



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
(бакалаврская работа)

На тему Оценка экологического состояния почв парка Муринский ручей

Исполнитель Веселкина Кристина Юрьевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат биологических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Рижия Елена Яновна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

кандидат биологических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Мухин Иван Андреевич
(фамилия, имя, отчество)

«16» июня 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

Оглавление

Введение	3
1. Экологические проблемы состояния парковых пространств городов	5
1.1. Значение парковых зон для жителей городской среды.....	5
1.2. Тяжёлые металлы	7
1.3. Основные источники загрязнения почв парков тяжёлыми металлами	8
1.4. Влияние тяжёлых металлов на здоровье человека	9
1.5. Влияние опасных тяжёлых металлов на растения.....	11
2. Описание Муринского парка.....	13
2.1. Физико-географическое описание Муринского парка.....	13
2.2. История Муринского парка	14
3. Объекты и методы.....	18
3.1. Описание территорий Муринского парка.....	18
3.1. Растительность Муринского парка	23
3.2. Почва Муринского парка	24
3.3. Климатические условия	30
3.4. Методы.....	31
4. Загрязнение почв Муринского парка тяжёлыми металлами	35
4.1. Содержание свинца в почве парка	36
4.2. Содержание кадмия в почве парка	40
4.3. Содержание цинка в почвах парка	42
4.4. Содержание меди в почве парка.....	45
4.5. Содержание никеля в почве парка.....	47
4.6. Суммарный показатель загрязнения парка тяжёлыми металлами	50
5. Рекомендации	52
Заключение	53
Список литературы	54

Введение

В последние десятилетия проблема загрязнения окружающей среды, в частности городских почв, становится всё более актуальной из-за усиления антропогенного воздействия. Загрязнение почв урбанизированных территорий тяжёлыми металлами является одной из серьёзных экологических проблем, так как они обладают высокой токсичностью и способны к биоаккумуляции. При попадании в почву преимущественно в результате выбросов промышленных предприятий, автотранспорта и других видов антропогенного воздействия, тяжёлые металлы могут оказывать негативное влияние, как на экосистемы, так и на здоровье самого человека.

Городские парки, такие как Муринский парк в Калининском районе Санкт-Петербурга, выполняют важнейшие экологические, рекреационные и социальные функции. Они способствуют улучшению качества воздуха, снижению уровня шума и пыли, поддержанию биоразнообразия, а также являются местом для отдыха городского населения. Однако расположение парковых зон вблизи транспортных магистралей и промышленных предприятий способствует их загрязнению.

Муринский парк, сформировавшийся на пойменной территории ручья, исторически подвергался различным видам антропогенного воздействия. В связи с тем, что парк регулярно используется горожанами для отдыха необходимо регулярно проводить мониторинг состояния почвенного покрова и оценку уровня загрязнения почв тяжёлыми металлами, а именно такими элементами как свинец, кадмий, цинк, медь, никель. Поэтому, анализ загрязнения почвенного покрова тяжёлыми металлами Муринского парка в Калининском районе г. Санкт-Петербург является актуальной темой.

Цель бакалаврской работы – оценить экологическое состояние почвенного покрова Муринского парка по содержанию тяжёлых металлов.

Задачи:

1. Изучить экологические проблемы состояния парковых пространств городов
2. Исследовать экологическое состояние парка Муринский ручей
3. Оценить уровень загрязнения почв парка тяжелыми металлами.
4. Предложить некоторые меры по снижению уровня загрязнения почв Муринского парка тяжелыми металлами.

1. Экологические проблемы состояния парковых пространств городов

1.1. Значение парковых зон для жителей городской среды

Городская среда представляет собой сложную систему, формирующуюся в результате взаимодействия природных, антропогенных и социально-демографических элементов, составляющих город. Экологический анализ городов должен оценивать качество городской среды с изучением её влияния на человека и учитывать потребности населения [18].

Городские парки – это территории, представляющие собой открытое, озеленённое пространство, созданное для рекреации и приятного времяпрепровождения, в отличие от застроенных городских территорий [9].

Парки и зоны отдыха имеют большое значение для качества жизни, как в больших городах, так и в маленьких. Городские парки предназначены для проведения свободного времени, отдыха и наслаждения природой. Парковые зоны оказывают положительное влияние на качество воздуха, а также служат средой обитания и развития представителей флоры и фауны [7].

Главными функциями парков в черте города можно назвать:

Экологические функции: (санитарно-гигиеническая)

1. Очищение воздуха: парковые зоны выступают в роли естественных очистителей воздуха, они способствуют снижению уровня загрязнения воздуха и улучшения его качества, путём поглощения вредных веществ и выделения кислорода [16].

2. Снижение уровня шума и пыли: озеленённая территория парка может выступать в роли барьера от шумового загрязнения, пыли и вредных выбросов различного происхождения [16].

3. Зелёные насаждения, например, деревья могут выступать в роли регулятора тепла и снижать температуру воздуха в жаркое время.

4. Парки являются естественной средой обитания для многих видов животных и растений и поддерживают биоразнообразие городской среды.

Социально-рекреационные функции:

1. Место для отдыха и развлечений.

2. Общественное место для проведения культурных и массовых мероприятий, например, концертов, фестивалей, ярмарок, выставок.

3. Пространство для размещения спортивных площадок, беговых и велосипедных дорожек, что способствует активному отдыху жителей города.

Структурно-планировочная функция:

Создание и организация пространства с зонированными территориями, будет способствовать обеспечению удобства передвижения. Также данная функция направлена на рациональное размещение различных объектов и облагораживание парковых зон с помощью озеленения территорий, площадок для отдыха, искусственных сооружений, которые в свою очередь создают комфортную среду для нахождения в парке.

Парки являются неотъемлемой частью городской среды и составляют важную роль для жителей города. Зелёные зоны городов способствуют улучшению экологической обстановки окружающей среды. Анализ содержания тяжёлых металлов в почвах городских районов — это один из методов экологического мониторинга. Полученные данные позволяют оценить текущее состояние окружающей среды и определить уровень экологической безопасности территории. Вследствие этого чего важно следить за его состоянием и регулярно проводить мониторинг парковых зон [26].

1.2. Тяжёлые металлы

В настоящее время загрязнение биосферы тяжёлыми металлами представляет серьёзную проблему для окружающей среды и здоровья человека. Тяжелые металлы обнаружены во всех природных средах: атмосфере, почве, воде, растениях, животных. По токсичности они занимают второе место в загрязнении окружающей среды и составляют группу наиболее опасных загрязнителей биосферы [2, 23].

Избыточное содержание этих веществ в окружающей среде может привести к серьёзным нарушениям в работе клеток, тканей, органов и целых популяций живых организмов. Характерной чертой ТМ является их стабильность: они не разлагаются и не могут быть удалены из окружающей среды с помощью химических или биологических процессов.

Многие из этих веществ представляют серьёзную угрозу для человека и других живых организмов из-за своей токсичности и способности накапливаться в тканях. [11].

Металлы с высокой плотностью могут формировать ядовитые органические соединения с участием металлов (МОС), поскольку они обладают высокой реакционной способностью и могут вступать в разнообразные химические, физико-химические и биологические реакции. Они также могут изменять свою форму при переходе из одной природной среды в другую, то есть мигрировать. Миграция соединений тяжёлых металлов происходит из-за того, что многие из них имеют переменную валентность и участвуют в окислительно-восстановительных процессах [20].

В зависимости от степени токсикологического воздействия химические вещества в соответствии с ГОСТом 17.4.1.0283 подразделяют на три класса:

- I класс (высоко опасные) - As, Cd, Hg, Be, Se, Pb, Zn;
- II класс (умеренно опасные) - B, Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr;

- III класс (мало опасные) - Ba, V, W, Mn, Sr [21].

1.3. Основные источники загрязнения почв парков тяжелыми металлами

Как источники тяжёлых металлов в почвах выделяют естественные и антропогенные. К естественным относятся природные процессы, связанные с выветриванием горных пород, вулканическая активность, испарения с поверхности морей и океанов, лесные пожары, космическая пыль, биологические процессы [20].

Антропогенные процессы — это те, которые связаны с деятельностью человека. Основные источники таких процессов — это промышленность, транспорт, котельные, мусоросжигающие установки и сельское хозяйство [1].

Среди отраслей промышленности, которые загрязняют окружающую среду и оказывают на неё негативное влияние, можно выделить химическую промышленность, металлургию, добычу топлива, горно-обогатительные комплексы, стекольное и керамическое производство и другие. [23].

В зависимости от того, откуда они попали в почву — из природных источников или в результате деятельности человека, — наблюдаются заметные различия в том, как распределяются тяжёлые металлы по профилю почвы. Если почва загрязнена естественным образом, то содержание тяжёлых металлов в ней увеличивается по мере углубления в почвенный профиль, а в гумусовом горизонте их накапливается немного. Если же почва загрязнена в результате деятельности человека, то тяжёлые металлы концентрируются в верхнем слое почвы [2].

Независимо от происхождения повышение концентрации тяжёлых металлов в почве практически всегда приводит к увеличению их содержания в растениях, что создаёт угрозу для здоровья человека.

1.4. Влияние тяжёлых металлов на здоровье человека

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами пагубно влияет на здоровье человека и в настоящее время стало глобальной проблемой. Широкое распространение тяжелых металлов является результатом, как природных явлений, так и деятельности человека. Тяжелые металлы, включая ртуть, мышьяк, свинец, хром, никель и железо, являются лишь несколькими примерами. Широкая распространенность этих потенциально опасных экотоксикантов создает серьезные риски для здоровья людей.

Токсичные металлы, как правило, имеют свойство накапливаться в организме, что может привести к нарушению обмена веществ и усилению токсического воздействия на организм. Это может вызвать серьезные нарушения в работе органов и даже привести к смерти [21].

В организм человека тяжёлые металлы могут попадать через воздух, который мы вдыхаем, а также через пищу, воду и кожу. Это происходит естественным образом в процессе жизнедеятельности и взаимодействия людей друг с другом. Кроме того, промышленные процессы, добыча полезных ископаемых, строительство, сельское хозяйство и неправильное обращение с отходами также могут приводить к загрязнению тяжёлыми металлами [17].

Избыточное содержание в организме человека таких элементов, как кадмий, свинец, кобальт и никель, может негативно повлиять на его здоровье. Эти вещества могут вызвать нарушения в процессе формирования клеток крови. Кроме того, накопление тяжёлых металлов может привести к

повреждению печени и почек, а также к проблемам с системой кровообращения и передачей нервных импульсов. Некоторые виды рака также могут быть связаны с воздействием определённых тяжёлых металлов [10].

Химические элементы, относящиеся к категории тяжёлых металлов, способны вызывать серьёзные проблемы со здоровьем. Они могут стать причиной сердечно-сосудистых заболеваний, тяжёлых аллергических реакций и даже привести к развитию онкологических заболеваний. Эти элементы влияют на генетический код человека, накапливаясь в организме и вызывая долгосрочные последствия, которые могут проявиться в виде наследственных заболеваний, психических расстройств и т. д. Токсичность тяжёлых металлов проявляется в их способности связываться с функциональными группами белков и других важных соединений в организме человека. Это приводит к отравлению, то есть нарушению нормального функционирования клеток и тканей, что в некоторых случаях может привести к летальному исходу.

Пыль, содержащая соединения с тяжелыми металлами, такими как кремний, мышьяк, ванадий, уменьшает вентиляцию и объем легких, повреждает слизистые оболочки глаз, верхних дыхательных путей, вызывает раздражение кожи, повышает смертность от рака легких и кишечника.

Под действием свинца нарушается синтез гемоглобина, возникают заболевания мочеполовых органов, нервной системы. В развитых городах содержание свинца в атмосфере превышает норму в 10 000 раз.

Так же очень опасны загрязнения вод ртутью, так как заражение морских организмов может стать причиной заболевания людей.

