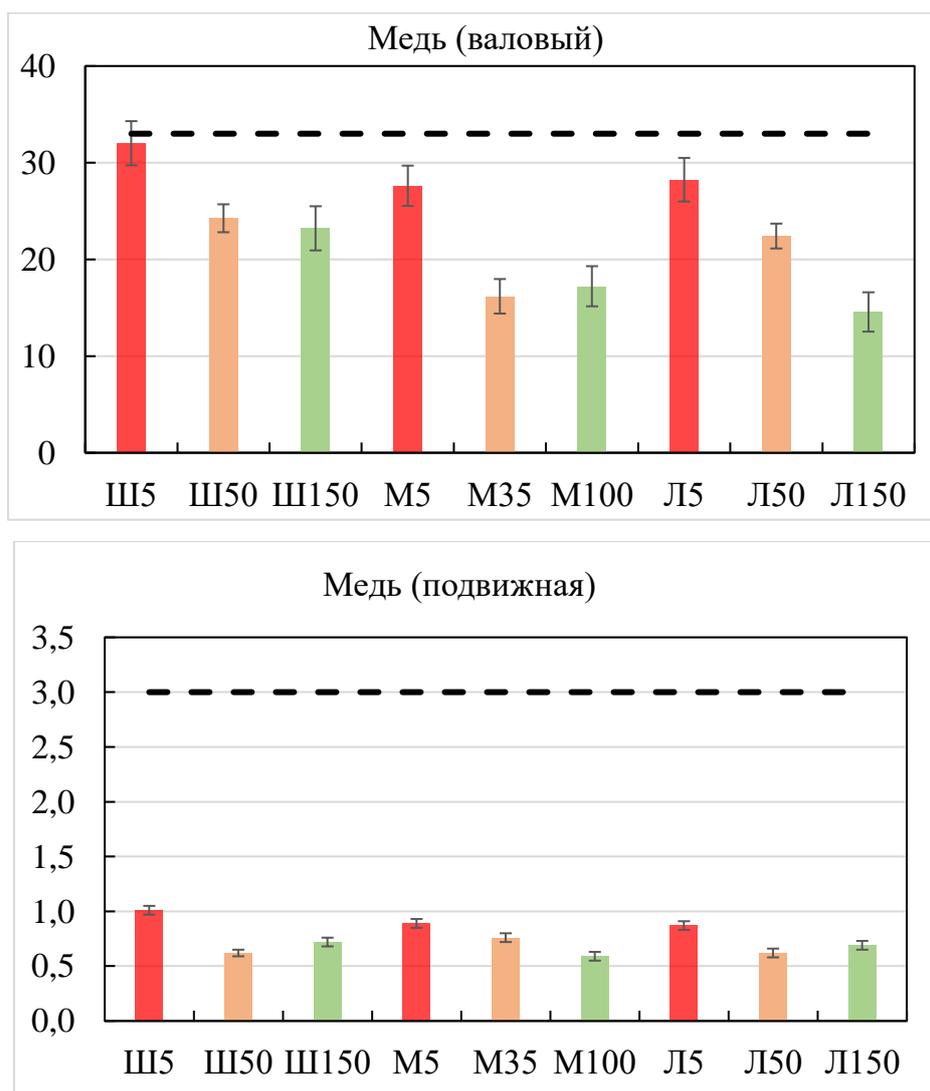


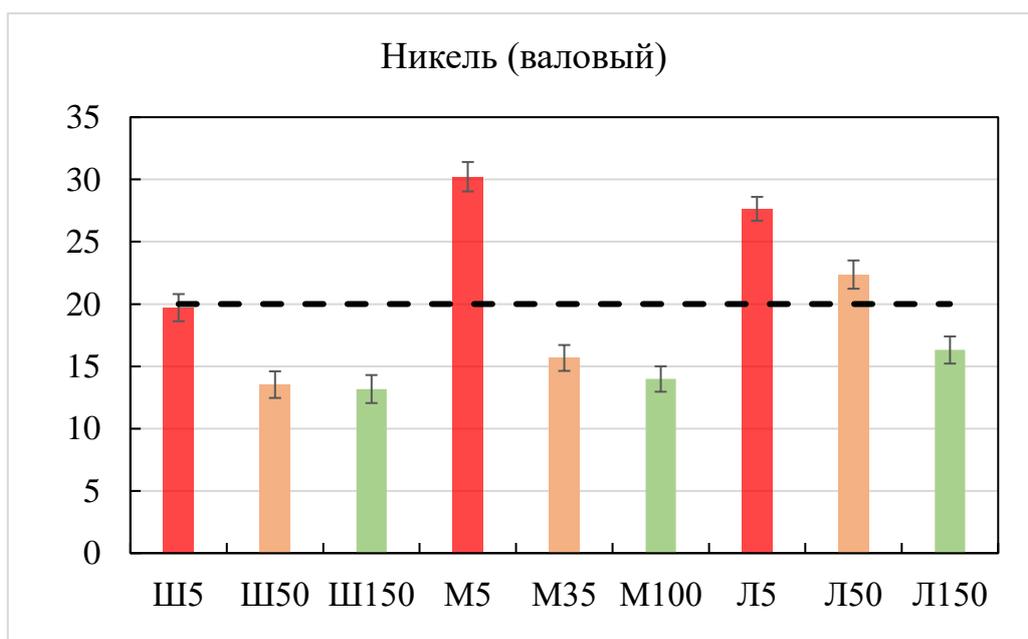
Рисунок 22,23 – Графики содержания меди на исследуемых участках, где Ш - Шушары, М – Мега Дыбенко, Л - гипермаркета «Лента», 5, 50, 150 – расстояние от КАД до участка отбора (м)

Концентрации валовой формы меди на всех исследуемых участках на расстоянии 5,50 и 150 метров от КАД не превышали предельно допустимую концентрацию. По мере удаления от автомагистрали содержание валовой формы меди в почве значительно снижается.

Максимальная концентрация зафиксирована на расстоянии 5 метров от автодороги на участке, расположенном вблизи метро Шушары, и составила 32,02 мг/кг. Минимальное значение было установлено на расстоянии 150 метров от дороги на 3 участке – 14,57 мг/кг.

