



**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 **Оценка загрязненности почв города Волгоград
тяжёлыми металлами**

Исполнитель **Васильева Александра Александровна**

Руководитель **кандидат биологических наук, доцент
Рижия Елена Яновна**

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

кандидат биологических наук, доцент
Мухин Иван Андреевич

«__» _____ 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

Содержание

Введение	4
Глава 1. Особенности накопления тяжелых металлов в почвах городов	7
1.1. Основные отличия городских почв от естественных почв	7
1.2. Основные источники загрязнения почв в городских условиях	9
1.3. Загрязнение почв тяжелыми металлами	10
Глава 2. Урболандшафт города Волгоград.....	14
2.1. Краткая физико-географическая характеристика г. Волгоград	14
2.2. Функциональные зоны города Волгоград.....	17
2.3. Экологические проблемы загрязнения окружающей среды Волгограда	21
Глава 3. Объекты и методы.....	26
3.1. Объекты.....	26
3.2. Методы исследования	33
3.2.1. Рекогносцировочное обследование.....	33
3.2.2 Отбор и методика изучения почвенных образцов.....	39
Глава 4. Загрязнение почв города Волгоград тяжелыми металлами	41
4.1 Общая характеристика содержания ТМ в почвах некоторых районов г. Волгоград.....	41
4.2 Индекс загрязнения почв (кратность к ПДК)	42
4.2.1. Кобальт (Co).....	42
4.2.2 Медь (Cu)	44
4.2.3 Свинец (Pb)	46
4.2.4 Цинк (Zn).....	48
4.2.5 Марганец (Mn).....	50
4.2.6. Никель (Ni).....	52

4.2.7	Кадмий (Cd)	54
4.2.8.	Хром (Cr).....	56
4.3	Оценка суммарного загрязнения почв различных районов Волгограда тяжелыми металлами	58
Глава 5.	Возможные мероприятия по снижению опасности загрязнения почв в городе.....	63
	Заключение	66
	Список литературы.....	69

Введение

Развитие городских территорий обуславливает растущий интерес к почвам и осознание потребности в разработке и улучшении методов их диагностики. В крупных городах и мегаполисах деятельность людей оказывает серьёзное и зачастую необратимое влияние на окружающую среду, создавая уникальные городские экосистемы. В этих экосистемах почва постоянно подвергается изменениям из-за техногенных и строительных объектов, а также из-за влияния дорожного покрытия на прилегающие территории [1].

В городских почвах происходит постоянное перемещение грунтовых масс, что приводит к изменениям в геологической среде. Формируются техногенные отложения, которые также называют культурным слоем. Рельеф меняется, а естественная растительность заменяется антропогенными фитоценозами, в которых преобладают интродуцированные виды. В почвенном профиле появляется диагностический горизонт — урбик. Он характеризуется наличием в почвенной массе различных органоминеральных материалов. В этом слое также присутствуют урбоантропогенные включения, такие как строительный и бытовой мусор, а также промышленные отходы. Толщина этого слоя превышает 5 сантиметров. Помимо горизонтов урбик, в составе городских почв могут быть слои, которые практически не затронуты процессами почвообразования. Это техногенные грунты, которые не имеют почвенной структуры и отличаются неблагоприятными физическими свойствами. Также в составе городских почв могут быть слои, которые образовались в результате целенаправленной рекультивации почв. Под этими антропогенными слоями могут находиться остатки естественных почв. Чаще всего сохраняются срединные и нижние горизонты естественных почвенных профилей [2].

Все природные компоненты городской среды подвергаются разнообразным загрязнениям и негативным физическим воздействиям. Использование земли в городских условиях влияет на все аспекты формирования почвы, включая фактор времени. Этот процесс подвержен интенсивному

антропогенному воздействию, которое приводит к серьёзному загрязнению почвы тяжёлыми металлами. Тяжёлые металлы попадают в почву из-за выбросов автомобилей, промышленных предприятий, теплоэлектростанций, а также в результате миграции из свалок и многочисленных строительных объектов. Стремление соответствовать новым технологическим и инфраструктурным требованиям приводит к регулярным нарушениям почвенного покрова города и значительно сокращает городские циклы почвообразования по сравнению с естественными условиями [3].

Город Волгоград расположен на юго-востоке европейской части России, служит административным центром Волгоградской области. Имеет линейную конфигурацию, вытянутую вдоль водной транспортной оси р. Волги (более чем на 80 км по правому берегу Волги и является одним из самых протяжённых городов России). Городские земли г. Волгограда подразделяются на восемь административных районов: Ворошиловский, Дзержинский, Кировский, Красноармейский, Краснооктябрьский, Советский, Тракторозаводский и Центральный. Город входит в число экологически неблагоприятных из-за большого количества промышленных предприятий и увеличивающейся плотности автомобильного транспорта из-за большой протяженности. Здесь развито машиностроение, черная и цветная металлургия, нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность. Крупное нефтехимическое производство осуществляют Волгоградский НПЗ, Волгоградский и Волжский химические комбинаты. В АПК агломерации представлено овощеводство, птицеводство, консервная и пищевая промышленность, использующие в своей деятельности химические удобрения и пестициды [4].

В наибольшей степени загрязнению подвергается самый верхний слой почвы, на который оседают аэрозоли, пары, пыль, растворимые вещества, принесенные с дождем, снегом. В дополнение к промышленному загрязнению добавляется действие автотранспорта через накопление аэрозолями свинца (бензиновые присадки), а также аэрозолями кобальта и никеля (дизельное

топливо). Идущие, всё чаще, кислотные дожди придают большую подвижность тяжелым металлам. В этой связи при исследовании почвенного покрова урбанизированных территорий большое внимание следует уделять изучению их химических свойств, которые играют одну из решающих ролей в реализации основной функции почвы – плодородия и обеспечивающих основу устойчивого землепользования. Таким образом, наблюдение и контроль за качеством почв в городских условиях Волгограда, как источнику накопления и переноса загрязняющих веществ, является актуальной темой исследования.

Таким образом, в городах люди сильно влияют на окружающую среду. Из-за этого почва загрязняется вредными веществами. Эти вещества попадают в почву из выхлопных газов машин, заводов, электростанций и свалок. В Волгограде пытаются решить эту проблему. Принят закон «О защите городских почв» и другие правила. Но пока нет точных правил, которые бы подробно говорили, как и насколько сильно загрязнена почва. Из-за этого сложно понять, насколько она опасна для окружающей среды, и как её можно восстановить.

Почва — это не просто верхний слой земли. Она состоит из разных слоёв, которые отличаются друг от друга. Поэтому, чтобы понять, насколько почва загрязнена, нужно смотреть не только на верхний слой. Нужно изучать всю почву, чтобы понять, как её лучше защитить и улучшить.

Цель работы - оценка загрязненности городских почв тяжелыми металлами в различных функциональных зонах города Волгоград.

Задачи:

1. Изучить особенности накопления тяжелых металлов в почвах урболандшафтов различных городов
2. Определить закономерности накопления тяжелых металлов в почвах города Волгоград
3. Дать экологическую оценку особенностям накопления тяжелых металлов в почвах в зависимости от функционального зонирования города
4. Предложить рекомендации по улучшению экологического состояния почв города Волгоград

Глава 1. Особенности накопления тяжелых металлов в почвах городов

1.1. Основные отличия городских почв от естественных почв

Урбопочвы, или городские почвы, как особый класс были выделены сравнительно недавно, в основном в конце XX века, когда начали более подробно исследовать воздействие человеческой деятельности на почвенный покров. Формально выделение городских почв в отдельную категорию связано с развитием экологии и более глубоким изучением проблем загрязнения и разрушения почв в городской среде [5].

Дать определение понятию «городская почва» непросто, поскольку среди научных дисциплин нет единого мнения. Часто встречается различие между двумя определениями. Первое просто определяет «городские почвы» как «почвы, расположенные в городской местности». Такие почвы сильно неоднородны. Некоторые из них могут быть сильно затронуты антропогенезом и, как таковые, изменены деятельностью человека, но другие могут быть избавлены от какой-либо деградации и быть похожими на естественные почвы в некоторых городских лесах, парках или садах.

Городские почвы - неотъемлемая часть городских экосистем в условиях глобальной урбанизации, выполняют жизненно важные городские функции и предлагают основные экосистемные услуги, в том числе такие как адаптация к климату. Однако они сталкиваются с серьезной деградацией из-за искусственности и загрязнения, что влияет на их функции. Антропогенное загрязнение представляет риски для здоровья человека, растений и почвы. Управление этими проблемами имеет решающее значение, поскольку ежегодно миллионы гектаров естественных почв подвергаются воздействию городской экспансии. Понимание и устойчивое управление этими почвами имеют решающее значение, поскольку они в значительной степени влияют на развитие города и здоровье человека и окружающей среды [6].

Городские почвы и естественные почвы значительно отличаются друг от друга. Первые - с большей вероятностью будут уплотнены, будут иметь более

высокий рН, содержать больше загрязняющих веществ и искусственных материалов, чем их естественные аналоги. Кроме того, городские почвы часто имеют более низкое содержание органического углерода и меньшее пространство для корней. В совокупности, они отличаются по своему происхождению, структуре и составу [5].

Современные исследования показывают, что формирование урбопочв связано с комплексным воздействием множества факторов, среди которых ведущую роль играют строительная деятельность, перемещение и смешивание грунтов, а также поступление антропогенных материалов. Как отмечают Стома, Литвинова и Кузнецова (2020), процессы, определяющие генезис урбопочв, существенно ускоряются по сравнению с естественными почвами: за считанные годы структура и состав почвенного профиля могут полностью измениться. Урбопочвы характеризуются выраженной неоднородностью, высокой степенью уплотнения, наличием искусственных включений и нарушением естественного строения горизонтов. В результате в городских почвах наблюдается не только изменение физических и химических свойств, но и снижение их экологических функций, что требует постоянного мониторинга и принятия мер по восстановлению плодородия и экологической устойчивости [7].

Присутствие различных экзогенных материалов и смешивание их с исходной почвы приводят к значительной вертикальной и горизонтальной неоднородности и различным пространственным физическим и химическим свойствам. Городские почвы часто уплотняются из-за строительства зданий и дорог, что уменьшает поровое пространство и влияет на инфильтрацию воды, аэрацию и рост корней. Природные почвы, с другой стороны, имеют более естественно развитую структуру и поровое пространство из-за органического вещества и биологической активности [7].

Несмотря на данные отличительные характеристики, городские почвы формируются посредством процессов, аналогичных естественным почвам, но их педогенная эволюция происходит гораздо быстрее из-за вмешательства человека. Достаточно нескольких дней, чтобы полностью изменить городской ландшафт

вместо столетий. Их формирование можно объяснить теми же стадиями, что и естественные почвы, но с вмешательством человека:

Выветривание: исходный материал преобразуется путем смешивания, уплотнения или аэрации слоев материала.

Перемещение: слои могут быть выкопаны и устранены; исходный профиль почвы частично или полностью изменен.

Накопление: в почву добавляются различные экзогенные материалы.

Таким образом, результат может полностью отличаться от исходного материала почвы [8].

1.2. Основные источники загрязнения почв в городских условиях

Свойства почв зависят от условий окружающей среды, исходного материала, а также скорости и типа антропогенного воздействия. Загрязнение почвы происходит, когда вещество (твердое, жидкое или газообразное) выбрасывается, высвобождается или оседает в окружающей среде таким образом, что это изменяет окружающую среду [9]. Загрязнение земель относится к ухудшению состояния поверхности земли.

Поскольку различные загрязняющие вещества, такие как тяжелые металлы, пестициды, пластик, мусор и фармацевтические препараты, оседают на поверхности и вымываются вглубь лежащие горизонты, они изменяют и ухудшают ее естественный состав. Со временем некоторые загрязняющие вещества также могут претерпевать химическую трансформацию, создавая вторичные загрязняющие вещества, такие как фумаровая и фталевая кислоты.

Основными источниками загрязнения почвы в городских районах являются промышленная деятельность, транспорт, утилизация отходов и сельскохозяйственная практика, включая использование пестицидов и удобрений. Кроме того, неправильная утилизация опасных материалов и отходов, а также стихийные бедствия могут способствовать загрязнению почвы.

Промышленная деятельность: промышленность может выбрасывать загрязняющие вещества в почву через выбросы, разливы и неправильную утилизацию отходов, что приводит к загрязнению тяжелыми металлами, органическими соединениями и другими химикатами.

Транспорт: выбросы транспортных средств, особенно старых транспортных средств, способствуют выбросу загрязняющих веществ, таких как свинец, ртуть и другие тяжелые металлы, в почву, особенно вдоль дорог.

Управление отходами: неправильная утилизация твердых бытовых отходов, промышленных отходов и опасных отходов может загрязнять почву различными загрязняющими веществами, включая тяжелые металлы, органические соединения и патогены [10].

Сельскохозяйственная практика: чрезмерное использование пестицидов и удобрений в городских сельскохозяйственных районах может привести к загрязнению почвы стойкими органическими загрязнителями и тяжелыми металлами.

Стихийные бедствия, такие как наводнения и засухи, могут распространять загрязненную почву и воду, что приводит к широкомасштабному загрязнению почвы.

Другие источники: горнодобывающая промышленность, строительство и городское развитие также могут способствовать загрязнению почвы, выбрасывая загрязняющие вещества или нарушая загрязненную почву.

1.3. Загрязнение почв тяжелыми металлами

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами становится все более серьезной проблемой и вызывает большую озабоченность из-за неблагоприятных последствий, которые оно вызывает во всем мире. Они определяются как тяжелые металлы либо из-за их большого атомного веса, либо из-за их высокой плотности. В настоящее время слово «тяжелый металл» используется для описания металлических химических элементов и металлоидов, которые токсичны для

окружающей среды и человека. Некоторые металлоиды, а также более легкие металлы, такие как селен, мышьяк и алюминий, являются токсичными. Эти неорганические загрязнители сбрасываются в наши воды, почвы и в атмосферу из-за быстро растущего сельского хозяйства и металлургической промышленности, неправильной утилизации отходов, удобрений и пестицидов.

Вредные вещества, такие как мышьяк, кадмий, свинец и ртуть, попадают в почву из разных источников: заводов, ферм и добычи полезных ископаемых. Эти химические соединения отличаются высокой стойкостью и могут накапливаться в почве. Они способны проникать в организм человека через продукты питания, которые получены от растений и животных, а также попадать в грунтовые воды.

Загрязнение тяжелыми металлами возникло из-за антропогенной деятельности, которая является основной причиной загрязнения, в первую очередь из-за добычи металла, плавки, литейных производств и других отраслей промышленности, которые основаны на металлах, выщелачивания металлов из различных источников, таких как свалки, свалки отходов, экскременты, помет домашнего скота и кур, стоки, автомобили и дорожные работы.

Тяжелые металлы естественным образом попадают в почвенную среду из-за естественных процессов выветривания исходных материалов. В результате нарушения и ускорения медленного природного геохимического цикла металлов, большинство почв в городской среде накапливают один или несколько тяжелых металлов в количествах, превышающих фоновые значения. Это представляет опасность для здоровья людей, растений, животных, экосистем и других сред.

Металлоиды склонны образовывать ковалентные связи, что позволяет им проявлять токсикологические свойства. Два самых важных следствия этого свойства заключаются в том, что они могут ковалентно связываться с органическими группами. Следовательно, они образуют липофильные ионы и соединения, и они могут вызывать токсические эффекты, когда связываются с неметаллическими элементами клеточных макромолекул. Из-за того, что они становятся липофильными, распределение металлоидов в биосфере и их

токсический ответ отличаются от действия простых ионных форм того же элемента. Примерами лиофильных соединений являются оксид трибутилолова и метилированные формы мышьяка, которые являются высокотоксичными. Примерами связывания с неметаллическими элементами являются связывание свинца и ртути с сульфгидрильными группами белка. Тяжелые металлы могут попадать в организм человека четырьмя путями: через прием загрязненной пищи; через вдыхание из атмосферы, питье загрязненной воды; и через контакт с кожей в сельскохозяйственных, фармацевтических, производственных, жилых и промышленных зонах [11].

Тяжёлые металлы становятся загрязнителями в почве, поскольку их скорость образования в результате антропогенной деятельности превышает скорость их естественного образования. Они перемещаются в случайные места в окружающей среде, где их концентрация становится выше фоновой, что усиливает их воздействие на окружающую среду. Химическая форма металла в принимающей экологической системе может сделать его более доступным для живых организмов [12].

Почва выступает в качестве главного фильтра для тяжёлых металлов, которые попадают в окружающую среду в результате человеческой деятельности. В отличие от органических загрязнителей, ТМ не могут быть разрушены и не поддаются биологическому разложению. Организмы, обитающие в почве, могут способствовать некой детоксикации ионы металлов, помещая активный элемент ТМ внутри белка или во внутриклеточных гранулах. В дальнейшем, в нерастворимой форме они все равно выводятся вместе с непереработанной органикой организма. Данное биоаккумулятивное вызывает биологические и физиологические осложнения [13].

Загрязнение почвы тяжёлыми металлами может быть опасно для людей и окружающей среды. Это происходит из-за попадания загрязнённой почвы в пищу; попадания тяжёлых металлов в организм через пищевую цепочку; потребления загрязнённой грунтовой воды; снижения качества продуктов питания из-за фитотоксичности; уменьшения пригодности земель для сельского хозяйства, что

может привести к продовольственной нестабильности. Токсичность тяжелых металлов вызывает образование свободных радикалов, что приводит к повреждению ДНК, изменению сульфгидрильного гомеостаза и перекисному окислению липидов. Изменения также были отмечены в гомеостазе кальция, опосредованном металлами, из-за повреждения мембраны, что вызывает активацию различных кальций-зависимых систем, включая эндонуклеазы. Образование свободных радикалов в основном исследовалось для железа, меди, никеля, хрома и кадмия [14].

Загрязнение почвы может быть как преднамеренным, так и нет. Преднамеренное загрязнение включает орошение сточными водами, пестицидами, органическим навозом и минеральными удобрениями, содержащими в своем составе данные металлы изначально как микроэлементы. Могут попадать из свинцовой краски, отходы рудников (хвосты), канализационного шлама, разливов нефтяных дистиллятов, остатков сгорания угля, сброса отходов. В данный список также попадают сточные воды, которые не очищаются, а затем используются для орошения на наших сельскохозяйственных землях и, таким образом, поглощаются культурами, которые употребляются в пищу самими людьми. Непреднамеренное загрязнение может быть вызвано затоплением морей и рек, которое приносит сточные воды и загрязненную воду на землю, и авариями с участием транспортных средств, перевозящих токсичные химикаты. Поскольку тяжелые металлы не разлагаются, поскольку они не могут подвергаться микробной или химической деградации, они остаются в почве в течение очень долгого времени.[15].