Кадмий присутствует во многих сельскохозяйственных удобрениях. Не осознавая этого, каждый день мы получаем этот вредный металл вместе

фруктами и овощами. Кадмий имеет свойство накапливаться и это, в дальнейшем может быть опасным [8].

1.5. Влияние опасных тяжёлых металлов на растения

Тяжёлые металлы представляют собой одну из наиболее опасных групп загрязнителей окружающей среды, оказывающих значительное влияние на физиологические процессы растений. ТМ могут проникать в растения через корневую систему. Механизмы поглощения включают как пассивный перенос ионов в клетку, так и активный [25].

В первую очередь ТМ провоцируют торможение роста растений, что связано с их воздействием, как на процесс деления, так и растяжение клеток.

Также они задерживают развитие растений и наступление фенологических фаз, что может привести к увеличению продолжительности вегетационного периода, что в конечном итоге может привести к тому, что растение не у растения не произойдёт генеративного развития [25].

Можно отметить, что тяжёлые металлы нарушают процессы фотосинтеза, повреждая хлоропласты и снижая содержание хлорофилла в листьях. Вследствие этого происходит уменьшение эффективности поглощения света и снижение интенсивности фотосинтетических процессов.

Также ТМ оказывают значительное ингибирующее воздействие на процессы дыхания у растений. Их токсичность проявляется в нарушении функционирования митохондрий – основных органелл, отвечающих за клеточное дыхание и выработку энергии [24].

Значительное влияние тяжёлые металлы оказывают на водный обмен растений, так как они могут повреждать корневую систему, что приводит к снижению способности поглощать воду из почвы. Помимо этого, они могут

нарушать работу устьиц, регулирующих транспирацию, и проницаемость клеточных мембран, что затрудняет поступление воды в клетки и увеличивает её потерю [24].

2. Описание Муринского парка

2.1. Физико-географическое описание Муринского парка

Муринский парк находится в Калининском районе и состоит из 3 частей, а именно Восточной, Центральной и Западной, его площадь составляет 115,33 га. Ограничена данная территория проспектом Луначарского на севере, Северным проспектом на юге, проспектом Культуры на Западе и улице Руставели на востоке.

Климат характеризуется как умеренный, с холодной зимой и тёплым летом.

Рельеф территории парка представляет собой низменную равнину с умеренными перепадами высот, характерными для пойменных ландшафтов северо-западной части Санкт-Петербурга, также присутствуют склоны и холмы, в Восточной части парка, где расположена лыжероллерная трасса.

Почвы представлены различными типами, включая песчаные и глинистые. В ходе дальнейшего исследования будет установлено, что почвы являются преимущественно супесчаными на Западной территории парка, данные представлены в таблице 3.

Муринский Ручей, протекающий по территории парка, является одним из притоков реки Охта в Санкт-Петербурге. Его исток находится в лесопарке «Сосновка», после чего он течёт на восток через район Гражданка и впадает в Охту недалеко от деревни Новая. Длина ручья составляет 8,7 километра. В верховьях его ширина варьируется от 5 до 30 метров, а глубина — от 0,5 до 1 метра. В прудах, которые встречаются на его пути, глубина может достигать 2–3 метров. Площадь водосборного бассейна составляет 41 квадратный километр [22].

В парке произрастают разнообразные деревья и кустарники, среди которых преобладают липа, берёза, клён, ива козья. На берегу Муринского ручья широкого распространены тростник, осока, озёрный камыш.

Фауна парка представлена в основном такими птицами, как синица, скворец, утка, чайка.

2.2. История Муринского парка

В пойме Муринского ручья, в Калининском районе находится Муринский парк, ограждённый проспектом Луначарского на севере, Северным проспектом на юге, проспектом Культуры на Западе и улице Руставели на востоке [13].

Муринский парк получил своё название от ручья, протекающего по всей его территории, а он таким же образом был назван в честь деревни, располагающейся на данной территории. Существует несколько версий происхождения названия, по одной из них оно произошло от финского слова *Muurola*, что в переводе означает «поселение каменщиков». Согласно другой версии, название связано с переселением крестьян из Муромского уезда по приказу Петра Первого.

С XVIII века до середины XX вдоль берегов Муринского ручья располагалась деревня Ручьи. В то время, включая Муринский ручей, здесь было пять ручьёв: Брагичев, Горелый, Избушечный и Лесной. Все они впадали в реку Большая Охта.

Земли деревни Ручьи, Мурино и территория до сегодняшнего Проспекта Просвещения были во владении Романа Илларионовича Воронцова, который являлся придворным императрицы Елизаветы Петровны. Земли принадлежали роду Воронцовых вплоть до революции 1917 года.

В XIX веке, в связи с распространением дачного отдыха, местные жители Ручьёв стали сдавать свои дома и комнаты горожанам, желающим провести лето за городом. Так как северные окрестности Петербурга не были востребованы настолько сильно, как например, земли Петергофского направления, здесь можно было снять дачи по очень низкой стоимости. Также жители Петербурга нередко посещали Ручьи с целью прогулок.

В советский период на территории деревни Ручьи был организован колхоз «Ленинская крепость», что позволило сохранить сельскохозяйственную деятельность в данной местности вплоть до середины 1960-х годов. Однако, в последствии всё изменилось, жителей деревни расселили, снесли деревянные постройки, а освободившиеся территории стали застраивать многоэтажными жилыми комплексами.

Муринский ручей разделил новые районы Гражданки на две условные зоны. Одна из них, более благоустроенная, получила название ФРГ – фешенебельный район Гражданки, вторая – ГДР – Гражданка дальше ручья.

В процессе урбанизации часть Муринского ручья была засыпана. Чтобы предотвратить разливы и подтопления территорий, в районе Гражданского моста была сооружена плотина, которая регулировала водный поток. В ручей вывели городские ливневые стоки, также помимо этого происходили аварийные переключения промышленных и бытовых сточных вод, что впоследствии привело к повышенному загрязнению воды. Территория данной местности на протяжении долгого времени являлась неблагоустроенной с остатками фундаментов от предыдущей деревни.

Идея создания парка в пойме ручья возникла во второй половине XX века и планировалась в 1980-х годах, однако она была реализована только в начале 2000-х годов. В ходе благоустройства территории были проведены мероприятия по осушению заболоченной территории, проложили пешеходные дорожки и велодорожки, а также предприняли меры по

улучшению состояния ручья [15]. Муринский парк принято делить на три условные зоны:

1) Восточная часть Муринского парка, простирающаяся от улицы Руставели до Гражданского проспекта, примечательна тем, что здесь находится церковь Сретения Господня, построенная в 2009 году на месте деревянной часовни. Рядом с церковью расположены клумбы и места для отдыха со скамейками, помимо этого здесь установлена скульптурная композиция под названием «Муринский парк: перезагрузка». Также здесь находится первая в России лыжероллерная трасса, а также первая официально признанная велосипедная дорожка в Санкт-Петербурге, которая появилась в 2009 году [15]. На северном берегу Муринского ручья, рядом с пересечением улицы Руставели и проспекта Луначарского, расположена мемориальная композиция «Край обороны Ленинграда» - противотанковые надолбы, сохранившиеся со времён Великой Отечественной войны.

2) Центральная зона парка, простирающаяся от Гражданского проспекта до Светлановского, выглядит менее благоустроенной. Здесь расположены гаражный кооператив, спортивный комплекс и автозаправочная станция. Несколько лет назад на правом берегу ручья ещё можно было увидеть руины фундаментов бывшей деревни Ручьи. В настоящее время в этой части парка ведутся активные работы по благоустройству: появились новые велосипедные и пешеходные дорожки, детские площадки и цветники. В 2012 году на перекрёстке проспекта Луначарского и Светлановского проспекта был заложен камень, обозначающий место будущего памятника пограничникам.

3) Западная зона парка протягивается от Светлановского проспекта до проспекта Культуры и считается самой востребованной среди посетителей, так как здесь располагается пруд, который привлекает отдыхающих. В этой части парка проложены велосипедные дорожки,

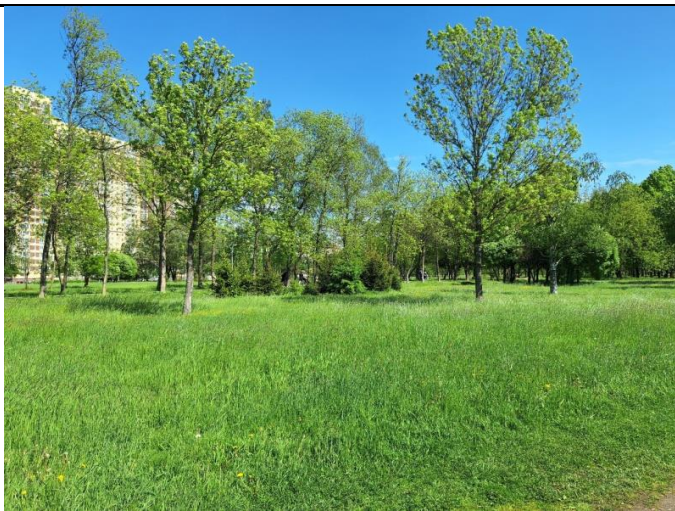
установлены спортивные тренажёры, детские площадки, а также множество скамеек и цветочных клумб. В парке с 1985 года в парке находится сад скульптур, названный в честь Александра Черницкого. Первоначально здесь находилось шесть гранитных скульптур, однако до наших дней сохранились только четыре: «восходящее солнце», «Девушка», «Земля» и «Людоед». В 2001 году в саду скульптур появились новые деревянные фигуры – медведь, заяц, сова, крокодил, обезьяна и бегемот, созданные студентами Санкт-Петербургского художественного училища имени Рериха. Вода в ручье в Западной части Муринского парка является наиболее чистой, поскольку исток находится в парке Сосновка [14].

3. Объекты и методы

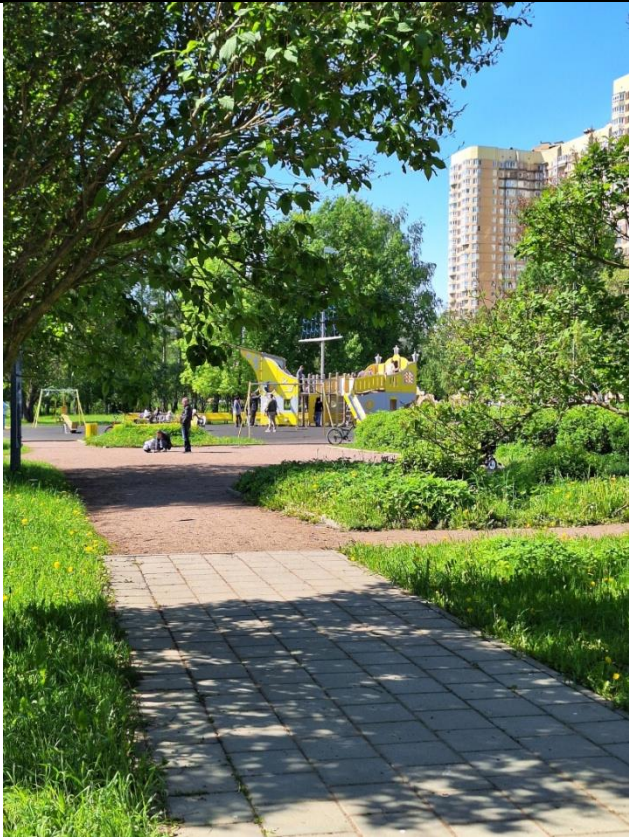
3.1. Описание территорий Муринского парка