Концентрации подвижной формы меди не превышают предельно допустимую концентрацию.

4.1.5 Концентрация никеля



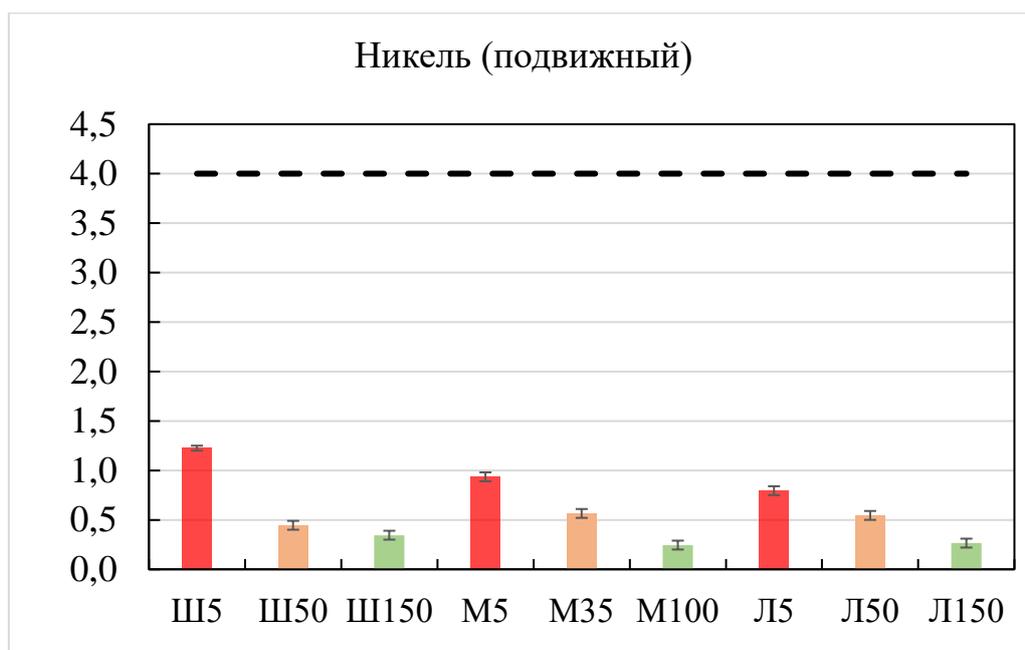


Рисунок 24,25 – Графики содержание никеля на исследуемых участках, где Ш - Шушары, М – Мега Дыбенко, Л - гипермаркета «Лента», 5, 50, 150 – расстояние от КАД до участка отбора (м)

Концентрации валовой формы никеля уменьшаются по мере удаления от автодороги.

Концентрация никеля на первом участке не превышает ПДК. Однако на расстоянии 5 метров значение никеля находится на границе со значением ПДК.

Второй участок характеризуется превышение предельно допустимой концентрации на расстоянии 5 метров от КАД. Концентрация никеля на данном участке принимает наибольшее значение относительно других участков и составляет 30,22 мг/кг, превышая ПДК в 1,5 раза.

На третьем участке было зафиксировано превышение ПДК на расстоянии 5 и 50 метров от КАД. На данном участке в 50 метрах расположен гипермаркет «Лента», в вечернее время и в выходные дни здесь большое скопление людей, которое подвергается негативному воздействию.

Минимальное значение никеля было установлено на расстоянии 150 метров от дороги на первом участке – 13,18 мг/кг.

Концентрации подвижной формы меди не превышают предельно допустимую концентрацию.