Глава 2. Урболандшафт города Волгоград

2.1. Краткая физико-географическая характеристика г. Волгоград

Волгоград расположен на территории Восточно-Европейской равнины, на берегах реки Волги. Это уже нижняя часть реки, и правая ее часть (западная) находится на возвышенности, а левая (восточная) – на низменной равнине.

Правобережье сильно расчленено оврагами и балками. Между Волгой и ее левым рукавом Ахтубой находится Волго-Ахтубинская пойма, изобилующая ериками, озерами.

Климат – континентальный. Зима – холодная и малоснежная со средней температурой с декабря по март от -8 до -12 °С, а лето – сухое и жаркое, со средней температурой воздуха с июня по август от +22 до +26°С. Количество выпадающих осадков варьирует, в среднем зафиксировано от 270 до 450 мм в год. В холодное время года, с ноября по март, в регионе дуют преимущественно восточные и северо-восточные ветры. В тёплый период, с апреля по октябрь, на севере области преобладают северные и северо-восточные ветры, а на юге — южные и юго-западные.

В основной своей части город расположен в степной зоне. За городом распространены чернозёмы (обыкновенными и южными), темно-каштановые, каштановые почвы. Степь преимущественно разнотравно-злаковая. По речным долинам развиты пойменно-дерновые почвы с луговой и древесно-кустарниковой растительностью. Леса занимают 4% всей площади (дуб, клён и др.). В области большое внимание уделяется искусственному лесоразведению

Геологическая характеристика: Волгоград находится на стыке 3-х природных равнин: Приволжской возвышенности, Прикаспийской возвышенности и Ергеней.

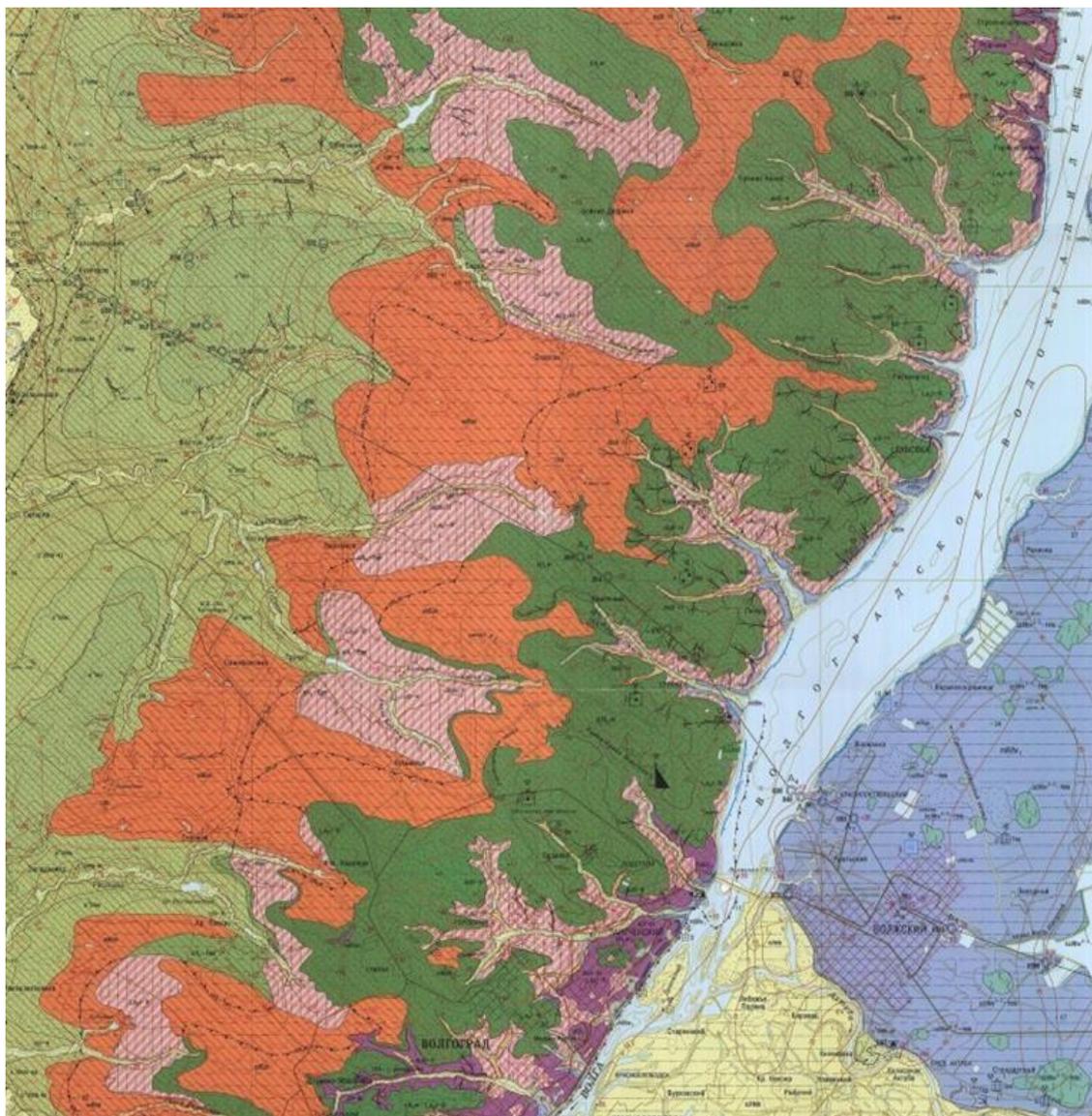


Рисунок 1 – Геологическая карта г. Волгоград (16)

Территория Волгограда в геологическом отношении не однородна. На поверхности наблюдается сочетание комплекса осадочных пород палеогена, неогена и четвертичного периода. Основание Волжского склона представляют слои темных слюдястых глин и кварцевых Вышележащая Мечеткинская свита слагает террасу и среднюю часть склонов возвышенностей (Даргора, Мамаев Курган), состоит из мелких песков оливково-зеленых глин. Общая часть свиты составляет 40-50 м. Глины трещиноватые и в выветренном состоянии рассыпаются на обломки, а во влажном сильно разбухают. К четвертичным

отложениям относятся желто-бурые суглинки, покрывавшие водоразделы и склоны, «шоколадные» глины с гравием и галькой в основании.

Гидрологическая характеристика: крупнейшими реками Волгоградской области являются Волга и Дон, соединёнными Волго-Донским каналом. Остальные крупные реки региона относятся к донскому бассейну – Хопёр, Медведица, Иловля, Бузулук и другие. На юге Волгоградской области начинается Волго-Ахтубинская пойма, расположенная между Волгой и разветвляющимся от неё у г. Волгограда рукавом Ахтубой [17].

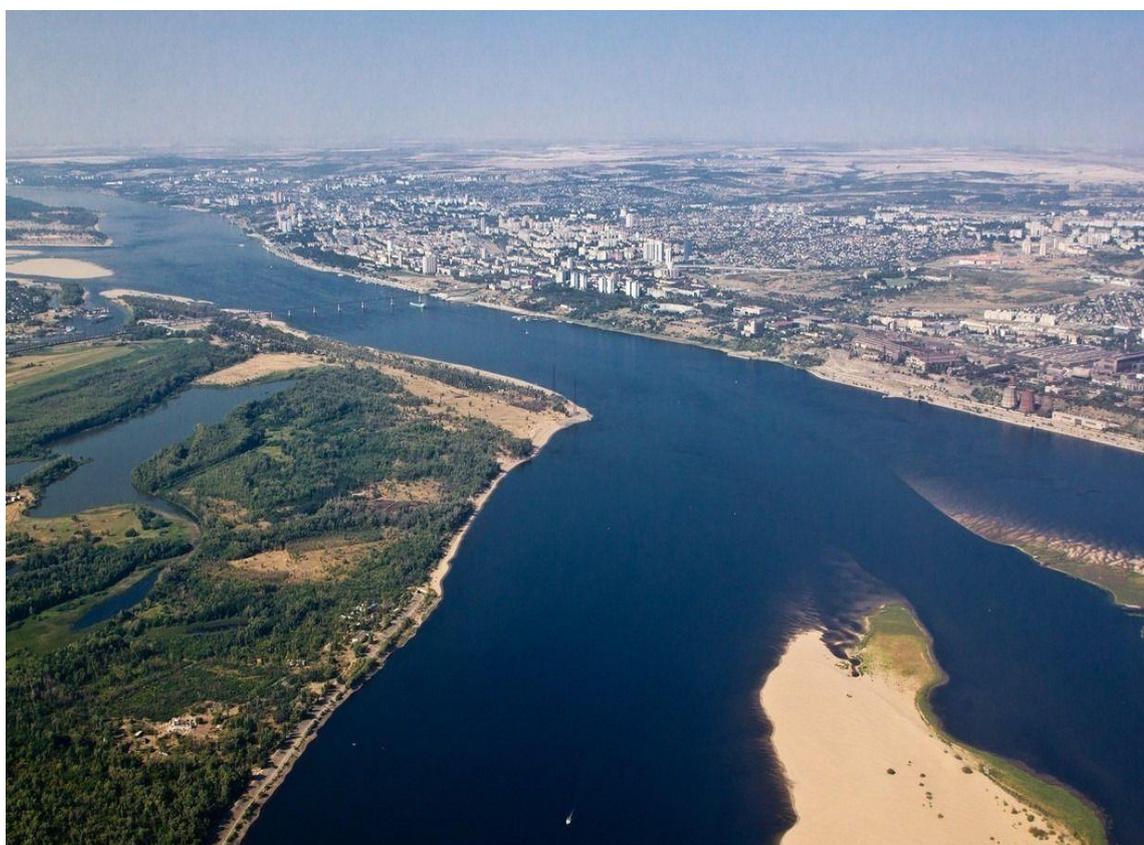


Рисунок 2 – Вид на р. Волга и г. Волгоград с высоты птичьего полета

Максимальные отметки рельефа, 152-130 м, находятся в западной части города у Самарского разъезда и Даргоры. Главный склон отделяет верхнюю террасу от нижней в интервале высот от 120-100 м до 45 м и имеет крутизну 8-12 градусов, с возрастающими вершинами от Мамаева Кургана и в южной части города. Хвалынская терраса имеет характерные элементы рельефа, на ней

расположена нижняя часть города. Между Бекетовкой и Красноармейском на поверхности террасы расположено понижение шириной 200-300 м, которое когда-то было одним рукавом Волги. Накапливающиеся грунтовые воды не имеют оттока, что приводит к заболоченности и засоленности луговины. Характерной формой рельефа являются овраги и балки. В 30-е годы подсчитали, что общая длина их составляет не менее 450 км в пределах городской черты. В северной части города находятся бассейны Сухой и Мокрой Мечеток, глубина которых 38 м, склоны покрыты многочисленными оврагами и балками.

2.2. Функциональные зоны города Волгоград

Волгоград, как и любой другой крупный город, состоит из различных районов, которые обеспечивают его нормальное функционирование и развитие. Он входит в число городов – миллионников, т.е., превышающих по количеству жителей > 1 млн. Среди функциональных зон города можно выделить: жилую зону; зону для бизнеса и общественных мероприятий; промышленные районы; район, где расположены транспортные и инженерные объекты; зоны отдыха и развлечений, которые выделяются для рационального использования территории и обеспечения комфортных условий жизни и деятельности. Поскольку каждый район стремится максимизировать свою полезность, взаимодействие между спросом и доступностью предпочтительных мест проживания, то это приводит к формированию сложных городских моделей. Развитая городская модель может быть охарактеризована несколькими параметрами, такими как плотность проживания, сочетание землепользования, наличие на территории предприятий, мест для культурного отдыха. Данные параметры меняются в зависимости от расстояния от центра города. Далее представлена краткая характеристика функциональных зон:

1. Жилые районы города - включают в себя различные типы жилых домов, от малоэтажных до многоэтажных, и предназначена для проживания населения.

Следует выделить, что в Волгограде жилая зона занимает большую часть территории города.



Рисунок 3 – Вид на город со стороны Мамаева кургана

В городе выделяются несколько основных жилых зон: Краснооктябрьский, Дзержинский, Центральный и Ворошиловский районы. Кроме того, здесь есть разнообразные жилые комплексы: «Grand Avenue», «Крылья Качи», «Бродвей», «Urbn», «Берег Волги» и многие другие. Кроме того, многие жилые районы имеют зелёные насаждения (парки, аллеи), обеспечивающие благоприятную экологию и пространство для отдыха местных жителей.

Основные виды жилья включают:

- Типичные советские панельные многоквартирные дома («хрущевки», «брежневки»).
- Современные новостройки с улучшенной планировкой и благоустроенными придомовыми территориями.

- Частные секторы с индивидуальными домами, распространённые в пригородных районах.

2. Общественно-деловая зона включает в себя административные здания, культурные учреждения, образовательные и медицинские заведения, торговые центры, офисы и другие объекты, обеспечивающие общественные нужды. Жилые кварталы оснащены всей необходимой социальной инфраструктурой, в том числе общественно-культурными учреждениями (театры, кинотеатры).

3. Промышленная зона - расположена главным образом в северной и восточной частях города, вдали от центральных районов, ближе к транспортным путям и водным артериям (например, река Волга).



Рисунок 4 – Вид на предприятие «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка» в Красноармейском районе города

Она включает крупнейшие предприятия тяжелой промышленности, металлургии, химической отрасли, энергетики и машиностроения. Отличительной характеристикой таких районов в городе является значительная компактность с образованием больших индустриальных кластеров. К предприятиям зачастую

проведены специализированные подъездные дороги и даже железнодорожные ветви обеспечивает бесперебойность поставок сырья и вывоз готовой продукции. Основные промышленные районы города: Тракторозаводской, Краснооктябрьский, Дзержинский и Волжский районы.

В число важнейших предприятий города входят:

- Волгоградский алюминиевый завод — крупнейший производитель алюминия в регионе.
- «Красный Октябрь» — металлургический комбинат, выпускающий стальную продукцию.
- АО «Химпром» — предприятие химической промышленности, производящее минеральные удобрения и органические соединения.

Также здесь находятся энергетические установки и теплоэлектростанции, снабжающие электроэнергией весь регион.

4. Рекреационные зоны - парки, скверы, набережные, лесопарки предназначены для отдыха и активного образа жизни горожан. Они располагаются по всему городу, включая прибрежные зоны реки Волги, центральный бульвар проспекта Ленина и небольшие зеленые уголки внутри спальных районов.

Известные рекреационные зоны Волгограда:

- Центральный парк культуры и отдыха, созданный ещё в советское время, предлагает многочисленные аттракционы и развлечения.
- Набережная Центрального района привлекает туристов своими видами на реку и памятниками истории Сталинградской битвы.
- Аллея героев на проспекте Ленина служит местом массовых мероприятий и празднеств.

5. Сельскохозяйственные угодья

Хотя Волгоград является крупным промышленным центром, значительные площади земли отведены под сельское хозяйство. Эти территории чаще всего располагаются вблизи границ городской агломерации, удалённых от основных населенных пунктов и промышленных объектов.

Характеристика сельскохозяйственных угодий:

- Земледелие (производство овощей, фруктов, зерна, технических культур);
- Животноводческие фермы, специализирующиеся на молочном производстве и выращивании скота;
- Предприятия аграрного бизнеса и фермерства.

6. Зона транспортной и инженерной инфраструктуры - имеет решающее значение для экономического и социального благополучия города, обеспечивая мобильность людей, доступность услуг и перемещение товаров, а также облегчая экономическую деятельность и социальное взаимодействие. Инфраструктура включает порты, гавани и аэропорты, сети автомобильных, железных дорог и трубопроводов, депо и объекты, связанные с этими сетями, а также государственные и частные транспортные службы, которые работают на них. Физические компоненты транспортной инфраструктуры включают мосты, туннели, тротуары, железнодорожные пути, водопропускные трубы, причалы, перроны и трубы.

2.3. Экологические проблемы загрязнения окружающей среды Волгограда

Волгоград, как город с большой концентрацией промышленных предприятий и заводов входит в рейтинг 20 наиболее загрязненных городов РФ. Возможность найти рабочие места способствует переезду людей в данный город. Но, как и в любом другом городе, здесь население сталкивается с одной из самых насущных проблем, с которыми сталкивается мир сегодня - ухудшение состояния окружающей среды.

Плохое качество воздуха и воды, недостаточная доступность воды, проблемы утилизации отходов и высокое потребление энергии усугубляются растущей плотностью населения и требованиями городской среды [18].

Среди основных проблем можно выделить загрязнение воздуха, воды и почвы, а также шумовое и световое загрязнение.

1. Загрязнение воздуха - высокий уровень промышленных выбросов и выхлопных газов автомобилей существенно ухудшают

качество воздуха. Крупные металлургические, нефтеперерабатывающие и химические предприятия вносят значительный вклад в образование смога, накопление вредных веществ и повышение риска заболеваний дыхательной системы у населения. Основные причины загрязнения в Волгограде — автомобильный транспорт (60–80% выбросов) и промышленные предприятия: «Лукойл – Волгограднефтепереработка», «Волгоградский алюминий», «ВолгоГРЭС», «Химпром», «Волгоградский тракторный завод» и другие. Металлургические заводы, предприятия топливной, нефтехимической и химической промышленности выбрасывают в атмосферу сернистые соединения, оксид азота, окислы металлов, углеводороды и другие вредные вещества.



Рисунок 5 – ОАО «Красный Октябрь», головное предприятие города, расположенное в одноименном районе города

Один из главных загрязнителей — ОАО «Красный Октябрь», рядом с которым находятся жилые зоны в санитарно-защитной зоне. Основные источники

загрязнения: электросталеплавильные и мартеновские печи, установка непрерывной разливки стали, травильное отделение и чугунолитейные цехи.