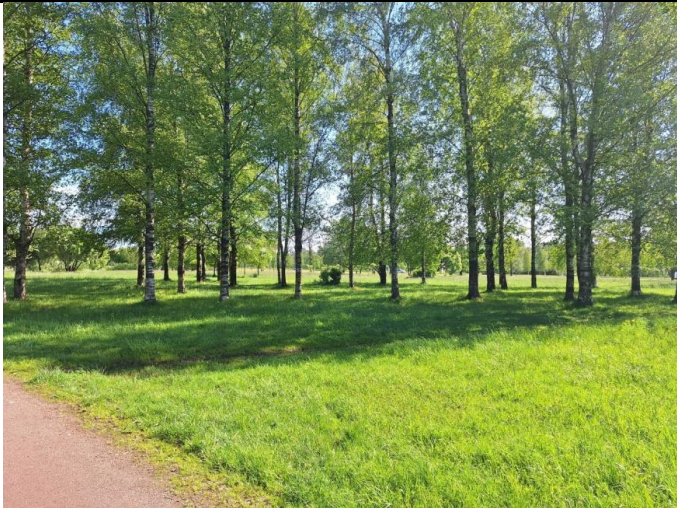
В качестве основных объектов исследования служили почвы парка, которые было решено изучать на 4-х территориальных площадках (т1 - прогулочная зона, т2 – зона детских аттракционов, т3 – зона ручья и тихого отдыха, т4 – прогулочная зона). Каждая территория была дополнительно разграничена на 3 части: прилегающие к Северному проспекту (с), занимающие центральную часть (ц) и прилегающие к Луначарскому проспекту (л). Описание каждой территории представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Описание территорий исследуемого парка

Т		Фотографии территорий	Описание
Т1	л		К данной территории прилегает торговый комплекс «Ролес Драйв», также со стороны Луначарского проспекта находится зона отдыха со скамейками и клумбами и на протяжении всей

T1	ц		территории проходит велосипедная дорожка
T1	с		

T2	л		На данной территории со стороны Луначарского проспекта находятся спортивная и детская площадки и по всей территории проходит велосипедная дорожка, в центральной части - три жанровые скульптуры, со стороны Северного проспекта можно отметить пустошь и небольшое количество деревьев, и мост, который проходит
T2	ц		через Муринский ручей, также в центральной части и со стороны Северного проспекта протекает Муринский ручей

T2	с		
T3	л		Со стороны Луначарского проспекта наблюдается изгородь из шиповника и зона отдыха со скамейками и клумбами, а также по всей территории проходит велосипедная дорожка, в центральной части протекает ручей, помимо
T3	ц		него здесь построен пешеходный мост-плотина (для создания системы искусственных прудов), со стороны Северного проспекта можно отметить пустошь и произрастающие

T3	с		на ней деревья
T4	л		Со стороны Луначарского проспекта есть зона отдыха со скамейками и велосипедная дорожка, по территории центральной части парка протекает ручей, на территории со стороны Северного проспекта находится комплекс «Fitness House».
T4	ц		

Т4	с		
----	---	--	--

Где: т – территория, л – территория со стороны пр. Луначарского, ц – центральная часть территории, с – территория со стороны Северного пр-та

3.1. Растительность Муринского парка

Территория Муринского парка представляет собой значительное разнообразие растительности, которая включает в себя как декоративные посадки, например, клумбы с цветами, так и более естественные с различными деревьями.

В парке произрастают такие деревья как: Берёза пушистая (*Betula pubescens*), Дуб черешчатый (*Quercus robur*), Лиственница европейская (*Larix deciduas*), Мелколистная липа (*Tilia cordata*), Ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*), Клён остролистный (*Acer platanodes*), Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), Ель обыкновенная (*Picea abies*), Ива козья (*Salix caprea*).

Из кустарников можно выделить: Шиповник морщинистый (*Rosa rugosa*), Черёмуха обыкновенная (*Prunus padus*), Арония черноплодная (*Aronia melanocarpa*), Сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris*), Спирея японская (*Spiraea japonica*), Кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus*).

К травянистым растениям: Одуванчик обыкновенный (*Taraxacum officinale*), Клевер белый (*Trifolium repens*), Клевер луговой (*Trifolium*

pretense), Подорожник большой (*Plantago major*), Лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*), Крапива обыкновенная (*Urtica dioica*), Любисток (*Levisticum officinale*), Болиголов пятнистый (*Conium maculatum*), Лопух большой (*Arctium lappa*).

Также можно выделить водную и прибрежную растительность: Тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), Камыш озёрный (*Schoenoplectus Lacustris*), Осока обыкновенная (*Carex vulpina*).

Также в Восточной части Муринского парка (от Гражданского проспекта до улицы Руставели) находится «Сад ощущений», в котором произрастают такие травы как: Мята (*Mentha piperita*), Чабрец (*Thymus vulgaris*), Ромашка душистая (*Matricaria chamomilla*), Шалфей душистый (*Salvia officinalis*), Овсяница гаутиера (*Festuca gautieri*), Дикий вереск (*Calluna vulgaris*), Медуница (*Pulmonaria officinalis*), Дикий вереск (*Calluna vulgaris*).

Данный сад создан для слабовидящих и незрячих людей. Пространство разделено на несколько зон, где посетители могут воспринимать растения через разные органы чувств, а именно тактильные ощущения, запахи и звуки.

3.2. Почва Муринского парка

Почвенная прикопка была заложена на участке ТЗС, со стороны Северного проспекта в апреле 2025 года. Как видно из представленного рисунка, исследуемая почва содержит в своем составе большое количество различных антропогенных включений: кирпичи, железные конструкции, стекло, неразложившиеся остатки одежды, щебень и камни. Верхние слои включали торфяно-гумусовую смесь, которую применяли при биологической рекультивации парка. Возможно глубже располагаются погребенные естественные почвы, характерные для данной территории. В нижних слоях наблюдается оглеение, из-за неглубокого залегания грунтовых вод.

Описание прикопки:

Ао (0-2 см) – неразложившаяся прошлогодняя трава, ветки и листья деревьев;

Ad (2-12 см) – густо переплетен корнями, буровато-серого цвета, увлажнен, уплотнен, мелкокомковатый, супесь, включает камни, стекло, кирпичную крошку, переход в следующий горизонт постепенный (по снижению количества корней), граница неровная;



Рисунок 1 - Почвенная прикопка на участке Муринского парка

U1 (12-36 см) – серовато-коричневый, единичные корни растений, влажный, плотный, легко суглинистый, большое количество кирпича, стекло, щебень, камни, переход в следующий горизонт постепенный (по сизым пятнам оглеенности), граница неровная;

U2 (36-65 см) – сизовато-бурый, ср. суглинок, влажный, плотный, включает железные конструкции, кирпичи, много камней, стала сочиться вода.

Таким образом, исследуемая почва – урбостратозём серогумусовый супесчаный (дерновая супесчаная).

На аккумуляцию в верхних слоях почв тяжелых металлов влияют рН, содержание биогенных элементов, таких как подвижные формы калия и фосфора, а также содержание органического вещества. Был проведен химический анализ данных показателей, который представлен на следующих графиках (или общая таблица в Приложении А).



Рисунок 2 – Концентрация pH_{KCl} в почвах Муринского парка.

Исходя из данных, представленных на графике, можно сделать вывод о том, что в основном наблюдается нейтральная реакция среды, ближе к слабощелочной. Можно отметить наименьший показатель рН, который наблюдался на площадке Т3, и достигал значений 5,8, в то время как на

других площадках данный показатель варьировал в среднем в диапазоне 6,4-6,8. Можно отметить тенденцию, что со стороны Родео-Драйв, почвы относятся к более щелочным, в то время как со стороны Светлановского проспекта – нейтральные.

Содержание подвижной формы калия, как важного биогенного элемента для роста и развития растений на разных исследуемых представлено на следующем рисунке.

По данным графика видно, что содержание подвижного калия в изучаемых вариантах парка варьировало значительно - от 319,5 до 413,5 мг/кг. Максимальное значение приходится на территорию 3 со стороны Северного проспекта и составляет 413,5 мг/кг, минимальное - на территорию 1 в центральной части парка – 319,5 мг/кг.



Рисунок 3 – Содержание подвижного калия (K₂O), мг/кг в почвах Муринского парка.

Превышение данного показателя больше 150 мг/кг свидетельствует о том, что все почвы характеризуются высоким содержанием данной формы элемента во всех исследуемых вариантах. По-видимому, в парке проводится периодическое внесение минеральных удобрений. По содержанию подвижного калия изученные территории расположились в следующий убывающий ряд: $t_1 > t_2 > t_4 > t_3$.

Также было изучено содержание другого важного биогенного элемента – фосфора. Исходя из данных, представленных на графике, значения содержания фосфора варьировали существенно, от 178-256,5 мг/кг. Минимальное значение было установлено в почвах площадок территории 1 со стороны Луначарского проспекта (178 мг/кг), максимальное – на территории 1 в центральной части парка (256,5 мг/кг). Так как содержание фосфора превышает 100 мг/кг, можно говорить о высоком содержании данной формы элемента на всех территориях.

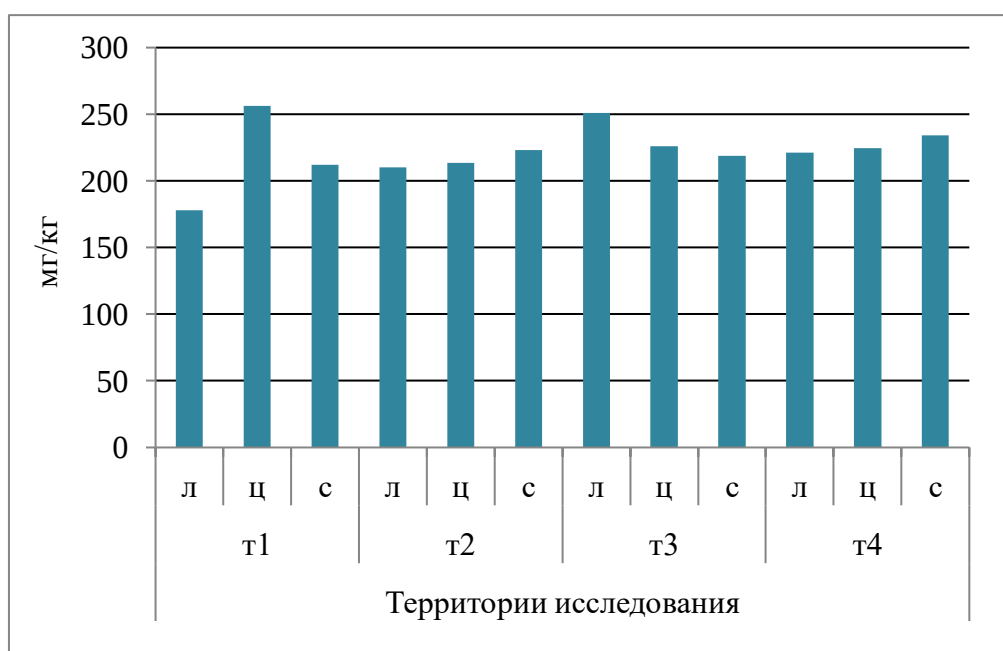


Рисунок 4 – Содержание подвижного фосфора (P_2O_5), мг/кг в почвах Муринского парка.

По содержанию подвижного фосфора территории расположились в следующий убывающий ряд: $t_3 > t_4 > t_1 > t_2$.