4.1.6 Концентрация кобальта

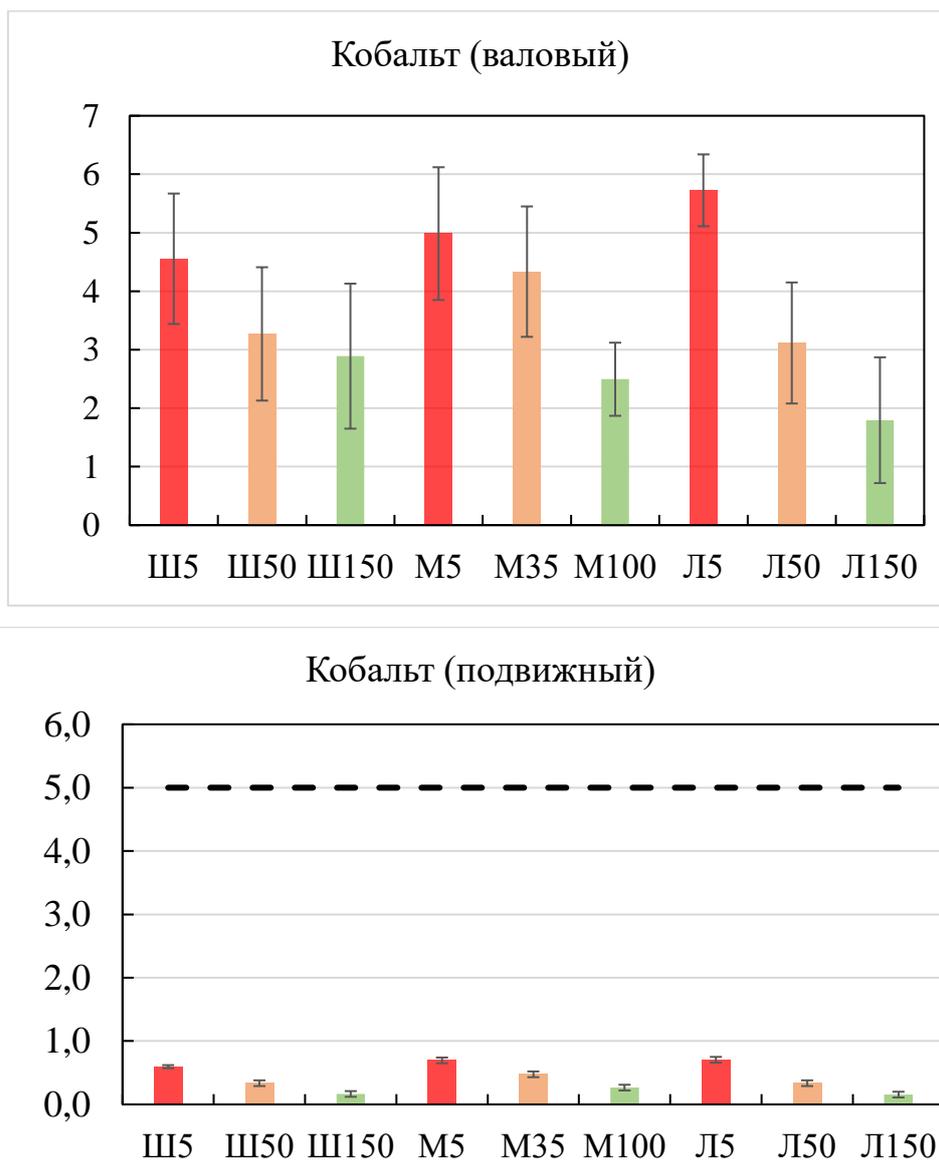


Рисунок 26,27 – Графики содержания кобальта на исследуемых участках, где Ш - Шушары, М – Мега Дыбенко, Л - гипермаркета «Лента», 5, 50, 150 – расстояние от КАД до участка отбора (м)

Превышения концентраций кобальта на всех исследуемых участках не зафиксированы.

4.1.7 Концентрация нефтепродуктов

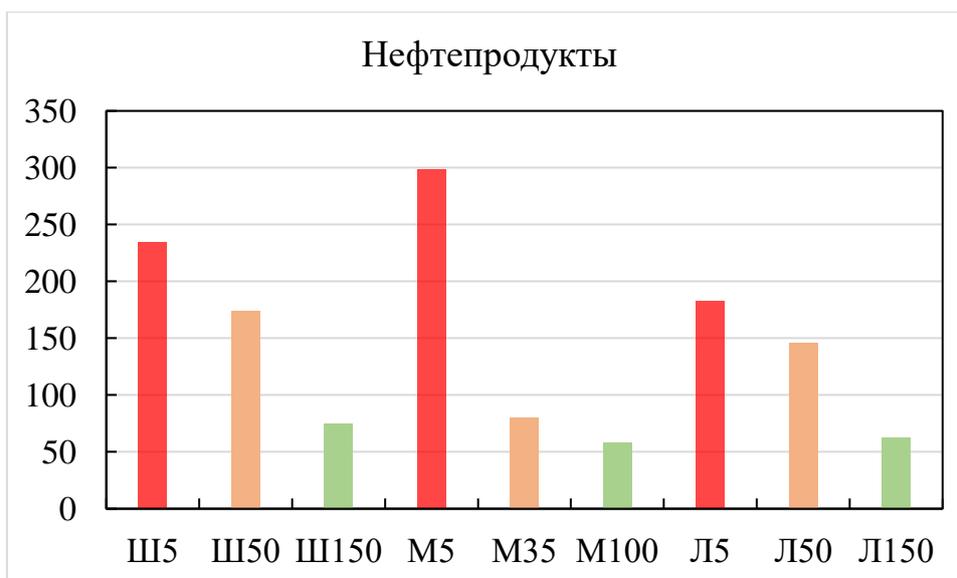


Рисунок 28 – График содержания нефтепродуктов на исследуемых участках, где Ш - Шушары, М – Мега Дыбенко, Л - гипермаркета «Лента», 5, 50, 150 – расстояние от КАД до участка отбора (м)

Предельно допустимая концентрация нефтепродуктов в почвах не установлена.

Наибольшая концентрация зафиксирована на втором участке на расстоянии 5 метров от автодороги и составляет 298 мг/кг. Минимальное значение также отмечается на втором участке и составляет 58 мг/кг.

4.1.8 Суммарный показатель загрязнения почвенного покрова

В таблице 9 представлены результаты расчетов коэффициентов концентрации и суммарного показателя загрязнения почвы.

Таблица 9 - Коэффициент концентрации химического вещества и суммарный показатель загрязнения

Участок	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Co	Zc
	Kc						
Ш5	3,01	4,70	2,45	1,82	1,44	1,47	9,88
Ш50	1,86	2,47	1,87	1,38	0,99	1,05	4,62
Ш150	2,18	0,51	1,76	1,32	0,96	0,93	2,67
М5	2,45	3,98	2,56	1,57	2,21	1,61	9,37
М50	1,12	2,50	1,20	0,92	1,14	1,40	3,28
М150	0,93	0,11	1,45	0,98	1,02	0,80	0,30
Л5	2,60	1,79	2,56	1,60	2,02	1,85	7,42
Л50	1,26	1,10	1,62	1,27	1,63	1,00	2,89
Л150	0,62	0,66	1,13	0,83	1,19	0,58	0,02

Результаты расчетов Kc показали, что почва на первом участке на расстоянии 5 метров слабо загрязнена такими тяжелыми металлами как цинк, медь, никель и кобальт. Загрязнение свинцом и кадмием оценивается как сильное. На расстоянии 50 и 150 метров значения Kc не превышают значений категории «слабое загрязнение».

На втором участке наибольшие значения Kc зафиксированы на расстоянии 5 метров от КАД. Категория загрязнения варьировалась от слабой до сильной. На расстоянии 50 и 150 метров отмечается слабое загрязнение тяжелыми металлами.

На третьем участке по показателю Kc отсутствует загрязнение на расстоянии 150 метров от дороги. На расстоянии 50 метров отсутствует загрязнение такими металлами как свинец, кадмий, медь и кобальт.

По суммарному показателю загрязнения почвенный покров на всех участках относится к допустимой категории загрязнения. Наибольшие концентрации выявлены на расстоянии 5 метров от дорожного полотна. Это

объясняется тем, что большая часть тяжелых металлов, содержащихся в выбросах автотранспорта, оседает в пределах 5-10 метров от дороги. Во время дождей, таяния снега ТМ смываются в ближайшие придорожные зоны.