2. Загрязнение водных ресурсов - Волгоград располагается в Волго-Ахтубинская пойме — уникальной природной территории, где река Волга разливается и образует множество озёр и болот. Уровень воды в реках снизился, и они реже выходят из берегов, что негативно сказывается на окружающей среде. Волгоградское водохранилище не может обеспечить достаточное количество воды для поймы, из-за чего растения и животные испытывают трудности. Сокращается популяция рыб и других водных обитателей, болота и леса разрушаются. Ещё одна проблема — это старые плотины и другие сооружения, которые давно не ремонтировались. Из-за этого они могут выйти из строя и нанести ущерб окружающей среде, людям и их домам [19].



Рисунок 5 – Сарептский затон на юге Волгограда

Человеческая деятельность, такая как вырубка лесов и загрязнение воды, также наносит вред этой местности. Из-за этого ручьи и небольшие реки засоряются, зарастают и становятся мельче. Водоемам Волгограда угрожают

нефтепродукты и синтетические моющие средства, поступающие в реку Волгу вместе со сточными водами, а также минеральные удобрения и соли тяжелых металлов, проникающие в грунтовые воды [20].

3. Проблемы почв города. Почва города остается основой всех наземных экосистем и биосферы в целом. Часто упускаемые из виду, что почвы играют ключевую роль в смягчении последствий изменения климата и хранении углерода, важнейшего компонента в наших поисках устойчивого будущего.

Городские почвы, неотъемлемая часть городских экосистем и выполняют жизненно важные функции города и предлагают такие важные экосистемные услуги, как адаптация к климату. Однако они сталкиваются с серьезной деградацией из-за искусственности и загрязнения, что влияет на функции и усугубляет стихийные бедствия. Антропогенное загрязнение представляет опасность для здоровья человека, растений и почвы. Почва питает растения, обеспечивая их рост и развитие, а также фильтрует и очищает воду, в то время как в ней наблюдается постоянное накопление тяжелых металлов и других токсичных веществ.

Основная причина загрязнения - пыль, оседающая из воздуха, неправильная утилизация бытовых и промышленных отходов, деятельность, расположенных рядом с городом полигонов захоронений и использование токсичной техники для обработки земель. Важно разрабатывать и применять новые методы, которые помогут предотвратить истощение и загрязнение почвы, а также стимулировать её рациональное использование.

В городе существует и другая серьёзная экологическая проблема — оползни на склонах, разрушение берегов водохранилищ и эрозия рек, вызванные созданием Цимлянского и Волгоградского водохранилищ. Все прибрежные населённые пункты, насосные станции, рыбопроизводные предприятия и ценные сельскохозяйственные угодья находятся в зоне риска.



Рисунок 6 – Прокладка траншеи в почве в Советском районе Волгограда

Конечно, эрозия берегов рек — это воздействие природных сил, под неумолимым потоком воды, силой тяжести и погодой. Поскольку реки извиляются через ландшафты, они оказывают давление на свои берега, постепенно размывая почву и скалы. Скорость воды, на которую влияют такие факторы, как градиент и сброс, играет ключевую роль в формировании интенсивности эрозии. К данным факторам добавляется эрозионная сила переноса осадка, что способствует постепенному изменению речного ландшафта города. Эрозия берегов Волги и Ахтубы активно прогрессирует по обеим сторонам рек [21; 22].

Глава 3. Объекты и методы

3.1. Объекты

Современный Волгоград представляет собой крупный центр промышленности, культуры и жилищно-коммунального хозяйства. Почвы в городе претерпели значительные изменения, и основным фактором их формирования стал урбанистический. Объектами исследования явились урбаноземы, названия почвенных горизонтов давались согласно «Новой классификации и диагностике почв России 2004».[23].

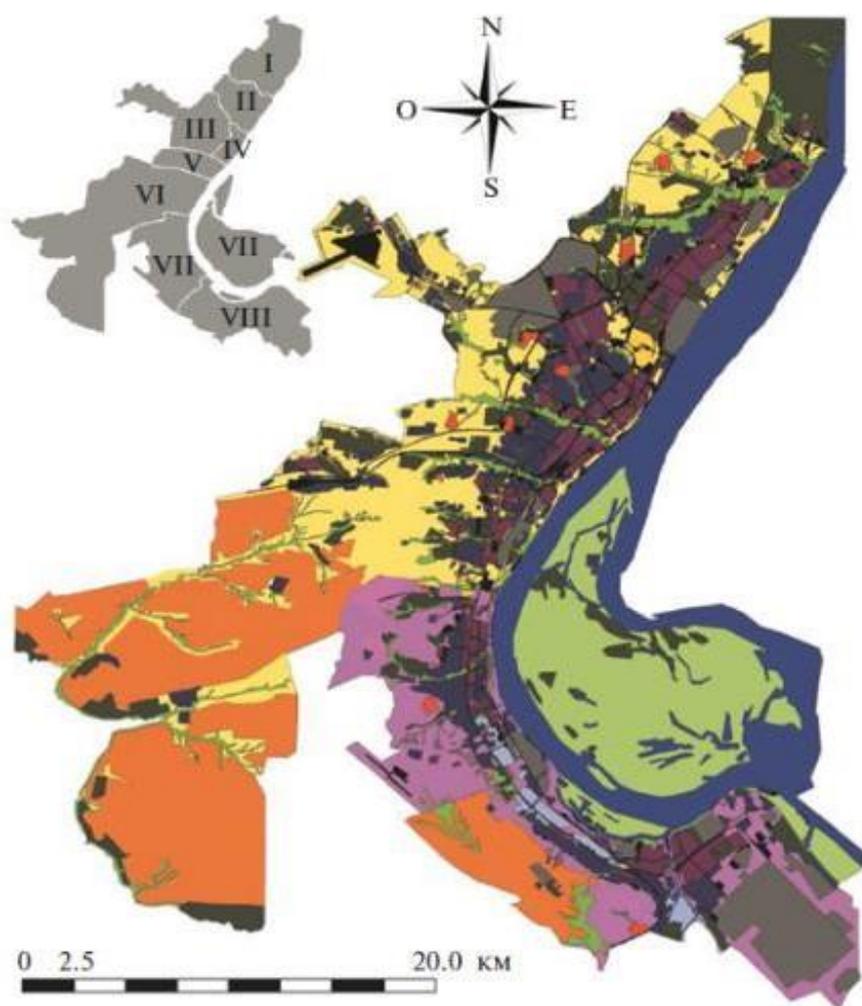


Рисунок 7 – Городские почвы г. Волгограда (24).

На карте обозначены (легенда):

Желтый цвет	Каштановые урбистратифицированные
Сиреневый цвет	Каштановые урбистратифицированные солонцеватые
Зеленый цвет	Аллювиальные
Рыжевато-коричневый	Агроземы
Серый цвет	Урбостратоземы
Черный	Экраноземы
Синий	Водные объекты

Горизонт «урбик» имел мощность от 5 до 40 см, содержал промышленно-бытовой мусор и подстилался почво-грунтами или остатками горизонтов природной почвы. ТПО были сформированы «свежими» насыпными грунтами разного состава – карбонатным щебнем, торфокомпостом, песками и суглинками.

Описание разреза урбостратозема:



Рисунок 8 –Разрез урбостратозема

Ur1 0-22 см, серо-коричневый, влажный, плотный, мелко и среднекомковатый, легкосуглинистый. Пронизан корнями растений, включения – битые кирпичи, камни, стекло. Переход в следующий подстилаемый техногенный горизонт четкий по цвету, граница не ровная Ur 2 22-40 см, слои серого, коричневого и бурого цвета очень плотный, увлажнённый, плитчатый, единичные корни, камни, кирпичи, угли, керамика.

В целом состояние почвы в исследуемых районах Волгограда было сильно нарушено, в ней содержалось большое количество твёрдых частиц.

Чтобы получить более точные результаты и исключить возможные ошибки, пробы почвы брали с участков площадью 10 квадратных метров. В некоторых случаях особенности антропогенного ландшафта требовали отбора образцов с участков большей площади.

Основные химические характеристики верхнего гумусового горизонта изучаемых территорий представлены на следующих рисунках.

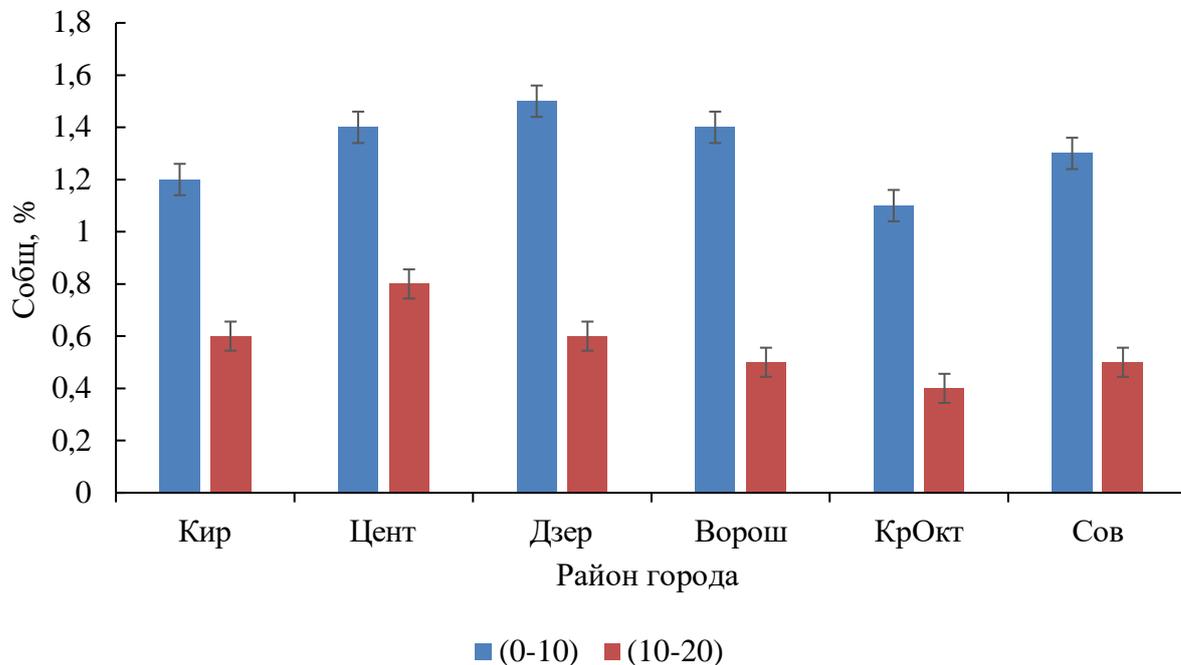


Рисунок 9 – Содержание общего углерода в верхних слоях городских почв Волгограда. Где здесь и далее районы города: Кир – Кировский; Цент - Центральный; Ворош – Ворошиловский; КрОкт – Краснооктябрьский; Сов - Советский

Как видно из представленного рисунка, содержание общего углерода в верхних слоях городских почв было невысоким, существенно не отличалось по районам города, и варьировало от 1,1 до 1,5 % в 0-10 см слое почв, и от 0,4 до 0,8 % в слое от 10 до 20 см. С глубиной содержание органического вещества уменьшалось в среднем в 2 раза. Максимальное количество общего углерода в верхнем слое было установлено в Дзержинском районе, а минимальное – в Краснооктябрьском районе.

Содержание общего азота в верхних слоях гумусового горизонта урбик в различных районах города Волгограда представлено на рисунке 10.

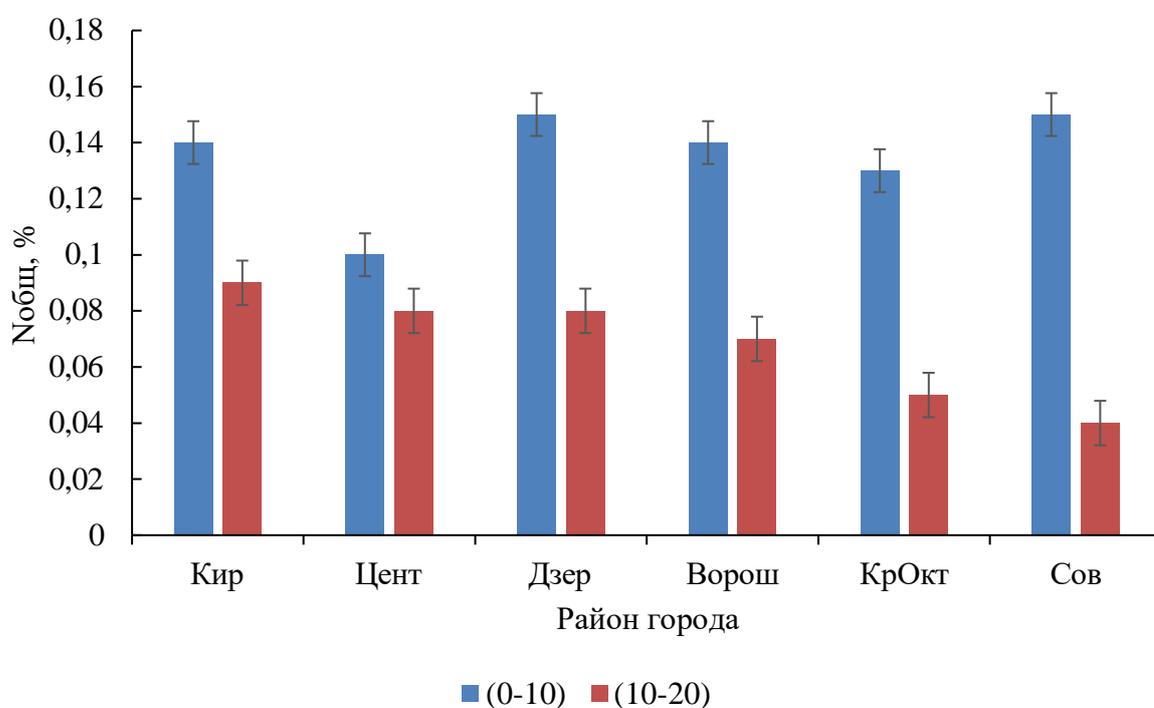


Рисунок 10 – Содержание общего азота в верхних гумусовых слоях городских почв Волгограда

Содержание общего азота в изучаемых вариантах почв в различных районах города выявил подобную же тенденцию снижения общего азота с глубиной. Показатель значительно был ниже в Центральном районе города, который составлял 0,1% общего азота, тогда как между другими районами в

почвах верхнего гумусового слоя 0-10 см существенных различий не наблюдалось, и варьировало от 0,13 до 0,17%, что существенно ниже по сравнению с естественными каштановыми почвами, характерными для данного региона. В следующем слое - от 10 до 24 см, минимальные значения данного показателя были определены в Советском районе города.

Показатели Собщ и Нобщ важны для понимания состояния плодородия, а также они влияют на закрепление тяжелых металлов в почве. Достаточно узкое соотношение C/N свидетельствует о том, что в почве достаточно активно протекает минерализация органических веществ, что сказывается на биологической продуктивности.

В следующей таблице представлено содержание важных биогенных элементов для гумусовых горизонтов городских почв (табл. 1).

Таблица 1. Содержание подвижных форм фосфора, калия, рН в слоях гумусового горизонта городских почв Волгограда

Район города	Глубина, см	Показатель		
		P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	pH KCl
Кировский	(0-10)	53,7	38,3	7,1
	(10-24)	47,7	50,2	7,4
Центральный	(0-10)	33,8	42,5	7,3
	(10-24)	37,1	45,6	7
Дзержинский	(0-10)	16,5	48,6	7,2
	(10-24)	21,5	31,4	6,9
Ворошиловский	(0-10)	34,1	40,1	7,3
	(10-20)	35,5	59,2	6,9
Краснооктябрьский	(0-10)	55,8	66,3	7,1
	(10-20)	59,3	68,7	6,8
Советский	(0-10)	24,3	49,2	7,3
	(10-20)	28,6	51,3	7

Подвижные формы фосфора и калия относятся к ключевым элементам в биосфере, служат одними из главных питательных элементов для роста и развития растений. Они участвуют в транспорте всех элементов питания,

активизирует протекание физиологических процессов. Как видно из представленной таблицы, данные соединения значительно варьировали в гумусовом горизонте в различных районах города.

Очевидна общая тенденция в районах – количество подвижных фосфора и калия несущественно повышалось с глубиной, что свидетельствует о вымывании данных веществ. Обменный фосфор варьировал от 16 до 59 мг/кг, в зависимости от района исследования, и максимальное его содержание было установлено в Краснооктябрьском районе – 59,3 мг/кг, а минимальное – в Дзержинском районе (до 16-21 мг/кг). Таким образом, по обеспеченности данным веществом почвы Центрального, Дзержинского, Ворошиловского и Советского районов города относятся к низкой обеспеченности фосфором, а Краснооктябрьского и Кировского – к средней обеспеченности фосфором.

По содержанию обменного калия почвы также существенно варьировали. Также как и фосфор, обменный калий несущественно возрастал в гумусовом горизонте с глубиной. В среднем, данный показатель варьировал от 31 до 68 мг/кг, и был максимальным в Краснооктябрьском районе, где достигал значений 68,7 мг/кг, а минимальным – в Дзержинском районе (до 31,4 мг/кг в слое 10-20 см). Содержание обменного калия в почве < 40 мг/кг относится к низкой обеспеченности, а от 41 до 80 мг/кг – средней обеспеченности. Таким образом, по данному показателю, в среднем по гумусовому горизонту урбик 1, почвы относятся к среднеобеспеченным по подвижному калию во всех изученных районах города.

Кроме того, была изучена реакция среды по pH верхнего слоя почв районов. И как видно из таблицы 3, все почвенные слои относятся к слабощелочным. Данный показатель влияет на закрепление тяжелых металлов в почвах, поэтому был изучен.

Содержание тяжёлых металлов в почве определяется её гранулометрическим составом, т.к. ТМ лучше связываются с мелкими частицами, такими как глина и пыль, чем с крупными песчинками, потому что мелкие частицы имеют большую общую площадь поверхности, чем крупные.

Кроме того, песчаные фракции более водопроницаемые, чем глинистые фракции. Гранулометрический состав также влияет на способность почвы удерживать кислород. Это, в свою очередь, влияет на процессы перемещения и преобразования ТМ. В таблице 4 представлен гранулометрический состав верхнего слоя городских почв изученных районов.

Термин «физическая глина» описывает совокупность всех мельчайших частиц почвы размером менее 0,01 мм, в то время как «физический песок» обозначает сумму всех крупниц габаритами больше 0,01 мм.