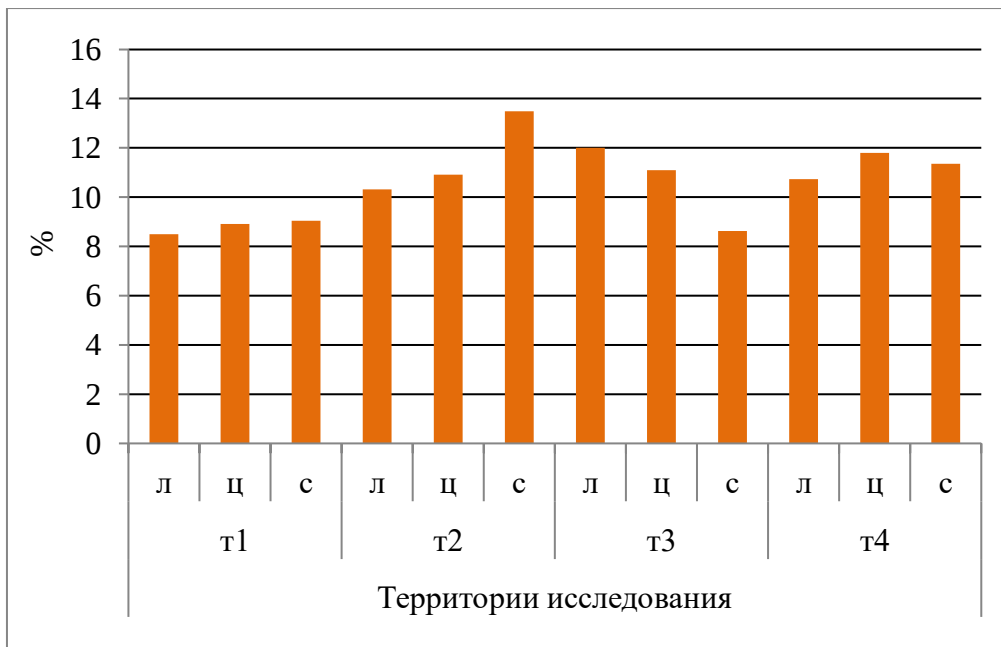


Рисунок 5 – Содержание органического вещества, % в почвах Муринского парка.

Минимальное значение органического вещества приходится на территорию 1 со стороны Луначарского проспекта (8,49 %), максимальное на территорию 2 со стороны Северного проспекта (13,49 %). Также можно отметить увеличение органического вещества от t_1 к t_7 (8,56 % - 12,4 %). Вследствие высокого содержания органического вещества почвы на данных территориях являются высокогумусными. По содержанию органического вещества в почве территории расположились в следующий убывающий ряд: $t_2 > t_4 > t_3 > t_1$.

Также гранулометрический состав почвы играет важную роль в определении содержания тяжёлых металлов в почвах. Результаты анализа гранулометрического состава почвенных образцов, взятых на разных территориях парка, приведены в таблице.

Таблица 2 – Гранулометрический состав верхнего слоя урбостратозёма на разных территориях Муринского парка

№ п/п	Гранулометрический состав		Краткое название по гран. составу
	Физический песок (>0,01)	Физическая глина (<0,01)	
1	82	18	супесчаная
2	85	15	супесчаная
3	77	23	легкосуглинистая
4	76	24	супесчаная
5	84	16	супесчаная
6	82	19	супесчаная
7	86	14	супесчаная
8	79	21	супесчаная

На основе данной таблицы можно сделать вывод о том, что верхний слой почв Муринского парка на выделенных территориях является в основном супесчаной на всех территориях, за исключением территории 3, где почва является легкосуглинистой.

3.3. Климатические условия

Климатические условия Санкт-Петербурга в летне-осенний период 2024 года представлены на рисунке 5.

На данном рисунке представлены среднемесячные значения температур и осадков в летне-осенний период с июня по ноябрь. Максимальное количество осадков приходится на август и составляет 184 мм (что превышает норму осадков в 2,1 р), а затем количество выпавших осадков снижается к ноябрю. Температура достигает своего максимального значения в августе и достигает 21°C.

Большое количество осадков может способствовать вымыванию тяжёлых металлов из верхних слоёв почвы и их миграции в нижние

почвенные горизонты или водоёмы. Также из-за обильных осадков возможно временное снижение концентрации тяжёлых металлов в верхнем горизонте почвы.

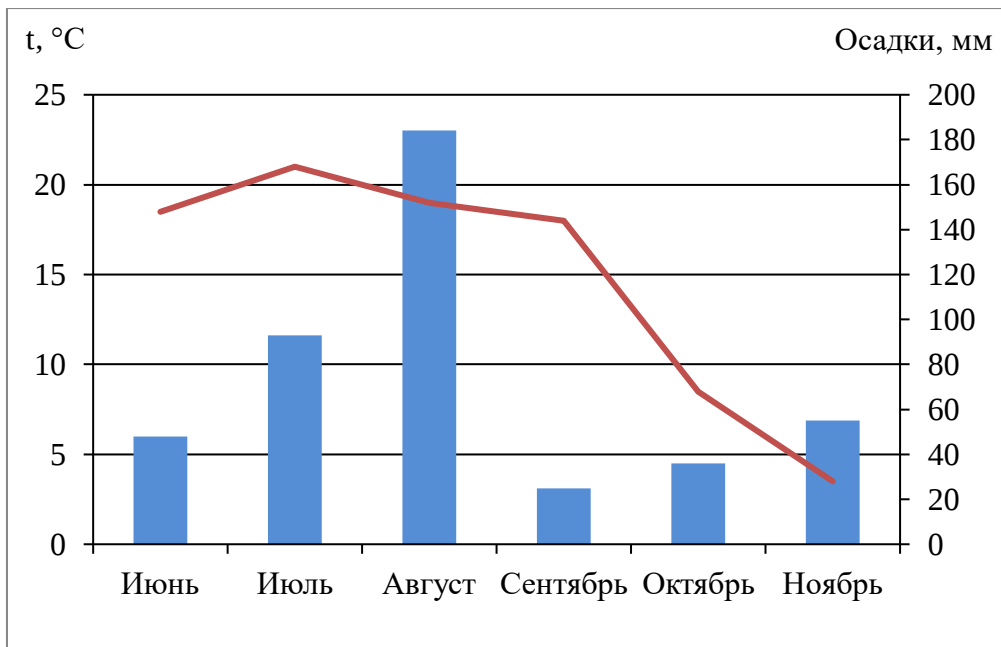


Рисунок 6 – График зависимости осадков и температуры от времени.

Так как осенью мы наблюдаем понижение температуры и осадков, можно сделать вывод, что это приводит к снижению биологической активности почвы и замедляет процессы миграции ТМ. В этот период металлы могут аккумулироваться верхних слоях почвы, что приведёт к увеличению их содержания.

3.4. Методы

Отбор проб почвы.

Точечные пробы отбирались на площадке методом конверта, по диагонали (ГОСТ 17.4.3.01). Объединенная проба составлялась путем смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке. Для химического анализа объединенная проба составлялась не менее чем из

двадцати пятиточечных проб, взятых с одной пробной площадки. Масса объединенной пробы должна быть не менее 1 кг.

Для определения химических веществ пробу почвы в лаборатории рассыпали на бумаге, разминали пестиком крупные комки, удаляли включения, а также новообразования. Почву просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм.

Определение гранулометрического состава образцов почвы парка.

Для определения гранулометрического состава почвенных образцов применяли ситовой метод. Данный способ анализа основан на просеивании почвенного образца через набор сит с отверстиями разного диаметра: 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм. Каждую фракцию, задержавшуюся на ситах, взвешивали и рассчитывали её процентное содержание относительно общей массы образца. Для суглинистых и глинистых частей навески почв, с частицами менее 0,1 мм, применяли ареометрический метод гранулометрического анализа. Он основан на скорости оседания частиц в воде: более крупные частицы оседают быстрее, мелкие – медленнее. По изменениям плотности или массе осевших частиц рассчитывали процентное содержание частиц определенного размера [6].

Определение pH по методу ЦИНАО.

Данный метод для определения pH почвы основан на приготовлении солевой вытяжки из почвы с использованием 1 М раствора хлорида калия (KCL) в соотношении почвы и раствора 1:2,5 по массе и объёму для извлечения обменных катионов раствором, после чего измеряется pH полученной суспензии с помощью потенциометрического метода с использованием стеклянного электрода [3].

Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО.

Метод основан на извлечении подвижных форм фосфора и калия из почвы раствором соляной кислоты с молярной концентрацией 0,2 моль/дм³. Фосфор определяется по интенсивности окраски синего-молибденового комплекса на фотоэлектроколориметре, а калий – с помощью пламенного фотометра [4].

Определение органического вещества по методу Тюрина.

Метод заключался в окислении органического вещества раствором двуххромовокислого калия в серной кислоте и последующем определении трёхвалентного хрома, эквивалентного содержанию органического вещества на фотоэлектроколориметре [5].

Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.

Метод основан на способности атомов металлов в основном состоянии поглощать свет определённой длины волны, характерной для каждого элемента. Разбавление кислотных вытяжек позволяет определить металлы в растворе в оптимальной области разрешающей способности спектрометра. Для извлечения из почвы кислоторастворимых форм тяжёлых металлов из почвы используют 1 н. раствор азотной или соляной кислоты. Определение проводится с помощью атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической автоматизацией [19].

Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы

Для выделения подвижных форм использовали экстракцию ацетатно-аммониевым буферным раствором с pH 4,8. Навеску почвы (около 5 г) обрабатывали раствором в соотношении примерно 1:10, выдерживают с перемешиванием, затем фильтруют для получения вытяжки, содержащей подвижные формы металлов [12].

Оценка степени химического загрязнения почв как показатель негативного влияния на здоровье населения.

Оценка проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и геогигиенических исследованиях окружающей среды городов с действующими источниками загрязнения. Такими показателями являются: коэффициент концентрации химического вещества (K_c).

Таблица 3 – Фоновое содержание валовых форм тяжёлых металлов в почвах (мг/кг)

№ зоны	Фоновые значения исследуемых показателей, мг/кг									
	As	Zn	Pb	Cd	Ni	Co	Mn	Cu	Cr	Hg
I	2,51	26,7	5,7	0,12	13,4	3,10	116,2	16	11,7	0,06

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

$$Z_c = \text{сумма } (K_{Ci} + \dots + K_{Cn}) - (n-1), \text{ где}$$

n - число определяемых суммируемых вещества;

K_{Ci} - коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения.

После расчёта Z_c его значения сравниваются с установленными категориями загрязнения.

4. Загрязнение почв Муринского парка тяжелыми металлами

Было проведено комплексное исследование территории парка по содержанию тяжёлых металлов в почвах. Такой подход позволяет определить как допустимые, так и критические уровни содержания тяжёлых металлов, необходимые для поддержания стабильного функционирования городских экосистем, а также своевременно разрабатывать меры по их сохранению и восстановлению. Поскольку Муринский парк состоит из 3 частей, а именно Восточной, Центральной и Западной и имеет площадь 115,33 га. Для проведения исследования в качестве объекта была выбрана Западная часть парка, которая составила 59,92 га и была разделена на 4 равные территории (рисунок 6).