4.2 Комплексный индекс загрязнения атмосферы

Автоматическая станция мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, расположенная вблизи станции метро Шушары, фиксировала высокие концентрации примесей. На основе этих данных среднесуточный мониторинг проводился на первом участке (станция метро Шушары).

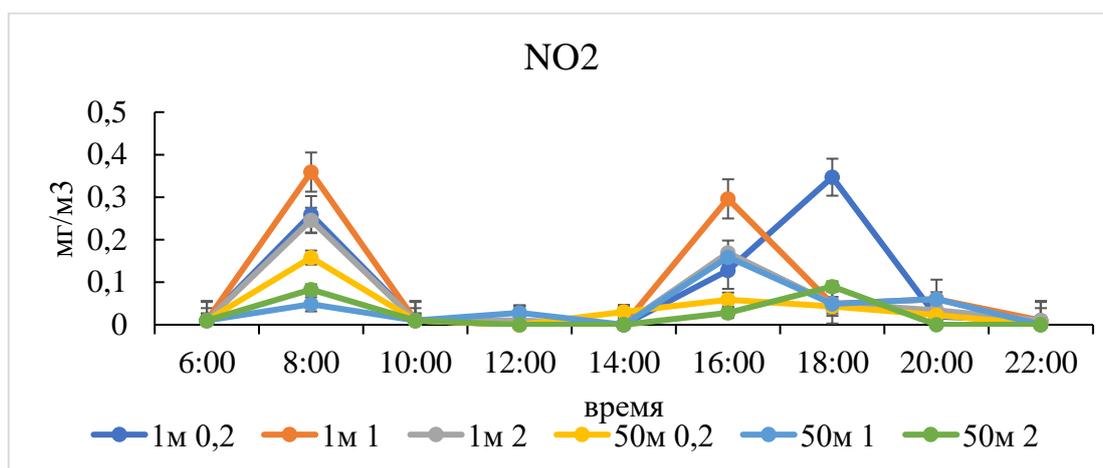


Рисунок 29 – Среднесуточные концентрации NO₂

По графику можно оценить зависимость концентраций NO₂ от времени суток. Так, трафик в городе достигает своего пика утром с 8:00 до 9:00 и вечером примерно с 16:00 до 19:30. Максимальные концентрации зафиксированы на расстоянии 1 и 50 метров от дороги на высоте 1 метра.

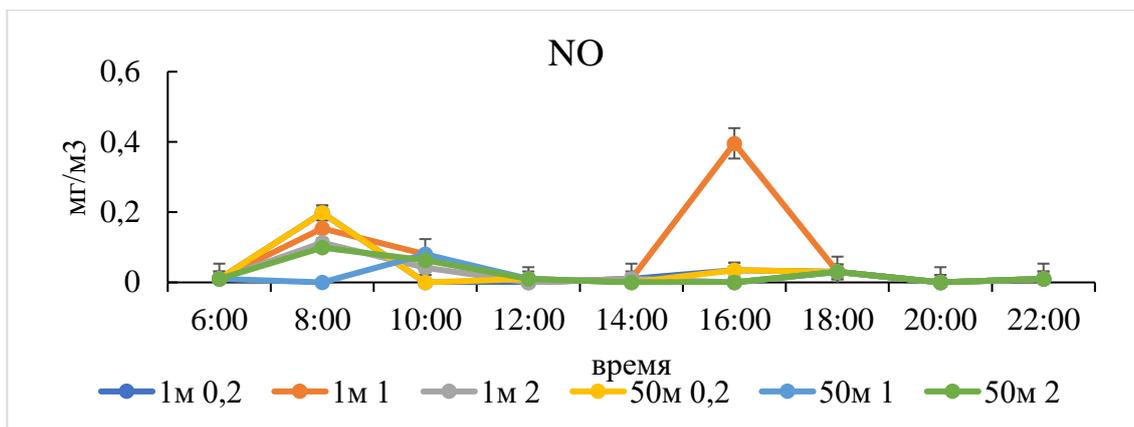


Рисунок 30 – Среднесуточные концентрации NO

Концентрации NO также увеличиваются в часы пик. Утром с 8:00 до 9:00 наибольшие концентрации зафиксированы на расстоянии 50 метров на уровне поверхности. В вечернее время максимальные концентрации зафиксированы в 16:00 на расстоянии 1 метра от автодороги.

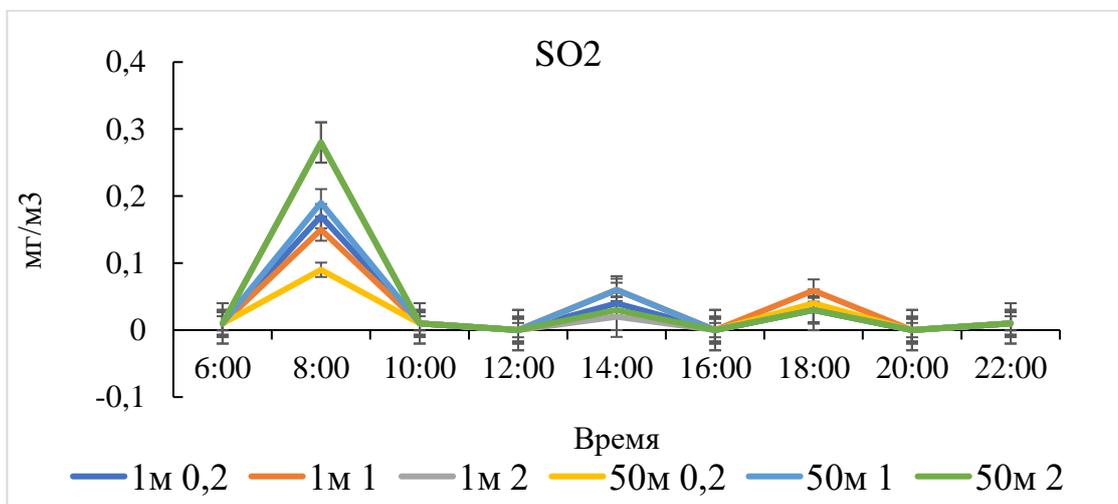


Рисунок 31 – Среднесуточные концентрации SO2

Наибольшие концентрации SO2 зафиксированы в утренние часы с 8:00 до 9:00. Максимальная концентрация оксида серы составляет 0,28 мг/м³ на расстоянии 50 метров от КАД на высоте 2 метров.