Таблица 2. Гранулометрический состав гумусового слоя почв различных районов г. Волгоград

Вариант		Кир.	Цент.	Держ.	Ворош.	КрОкт.	Сов.
Размер фракций, мм	1-0,25	50,1	6,3	3,1	70,3	68,4	50,7
	0,25-0,05	22,1	3,2	2,4	14,7	11,8	20,3
	0,05-0,01	7,9	32,5	34,1	3,5	2,6	32,4
	0,01-0,005	1,5	11,1	1,6	0,5	1,4	1,5
	0,005-0,001	1,6	16,4	5,9	0,1	0,2	0,4
	<0,001	16,8	30,5	52,9	10,9	10,7	4,7
Сумма фракций	<0,01 (ф. глина)	19,9	52,9	60,4	11,5	11,5	16,6
	>0,01 (ф. песок)	80,1	47,1	39,6	88,5	88,5	83,4
Разновидность по гранулометрическому составу		Супесч	Л.сугл	Л.сугл	Супесч	Супесч	Супесч

Исходя из таблицы, очевидно, что что только в Держинском и Центральном районах города ГМ соответствовал легкосуглинистой фракции, в то время как в остальных районах города установлен супесчаный гранулометрический состав.

3.2. Методы исследования

3.2.1. Рекогносцировочное обследование

На начальном этапе было проведено рекогносцировочное обследование территории города с целью выбора участков для отбора проб почвы. Особое внимание уделялось районам с высокой промышленной активностью и интенсивной транспортной нагрузкой.

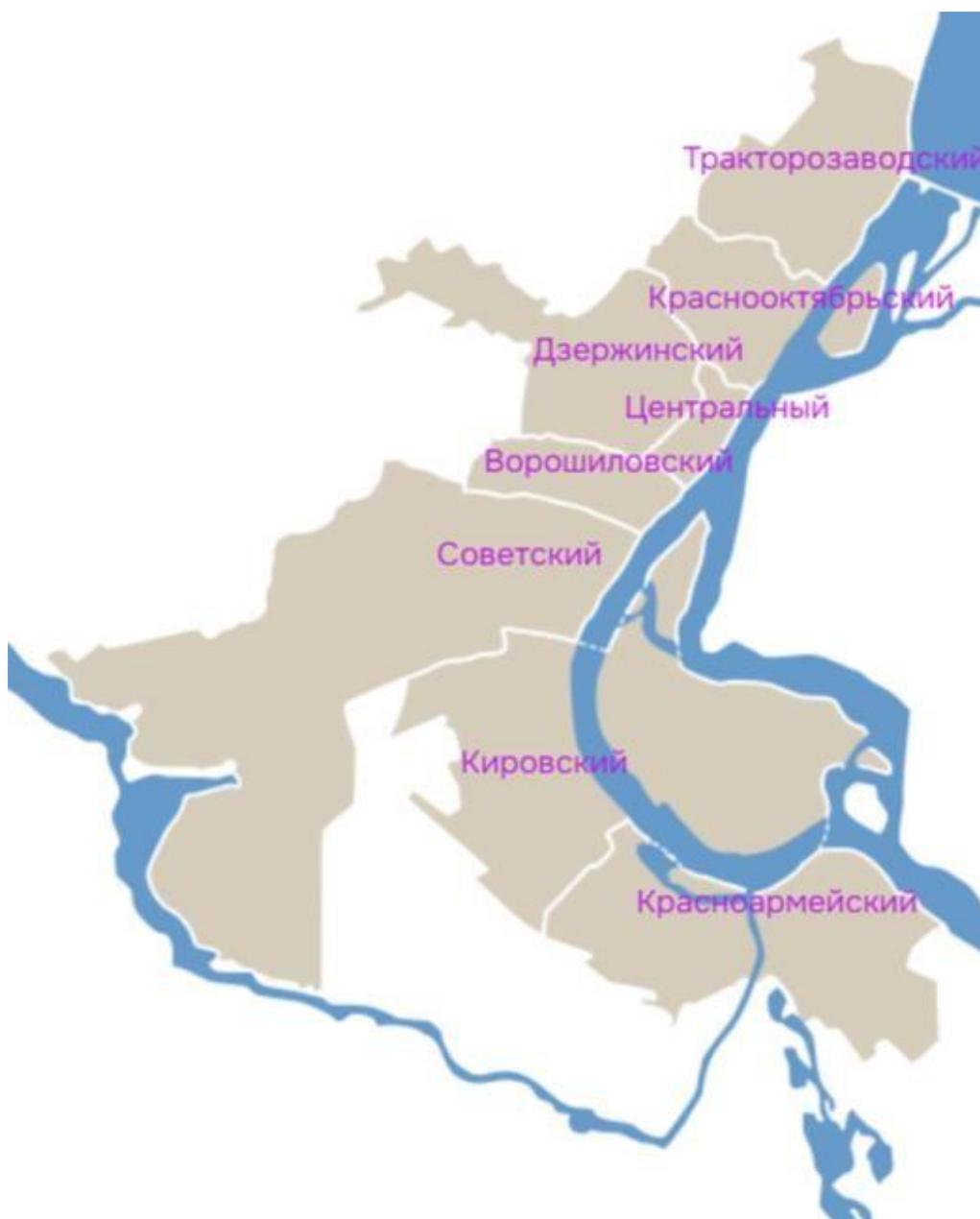


Рисунок 11 – Административное деление Волгограда

Было выбрано 5 районов города Волгограда:

Центральный район был выбран в связи с большим количеством парковых зон в нём (рис. 12).

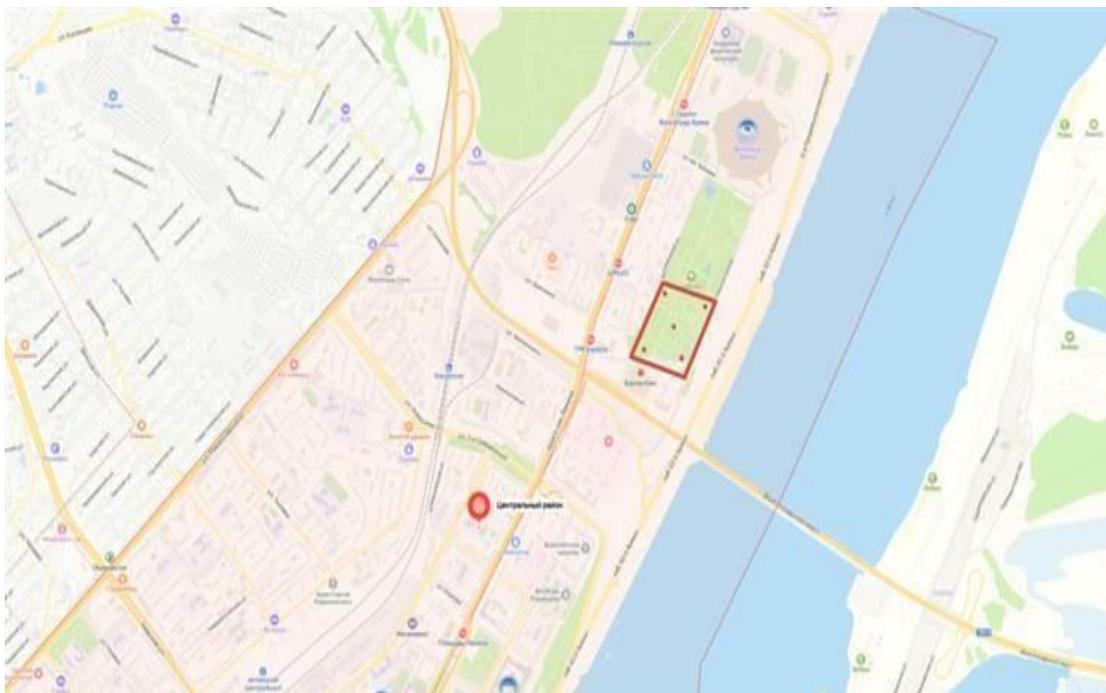


Рисунок 12 – Карта места отбора проб Центрального район

Район расположен в центральной части Волгограда, между Краснооктябрьским, Дзержинским и Ворошиловским районами города. Площадь района составляет 11,02 км². Именно здесь сосредоточены главные исторические памятники, культовые места памяти героев и величественная архитектура. Это место также является ключевым транспортным узлом города, где расположены железнодорожный и речной вокзалы.

Кировский район Волгограда расположен на левом берегу реки Волга, занимая обширную территорию между основными транспортными магистралями и береговыми линиями. Этот район отличается особой атмосферой и уникальным характером, сочетающим природную красоту, современные застройки и индустриальные зоны. Он был выбран для взятия проб вблизи предприятий в частности «Завод стройматериалов» и завод «Химпром» (рисунок 8), также же функционирует строительное предприятие, выпускающее железобетонные

конструкции. Расположен в 15 км от центра. Района географически располагается на середине живописной природной дуги, которую делает Волга, описывая довольно резкий поворот, прежде чем устремиться к Каспийскому морю. Соседними с данным районом являются Советский и Красноармейский районы.



Рисунок 13 – Карта места отбора проб почв в Кировском районе

Ворошиловский район Волгограда занимает важное стратегическое положение на карте города, являясь деловым, административным и культурным центром региона. Расположенный на правом берегу Волги, район протянулся вдоль набережной и охватывает территории вблизи ключевых транспортных узлов и основных городских магистралей. Важнейшими объектами района являются административный центр Волгоградской области, многочисленные офисные комплексы, деловые кварталы и представительства компаний федерального уровня. Особое значение имеет железнодорожный вокзал Волгоград-I, обеспечивающий удобный доступ к различным направлениям железнодорожного транспорта и способствующий активизации деловой активности

Ворошиловский район был выбран для взятия проб вблизи реки Волги (рисунок 14). Относится к числу одной из самых небольших территориальных единиц Волгограда.

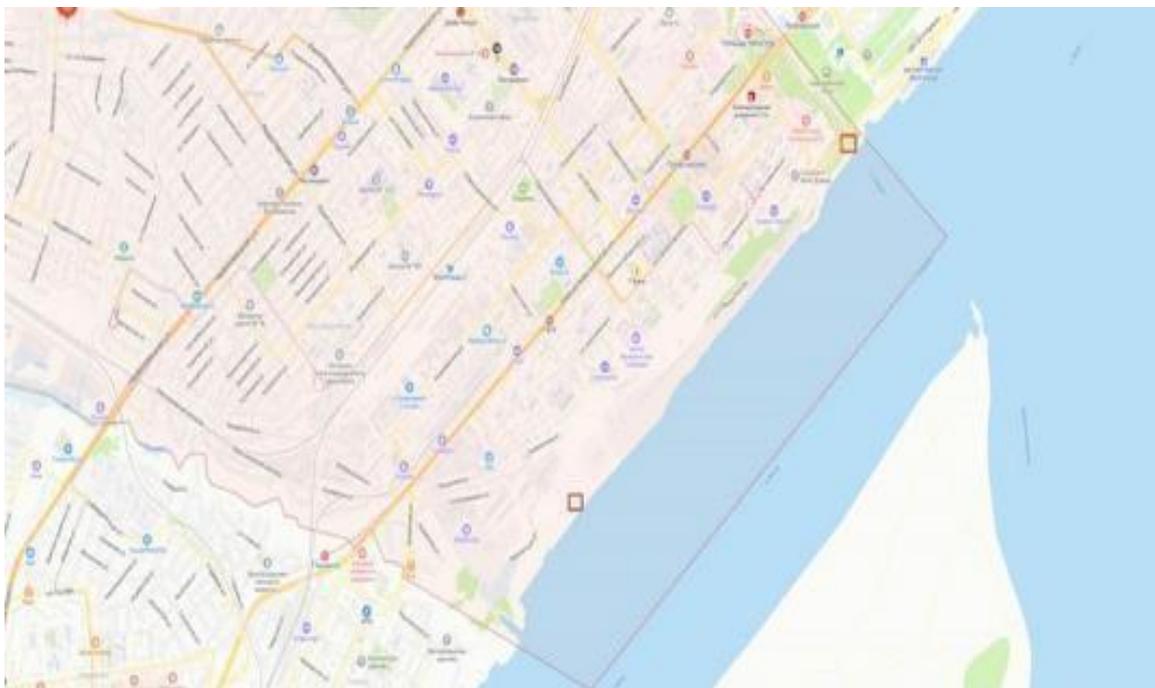


Рисунок 14 – Карта места отбора проб почв в Ворошиловском районе города

По району проходят три важные магистрали — Первая, Вторая и Третья Продольные. Здесь находится железнодорожный вокзал «Волгоград-2», речной порт и важная железнодорожная развязка. В районе мало крупных промышленных предприятий, но зато есть множество социально значимых объектов: образовательные, культурные, спортивные учреждения и объекты здравоохранения.

Краснооктябрьский район Волгограда раскинулся на западном берегу реки Волги, представляя собой важный промышленный и социально-культурный узел города. Он был взят по причине расположения в нём объектов металлургической и оборонной промышленности (рисунок 15). Свое название район получил от металлургического завода «Красный Октябрь» (прежнее название — «Урал-Волга»).

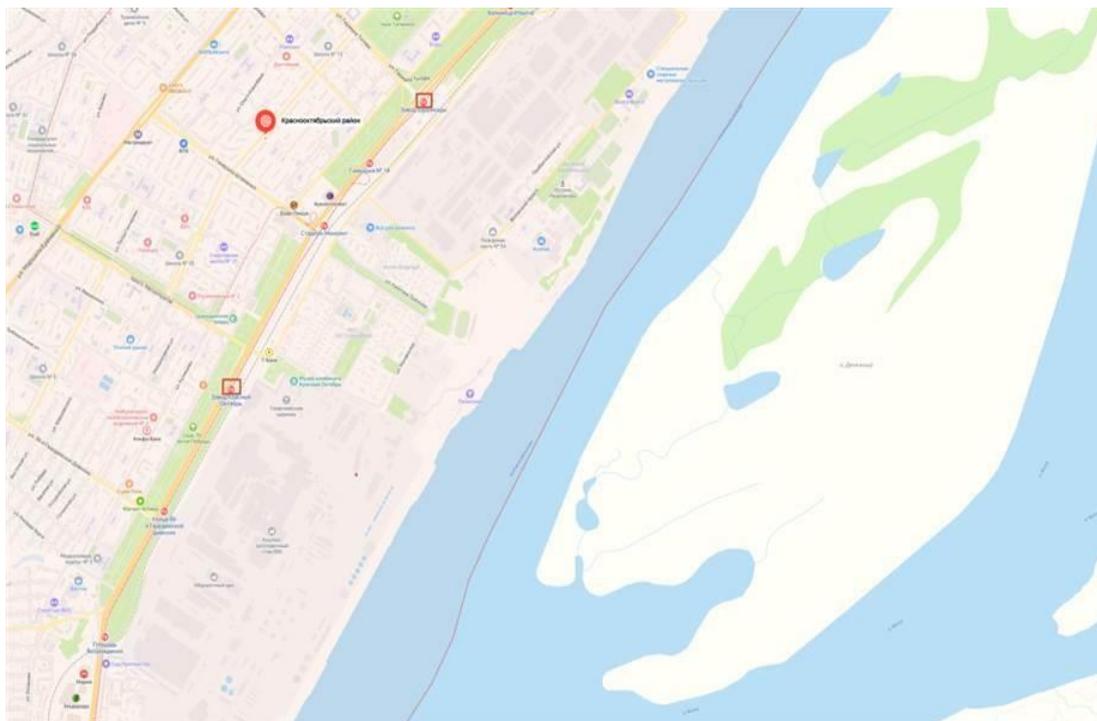


Рисунок 15 – Карта места обора почвенных проб в Краснооктябрьском районе

Самая зеленая зона Краснооктябрьского района Волгограда– парк культуры и отдыха имени Гагарина с находящимся на его территории уникальным ботаническим садом. В состав района входят незаселённый остров Денежный, а также близ располагающиеся поселки.

Дзержинский район Волгограда размещён на западной стороне города, простираясь вдоль левого берега реки Волги. Он был выбран как спальный район с плотной застройкой и большим количеством торговых центров (рисунок 11). Здесь находится множество промышленных объектов, вузов, организаций здравоохранения, а по количеству торговых предприятий район занимает второе место по городу.

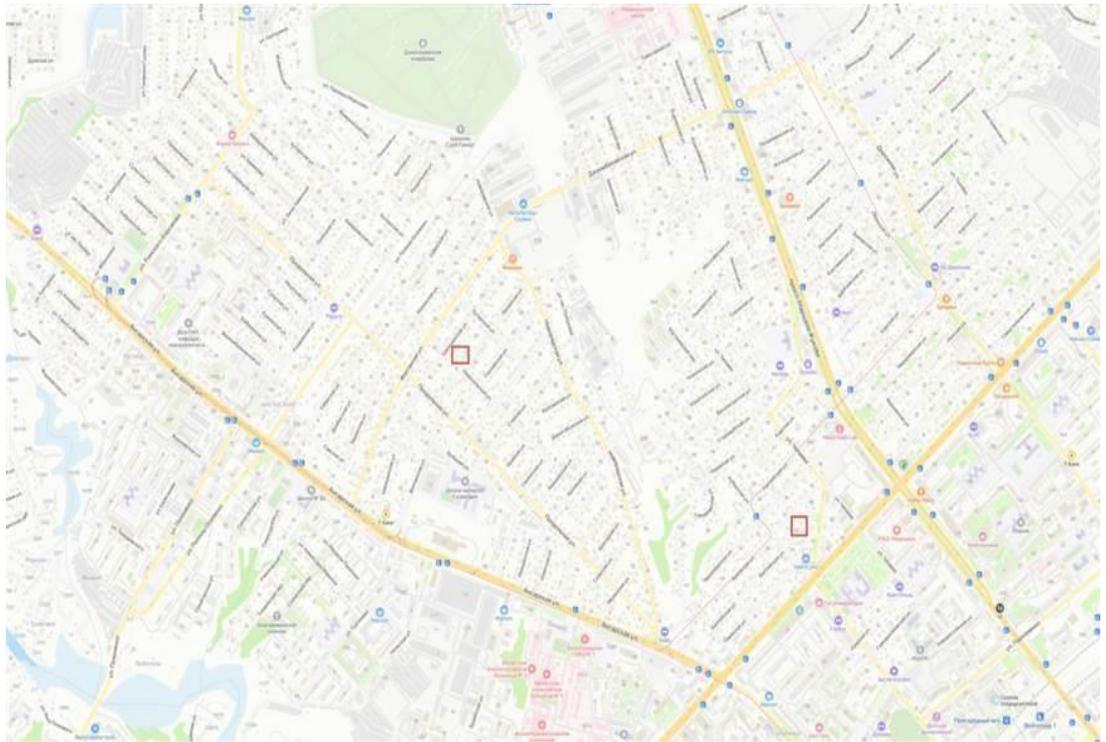


Рисунок 16 – Карта места отбора почвенных проб в Дзержинском районе

Таким образом, почвенные образцы отбирались из разных районов города с целью охватить различные функциональные зоны. Также хотелось бы отметить, что не смотря на большую историко-культурную значимость различных районов города, в них присутствуют общие недостатки. Во-первых, редко ремонтируются дороги, В городе с миллионом жителей всего 33 маршрута: 15 у автобусов, 8 у троллейбусов и 10 у трамваев, и это несмотря на то, что Волгоград протянулся вдоль реки почти на 60 километров. При этом в нем нет маршрута, который связывает отдаленные части города. В Волгограде грязный воздух: вредные выбросы превышают норму в три раза. Жители южных районов города испытывают приступы удушья из-за выбросов сероводорода. Предприятия «Каустик», «Омсктехуглерод», «НикоМаг», «Красный Октябрь» и другие регулярно загрязняют воздух. Данные факторы в значительной степени влияют на загрязнение почвенного покрова, в особенности тяжелыми металлами.