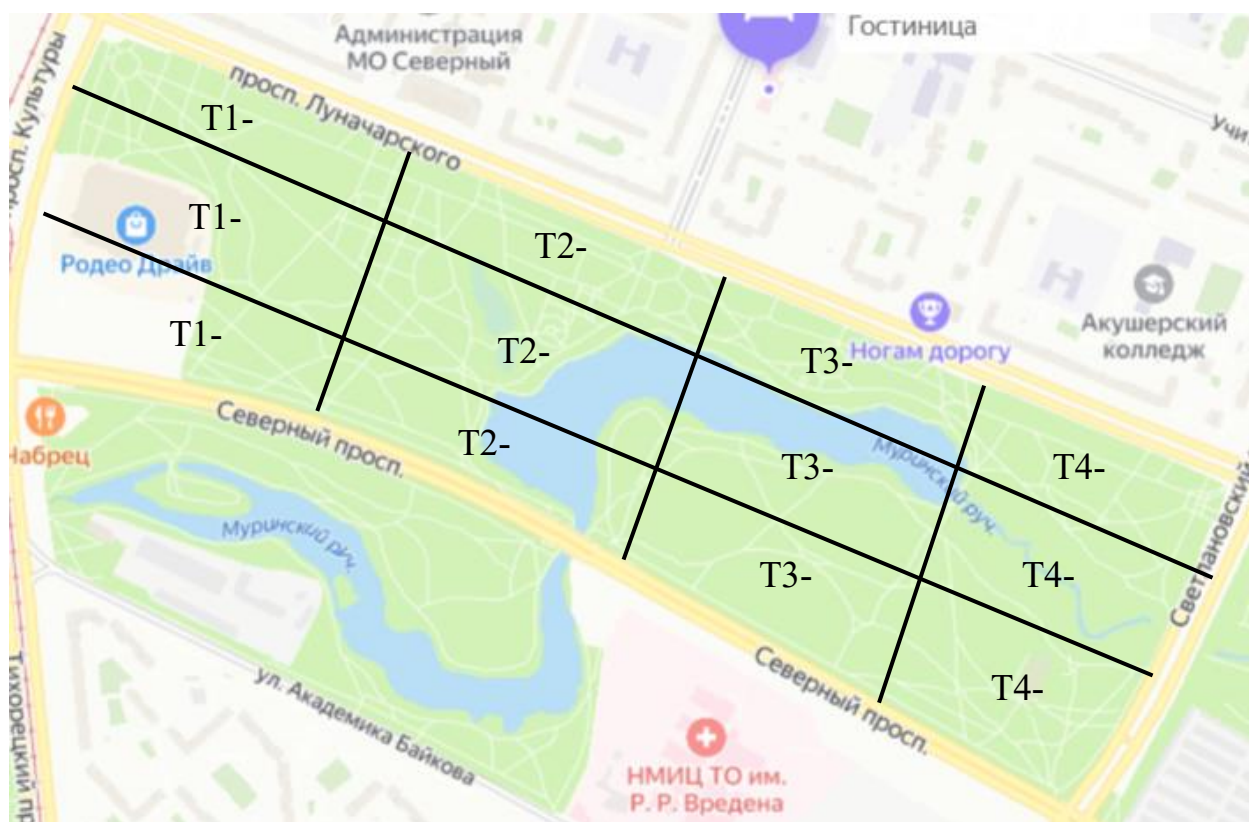


Рисунок 7 – Основные исследуемые территории парка на содержание тяжёлых металлов в почве

Полученные данные (с ними можно ознакомиться в таблицах 1 и 2 в Приложении Б) сравнивали с нормативными значениями предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК). По итогам исследований рассчитали суммарный показатель загрязнения (Z_c) парка.

4.1. Содержание свинца в почве парка

Почвы городских парков часто загрязнены свинцом, особенно в районах рядом с крупными дорогами. Загрязнение происходит в основном из-за атмосферных осадков, содержащих соединения свинца. Токсическая доза для человека составляет 1 мг, а смертельная – 10 г. Загрязнение почв свинцом приводит к фитотоксическому явлению (замедлению роста растений, сокращению длины корней и листьев). Свинец относится к I классу опасности.

Исследование территорий парков по концентрации свинца в валовой форме свинца показано на рисунке 7.

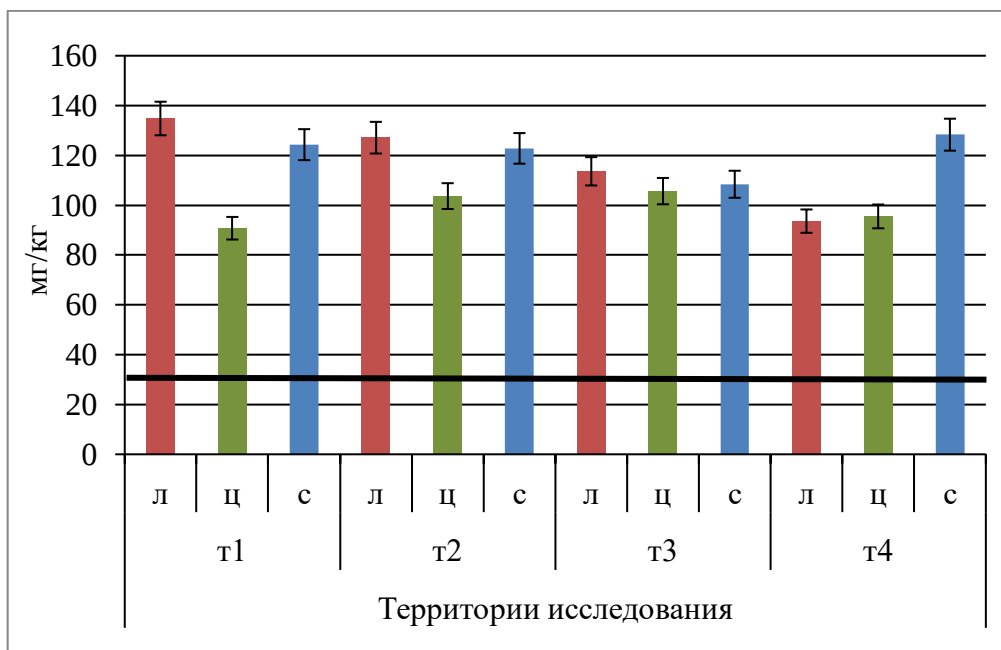


Рисунок 8 – Содержание валовой формы свинца в верхнем слое (0-10 см) на выбранных территориях почв Муринского парка.

На данном рисунке можно наблюдать, что все исследуемые территории парка превышали значения ПДК, которое для данного металла составляет 32 мг/кг. В целом среднее содержание свинца варьировало от 90 до 134 мг/кг в зависимости от места расположения. Максимальное значение концентрации приходилось на территорию 1 со стороны Луначарского проспекта и достигало 134,8 мг/кг. Превышение допустимого значения в данном случае составляло 4,2 ПДК. Минимальное значение содержания свинца в валовой форме наблюдалось в центральной части парка (между проспектом Луначарского и Северного) территории 1 и достигало величины – 90,75 мг/кг. Минимальные значения превышений наблюдались на территориях центральных участков и составили значения от 90,75 до 105,65 мг/кг.

На основании полученных данных установлена тенденция снижения содержания валовой формы свинца в центральной части исследуемых территорий кроме территории 4, где между участком прилегающем к

Луначарскому проспекту и его центральной частью существенных различий не обнаружено.

Установлено, что территории со стороны проспекта Культуры (т1-т2) содержали на 10 % больше данного металла, чем территории со стороны Светлановского проспекта.

По содержанию валовой формы свинца исследуемые территории расположились в следующий убывающий ряд: $t_2 > t_1 > t_3 > t_4$.

На рисунке 8 представлена концентрация свинца в подвижной форме на исследуемых территориях. На данном рисунке можно наблюдать, что превышение значения ПДК, которое для данного металла составляет 6 мг/кг и приходилось на все исследуемые территории парка. В целом среднее содержание данного показателя варьировало от 12,8 до 46,7 мг/кг, в зависимости от места расположения. Со стороны Луначарского проспекта на т 2, т3 и т4 можно отметить, что превышение являлось наименьшим и составляло от 12,8 до 19,3 мг/кг. Концентрация подвижной формы свинца превышала значение ПДК для данного металла в 2,1 - 3,2 раз.

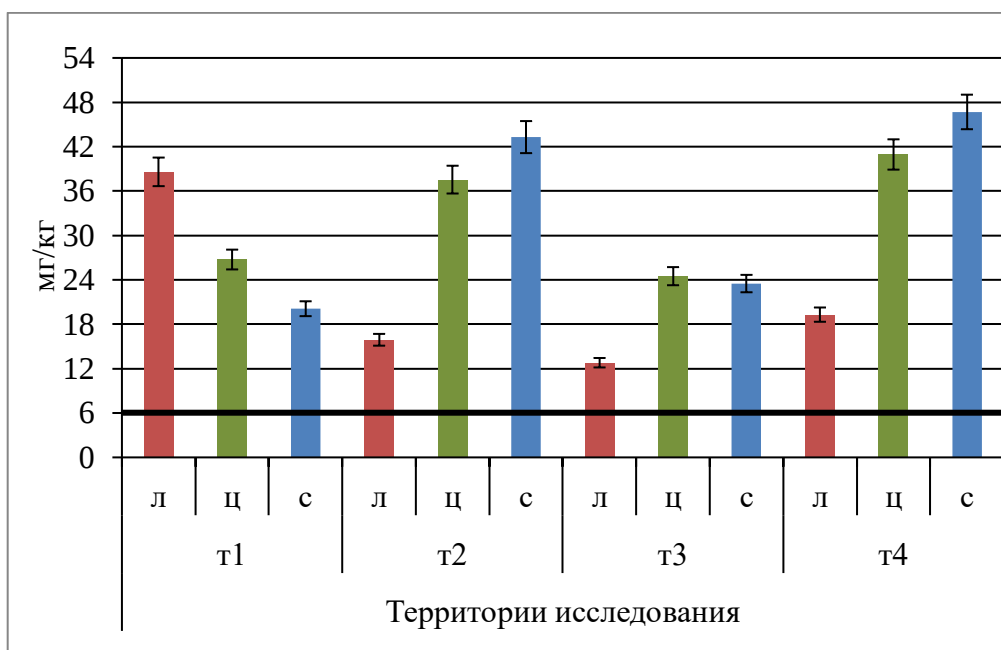


Рисунок 9 – Содержание подвижной формы свинца в верхнем слое (0-10 см) почв на выбранных территориях Муринского парка.

Наибольшее превышение значения ПДК приходилось на почвы территории 2 и 4 со стороны Северного проспекта и центральной части парка и достигали значения 37,55 - 46,7, соответственно. Следовательно ПДК превышено в 6,3 - 7,8 раз.

На основании полученных данных установлена тенденция снижения содержания подвижной формы свинца на всех территориях со стороны Луначарского проспекта и увеличением к центральной части парка и Северному проспекту, за исключением территории 1, минимальная концентрация подвижной формы свинца здесь приходится на территорию со стороны Северного проспекта.

Установлено, что почвы на территории 3 со стороны Светлановского проспекта содержали на 43 % меньше данного металла, по сравнению с почвами территории 4 с этой же стороны. Возможно, данный участок расположен на пересечении двух проспектов – Луначарского и Светлановского, где поток машин удваивается по сравнению со следующим

участком, расположенным далее от перекрестка. По содержанию подвижной формы свинца исследуемые территории расположились в следующий убывающий ряд: $t_4 > t_2 > t_1 > t_3$.

4.2. Содержание кадмия в почве парка

В почве кадмий присутствует преимущественно в подвижной форме, что способствует его миграции и накоплению в растениях.

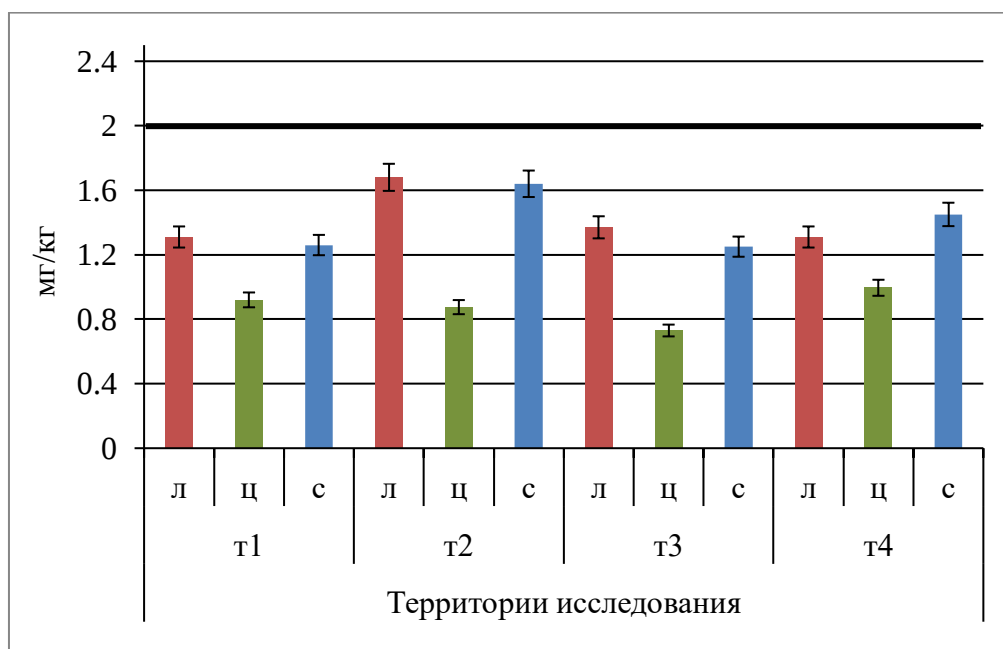


Рисунок 10 – Содержание валовой формы кадмия в верхнем слое (0-10 см) на выбранных территориях почв Муринского парка.