Данные, полученные в промежуток времени с 13:00 до 15:00 и с 17:00 до 19:00, варьируются в диапазоне от 0,03 до 0,06 мг/м³.

На протяжении пяти месяцев (май-сентябрь) еженедельно производился отбор проб атмосферного воздуха в период с 10:00 до 12:00. Среднемесячные концентрации представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Среднемесячные концентрации примесей

Участок	Загрязняющие вещества			
	NO	NO ₂	SO ₂	CO
Ш5	0,003	0,047	0,000	2,900
Ш50	0,009	0,000	0,003	2,380
Ш150	0,012	0,000	0,008	2,290
М5	0,022	0,012	0,002	2,860
М50	0,004	0,003	0,001	2,430
М150	0,000	0,000	0,001	2,180
Л5	0,029	0,003	0,024	2,500
Л50	0,029	0,003	0,002	2,360
Л150	0,000	0,000	0,000	2,210

Где Ш - Шушары, М – Мега Дыбенко, Л - гипермаркета «Лента», 5, 50, 150 – расстояние от КАД до участка отбора (м).

На основе полученных данных был рассчитан комплексный индекс загрязнения атмосферы. Полученные данные представлены в таблице.

Таблица 11 – Комплексный индекс загрязнения атмосфера

Участок	Ш5	Ш50	Ш150	М5	М50	М150	Л5	Л50	Л150
КИЗА	9,86	4,56	4,89	7,17	5,17	3,88	6,76	4,63	3,91
	В	Н	Н	В	П	Н	П	Н	Н

Где В - высокий уровень загрязнения, П - повышенный, Н – низкий.

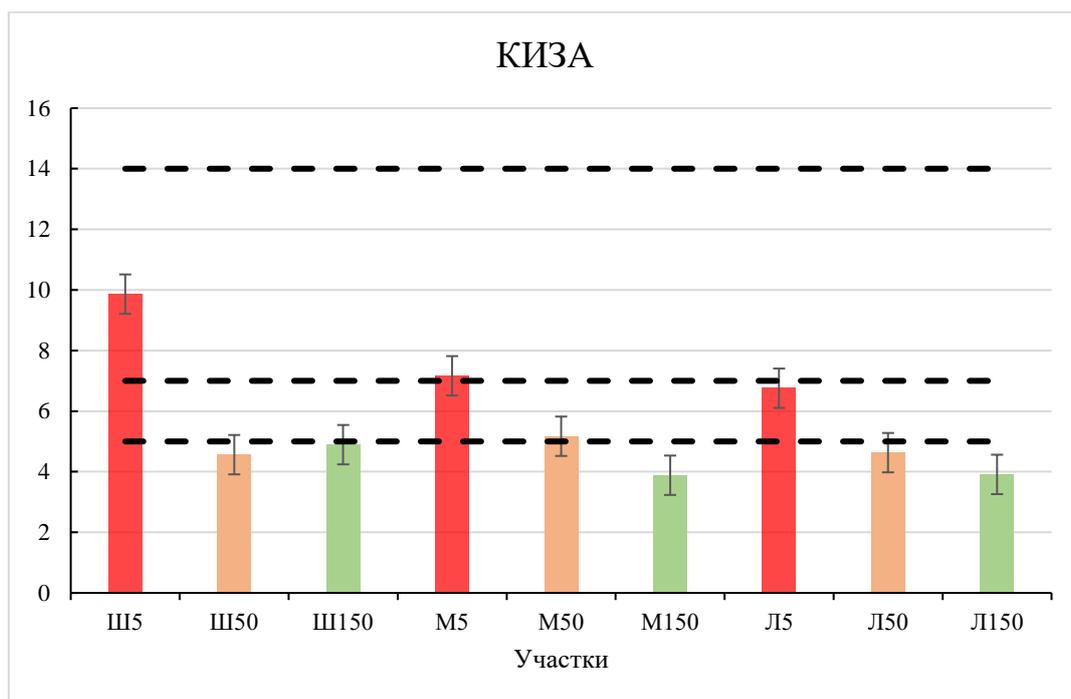


Рисунок 32 – Комплексный индекс загрязнения атмосферы, где Ш - Шушары, М – Мега Дыбенко, Л - гипермаркета «Лента», 5, 50, 150 – расстояние от КАД до участка отбора (м).

Таким образом, наиболее близкие к кольцевой автодороге участки по комплексному индексу загрязнения атмосферы имеют высокий уровень загрязнения. По мере удаления от дорожного полотна уровень загрязнения от повышенного переходит к низкому.

На расстоянии 150 метров от автодороги на всех участках уровень загрязнения оценивается как низкий.

При выхлопе автотранспорта вредные вещества сначала попадают в воздух непосредственно у дороги и затем рассеиваются в окружающей атмосфере. На расстоянии около 5 метров от дороги концентрация выбросов наивысшая из-за более плотного и сконцентрированного облака загрязнений.

Практические рекомендации по уменьшению негативного воздействия КАД

Кольцевая автодорога Санкт-Петербурга является одной из самых загруженных транспортных магистралей в России, которая оказывает негативное воздействие на экологическое состояние окружающей среды прилегающей территории. Основными факторами загрязнения почвы придорожной полосы являются выхлопные газы автомобилей, содержащие тяжелые металлы, азотные оксиды, углеводороды и другие вредные вещества, а также дорожная пыль, образующаяся в результате износа шин, тормозных колодок и асфальтового покрытия [7].

Для уменьшения загрязнения почвы придорожной полосы транспортной магистрали можно предложить следующие меры:

Совершенствование технического состояния автомобилей и контроль за соблюдением нормативов выбросов вредных веществ в атмосферу.