3.2.2 Отбор и методика изучения почвенных образцов

Отбор почвенных образцов производился по ГОСТ Р 53123-2008 (ИСО 10381-5:2005). Вышеуказанный государственный стандарт применяется для определения уровня загрязнения почв и оценке риска её использования для различных хозяйственных нужд и разработке рекомендаций по выбору способа рекультивации или применения почвы.

Сам метод заключался в отборе комбинированного почвенного образца массой в 1 кг с почвенных горизонтов 0-0,2 метра с учетных площадок с верхних горизонтов методом конверта.

Следующий этап за отбором образцов почвы включал в себя просушку образца естественным путём в хорошо вентилируемом помещении. Для этого образец было необходимо равномерно распределить на чистой бумаге или кальке и оставить до полного высыхания, без дополнительной термической обработки во избежание потери летучих органических соединений. После высыхания почва перемалывалась в ступке и хранилась в плотно закрывающейся таре.

Химические показатели почв по важнейшим биогенным элементам – общему углероду, азоту, подвижных форм азота и калия, а также рН определялись по классическим методикам [25].

Гранулометрический состав почв определялся по стандартной методике практикума по Физике почв [26].

Определение концентраций тяжёлых металлов выполнялись по методике М-МВИ 80-2008 для атомно-абсорбирующих спектрометров. В качестве определяющего прибора использовался пламенный атомно-абсорбирующий спектрометр «Квант-2А» с ртутно-гидридной приставкой в комплекте.

В дальнейшем полученные значения по тяжелым металлам сопоставляли с имеющимися ориентировочно-допустимыми концентрациями (ОДК) и предельно-допустимыми концентрациями (ПДК), указанными в ГН 2.1.7.2511–09 [11], ГН 2.1.7.2041–06 [10] и СанПиН 42-128-4433–87.

Показатель суммарного загрязнения (Z_c) рассчитывался по стандартной методике (МУ 2.1.7.730-99). Определялся коэффициент концентрации (K_{C_i}) тяжелого металла, отобранного в определенной точке относительно фона:

$$K_{C_i} = \frac{C_i}{C_{\phi}}, \text{ где}$$

Таблица 3 – Фоновые содержания валовых форм тяжелых металлов в почвах (мг/кг) для г. Волгограда

Горизонт	Zn	Pb	Ni	Mn	Cu	Co	Cd	Cr
A	54	16	28	680	20	12	0,2	14

Для комплексного анализа загрязнения рассчитывается суммарный показатель загрязнения (Z_c):

$$Z_c = K_{C_i} + \dots + K_{C_n} - (n - 1), \text{ где}$$

n — количество учитываемых химических элементов;

K_{C_i} — коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения, превышающий единицу.

При расчёте этого показателя важно знать, что необходимо учитывать только те элементы, где присутствуют превышения фоновых значений концентраций. Если включать в расчётную формулу все элементы, то это может привести к серьёзным неточностям и даже к отрицательным значениям этого показателя, чего не может быть на практике.

Глава 4. Загрязнение почв города Волгоград тяжелыми металлами.

4.1 Общая характеристика содержания ТМ в почвах некоторых районов г. Волгоград.

В городе-миллионнике Волгограде активно используются различные виды транспорта, а также развивается промышленность, особенно в сфере тяжёлого производства [27]. Стоит подчеркнуть, что данные объекты часто находятся в непосредственной близости от жилых районов и реки Волги, которая является важнейшей водной артерией региона, поэтому основное внимание было уделено тяжелым, источниками которых является транспорт и промышленность, а именно: цинку, свинцу, кадмию и хрому, которые относятся к первому классу (высокому) опасности для жизни людей, кобальту никелю и меди – второго класса (средней степени) опасности, а также марганцу – третьего класса опасности.

Таблица 3. Содержание валовой формы тяжелых металлов в верхнем слое городских почв в различных районах Волгограда

Район города	Глубина, см	Содержание ТМ, валовая форма, мг/кг							
		Zn	Pb	Ni	Mn	Cu	Co	Cd	Cr
Кировский	(0-10)	68,4	34,2	55,4	214	64,1	17,5	0,29	21,1
	(10-24)	52,8	12,6	32,1	124	24,3	5,3	0,09	12,4
Центральный	(0-10)	104,6	55,4	65,2	228	71,2	28,6	0,34	26,3
	(10-24)	41,5	18,9	24,3	115	25,6	4,3	0,11	11,2
Дзержинский	(0-10)	81,9	39,4	51,3	187	58,3	18,6	0,27	20,6
	(10-24)	30,8	14,8	24,6	109	23,1	3,7	0,05	10,5
Ворошиловский	(0-10)	78,2	28,4	61,2	195	62,9	21,3	0,21	19,3
	(10-20)	31,2	17,1	21,3	101	22,4	4,3	0,09	9,6
Краснооктябрьский	(0-10)	102,5	58,4	68,4	284	78,3	35,1	0,26	28,4
	(10-20)	41,3	24,3	41,2	117	28,3	6,7	0,11	12,8
Советский	(0-10)	91,3	59,3	53,7	174	62,1	28,2	0,19	18,6
	(10-20)	32,4	28,6	21,9	98	24,2	5,1	0,09	10,7
ГН 2.1.7.2041-06.	Фон	54	16	28	680	20	12	0,2	14
	ПДК	55	32	20				2	30
	ОДК				1500	33	50		

Как видно из представленной таблицы, средняя концентрация валовых форм ТМ в изучаемых образцах почв из различных районов возрастала в следующем порядке (мг/кг): Cd (до 0,2) < Co (до 14,9) < Cr (до 16,8) < Pb (32,6) < Ni (43,4) < Cu (45,4) < Zn 63,1 < Mn (до 162,2). Кроме того, отмечена общая тенденция – резкое снижение концентрации ТМ с глубиной. Таким образом, наибольшее количество изученных металлов обнаруживалось в слое 0-10 см.

Для того, чтобы охарактеризовать состояние изученных территорий города по загрязнению тяжелыми металлами, был рассчитан индекс загрязнения почв по каждому металлу по его превышению (кратности) к ПДК (ОДК).

4.2 Индекс загрязнения почв (кратность к ПДК)

4.2.1. Кобальт (Co)

Кобальт, будучи тяжёлым металлом, принадлежит ко второму классу опасности. Это значит, что он представляет собой вещество, которое может нанести вред окружающей среде и здоровью людей. Согласно методическим рекомендациям, кобальт, как и другие металлы этого класса, может быть опасен для окружающей среды и здоровья человека, если он попадает в почву в результате выбросов, сбросов или отходов. Основные источники – промышленные отходы и использование в качестве удобрений в растениеводстве [28].

Как видно, из представленного рис. 12, содержание кобальта в образцах изученных почвенных слоев существенно варьировало от 17 до 35 мг/кг почвы, однако ОДК кобальта, составляющего 50 мг/кг не превышало. Данный факт имеет существенное значение с экологической и гигиенической точки зрения, так как поддержание концентрации кобальта в пределах ОДК обеспечивает безопасность проживания и хозяйственной деятельности на рассматриваемых территориях. Отсутствие превышения ОДК кобальта свидетельствует о хорошем качестве обследованного участка и низкой вероятности возникновения проблем

со здоровьем населения, проживающего на этой территории. Тем не менее, рекомендуется регулярный мониторинг уровня концентрации кобальта, чтобы своевременно выявить возможные изменения и принять необходимые профилактические меры.

С глубиной, в слое 10-24 см отмечено резкое снижение данного показателя по сравнению с выше залегающим гумусовым слоем.

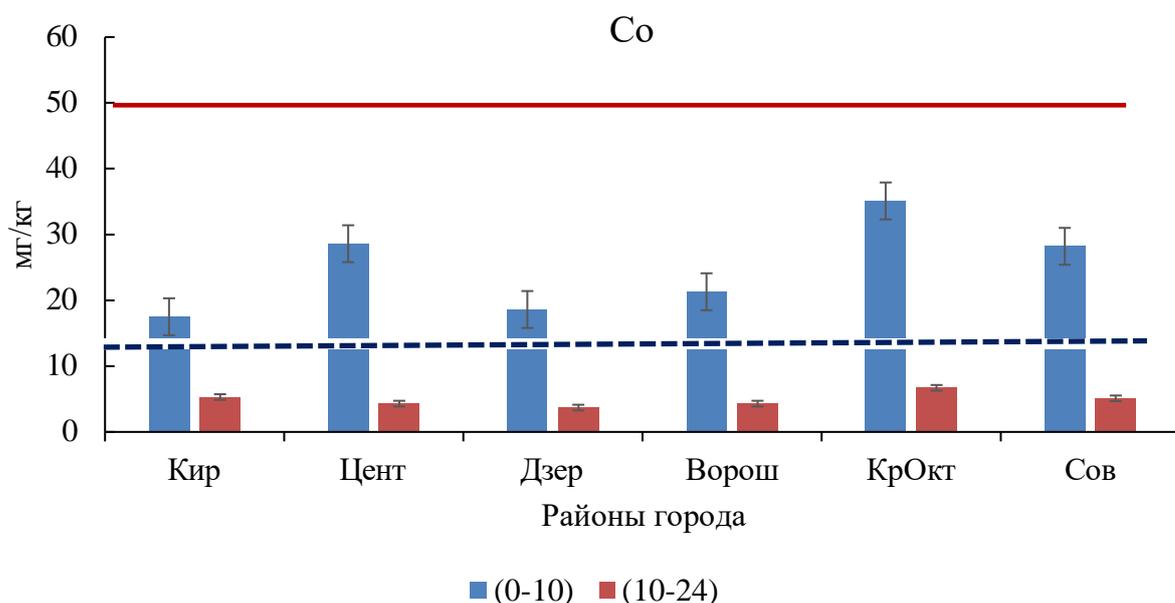


Рисунок 17 - Содержание валовой формы кобальта в пробах почв гумусовых слоев, расположенных в различных районах Волгограда. Где синяя пунктирная линия – фоновая концентрация для почв Волгограда, красная – ОДК

Однако, следует отметить, что наблюдалось превышение фоновой концентрации по данному металлу, в частности, максимальное количество было установлено в Краснооктябрьском районе, в среднем в три раза, а также в Центральном районе – в среднем в 2 раза. Таким образом, сохранение концентрации кобальта в пределах установленной нормы играет ключевую роль в обеспечении безопасного существования экосистемы и общества. Минимальные значения валовой формы кобальта в верхнем гумусовом слое наблюдались в Кировском и Дзержинском районах города.

В целом, отсутствие превышения ОДК по данному металлу, относящегося ко 2 классу опасности позволяет все районы города, где изучалась его концентрация отнести к неопасной степени загрязнения.

4.2.2 Медь (Cu)

Высокие концентрации меди в почвах опасны как для растений, так и для людей. Они вызывают токсические эффекты у растений, нарушают их развитие и могут накапливаться в тканях, а также приводят к хроническому отравлению при поступлении в организм человека. К основным антропогенным источникам данного металла относятся поступления, связанные с деятельностью человека, такими как использование медьсодержащих пестицидов, загрязнение атмосферы выбросами металлургических предприятий и другие промышленные процессы [29].

ОДК меди составляет 33 мг/кг, на графике наблюдается явное превышение концентрации. Это значит, что содержание меди в почвах превышает установленные ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК), что сигнализирует о повышенном уровне загрязнения.

Было установлено, что концентрация валовой форме меди существенно превышала значения ОДК, в особенности в Краснооктябрьском районе, которая составила 2,4 ОДК и в Центральном районе, достигнув 2,2 ОДК. В то время как в остальных районах данный показатель превышал ориентировочную допустимую концентрацию в 1,8 и 1,9 раза. Максимальная концентрация меди в слое 0-10 см была установлена в Краснооктябрьском районе, и она составила 78 мг/кг, а минимальная – в Дзержинском районе – 58 мг/кг.

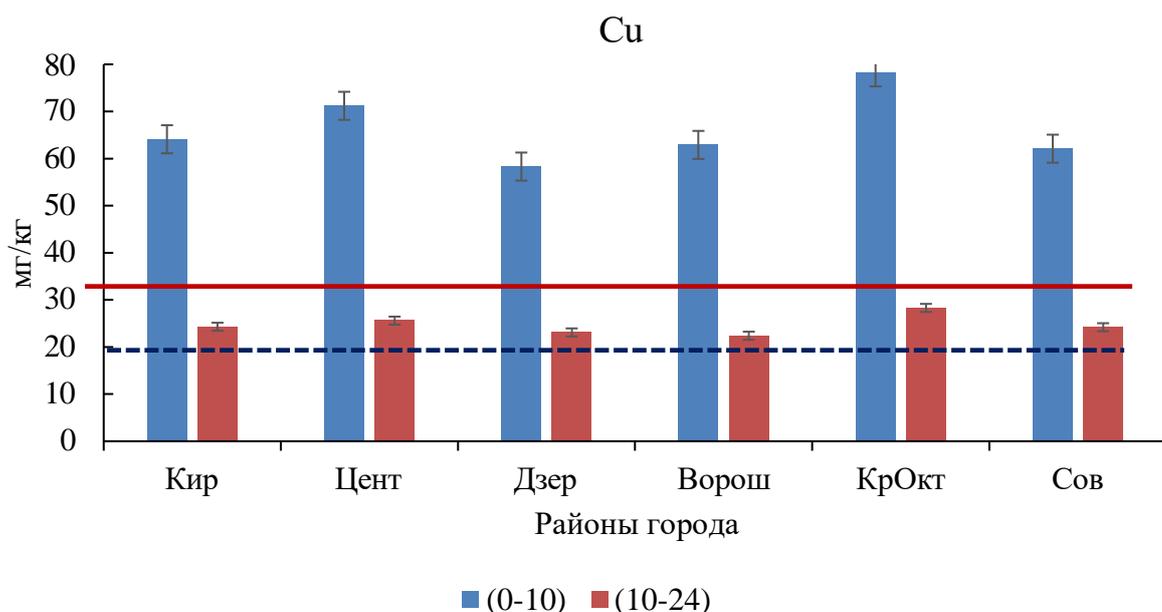


Рисунок 18 - Содержание валовой формы меди пробах почв гумусовых слоев, расположенных в различных районах Волгограда. Где синяя пунктирная линия – фоновая концентрация для почв Волгограда, красная – ОДК

С глубиной концентрация валовой формы меди снижалась в среднем 2,5 раза, однако не существенно ниже ОДК. В данном слое городских почв Волгограда наблюдалось в том же Краснооктябрьском районе (28 мг/кг), а также в Центральном районе – 25,6 мг/кг.

Следует отметить, что все слои почв, которые изучались на концентрацию валовой формы металла, даже в слое 10-24 превышали фоновую концентрацию почв, характерную для почв Волгограда.

В целом, следует отметить, что для металла 2 класса опасности, данное превышение концентрации попадает в допустимую категорию загрязнения, однако высокий уровень меди в почве зачастую возникает вследствие сброса отходов металлургических предприятий, горноперерабатывающей промышленности, интенсивного внесения удобрений, содержащих соли меди, а также активного транспортного движения и выхлопных газов автомобилей. Такое положение дел требует незамедлительного реагирования со стороны контролирующих органов, включая установление точного источника

загрязнения, разработку эффективных мер борьбы с ним и создание планов по реабилитации пострадавших участков.

4.2.3 Свинец (Pb)

Свинец относится к числу металлов, вызывающих риск возникновения онкологических заболеваний у людей, поэтому высокие концентрации данного металла в почвах – опасны для человека. Основной причиной высоких концентраций Pb в почвах длительное время считалось, что свинец добавляли в состав бензина для повышения его октанового числа. Из-за низкой подвижности ионов свинца это приводило к его накоплению в почве. Несмотря на решение проблемы с содержанием свинца в топливе, вопрос загрязнения окружающей среды этим металлом остаётся актуальным. Это связано с тем, что свинец накапливается не только на крупных автомагистралях, но и на предприятиях цветной металлургии, а также в системах по сжиганию отходов, где не предусмотрены системы очистки отходящих газов, выбросах от электротеплоцентралей [30].

На рисунке 14 представлено распределение концентрации Pb в верхних гумусовых слоях городских почв, расположенных в разных районах города. Как видно из данного рисунка, концентрация данного в почвах существенно варьировала – от 12, 6 мг/кг в слое 10-24 до 59 мг/кг в слое 0-10 см, в зависимости от района города. Сохранилась общая тенденция, как и для других изученных металлов - снижение концентрации металла с глубиной. В данном исследовании в слое 10-24 уже наблюдалось существенное снижение показателя, в среднем 3 раза, по сравнению с верхним гумусовым слоем 0-10 см.