В парках и зелёных зонах, расположенных рядом с предприятиями или крупными дорогами, уровень кадмия в почве может быть превышен, что негативно сказывается на росте растений. Данный металл относится к I классу опасности и является сильным канцерогеном. Исследование площадок территорий парка по валовой форме кадмия представлено на рисунке 9.

Согласно представленному рисунку, можно сделать вывод о том, что превышений значения ПДК (2 мг/кг) не наблюдалось. В целом среднее содержание данного показателя варьировало от 0,73 до 1,68 мг/кг в зависимости от того, где был отобран образец. Максимальное значение достигается на т2 со стороны Луначарского проспекта и составляет 1,68 мг/кг. Минимальное значение можно отметить на центральной части территории 3 – 0,73 мг/кг. На основании полученных данных можно выявить, что в центральной части исследуемых территорий установлено снижение концентрации валовой формы кадмия, которое варьировалось от 0,73 до 0,99 мг/кг. По содержанию валовой формы кадмия исследуемые территории расположились в следующий убывающий ряд: $t_2 > t_4 > t_1 > t_3$.

На рисунке 10 представлена концентрация свинца подвижной формы на исследуемых территориях. На данном рисунке можно наблюдать, что в почвах всех исследуемых территорий парка отсутствовали превышения ПДК (2 мг/кг). В целом среднее содержание данного показателя варьировало от 0,22 до 0,56 мг/кг. Максимальное значение данного металла были установлены на площадках территории 4 со стороны Северного проспекта – 0,56 мг/кг, минимальное – на территорию 3 со стороны Луначарского проспекта – 0,22 мг/кг.

Также можно отметить тенденцию снижения концентрации кадмия в центральной части парка на всех изучаемых территориях, за исключением территории 3, где минимальное значение приходится на площадке территории со стороны Луначарского проспекта. Такую же закономерность можно заметить в почвах на территории 1. По содержанию подвижной формы кадмия исследуемые территории расположились в следующий убывающий ряд: $t_4 > t_2 > t_3 > t_1$.

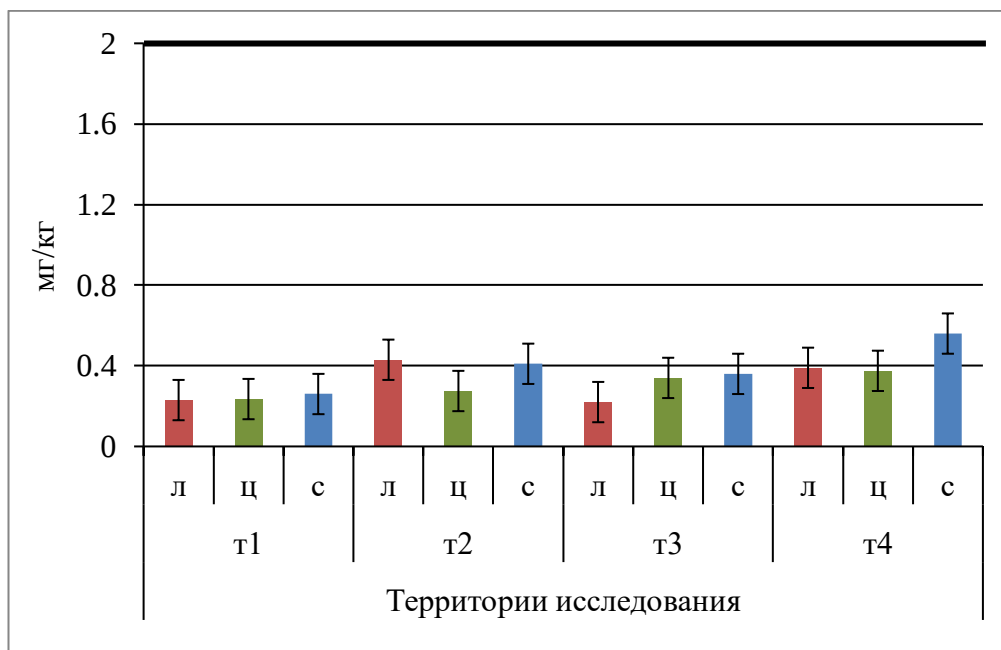


Рисунок 11 – Содержание подвижной формы кадмия в верхнем слое (0-10 см) почв Муринского парка на выбранных территориях.

4.3 Содержание цинка в почвах парка

Цинк является тяжёлым металлом I класса опасности и его избыток может привести к серьёзным негативным последствиям. Основными источниками загрязнения почвы цинком являются промышленные выбросы (цветной металлургии, гальванические и лакокрасочные производства), автомобильный транспорт, коммунально-бытовые отходы и использование цинкосодержащих удобрений. Для человека цинк опасен тем, что может привести к нервным расстройствам, расстройствам желудочно-кишечного тракта, аллергическим реакция, при длительных приёмах доз (200-800 мг/день) приводит к анорексии, лихорадке, головным болям, головокружению, бессоннице.

Исследование территорий парков по валовой форме цинка показано на рисунке 11. На данном рисунке мы можем отметить, что некоторые

площадки изучаемых территорий не превышали значение ПДК (220 мг/кг) по содержанию цинка в почвах.

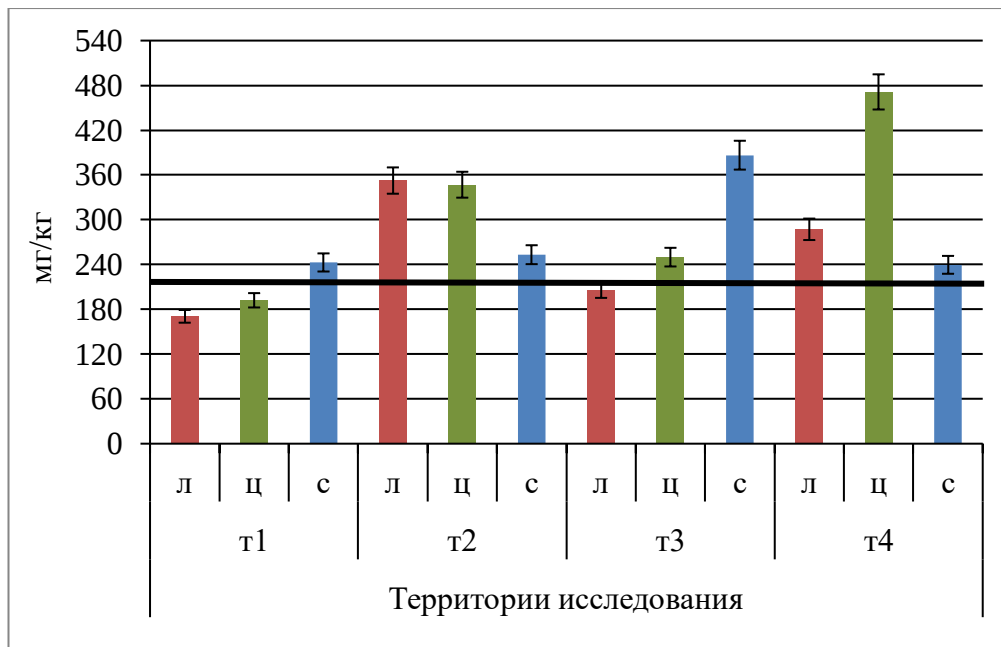


Рисунок 12 – Содержание валовой формы цинка в верхнем слое (0-10 см) почв на изучаемых территориях Мурина парка.

В их число вошли площадки почв на территории 1 со стороны Луначарского проспекта и в центральной части парка, а также на территории 3 со стороны Луначарского проспекта. Однако на остальных исследуемых территориях в почвах можно отметить превышение уровня ПДК. В целом среднее содержание данного показателя варьировало от 170,6 мг/кг до 421,25 мг/кг в зависимости от места расположения. Максимальное значение было установлено в почвах на территории 4 в центральной части парка, где достигало значения 421,25 мг/кг, превышая значение ПДК в 1,9 раза. Минимальное значение содержания валовой формы цинка наблюдалось в почвах на площадках территории 1 со стороны Луначарского проспекта, достигнув значения 170,6 мг/кг. По содержанию валовой формы цинка

исследуемые территории расположились в следующий убывающий ряд: $t_4 > t_2 > t_3 > t_1$.

На рисунке 12 представлено распределение концентрации цинка в подвижной форме на исследуемых территориях. Рассмотрев рисунок можно сказать, что установленные концентрации элемента не превышали ПДК только на двух участках, а именно в почвах на территории 1 со стороны Луначарского проспекта – 17,1 мг/кг (и является наименьшим значением) и в почвах на территории 3 со стороны Северного проспекта – 19,41 мг/кг.

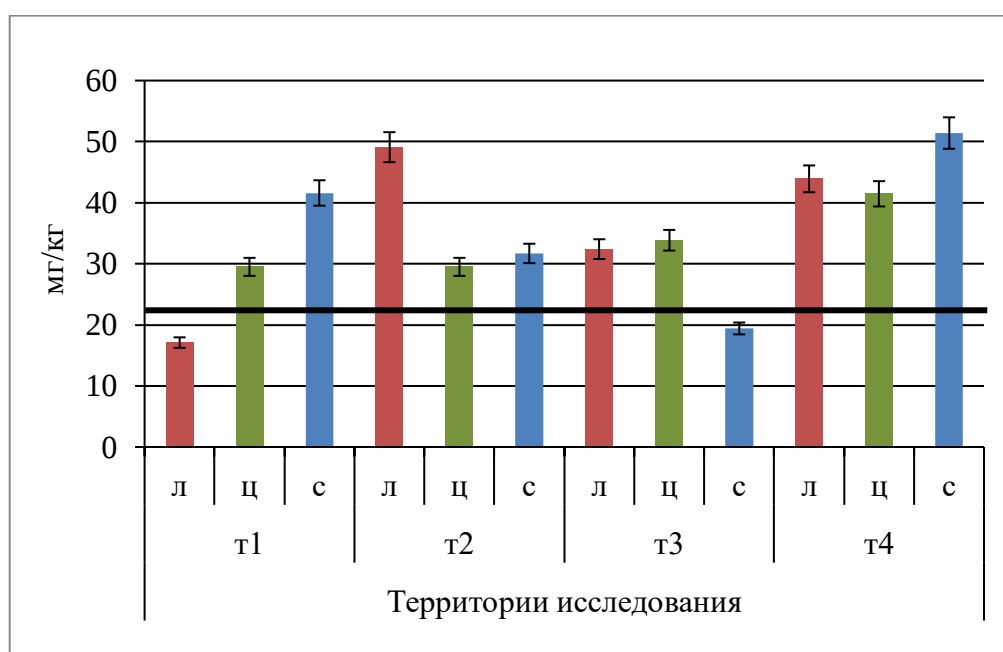


Рисунок 13 – Содержание подвижной формы цинка в верхнем слое (0-10 см) почв Муринского парка на выбранных территориях.

В целом среднее содержание данного показателя варьировало от 17,1 мг/кг до 51,41 мг/кг в зависимости от места расположения. На остальных участках можно отметить превышения, максимальное значение наблюдается на территории 4 со стороны Северного проспекта – 51,41 мг/кг. По содержанию подвижной формы цинка исследуемые территории расположились в следующей убывающий ряд: $t_4 > t_2 > t_1 > t_3$.