Разработка и внедрение альтернативных видов транспорта, использующих экологически чистые источники энергии, такие как электричество, водород, солнечная энергия и т.д.

Применение современных материалов и технологий для дорожного строительства и ремонта, обеспечивающих повышение долговечности и устойчивости асфальтового покрытия к износу и эрозии.

Осуществление регулярной уборки и очистки дорожной полосы от пыли и мусора с использованием специализированной техники и оборудования.

Создание и поддержание зеленых насаждений вдоль дороги, выполняющих функции защиты, очистки и украшения придорожной полосы. Выбор растений должен учитывать их устойчивость к загрязнению, засухе, морозу, а также их декоративность и биологическое разнообразие.

Улучшение контроля за соблюдением экологических требований при эксплуатации автотранспорта

Заключение

В работе была проведена оценка экологического состояния окружающей среды вдоль Кольцевой автомобильной дороги (КАД) Санкт-Петербурга. Проведен анализ наиболее чувствительной части экосферы на антропогенное воздействие, а именно – почвенного покрова, прилегающего к КАД. Изучено содержание тяжелых металлов, рассчитан суммарный показатель загрязнения территории (Z_c).

По полученным данным были построены графики с средними концентрациями тяжелых металлов валовой и подвижной формы на всех исследуемых участках. Были зафиксированы превышения предельно допустимых концентраций валовой формы свинца, кадмия никеля и цинка на расстоянии 5 метров от кольцевой автодороги на всех исследуемых участках.

Концентрации подвижной форм тяжелых металлов не превышают предельно допустимую концентрацию.

Для оценки экологического состояния почвенного покрова были рассчитаны коэффициенты концентрации (K_c) и суммарный показатель загрязнения (Z_c).

Результаты расчетов K_c показали, что почва на первом участке на расстоянии 5 метров слабо загрязнена тяжелыми металлами такими как цинк, медь, никель и кобальт. Загрязнение свинцом и кадмием оценивается как сильное. На расстоянии 50 и 150 метров значения K_c не превышают значений категории «слабое загрязнение».

На втором участке наибольшие значения K_c зафиксированы на расстоянии 5 метров от КАД. Категория загрязнения варьировалась от слабой до сильной. На расстоянии 50 и 150 метров отмечается слабое загрязнение тяжелыми металлами.

На третьем участке по показателю K_c отсутствует загрязнение на расстоянии 150 метров от дороги. На расстоянии 50 метров отсутствует загрязнение такими металлами как свинец, кадмий, медь и кобальт.

По суммарному показателю загрязнения почвенный покров на всех участках относится к допустимой категории загрязнения.

Наибольшие концентрации выявлены на расстоянии 5 метров от дорожного полотна. Это объясняется тем, что большая часть тяжелых металлов, содержащихся в выбросах автотранспорта, оседает в пределах 5-10 метров от дороги.

Затем были определены концентрации примесей атмосферы на исследуемых участках. Среднесуточный мониторинг установил зависимость концентраций от времени суток. Так, трафик в городе достигает своего пика утром с 8:00 до 9:00 и вечером примерно с 16:00 до 19:30. В эти часы были зафиксированы максимальные концентрации примесей.

На протяжении пяти месяцев (май-сентябрь) еженедельно производился отбор проб атмосферного воздуха в период с 10:00 до 12:00. На основе полученных данных был рассчитан комплексный индекс загрязнения атмосферы. Наиболее близкие к кольцевой автодороге участки по комплексному индексу загрязнения атмосферы имеют высокий уровень загрязнения. По мере удаления от дорожного полотна уровень загрязнения от повышенного переходит к низкому.

Подводя итоги, можно сказать, что придорожная зона кольцевой автодороги Санкт-Петербурга испытывает высокую антропогенную нагрузку. Наибольшие концентрации загрязняющих веществ выявлены на расстоянии 5 метров от автодороги. Это объясняется тем, что большая часть токсикантов, поступающих с выбросами автотранспорта, оседает в пределах 5-10 метров от дороги.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Абдурахманова Э.Г. Влияние выхлопных газов на организм человека // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015.
- 2) Актуальные вопросы оценки загрязнения почвенного покрова вблизи автомагистралей [Электронный ресурс]. URL: <https://pandia.ru/text/77/122/516.php?ysclid=lj4sj540xq794022464>
- 3) Апарин Б. Ф. Почвы и почвенный покров зоны восточного полукольца кольцевой автодороги (КАД) вокруг Санкт-Петербурга / Апарин Б. Ф., Русаков А. В. // Biological Communications. №2.
- 4) Батракова Г.М. Оценка уровня загрязнения атмосферы на улицах с низкими скоростями движения автотранспорта / Г. М. Батракова, С. В. Максимова // Экология урбанизированных территорий. 2019.
- 5) Бейсеев, А. О. Оценка загрязнения почв тяжелыми металлами в зависимости от удаленности автодорог / А. О. Бейсеев, Айбек Нурланулы Бидайык. // Молодой ученый. — 2020.
- 6) Бодяковская Е. А. Загрязнение почвы придорожной полосы транспортной магистрали / Бодяковская Е. А., Малюк О. А. // Весник МДПУ им. Шемякина 2020.
- 7) Быкадорова О. А. Анализ загрязнения почв придорожных участков от выбросов автотранспорта / Быкадорова О. А., Шеметов А. И., Волошенкова Г.С. // Новая наука: проблемы и перспективы: Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. Научное (непериодическое) электронное издание, Молдавия, 2016 года
- 8) Вострикова М.А. Характеристика основных выбросов автотранспорта и их влияние на растения / Вострикова М.А., Шкода В.В // Инновационная наука. 2015.

9) Горбунов Т.Э. Особенности размещения и функционирования автозаправочных станций на автомобильных дорогах / Горбунов Т.Э. // Форум молодых ученых. 2019

10) ГОСТ 17.4.4.02-2017 "Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа".

11) Джумаев Б.В. Влияние автомобильного транспорта на среду обитания человека и его здоровье / Б.В. Джумаев // Организация территории: статика, динамика, управление: материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции. - Уфа: Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, 2022.