Более подробный анализ показал, что в сразу трех районах города наблюдалось существенное превышение ПДК – Советском, Краснооктябрьском и Центральном. Максимальное превышение было характерно для Советского и Краснооктябрьского районов, где функционируют в большом количестве заводов и предприятий, занимающихся металлургией, а само превышение

составило 1,8 ПДК. Несколько ниже, а именно 1,7 ПДК было установлено по данному металлу в Центральном районе, где наблюдается огромный автомобильный трафик, а также функционируют железнодорожный и речной вокзалы.

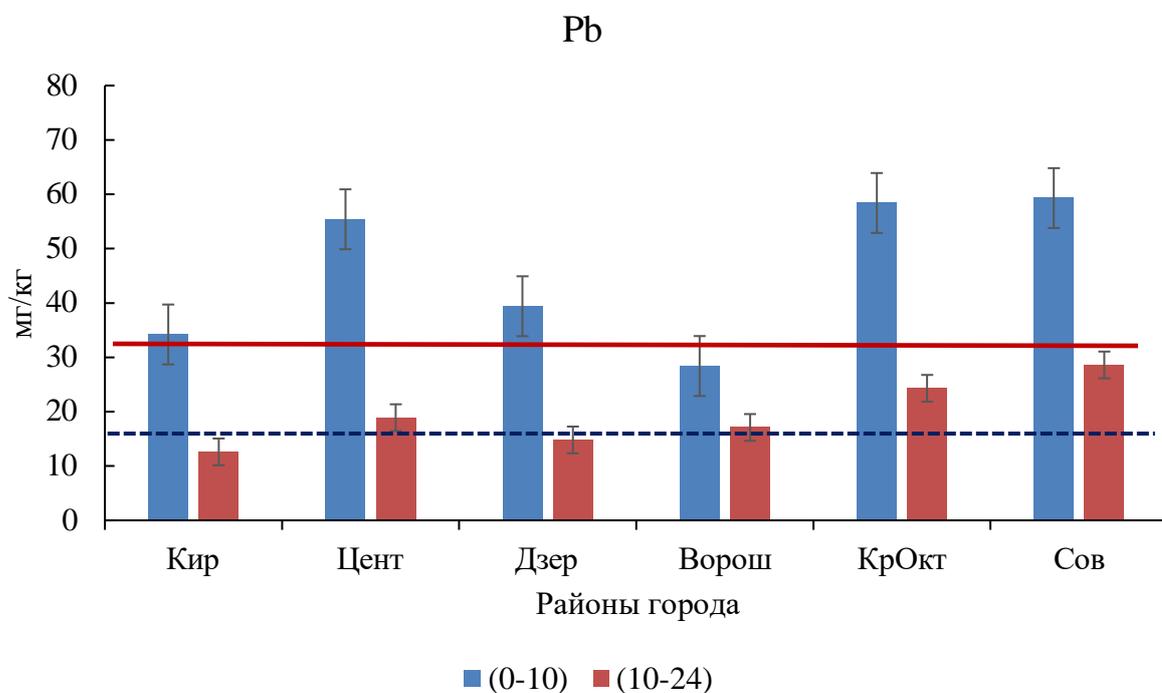


Рисунок 19 - Содержание валовой формы свинца в пробах почв гумусовых слоев, расположенных в различных районах Волгограда. Где синяя пунктирная линия – фоновая концентрация для почв Волгограда, красная – ПДК

Несущественно ниже концентрация свинца наблюдалась в Ворошиловском районе города, которая была на 4 мг/кг ниже по сравнению с ПДК, а в Ворошиловском районе она соответствовала 1 ПДК.

Сравнивая концентрацию валовой формы свинца с фоном, хочется отметить, что в Советском и Краснооктябрьском районах даже в глубже залегающем слое 10-24 см он был превышен.

Данное обстоятельство вызывает серьезную обеспокоенность, поскольку свинец относится к высокотоксичным веществам первого класса опасности,

оказывающим негативное воздействие на здоровье человека и животных даже при низких уровнях экспозиции.

Однако, в связи с тем, что показатель кратности не превысил 2-кратного значения, по своей совокупности данное загрязнение тяжелым металлом также относится к допустимой степени загрязнения.

4.2.4 Цинк (Zn)

Цинк представляет собой химический элемент периодической системы элементов Д.И. Менделеева с атомным номером 30. Широко используется в промышленности, в частности в гальванике для предотвращения ржавления металлов, при литье под давлением. Оксид цинка используется в производстве: красок, косметики, мыла, дезодорантов, шампуня от перхоти, при производстве оружия, электрооборудования, аккумуляторов. Поэтому, попадая в окружающую среду, он становится для нее токсичным [31].

На рис. 20 представлено распределение металла в образцах почв в различных районах города

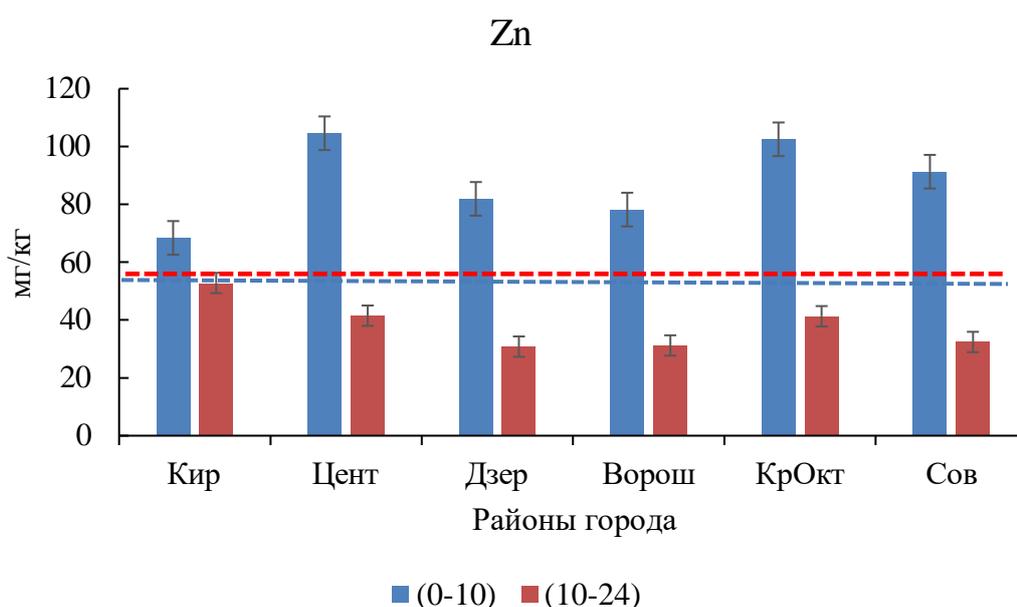


Рисунок 20 - Содержание цинка в валовой форме в пробах почв гумусовых слоев, расположенных в различных районах Волгограда. Где синяя пунктирная линия – фоновая концентрация для почв Волгограда, красная – ПДК

Было установлено факт, что все изученные почвы верхнего слоя 0-10 см превышали как фоновые концентрации металла в почве, который в городе составляет 54 мг/кг, так и ПДК. Максимальное превышение было определено в почвах Центрального и Краснооктябрьского районов города, которое составило 1,9ПДК. Несущественно меньше, а именно 1,7 ПДК пришлось на Советский район Волгограда. Дзержинский и Ворошиловский районы заняли промежуточное положение – 1,5 и 1,4ПДК, соответственно, а менее всего концентрация цинка превышала в Кировском районе – 1,2 ПДК.

Превышение предельной концентрации цинка (Zn) обозначает факт обнаружения данного элемента в количествах, превышающих установленные законом лимиты. Согласно нормам, предельно допустимая концентрация (ПДК) цинка составляет 55 мг/кг. Если установлено превышение указанного значения, это свидетельствует о потенциальной опасности для здоровья человека и окружающей среды.

Также было установлено, что в следующем гумусовом слое 10-24 концентрация цинка резко уменьшалась, в среднем в 2-3 раза по сравнению с верх расположенным слоем.

Близость к промышленным зонам, транспортным магистралям, местам хранения отходов может приводить к повышенному содержанию цинка. Наиболее подвижен цинк в кислых лёгких минеральных почвах. Это свойство имеет практическое значение, поскольку определяет возникновение дефицита цинка в растениях [32]. Интересно, что корневая система растений часто содержит больше цинка, чем надземные части. Возможно, из-за того, что изучаемые почвы имеют нейтральную и слабощелочную реакцию среды, в почвенном слое 0-10 см накопилась высокая концентрация металла.

4.2.5 Марганец (Mn)

Марганец играет важную роль в почвенной среде, влияя как на ее физические, так и на химические свойства, на рост и здоровье растений. Как компонент фотосинтеза, марганец является важным элементом в метаболизме растений. Он является структурным компонентом белка фотосистемы II, расщепляющего воду, а также хранит и доставляет электроны в реакционные центры хлорофилла. Кроме того, Mn является важным металлическим компонентом многих ферментов, включая аргиназу, глутаминсинтетазу, пируваткарбоксилазу и супероксиддисмутазу марганца. Он может влиять на pH почвы, доступность питательных веществ и микробную активность. Избыток марганца в почве может привести к токсичности и затруднить рост и развитие растений.

На содержание марганца в почве влияют аммиачные соединения азота и хлориды калия, которые увеличивают количество доступных форм этого микроэлемента. Обработка почвы и другие методы, улучшающие её аэрацию, помогают уменьшить содержание подвижного марганца в почве. Основными источниками загрязнения являются промышленные предприятия, транспорт, сельскохозяйственная деятельность, горнодобывающая [33;34]. На рис. 21 представлено распределение металла в образцах почв в различных районах города.

Согласно действующему законодательству, ОДК марганца составляет 1500 мг/кг сухой массы почвы. Полученные данные свидетельствуют о том, что в исследуемых участках не было зафиксировано случаев превышения данного показателя. Следовательно, имеющиеся пробы демонстрируют стабильное низкое присутствие марганца, что положительно характеризует общую картину загрязнения изучаемой территории.

При этом, максимальное количество марганца было установлено в Краснооктябрьском районе города, где оно достигало средней величины 280 мг/кг, что в три раза меньше, чем ОДК.

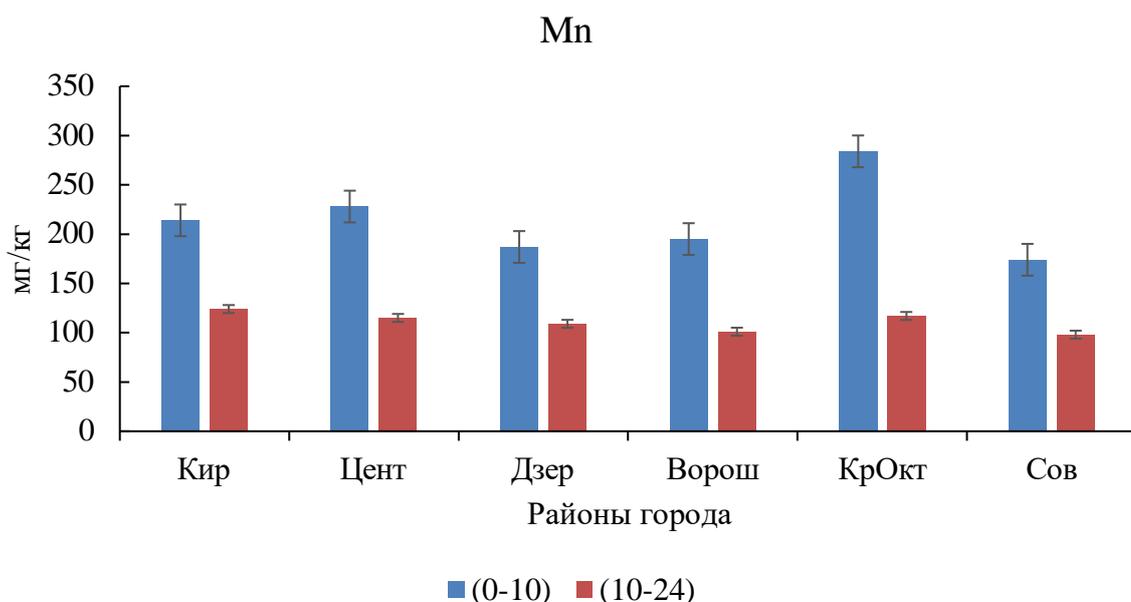


Рисунок 21 - Концентрация валовой формы марганца в пробах почв гумусовых слоев, расположенных в различных районах Волгограда. ОДК =1500 мг/кг

Наименьшие концентрации данного металла были установлены в Дзержинском и Советском районах города, которое варьировало около 170-180 мг/кг без существенных различий между данными вариантами. В Кировском и Центральном районах города данный показатель перевалил за значения чуть больше 220 мг/кг.

С глубиной количество марганца также, как и в ранее рассмотренных вариантах резко сокращалось, и варьировало в среднем от 100 до 120 мг/кг, без существенных различий между изученными образцами из разных районов города.

Если в почве недостаточно марганца, растения могут испытывать дефицит марганца, который в первую очередь влияет на молодые листья, что приводит к таким симптомам, как межжилковый хлороз (пожелтение между жилками). Это может проявляться в виде бледно-зеленых или желтых пятен, особенно в областях между жилками листа, в то время как сами жилки могут оставаться зелеными. В тяжелых случаях листья могут стать коричневыми и увядать. Кроме того, дефицит

марганца может препятствовать росту и урожайности, делая растения более восприимчивыми к стрессу окружающей среды и болезням [35].

4.2.6. Никель (Ni)

Никель (химический символ Ni, атомный номер 28) является одним из наиболее распространенных тяжелых металлов, встречающихся в природе. Ni может быть найден в почвах в различных формах, включая неорганические минералы, которые поглощаются поверхностями органических катионов или комплексами на поверхностях неорганического катионного обмена. Концентрации Ni в почвах сильно различаются в зависимости от материнской породы, в первую очередь из-за выбросов в атмосферу. Однако процессы почвообразования и загрязнение также влияют на его присутствие в поверхностных почвах. В целом, глины, сланцы, песчаники и известняки содержат низкие концентрации Ni, в то время как почвы, состоящие из магматических пород, содержат относительно более высокие концентрации Ni.

Загрязнение никелем представляет собой серьезную экологическую проблему, вносит значительный вклад в накопление Ni в почвах и водах. Земная кора естественным образом содержит 3% Ni, с самой высокой концентрацией в расплавленных ядрах Fe–Ni (10%) и океане (8 миллиардов тонн), что ставит его на 24-е место среди наиболее распространенных элементов. Ni попадает в наземные экосистемы через естественные источники (выветривание, эрозия и извержения вулканов и антропогенные процессы (гальванопокрытие, свалки, горнодобывающая деятельность, промышленные стоки и муниципальные канализационные осадки).

Несмотря на риски, связанные с загрязнением почв Ni, он остается важным микроэлементом для растений, который участвует в нескольких биологических процессах, включая синтез фитоалексинов. Например, дефицит Ni в растениях ухудшает вегетативный рост, ускоряет старение, изменяет метаболизм азота (N) и снижает усвоение железа (Fe). Аналогичным образом,

недостаточное количество Ni может подавлять уреазу (фермент, содержащий Ni), прерывая усвоение азота [].

На рис. 22 представлено распределение металла в образцах почв в различных районах города.

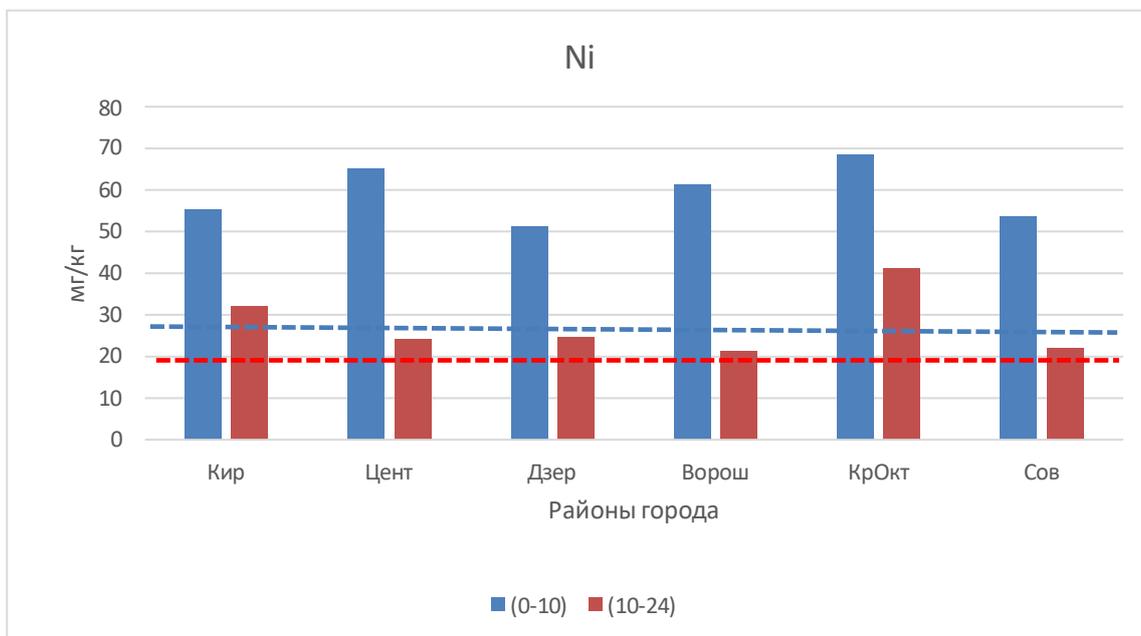


Рисунок 22 - Содержание валовой формы никеля в пробах почв гумусовых слоев, расположенных в различных районах Волгограда. Где синяя пунктирная линия – фоновая концентрация для почв Волгограда, красная – ПДК

Анализируя полученные результаты исследований, мы обнаружили существенное превышение допустимого уровня содержания никеля (Ni) в образцах окружающей среды. Установленная величина предельно допустимой концентрации (ПДК) никеля составляет 20 мг/кг сухого веса почвы, что заметно ниже любой из зафиксированных нами показателей. Более того, наблюдается отклонение от стандарта даже в условиях фона, когда ожидалось бы минимальное проявление загрязнений.

Был установлен факт, что все изученные почвы верхнего слоя 0-10 см превышали как фоновые концентрации металла в почве, который в городе

составляет 28 мг/кг, так и ПДК. Максимальное превышение было определено в почвах Центрального, Краснооктябрьского и Ворошиловского районов города, которое составило больше 3 ПДК. Несущественно меньше, а именно 2,8 ПДК пришлось на Советский район Волгограда и Кировский. В Дзержинском районе было определено превышение в 2,6 ПДК, которое было наименьшим из всех изученных районов.