4.4. Содержание меди в почве парка

Медь имеет II класс опасности. В небольших концентрациях медь необходима живым организмам, однако в повышенных концентрациях медь токсична. Источниками загрязнения медью являются применение медьсодержащих материалов, атмосферные выбросы промышленных предприятий и автотранспорта, а также сжигание ископаемого топлива. При повышенных концентрациях меди в организме человека возможны такие последствия как повреждение печени, почек, гемолитическая анемия, нарушения работы нервной системы.

Исследование территорий парков по валовой форме меди показано на рисунке 13.

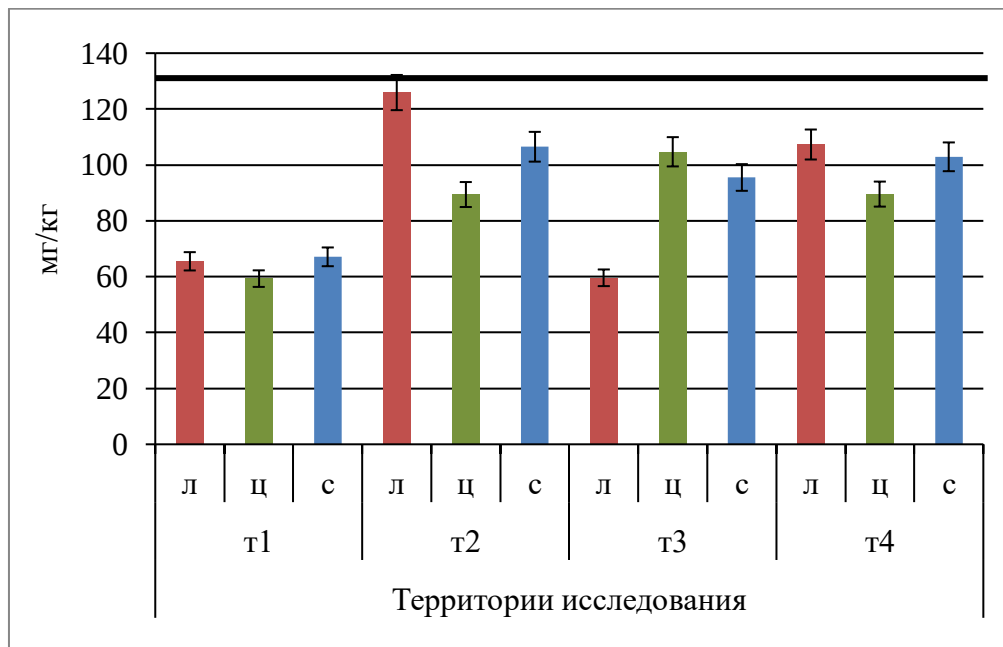


Рисунок 14 – содержание валовой формы меди в верхнем слое (0-10 см) почв Муринского парка на выбранных территориях.

На данной гистограмме показано распределение валовой формы меди в почвах по территории парка. Можно сделать вывод о том, что превышений значения ПДК (132 мг/кг) не обнаружено. В целом среднее содержание данного показателя варьировало от 59,3 мг/кг до 125,9 мг/кг в зависимости от расположения. Наибольшая концентрация металла наблюдалась на территории 2 со стороны Луначарского проспекта, которое достигало значений 125,9 мг/кг. Минимальная – на территории 1 в центральной части парка, где составляла 59,3 мг/кг.

На основании полученных данных установлена тенденция снижения содержания валовой формы меди в почвах на всех исследуемых территориях центральной части, кроме территории 3, где в центральной части территории в почвах наблюдалась наибольшая концентрация валовой формы свинца по сравнению с Луначарским и Северным проспектами.

По содержанию валовой формы медь и исследуемые территории расположились в следующий убывающий ряд: $t_2 > t_4 > t_3 > t_1$.

На рисунке 14 представлена концентрация цинка подвижной формы на исследуемых территориях. Как показано на рисунке значение концентрации меди подвижной формы значительно варьировалось в пределах от 2,1 мг/кг до 15,39 мг/кг. Металл не превышает значение ПДК (3 мг/кг) лишь на одном участке на территории 3 со стороны Луначарского проспекта и равна его концентрация 2,1 мг/кг (также данная концентрация является наименьшей). Также наблюдается незначительное превышение ПДК на территории 1 со стороны Луначарского (3,24 мг/кг) и Северного проспектов (3,07 мг/кг), к центру на этой же территории происходит увеличение содержания и составляет оно 4,28 мг/кг. В остальных случаях наблюдается значительное превышение допустимого значения и максимальное значение достигается на территории 2 со стороны Северного проспекта и равно 15,39 мг/кг, что превышает ПДК в 5,13 раз.

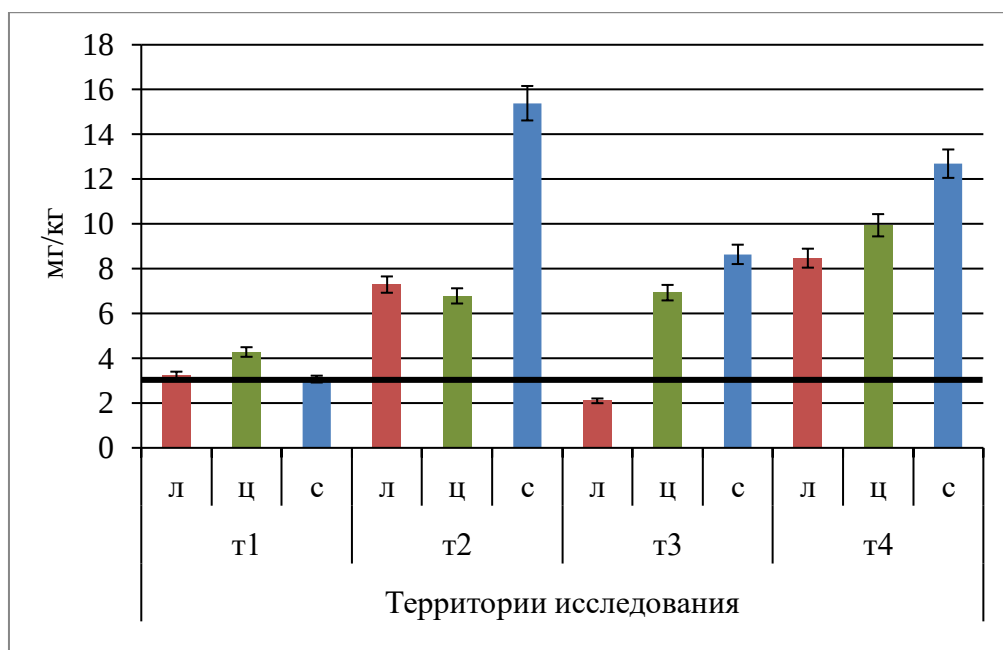


Рисунок 15 – Содержание подвижной формы меди в верхнем слое (0-10 см) почв Муринаского парка на выбранных территориях.

На основании полученных данных можно отметить, что со стороны Северного проспекта относительно центральной части и территории со стороны Луначарского проспекта каждой территории наблюдалось увеличение содержания подвижной формы меди за исключением территории 1. По содержанию подвижной формы меди исследуемые территории расположились в следующий убывающий ряд: $t4 > t2 > t3 > t1$.

4.5. Содержание никеля в почве парка

В парках никель накапливается в результате выбросов транспорта, промышленных предприятий (горнорудная промышленность, цветная металлургия, машиностроительная промышленность) и бытовых отходов, ТЭК, работающие на мазуте и каменном угле. Данный металл относится ко II классу опасности. Накопление никеля приводит к токсическому воздействию

на растения, микроорганизмы и всю экосистему. Это проявляется в ухудшении плодородия, снижении урожайности, а также в изменении агрохимических свойств почвы. Для человека опасен тем, что при длительном воздействии может привести к развитию опухолей носоглотки и лёгких, контактному дерматиту, астме, а также может накапливаться в поджелудочной и околощитовидной железах, оказывает токсическое воздействие на иммунную и репродуктивную системы.

Исследование территорий парков по содержанию валовой формы никеля показано на рисунке 15.

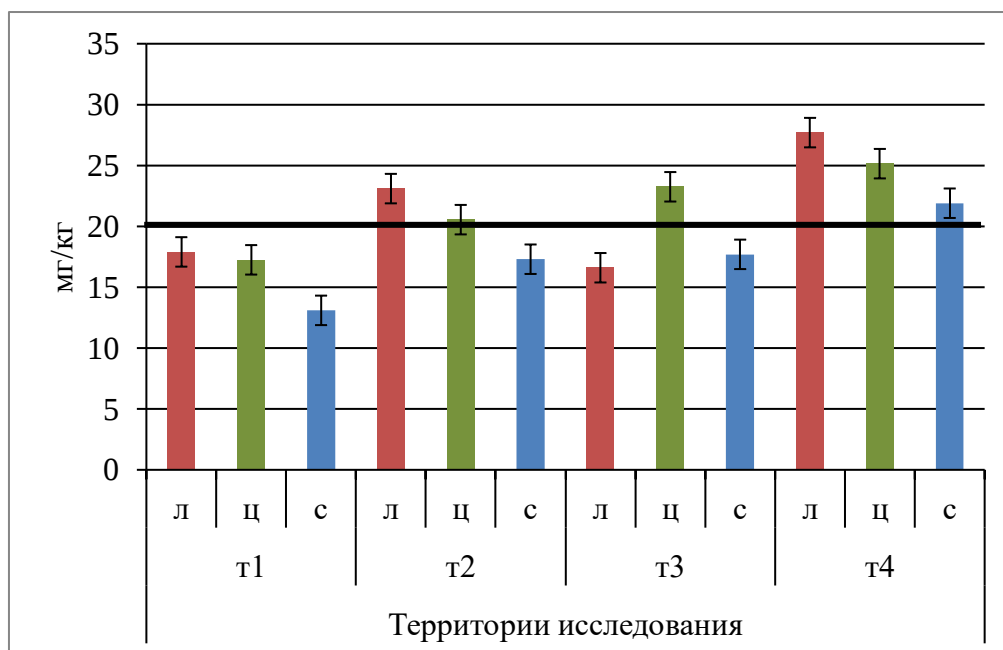


Рисунок 16 – Содержание валовой формы никеля в верхнем слое (0-10 см) почв Муринского парка на выбранных территориях.

Можно отметить превышение ОДК (20 мг/кг) на территории 2 со стороны Луначарского проспекта (23,1 мг/кг) и центральной части парка (20,55 мг/кг), также на центральной части парка территории 3 (23,25 мг/кг) и на всей территории 4 (21,9-27,7 мг/кг). В целом концентрация никеля превысила допустимые значения в 1,03-1,39 р. На остальных участках

превышений не наблюдалось, минимальное значение наблюдалось на территории 1 со стороны Северного проспекта (13,1 мг/кг). В целом среднее содержание данного показателя варьировало от 13,1 до 25,15 мг/кг в зависимости от месторасположения.

На основании полученных данных выявлена закономерность, что на территориях 1,2 и 3, где наблюдалось уменьшение содержания валовой формы никеля в следующей последовательности: Луначарский проспект > Центральная часть территории > Северный проспект.

По содержанию валовой формы никеля исследуемые территории расположились в следующий убывающий ряд: Т 4 > Т2 > Т3 > Т1.

Исследование почвенного покрова изучаемых территорий парка по содержанию подвижной формы никеля показано на рисунке 16.