12) Загрязнение почв придорожных участков тяжелыми металлами [Электронный ресурс]. URL: https://studbooks.net/1255454/ekologiya/zagryaznenie_pochv_pridorozhnyh_uchastkov_tyazhelymi_metallami?ysclid=lj5qlcttfi639663737

13) Звягинцева, А. В. Мониторинг влияния автотранспорта на загрязнение окружающей среды в мегаполисе и природоохранные решения / А. В. Звягинцева, Д. Ю. Соломкин, Ю. К. Рубцова // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2018.

14) КАД — Кольцевая автодорога Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. URL: https://www.spb-guide.ru/page_19019.htm

15) Колышкина Д.В. Негативное воздействие автомобильного транспорта на экологию/ Колышкина Д.В., Айыдов Д.Н., Кущенко Л.Е // Инновационная наука. 2019.

16) Ловинецкая С. Б. Анализ факторов, влияющих на загрязнение нефтепродуктами почв придорожных территорий / Ловинецкая С. Б. Синдирева А. В. Еремеева В.Г. // 2018

- 17) Ложкин В. Н. Экспериментально-аналитическое исследование загрязнения атмосферы вблизи КАД Санкт-Петербурга / Ложкин В. Н., Лукьянов С. В. // 2017
- 18) Ложкина О. В. Совершенствование методов контроля воздействия автотранспорта на качество среды обитания / Ложкина О. В. Мешалкина М.Н. // ТТПС. 2022. №1
- 19) Маврин Г. В. Исследование влияния автотранспорта на состояние растительности придорожной полосы / Маврин Г. В., Сиппель И. Я., Мансурова А. И. // МНИЖ. 2015.
- 20) Май И.В. Анализ риска здоровью населения от воздействия выбросов автотранспорта и пути его снижения / И.В. Май, С.В. Клейн // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2011.
- 21) Методические указания "2.1.7. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы" от 05.04.1999 № 2.1.7.730-99
- 22) Мирзоев Фарход экологическое влияние автомобильного транспорта на окружающую среду // ELS. 2022.
- 23) Мужехоев А.А. Специфика загрязнения почвы нефтепродуктами /Мужехоев А.А Шадиева Я.М., Дзармотова З.И.// 2022
- 24) Недикова Е. В. Особенности влияния автомобильных дорог и автотранспорта на окружающую среду/ Е.В. Недикова, К.Ю. Зотова // Экология, природопользование и охрана окружающей среды. – 2016
- 25) Новикова С. А. Загрязнение атмосферного воздуха крупных городов Красноярского края / Новикова С. А. // Национальные приоритеты России. 2019.
- 26) Пепина Л.А. Загрязнение атмосферного воздуха автомобильно-дорожным комплексом / Пепина Л.А. Созонтова А.Н.// Alfabuild. 2019.
- 27) РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы 1991-07-01

- 28) РД 52.18.191-2018 "Массовая доля кислоторастворимых форм металлов в пробах почв, грунтов и донных отложений".
- 29) СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" от 29.01.2021 № 1.2.3685-21
- 30) Сердюкова, А. Ф. Влияние автотранспорта на окружающую среду / А. Ф. Сердюкова, Д. А. Барабанщиков. // Молодой ученый. — 2018
- 31) Ситдикова А.А. Анализ влияния выбросов автотранспорта в крупном промышленном городе на состояние загрязнения атмосферного воздуха / Ситдикова А.А., Святова Н.В., Царева И.В.// ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» 2020.
- 32) Скобелев В.А. Воздействие объектов автотранспортной инфраструктуры на природную среду и ресурсный потенциал ландшафтных компонентов / Скобелев В.А. Ларионов М.В. // IACSJ. 2023.
- 33) Танеева А. В. Проблемы экологической безопасности автомобильных дорог и транспортных магистралей / Танеева А. В. // Экология. – 2018
- 34) Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Основные показатели охраны окружающей среды: Статистический бюллетень. Москва, 2023.
- 35) Характеристика климата Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. URL: <https://www.infoeco.ru/index.php?id=1091&ysclid=lqh287gp9v463432916>
- 36) Чигина Т.С. Анализ выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и организация их контроля / Т. С. Чигина, М. М. Иолин, А. С. Борзова [и др.] // Геология, география и глобальная энергия. 2017.
- 37) Чикенева, И. В. Влияние тяжёлых металлов на растительный покров при воздействии дорожно-транспортного комплекса (на примере Оренбургской области) / И. В. Чикенева, Е. Е. Лутовина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015.

- 38) Чомаева М.Н О негативе выхлопных газов автомобиля для здоровья населения / Чомаева М.Н.// Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024.
- 39) Чомаева М.Н. Воздействие автотранспорта на окружающую среду / М.Н. Чомаева // Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности: материалы II Международной научно-практической конференции / Петровская академия наук и искусств. -Санкт-Петербург, 2019.
- 40) Шукуров М. М. Дорожно-транспортный комплекс, и их воздействие на окружающую среду / Шукуров М.М, Солиев Б.А.// 2021
- 41) Boulevard Périphérique: the Paris ring road could go green [Электронный ресурс]. URL: <https://www.domusweb.it/en/sustainable-cities/2022/05/27/paris-the-plan-to-transform-the-boulevard-priphrique.html> (Дата обращения: 02.12.2022)
- 42) Janas M. Analysis of the impact of the eastern ring road of Lodz on selected components of the environment / Janas M. Zawadzka A.// 2018
- 43) Modijefsky M. Paris announces controversial plan to transform ring road into green belt / Modijefsky M// 2