Если установлено превышение указанного значения, это свидетельствует о потенциальной опасности для здоровья человека и окружающей среды.

Также было установлено, что в следующем гумусовом слое 10-24 концентрация цинка резко уменьшалась, в среднем в 2-3 раза по сравнению с верх расположенным слоем, но оно также превышало ПДК.

4.2.7 Кадмий (Cd)

Кадмий (Cd) — микроэлемент, широко распространенный в окружающей среде. Относится к числу наиболее токсичных для живых организмов. Как геогенные, так и антропогенные источники могут повышать концентрацию Cd в почвах и грунтовых водах, которые важны для поддержания здоровых запасов продовольствия и безопасной питьевой воды. Повышенные дозы Cd канцерогенны для окружающей среды [36].

В городских почвах загрязнение кадмием в первую очередь происходит из-за промышленной деятельности, выбросов транспортных средств и утилизации отходов. Промышленные процессы, такие как добыча, выплавка и производство, выбрасывают кадмий в окружающую среду, в то время как выхлопные газы транспортных средств и износ шин способствуют его накоплению в придорожных почвах. Свалки и сжигание отходов, включая электронные отходы, также выбрасывают кадмий в окружающую среду. Основное накопление данного металла приходится на верхний слой почвы [37].

На рис. 23 представлена гистограмма среднего накопления кадмия в верхних слоях городских почв в разных районах Волгограда.

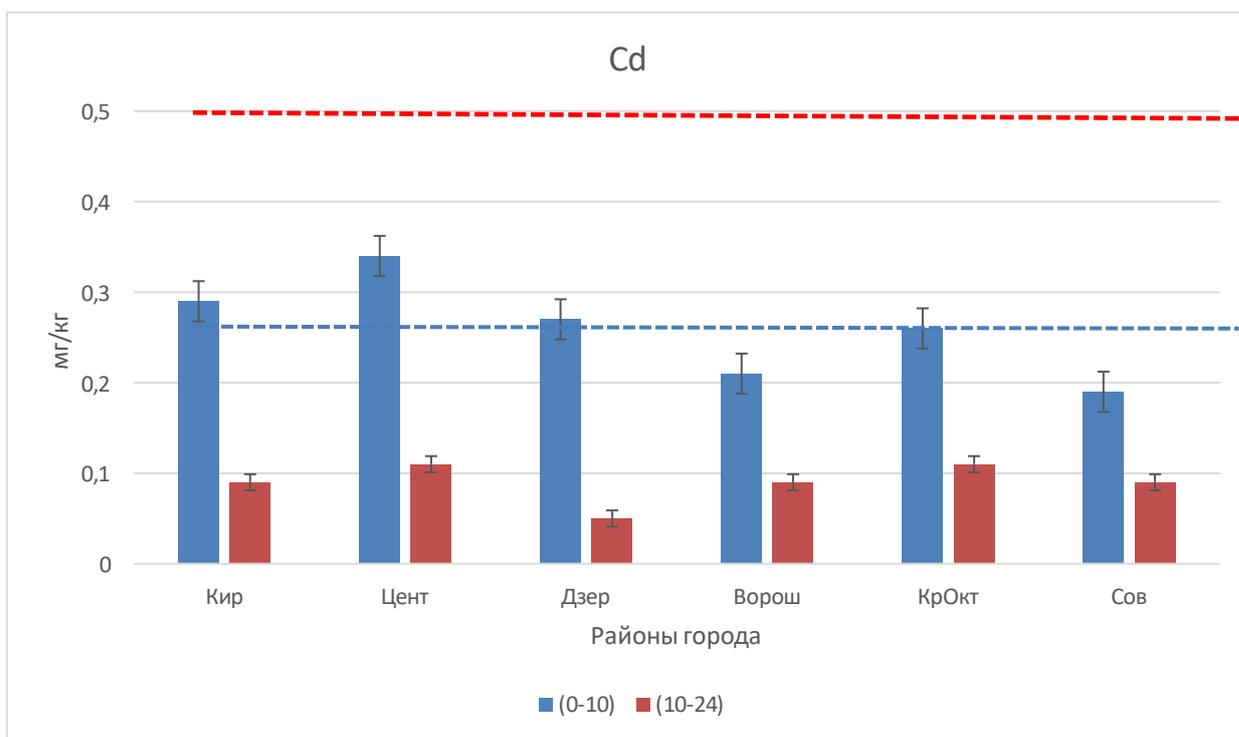


Рисунок 23 - Содержание валовой формы кадмия в пробах почв гумусовых слоев, расположенных в различных районах Волгограда. Где синяя линия – фон металла для почв города (0,2 мг/кг). Красная линия - ОДК по Cd – 0,5 мг/кг

Лабораторные анализы показали, что концентрации кадмия в исследуемых образцах почвы не превышают норму, установленную нормативно-правовыми актами, регулирующими охрану окружающей среды. Стоит обратить внимание, что фоновая концентрация кадмия на уровне 0,2 мг/кг, что отражает безопасный порог содержания кадмия, не представляющий угрозы для здоровья человека и экологического равновесия.

Наши исследования однозначно подтверждают, что предельно допустимые концентрации вредных веществ не превышены даже в самом верхнем, наиболее биологически активном слое почвы толщиной до десяти сантиметров. Этот верхний десятисантиметровый слой играет ключевую роль в экосистеме: здесь протекают важнейшие жизненные циклы растений, активно размножаются бактерии и грибы, участвующие в переработке органики и поддержании естественного плодородия почв.

Рассматривая основные концентрации металла в почвах разных районов города, можно рассмотреть тренд его накопления. Максимальное количество Cd было установлено в образцах верхнего слоя почв Центрального района города, которое существенно превышало соответствующий показатель в других районах – 0,34 мг/кг. Промежуточное положение заняли Кировский, Дзержинский и Краснооктябрьский районы, здесь количество металла варьировало от 0,26 до 0,28 мг/кг, без существенных статистических различий. Менее всего кадмия обнаружено в Ворошиловском и Советском районах города, а в последнем его концентрация была даже ниже фоновых значений – 0,19 мг/кг.

Как было показано и в предыдущих результатах изученных металлов, по кадмию также сохраняется тенденция резкого снижения концентрации с глубиной почвенного профиля. Стоит помнить, что даже при низком содержании кадмия в почве, он может накапливаться в пищевых цепях и постепенно повышать его концентрацию в организмах.

4.2.8. Хром (Cr)

Хром (Cr) — распространенный тяжелый металл, имеющий существенное значение в биотехнологии и медицинской практике, относится к группе малотоксичных металлов. Его основные формы различаются по степени валентности и характеру воздействия на организм человека и природу в целом. Токсичность и канцерогенность хрома — сложный процесс. Механизмы опосредуются промежуточными продуктами во время внутриклеточного восстановления Cr^{6+} и Cr^{3+} вместе с окислительной реакцией. Затем он частично опосредуется трехвалентной формой, которая образуется путем восстановления шестивалентной формы и образует токсичные комплексы. Как и для большинства тяжелых металлов, основными источниками металла в городских почвах относятся выбросы промышленных предприятий, автотранспорт и бытовые отходы [38].

На рис. 24 представлена гистограмма среднего накопления кадмия в верхних слоях городских почв в разных районах Волгограда.

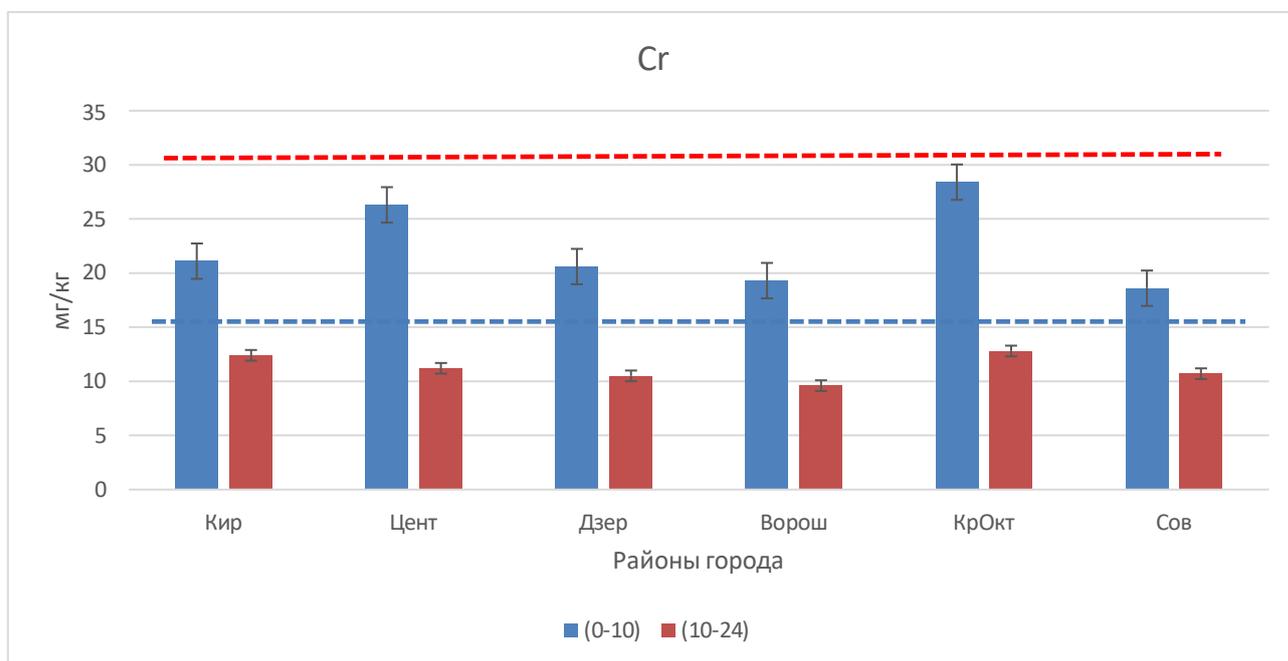


Рисунок 24 - Содержание валовой формы хрома в пробах почв гумусовых слоев, расположенных в различных районах Волгограда. Где синяя пунктирная линия – фоновая концентрация для почв Волгограда, красная – ОДК

Как видно из представленного рисунка, верхние слои почв различных районов города превышают фоновые концентрации металла, характерные для почв Волгограда. Однако, ориентируясь на установленную ориентировочно допустимую концентрацию (ОДК) хрома, равную 30 мг/кг, наши исследования показали полное отсутствие случаев превышения указанного норматива. Это свидетельствует о том, что содержание хрома в образцах почв соответствует установленным безопасным стандартам и не создает угроз ни для окружающей среды, ни для здоровья населения.

По результатам наших измерений установлено, что в представленных пробах почвы содержание хрома находится в пределах допустимых значений, что служит положительным сигналом для специалистов, работающих в сфере охраны окружающей среды и здоровья человека. Продолжение регулярного мониторинга

и контроля обеспечат уверенность в отсутствии угроз, связанных с повышенным содержанием хрома, позволяя сохранять стабильное экологическое равновесие на контролируемой территории.

Рассматривая тенденции накопления хрома в почвах города, выявлено, что наибольшее его количество приходится на Центральный и Краснооктябрьский районы города, в среднем, достигая величин до 26 и 28 мг/кг, соответственно. Возможно, это связано с загрязнением от выхлопных газов автомобилей, которых больше именно в данных районах города. Минимальные количества данного металла установлены для Ворошиловского и Советского районов – 18 и 19 мг/кг.

С глубиной почвенного профиля концентрация Cr снижается в среднем в 2 раза, варьируя от 9,6 до 12 мг/кг почвы. Подвижность хрома зависит от сорбционных характеристик почвы, включая содержание глины, содержание оксида железа и количество присутствующего органического вещества. Хром может переноситься поверхностным стоком в поверхностные воды в растворимой или осажденной форме.

Поэтому более пристальное внимание следует уделять верхнему 10-ти сантиметровому слою почвы, который помогает предложить в дальнейшем адекватные способы защиты и восстановления почвенных экосистем, загрязненных тяжелыми металлами. Современное законодательство, касающееся охраны окружающей среды и общественного здравоохранения, как на национальном, так и на международном уровне, основано на данных, характеризующих химические свойства явлений окружающей среды, особенно тех, которые находятся в нашей пищевой цепи.

4.3 Оценка суммарного загрязнения почв различных районов Волгограда тяжелыми металлами

Валовое содержание тяжелых металлов характеризует общую загрязненность почвы. Однако, для полноты картины необходимо учитывать токсичность металла, которым присваиваются переводные коэффициенты,

представленные в таблице 5. Главным образом из-за того, что нет различий в стандартах для разных природных и климатических зон и видов хозяйственной деятельности, сложно объективно оценить уровень загрязнения почвы. Токсическое воздействие загрязняющих веществ зависит от конкретных условий в окружающей среде.

Таблица 5. Концентрация тяжелых металлов в почвенных образцах, отобранных из слоев почвы, расположенных на территории административных районов исследования с учетом их токсичности

Район города	Кг	Zn	Pb	Ni	Mn	Cu	Co	Cd	Cr
		I	I	II	III	II	II	I	I
	Глубина, см	1,5	1,5	1,5	0,5	1	1	1,5	1,5
Кир	(0-10)	102,6	51,3	83,1	107,0	64,1	17,5	0,4	31,7
	(10-24)	79,2	18,9	48,2	62,0	24,3	5,3	0,1	18,6
Центр	(0-10)	156,9	83,1	97,8	114,0	71,2	28,6	0,5	39,5
	(10-24)	62,3	28,4	36,5	57,5	25,6	4,3	0,2	16,8
Дзерж	(0-10)	122,9	59,1	77,0	93,5	58,3	18,6	0,4	30,9
	(10-24)	46,2	22,2	36,9	54,5	23,1	3,7	0,1	15,8
Ворош	(0-10)	117,3	42,6	91,8	97,5	62,9	21,3	0,3	29,0
	(10-20)	46,8	25,7	32,0	50,5	22,4	4,3	0,1	14,4
КрОкт	(0-10)	153,8	87,6	102,6	142,0	78,3	35,1	0,4	42,6
	(10-20)	62,0	36,5	61,8	58,5	28,3	6,7	0,2	19,2
Сов	(0-10)	137,0	89,0	80,6	87,0	62,1	28,2	0,3	27,9
	(10-20)	48,6	42,9	32,9	49,0	24,2	5,1	0,1	16,1

Каждый металл рассчитывается по индивидуальному индексу загрязнения (Кс). Коэффициент концентрации *i*-го элемента по отношению к фону представлен в следующей таблице 6. Фоновые значения — это естественное содержание тяжелых металлов в почве в данном регионе, которые определяются геохимическими исследованиями.

Таблица 6. Коэффициент концентрации *i*-го элемента по отношению к фону в образцах почв, отобранных из различных районов города

Район города	Глубина, см	Zn	Pb	Ni	Mn	Cu	Co	Cd	Cr
	фон	54	16	28	680	20	12	0,2	14
Кир	(0-10)	1,9	3,2	3,0	0,0	3,2	1,5	2,2	2,3
	(10-24)	1,5	1,2	1,7	0,0	1,2	0,4	0,7	1,3
Центр	(0-10)	2,9	5,2	3,5	0,0	3,6	2,4	2,6	2,8
	(10-24)	1,2	1,8	1,3	0,0	1,3	0,4	0,8	1,2
Дзерж	(0-10)	2,3	3,7	2,7	0,0	2,9	1,6	2,0	2,2
	(10-24)	0,9	1,4	1,3	0,0	1,2	0,3	0,4	1,1
Ворош	(0-10)	2,2	2,7	3,3	0,0	3,1	1,8	1,6	2,1
	(10-20)	0,9	1,6	1,1	0,0	1,1	0,4	0,7	1,0
КрОкт	(0-10)	2,8	5,5	3,7	0,0	3,9	2,9	2,0	3,0
	(10-20)	1,1	2,3	2,2	0,0	1,4	0,6	0,8	1,4
Сов	(0-10)	2,5	5,6	2,9	0,0	3,1	2,4	1,4	2,0
	(10-20)	0,9	2,7	1,2	0,0	1,2	0,4	0,7	1,1

Как видно из представленной таблицы, для расчета показателя суммарного загрязнения почв не учитывались данные по марганцу, т.к. они на порядок были ниже, чем фоновое содержание, характерное для почв Волгограда и одноименной области.

Суммарный индекс загрязнения (Z_c) почв металлами – один из показателей, разработанных при сопряжённых геохимических и геогигиенических исследованиях окружающей среды городов с действующими источниками загрязнения. Анализируя результаты исследования, проведена оценка уровня загрязнения почв административными районами города Волгограда посредством расчета суммарного показателя загрязнения (Z_c). Этот показатель является важным инструментом оценки состояния почв и определяет степень риска, связанного с присутствием в почве тяжелых металлов и других потенциально опасных компонентов.

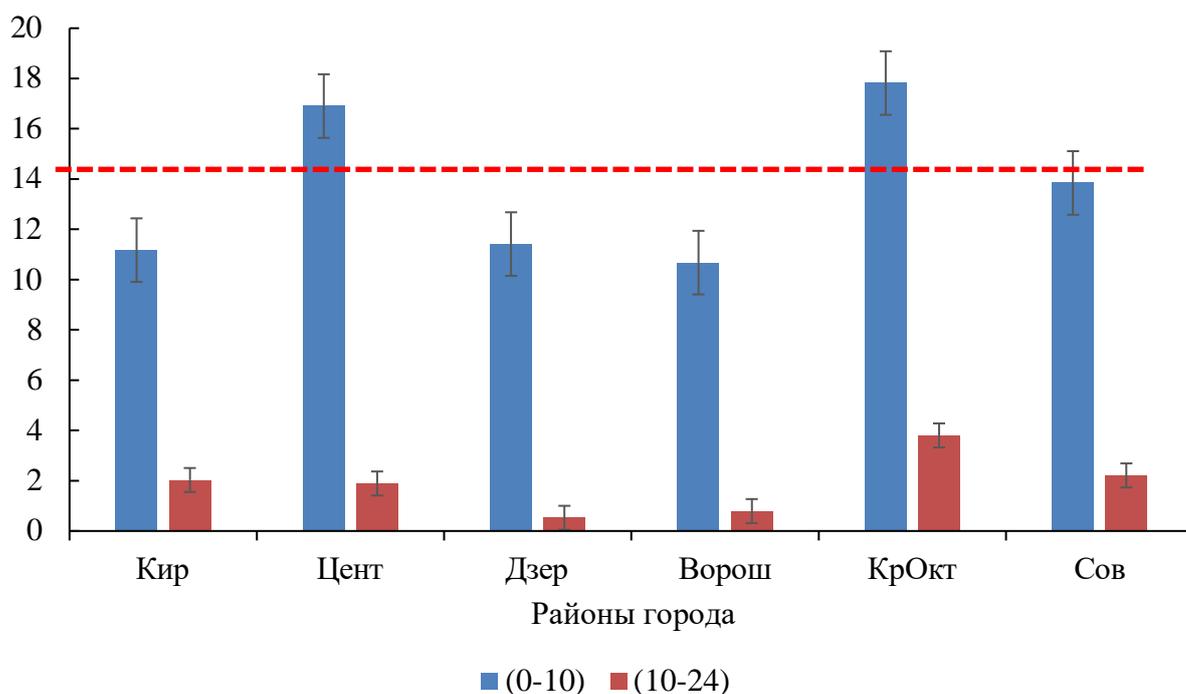


Рисунок 20 – Суммарное загрязнение почв тяжелыми металлами в различных районах города Волгоград

Установлено, что почвы всех исследуемых районов, кроме Центрального и Краснооктябрьского находятся в пределах допустимого диапазона загрязнения, соответствующего значению $Z_c < 16$. Это означает, что концентрация тяжелых металлов в почвах находится ниже пороговых значений, установленных нормами предельно допустимых концентраций (ПДК), и не представляет существенной угрозы для экологии города и здоровья жителей. В Центральном и Краснооктябрьском районах превышение порогового значения суммарного загрязнения (Z_c), составляющего 16, превышает на 11 и 12%, соответственно и автоматически попадает в условно-опасную категорию земель. Наилучшие условия складываются в Ворошиловском, Дзержинском, Кировском и Советском административных районах города.

Таким образом, согласно расчетам, почвы административных районов Волгограда характеризуются допустимым уровнем загрязнения, находящимся в рамках безопасной границы, что свидетельствует о благоприятном состоянии городской среды с точки зрения присутствия потенциальных загрязнителей в

почвах. Особое внимание следует уделить возрастающей концентрации тяжелых металлов в Центральном и Краснооктябрьском районах. Данные районы города остаются популярными для жителей города, но риски, связанные со здоровьем населения высокие. Однако важно продолжать мониторинг ситуации, учитывая рост индустриальной активности и увеличение транспортных нагрузок, которые могут привести к изменениям в дальнейшем.

Если почва загрязнена тяжелыми металлами, доступны несколько вариантов рекультивации. Они включают физические, химические и биологические методы, а также комбинацию подходов. Фиторемедиация, использующая растения для поглощения тяжелых металлов, является распространенным и экологически безопасным вариантом. Другие методы включают промывку почвы, химическую стабилизацию, а также выемку и утилизацию загрязненной почвы. Более подробно методы восстановления почв после загрязнения тяжелыми металлами рассмотрены в следующей главе.

Глава 5. Возможные мероприятия по снижению опасности загрязнения почв в городе

Уменьшение содержания тяжёлых металлов в почве — задача непростая, поскольку для её решения необходимо сократить количество выбросов в атмосферу, содержащих эти элементы.

Современные города сталкиваются с острой необходимостью защиты и восстановления почвенного покрова, поскольку именно почва является одним из наиболее уязвимых компонентов городской среды. Загрязнение почв тяжёлыми металлами, нефтепродуктами, органическими соединениями и другими техногенными веществами приводит к деградации экосистем, снижению качества жизни населения и росту экологических рисков. В связи с этим формирование эффективной системы мероприятий по обеспечению безопасности и устойчивости городских почв приобретает стратегическое значение для устойчивого развития урбанизированных территорий.

Комплексный подход к решению данной проблемы предполагает реализацию взаимосвязанных организационных, правовых, технологических, экономических и социальных мер.

Т.к. к числу главных источников ТМ в почве относится автотранспорт, то с 2021 года в нашей стране применяются передовые технологии, направленные на использование только неэтилированного бензина. Однако остаются вопросы, связанные с промышленными предприятиями, особенно с заводами, занимающимися выплавкой металлов. Выбросы загрязняющих веществ на таких предприятиях всё ещё значительны [39].

Следующий момент, на который следует обращать внимание, это то, что в окрестностях Волгограда расположены сельскохозяйственные угодья, на которых применяются различные минеральные удобрения и химические вещества, включая гербициды. Чтобы снизить содержание тяжёлых металлов в почве, можно использовать удобрения на основе минерального сырья с низким

содержанием тяжёлых металлов, в частности, фосфатные минералы с низким содержанием металлов.

Для очистки почвы от тяжёлых металлов применять биологический метод фитовосстановления, который позволяет удалить загрязнения из почвы без разрушения её структуры и снижения плодородия. Оно основано на способности определённых видов растений поглощать, накапливать и частично трансформировать тяжёлые металлы в своих тканях. В результате длительного роста такие растения постепенно снижают концентрацию токсичных элементов в почве, способствуя её естественному оздоровлению. Преимуществом такого подхода является сохранение почвенного покрова, предотвращение эрозии и восстановление биологической активности грунта.

В частности, в Волгограде можно использовать тополь, который быстро растёт и способен выживать в различных климатических условиях. Тополь способен вытягивать большие количества воды (по сравнению с другими видами растений). Одновременно из загрязненной среды окажутся вытянутыми большие количества растворенных загрязнителей.

Помимо этого, существует возможность удалить тяжёлые металлы из почвы с помощью кислоты. Т.к. почвы города относятся к слабощелочным по показателям pH, то возможно применение кислых реагентов. Необходимая концентрация кислоты зависит от количества и степени удерживания тяжёлых металлов, а также от установленных стандартов очистки.

Для уменьшения концентрации тяжелых металлов также пользуются технологиями рекультивации земель. Чтобы уменьшить или полностью убрать загрязнение почвы вредными веществами, используют разные методы. Вот основные из них:

- 1.Изменение водного режима почвы — это помогает уменьшить поступление вредных веществ в растения.
- 2.Регулировка кислотности почвы - при правильной кислотности вредные вещества становятся недоступными для растений.

3. Использование полезных веществ - например, фосфора и кальция, которые помогают снизить количество вредных веществ в растениях.

4. Использование химических мелиорантов — это создание искусственных барьеров с помощью растений и специальных химических веществ.

5. Физические методы очистки - например, полное удаление загрязненного слоя почвы и замена его чистым грунтом, торфом или сапропелем. Этот метод применяют для очень сильно загрязненных почв.

6. Химическая очистка почвы — это удаление вредных веществ с помощью химических веществ.

Эти методы позволяют существенно снизить уровень загрязнения почвы

тяжёлыми металлами, а также способствуют восстановлению её природных свойств и структуры. Применяя такие подходы, можно не только уменьшить содержание вредных веществ, но и повысить плодородие, улучшить биологическую активность и создать безопасные условия для роста растений и жизни человека. Важно учитывать, что эффективность каждого из перечисленных способов зависит от конкретных условий участка, типа загрязнителя и степени его накопления, поэтому грамотное сочетание различных технологий позволяет добиться наилучших результатов в оздоровлении почв и обеспечении экологической устойчивости территории.

Заключение

Настоящая работа была направлена на изучение состояния почв города Волгоград в отношении содержания тяжёлых металлов. Было проведено комплексное обследование разных функциональных зон города с целью выявления уровней техногенного загрязнения и определения путей минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

1. Изучены особенности накопления тяжёлых металлов в почвах урболандшафтов и их распределение в горизонтах в зависимости от характера использования земельных ресурсов. Основными источниками загрязнения почвы в городских районах остаются промышленная деятельность, транспорт, утилизация отходов и сельскохозяйственная практика, включая использование пестицидов и удобрений. Кроме того, неправильная утилизация опасных материалов и отходов, а также стихийные бедствия могут способствовать загрязнению почвы данными веществами. Уровень накопления тяжёлых металлов в пределах города существенно различается между промышленными зонами, жилыми районами и зелёно-парковыми насаждениями.

2. Выявлены основные закономерности накопления тяжёлых металлов в почвах города Волгоград. Как город с большой концентрацией промышленных предприятий и заводов, входит в рейтинг 20 наиболее загрязнённых городов РФ. Выбросы вредных веществ, растущий автомобильный парк, недостаточный уровень озеленения, нерациональное, неорганизованное размещение отходов оказывают негативное влияние на его экологию Волгограда, и в первую очередь на загрязнение почв тяжёлыми металлами. Установлены устойчивые тенденции увеличения концентраций элементов вблизи объектов промышленной инфраструктуры и магистралей, находящихся под высоким транспортным давлением. Показано, что наибольший риск представляет превышение ПДК для свинца и цинка в некоторых районах, что создаёт угрозу здоровью горожан.

3. Определена экологическая оценка особенностей накопления тяжёлых металлов в почвах в зависимости от функционального зонирования города.

Рассчитан индекс загрязнения почв (ИЗП), характеризующий состояние почв каждого района города. Выяснилось, что наиболее критическими являются промышленные районы (Краснооктябрьский и Центральный), где зафиксированы максимальные значения ИЗП, свидетельствующие о сильном загрязнении почв.

4. Средняя концентрация валовых форм ТМ в изучаемых образцах почв из различных районов возрастала в следующем порядке (мг/кг): Cd (до 0,2) < Co (до 14,9) < Cr (до 16,8) < Pb (32,6) < Ni (43,4) < Cu (45,4) < Zn 63,1 < Mn (до 162,2). Отмечена общая тенденция – резкое снижение концентрации ТМ с глубиной.

5. Установлено, что средняя концентрация тяжелых металлов в городских почвах превышает в 2-4 раза фоновые показатели, характерные для естественного содержания тяжелых металлов в почве в данном регионе, по геохимическим исследованиям.

6. По суммарному загрязнению почв тяжелыми металлами изученные районы города расположились в следующий убывающий ряд: Краснооктябрьский > Центральный > Советский > Дзержинский > Кировский > Ворошиловский. Первые два района относятся к условно-загрязненной категории земель тяжелыми металлами, а другие изученные районы – допустимой категории земель.

7. Предложены мероприятия по мониторингу и контролю над состоянием почв, внедрение мер по озеленению и развитию экологически чистых производств, а также специальные программы восстановления нарушенных природных комплексов путём рекультивации и ремедиации загрязнённых участков.

Научная новизна исследования: Выполнен детальный сравнительный анализ локальных источников загрязнения и определены приоритетные зоны риска. Эти научные положения позволяют значительно повысить точность оценочных процедур и создать основу для объективного управления городскими ресурсами, обеспечивая устойчивость социально-экологической системы крупного мегаполиса.

Практическая значимость работы:

1. Развитие методологии оценки экологического качества почв городских территорий даёт возможность сформировать современные нормативные требования, регулирующие использование земель.

2. Полученные данные о пространственном распространении и объёмах запаса вредных примесей в почвенном покрове представляют важную информационную базу для последующего выбора оптимальных стратегий защиты и оздоровления почвенного слоя.

3. Использование материалов работы актуально для подготовки долгосрочной стратегии устойчивого развития Волгоградской агломерации, повышения безопасности жизнедеятельности населения и охраны здоровья будущих поколений.

Список литературы.

1. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И. Городские почвы: диагностика и классификационное определение по материалам научной экскурсии конференции suitma-9 по Москве // Почвоведение, 2018, № 9, с. 1057–1070.
2. Басыйров А.М. Экология города: Учебно-методическое руководство. – Казань.: КФУ, 2013. 96 с.
3. Ладонин Д.В., Михайлова А.П. Тяжелые металлы и мышьяк в почвах и уличной пыли юго-восточного административного округа г. Москвы: результаты многолетних исследований // Почвоведение. 2020. № 11. С. 1401–1411.
4. Доклад «О состоянии окружающей среды г. Волгоград и Волгоградской области в 2023 году» / Ред. колл.: В. Е. Сазонов [и др.]; комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области. – Волгоград: «ТЕМПОРА», 2024. 300 с.
5. Бахматова К.А., Матинян Н.Н., Шешукова А.А. Антропогенные почвы городских парков (обзор) // Почвоведение, 2022, № 1, с. 77–95.
6. Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. Методологические основы классификации почв мегаполисов на примере г. Санкт-Петербурга // Вестник С.-Петербур. ун-та. 2013. Сер. 3. Вып. 2. С. 115–122.
7. Стома Г.В., Манучарова Н.А., Белокопытова Н.А. Биологическая активность микробных сообществ в почвах некоторых городов России // Почвоведение. 2020. № 6. С. 703–715.
8. Прокофьева И.И., Герасимова М.А. Особенности почвенных процессов в условиях техногенеза // Почвоведение. — 2018. — № 7. — С. 819–830.
9. Зубкова Т.А., Кавтарадзе Д.Н., Попова Н.В. Почвы городских экосистем — экологические и социальные риски // Экология урбанизированных территорий. 2022. №1. С. 70-79.

10. Капитонов И.А., Пармененков К.Н., Бронская Ю.К. Актуальные методы утилизации бытовых отходов // Инновации и инвестиции. 2023. №1. С. 246-253.
11. Фридман К. Б., Крюкова Т. В. Урбанизация — фактор повышения риска здоровья // Гигиена и санитария. 2015. 94 (1). С. 8—11.
12. Жарикова Е.А. Тяжелые металлы в городских почвах: оценка содержания и экологического риска // Известия ТПУ. 2021. №1. С. 164-173.
13. Самойленко Г.Ю., Бондаревич Е.А., Коцюржинская Н.Н. Изучение содержания тяжёлых металлов в почвах и дикорастущих растениях инверсионно-вольтамперометрическим методом // Ученые записки ЗабГУ. Серия: Биологические науки. 2017. №1. С. 31-39.
14. Briffa J., Sinagra E., Blundell R. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans // Heliyon, 2020. V. 6, Issue 9, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04691>.
15. Брылев В. А. География Волгоградской области: Учеб. Пособие. Волгоград: Ниж.-Волж. кн. изд-во, 2004 - 125 с.
16. Атлас. География России. Хозяйство и географические районы. М.: Дрофа, 2010.
17. Плаксин О.Г. Водные ресурсы Волгоградской области [Электронный ресурс] URL: <https://svyato.info/5723-vodnye-resursy-volgogradskoj-oblasti.html>
18. Основные проблемы экологии Волгоградской области – Электрон. текст. URL: Режим доступа: <http://ecology-of.ru/> (дата обращения: 15.03.2025).
19. Скрипкин А.С. История Волгоградской земли от древнейших времен до современности. М.: Планета, (серия «Наш Волго-Донской край»). 2010. 224 с.
20. Владимиров А.М. Охрана окружающей среды г. Волгограда // Экология и охрана окружающей среды. 2014. № 3 (9). С. 45–48.

21. Григорьев А.А. Города и окружающая среда Волгоградской области // Проблемы Волгоградского региона. 2014. № 2 (7). С. 143–149.
22. Ревич Б.А. Загрязнение окружающей среды химическими веществами Волгоградской области // Экологический вестник. 2015. № 4. С. 7–16.
23. Федоров А.С., Суханов П.А., Касаткина Г.А., Федорова Н.Н. О новой классификации почв России (2004) // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2014. №1. С. 95-113.
24. Гордиенко О.А., Манаенкова И.В., Холоденко А.В., Иванцова Е.А. Картографирование и оценка степени запечатанности почв города Волгограда // Почвоведение, 2019, № 11. С. 1383–1392.
25. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд - во МГУ, 1970. 487 с.
26. Растворова О Г. Физика почв (Практ. руководство). — Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. 193 с.
27. Хизриев А.Х., Герман Н.В., Севрюкова Г.А., Санеева Е.А., Ключник А.В. Содержание тяжелых металлов в почвах г. Волгограда // Известия ДГПУ. Естественные и точные науки. 2020. №2. С 89-93.
28. Асылбаев И.Г. Тяжелые металлы второго класса опасности в почвах и породах Южного Урала: запасы и оценка загрязнения // Плодородие. 2015. №5 (86). С. 58-63.
29. Старцев А.И. Особенности накопления меди в почвах разных функциональных зон города Новокуйбышевска // СНВ. 2019. №2 (27). С. 67-71.
30. Иванищев В.В., Сиголаева Т.Е. Источники свинца в среде и проблемы снижения его содержания в почве // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2024. №3. С. 147-165.
31. Фролова О.А., Тафеева Е.А., Бочаров Е.П. Региональные особенности содержания цинка в почве, продуктах растительного и животного происхождения // Гигиена и санитария. 2017. №3. С. 226-229.
32. Иванов А.В., Тафеева Е.А. Санитарное состояние почвы в Республике Татарстан. Человек и окружающая среда. 2005. №11 (12). С. 22–42.

33. Попова Н. П., Шевченко В. А., Соловьёв А. М. Содержание меди и марганца в почвах северо-западного региона нечерноземной зоны при применении отходов свиноводческих комплексов // Плодородие. 2021. №6 (123). С. 72-75.
34. O’Neal, S.L.; Zheng, W. Manganese toxicity upon overexposure: A decade in review // Curr. Environ. Health Rep. 2015. V. 2. P. 315–328.
35. Лянгузова И.В. Динамические тренды содержания тяжелых металлов в растениях и почвах при разном режиме аэротехногенной нагрузки // Экология. 2017. № 4. С. 250–260.
36. Кузьмин С.В., Русаков В.Н., Сетко А.Г., Сеницына О.О. Токсиколого-гигиенические аспекты воздействия кадмия на организм человека при поступлении с продуктами питания (обзор литературы). Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. 2024. 32(7). С. 49-57.
37. Антонова Ю.А., Сафонова М.А. Тяжёлые металлы в городских почвах // Фундаментальные исследования. 2007. № 11. С. 43-44.
38. Буркутова Л., Тастанова Л.К. Содержание хрома в почве и методы его определения // E-Scio. 2021. №2 (53). С. 376-382.
39. Ступин В. В. Выбросы загрязняющих веществ на металлургических предприятиях и их влияние на экологию // Экология и природопользование. 2009. № 4. С. 34-40.