Приложение А

Концентрации тяжелых металлов на исследуемых участках

Дата	Участок	Тяжелые металлы (кислоторастворимая форма) мг/кг						
		Свинец	Кадмий	Цинк	Медь	Никель	Кобальт	
14.05.2023	Шушары, 5 м от дороги	48,40	0,75	87,60	34,30	20,80	5,67	
	Шушары, 50 м от дороги	30,20	0,39	67,20	25,70	14,60	4,41	
	Шушары, 150 м от дороги	35,50	0,09	63,40	25,50	14,30	4,13	
	МЕГА, 5 м от дороги	39,10	0,64	91,20	29,70	31,40	6,12	
	МЕГА, 35 м от дороги	18,23	0,42	43,60	17,97	16,71	5,45	
	МЕГА, 100 м от дороги	14,10	0,02	52,50	19,30	15,00	3,12	
	Лента, 5 м от дороги	42,10	0,31	91,30	30,50	28,60	6,34	
	Лента, 50 м от дороги	20,50	0,21	58,50	23,70	23,50	4,15	
	Лента, 150 м от дороги	9,40	0,11	41,40	16,60	17,40	2,87	
			Тяжелые металлы (подвижная форма) мг/кг					
			Свинец	Кадмий	Цинк	Медь	Никель	Кобальт
		Шушары, 5 м от дороги	4,27	0,09	3,80	1,05	1,25	0,62
		Шушары, 50 м от дороги	3,50	0,07	3,25	0,65	0,49	0,38
		Шушары, 150 м от дороги	2,85	0,06	2,84	0,76	0,39	0,21
		МЕГА, 5 м от дороги	3,57	0,09	2,08	0,93	0,98	0,74
		МЕГА, 35 м от дороги	2,16	0,05	1,86	0,80	0,61	0,52
		МЕГА, 100 м от дороги	1,09	0,02	0,97	0,63	0,29	0,31
		Лента, 5 м от дороги	3,63	0,08	4,25	0,91	0,84	0,75
		Лента, 50 м от дороги	2,28	0,04	3,36	0,66	0,59	0,38
	Лента, 150 м от дороги	1,18	0,02	1,05	0,73	0,31	0,20	

Приложение Б

Концентрации тяжелых металлов на исследуемых участках

Дата	Участок	Тяжелые металлы (кислоторастворимая форма) мг/кг						
		Свинец	Кадмий	Цинк	Медь	Никель	Кобальт	
17.06.2023	Шушары, 5 м от дороги	45,79	0,66	84,09	29,73	18,62	3,44	
	Шушары, 50 м от дороги	27,57	0,35	63,69	22,81	12,46	2,13	
	Шушары, 150 м от дороги	33,18	0,07	59,89	20,93	12,05	1,65	
	МЕГА, 5 м от дороги	36,46	0,55	87,69	25,53	29,04	3,85	
	МЕГА, 35 м от дороги	16,59	0,33	40,09	14,40	14,63	3,22	
	МЕГА, 100 м от дороги	12,49	0,01	48,99	15,15	12,96	1,87	
	Лента, 5 м от дороги	40,06	0,22	87,79	25,99	26,69	5,11	
	Лента, 50 м от дороги	18,33	0,12	54,99	21,13	21,23	2,08	
	Лента, 150 м от дороги	7,36	0,09	37,89	12,53	15,22	0,72	
			Тяжелые металлы (подвижная форма) мг/кг					
			Свинец	Кадмий	Цинк	Медь	Никель	Кобальт
		Шушары, 5 м от дороги	3,36	0,08	2,88	0,97	1,20	0,57
		Шушары, 50 м от дороги	2,68	0,05	2,34	0,59	0,40	0,29
		Шушары, 150 м от дороги	2,04	0,05	1,87	0,68	0,30	0,12
		МЕГА, 5 м от дороги	2,89	0,08	1,10	0,85	0,89	0,65
		МЕГА, 35 м от дороги	1,85	0,03	0,93	0,72	0,52	0,43
		МЕГА, 100 м от дороги	0,38	0,01	0,65	0,55	0,20	0,22
		Лента, 5 м от дороги	3,05	0,07	4,13	0,83	0,75	0,66
		Лента, 50 м от дороги	1,37	0,02	2,24	0,58	0,50	0,29
		Лента, 150 м от дороги	0,75	0,01	0,43	0,65	0,22	0,11

Приложение В

Концентрации тяжелых металлов на исследуемых участках

Дата	Участок	Тяжелые металлы (кислоторастворимая форма) мг/кг						
		Свинец	Кадмий	Цинк	Медь	Никель	Кобальт	
15.08.2023	Шушары, 5 м от дороги	51,96	0,70	85,85	32,02	19,71	4,56	
	Шушары, 50 м от дороги	32,74	0,37	65,45	24,26	13,53	3,27	
	Шушары, 150 м от дороги	37,35	0,08	61,65	23,22	13,18	2,89	
	МЕГА, 5 м от дороги	43,58	0,60	89,45	27,62	30,22	4,99	
	МЕГА, 35 м от дороги	19,73	0,37	41,85	16,19	15,67	4,34	
	МЕГА, 100 м от дороги	18,73	0,02	50,75	17,23	13,98	2,50	
	Лента, 5 м от дороги	44,23	0,27	89,55	28,25	27,65	5,73	
	Лента, 50 м от дороги	22,22	0,16	56,75	22,42	22,37	3,12	
	Лента, 150 м от дороги	13,53	0,10	39,65	14,57	16,31	1,80	
			Тяжелые металлы (подвижная форма) мг/кг					
			Свинец	Кадмий	Цинк	Медь	Никель	Кобальт
		Шушары, 5 м от дороги	3,82	0,08	3,34	1,01	1,23	0,60
		Шушары, 50 м от дороги	3,09	0,06	2,80	0,62	0,45	0,34
		Шушары, 150 м от дороги	2,45	0,05	2,36	0,72	0,35	0,17
		МЕГА, 5 м от дороги	3,23	0,09	1,59	0,89	0,94	0,70
		МЕГА, 35 м от дороги	2,01	0,04	1,40	0,76	0,57	0,48
		МЕГА, 100 м от дороги	0,74	0,01	0,81	0,59	0,25	0,27
		Лента, 5 м от дороги	3,34	0,07	4,19	0,87	0,80	0,71
		Лента, 50 м от дороги	1,83	0,03	2,80	0,62	0,55	0,34
		Лента, 150 м от дороги	0,97	0,01	0,74	0,69	0,27	0,16