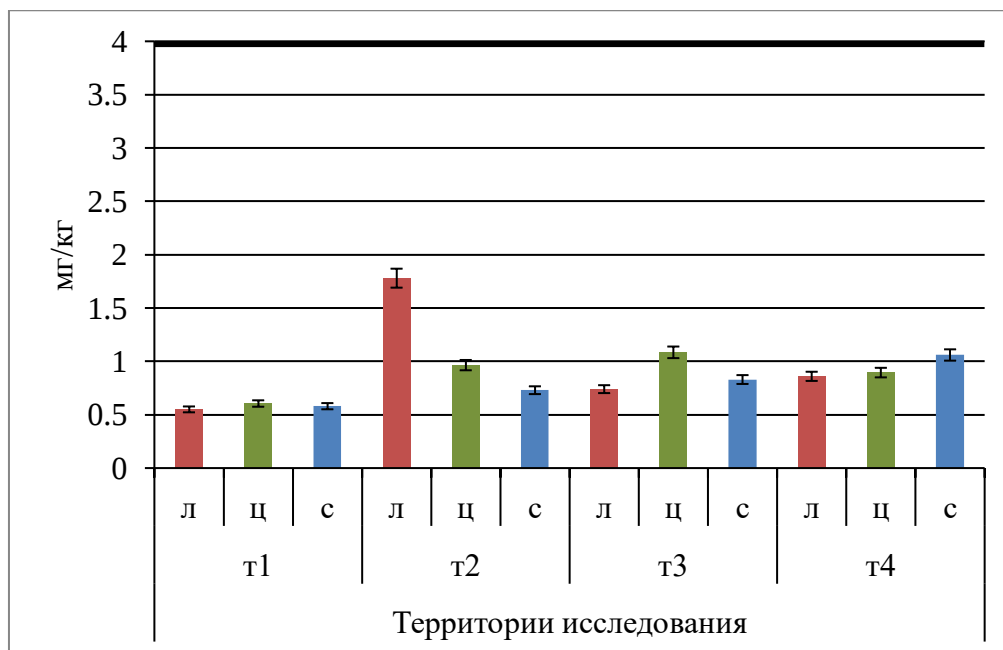


Рисунок 17 – Содержание подвижной формы никеля в верхнем слое (0-10 см) почв Муринского парка на выбранных территориях.

Изучая данный рисунок видно, что значения не превышали установленный для данного металла уровень ОДК (4 мг/кг). В целом среднее

содержание данного элемента варьировало от 0,55 до 1,16 мг/кг. Минимальное значение содержания данного элемента приходилось на территорию 1 со стороны Луначарского проспекта 0,55 мг/кг, максимальное – 1,78 на территории 2 со стороны Луначарского проспекта.

По содержанию подвижной формы никеля исследуемые территории расположились в следующий убывающий ряд: $t_2 > t_4 > t_3 > t_1$.

В целом в ходе исследования было установлено, что содержание валовой формы тяжёлых металлов преобладало на территории 2 и 4, на территории 1 и 3 происходило снижение концентрации данной формы ТМ. Для подвижной формы тяжёлых металлов установлена аналогичная закономерность.

4.6 Суммарный показатель загрязнения парка тяжёлыми металлами

Экологическая оценка почвенного покрова Муринского парка проводилась на основе расчёта коэффициентов концентрации (K_c) и суммарного показателя загрязнения (Z_c).

Для выявления участков с повышенным содержанием тяжёлых металлов в городской среде, обусловленных транспортом, промышленностью и другими источниками загрязнения, широко применяются коэффициент K_c . Значения K_c и суммарного загрязнения представлены в таблице 5.

По результатам расчётов значений K_c можно сделать вывод о том, что почва парка очень сильно загрязнена свинцом, кадмием, цинком. Значение меди относится к сильному загрязнению, а никеля к слабому загрязнению почв. Почвенный покров парка характеризуется повышенным уровнем техногенно-антропогенной нагрузки по сравнению с фоновыми территориями, что обусловлено влиянием автотранспортной сети дорог в Калининском районе.

Таблица 4 – Коэффициент концентрации химического вещества и суммарный показатель загрязнения.

Территория		Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Zc	Оцен шкала
		Kc						
т1	л	23,65	10,92	6,39	0,24	1,34	38,54	О
	ц	15,92	7,67	7,19	3,71	1,53	32,02	О
	с	21,81	10,50	9,09	4,19	0,98	42,57	О
т2	л	22,30	14,00	13,20	7,87	1,72	55,09	О
	ц	18,18	7,29	12,99	5,59	1,53	41,59	О
	с	21,54	13,67	9,48	6,66	1,29	48,64	О
т3	л	19,93	11,42	7,70	3,73	1,24	40,01	О
	ц	18,54	6,08	9,36	6,54	1,74	38,26	О
	с	19,02	10,42	14,48	5,97	1,32	47,20	О
т4	л	16,42	10,92	10,76	6,71	2,07	42,87	О
	ц	16,75	8,29	17,65	5,60	1,88	46,17	О
	с	22,51	12,08	8,97	6,43	1,63	47,63	О
Среднее		19,71	10,27	10,61	5,27	1,50	43,36	
Загрязнение		очень сильное	очень сильное	очень сильное	сильное	слабое		

Для комплексной оценки степени загрязнения почвенного покрова тяжёлыми металлами на основе предварительно полученных коэффициентов концентрации был определён интегральный показатель (Zc). Этот параметр отражает совокупное воздействие токсикантов с учётом их фоновых значений и количества анализируемых элементов.

Почвенный покров характеризуется опасным уровнем загрязнения, что вследствие может привести к негативным последствиям в отношении, как городского населения, так и самого парка.

5. Рекомендации

Степень загрязнения почвенного покрова парка можно охарактеризовать как опасную. Длительное нахождение в таком парке может оказывать негативное воздействие на посетителей парка.

Для уменьшения содержания тяжёлых металлов в почвах парка на участках с наибольшим уровнем загрязнения нужно вносить сорбенты (цеолиты, бентонит, торф), которые связывают тяжёлые металлы и снижают их подвижность и биодоступность для растений и микроорганизмов.

Также рекомендуется высаживать растения-аккумуляторы (горчица, люпин, и др.), они извлекают тяжёлые металлы корнями растений и накапливают их в стеблях, листьях или цветах. Данный метод называется фиторемедиация.

Следует регулярно проводить уборку территорий, а именно своевременно удалять опавшую листву, и мусор, особенно вблизи дорог, что способствует снижению накопления тяжёлых металлов в верхних слоях почвы.

Экологическое информирование посетителей парка, которая включает в себя установку информационных стендов с данными о состоянии почв, правилах поведения и важности соблюдения чистоты, способствует формированию экологической культуры населения.

Заключение

1. Анализ содержания тяжёлых металлов в почвах городских парков — это один из методов экологического мониторинга. Полученные данные позволяют оценить текущее состояние окружающей среды и определить уровень экологической безопасности территории.

2. Выявлено, что почвы парков представлены урбостратозёмами, содержащими в своем составе большое количество различных антропогенных включений: кирпичи, железные конструкции, стекло, неразложившиеся остатки одежды, щебень и камни. Верхние слои представляли собой торфяно-гумусовую смесь, преимущественно супесчаного гранулометрического состава, нейтральным по реакции среды. Почвы высокогумусированы (Собщ > 8%), зафосфачены и высококалийны. В нижних слоях наблюдается оглеение, из-за неглубокого залегания грунтовых вод.

3. Установлено, что валовое содержание свинца, цинка в среднем превышало ПДК в 3,4, и 1,3 раз, соответственно. Значение ОДК никеля превысило незначительно - в 0,1 раза, содержание кадмия и меди в почве - ниже допустимых значений. Концентрация подвижных форм таких металлов как свинец, цинк и медь превысила концентрация ПДК в 4,9, 1,5 и 2,4 раза, однако содержание кадмия и никеля - ниже значения ОДК.

4. По коэффициенту концентрации химических веществ (K_c) в почвах располагаются в следующий убывающий ряд: $Pb > Zn > Cd > Cu > Ni$ ($19,7 > 10,3 > 10,6 > 5,3 > 1,5$).

5. По суммарному загрязнению (Z_c) почвенный покров характеризуется опасным уровнем загрязнения, что вследствие может привести к негативным последствиям в отношении, как городского населения, так и самого парка. Исследуемые территории парка располагаются в следующий убывающий ряд: $t_2 > t_4 > t_3 > t_1$ ($48,5 > 45,6 > 41,8 > 37,7$).

Список литературы

1. Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами. М.: Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова, 2017. – 192 с.
2. Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами. / Ю.Н. Водяницкий, Д.В. Ладонин, А.Т. Савичев – Москва, 2012. – 277 с.
3. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО: дата введения 01.07.1986. – Москва: Издательство стандартов, 1985. – 6 с.
4. ГОСТ Р 54650-2011 Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО: дата введения 2013-01-01. – Москва: М.: Стандартинформ, 2019. – 11 с.
5. ГОСТ 26213-91 Методы определения органического вещества: дата введения 1993-07-01. – Москва: М.: Издательство стандартов, 1992. – 8 с.
6. ГОСТ 12536—2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 21 с.
7. Ивлиева У. П. Парковые территории города / У.П. Ивлиева, И.Н. Попова, О.А. Рудая // Наука и образование. – 2022. – №1. – С. 1-7.
8. Исакова Д.Т. Тяжелые металлы и их влияние на здоровье человека / Д.Т. Исакова, Н.Р. Хафизова, С.Д. Аронбаев, Д.М. Аронбаев // In The World Of Science and Education. – 2024. – № 15. – С. 3-8.
9. Мавлютова О.С. Роль парков в жизни города // Экология. Безопасность. Жизнь. – 1997. – № 4. – С.249–250.
10. Махниченко А.С. Влияние тяжелых металлов на организм человека / А.С. Махниченко, А.Е. Пащенко // Science Time. – 2016. – № 2. – С. 395-401.

11. Медведев И.Ф. Тяжелые металлы в экосистемах: монография / И.Ф. Медведев, С.С. Деревягин. – Саратов: Ракурс, 2017. – 178 с.
12. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства / Центр. ин-т агрохим. обслуживания сельского хозяйства (ЦИНАО); утв. зам. министра сельского хозяйства РФ А.Г. Ефремовым. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ЦИНАО, 1992. – 64 с.
13. Муринский парк в Санкт-Петербурге: лыжероллерная трасса, Муринский ручей, велодорожки [Электронный ресурс].
URL: <https://giptrip.com/article/murinskiy-park/> (дата обращения: 13.04.2025).
14. Муринский парк Санкт-Петербурга – Прошлое и настоящее [Электронный ресурс].
URL: <https://pantv.livejournal.com/665919.html> (дата обращения 13.04.2025).
15. Муринский парк [Электронный ресурс]. URL: WIKI 2https://wiki2.org/ru/Муринский_парк (дата обращения 13.04.2025)
16. Нагибина, И.Ю. Значение парковых зон для жителей городской среды / И.Ю. Нагибина, Е.Ю. Журова // Молодой ученый. – 2014. – № 20. – С. 84-85.
17. Никитина О.В. Источники поступления тяжёлых металлов в окружающую среду и основные направления их снижения / О.В. Никитина, А.И. Стифеев, С.А. Зуев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 3. – С. 50-55.
18. Поршакова А.Н. Мониторинг и охрана городской среды: учебное пособие по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» / А.Н. Поршакова, М.С. Акимова. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 88 с.
19. РД 52.18.191-2018 Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектроскопии М: Росгидромет, 2019. – 44 с.

20. Середина В.П. Загрязнение почв: учебное пособие. — Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2015. — 346 с.
21. Скугорева С.Г. Химические основы токсического действия тяжёлых металлов / С.Г. Скугорева, Т.Я. Ашихмина, А.И. Фокина, Е.И. Ляпина // Теоретическая и прикладная экология. — 2016. — № 1. — С. 5-11.
22. Смирнов Ю.Д. Комплексная оценка экологического состояния вод Муринского ручья в Санкт-Петербурге / Ю.Д. Смирнов, М.В. Сучкова // Вода и экология: проблемы и решения. — 2017. — № 3 — С. 35-47.
23. Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды // Астраханский вестник экологического образования. — 2013. — №1. — С.182-192.
24. Титов, А.Ф. Тяжелые металлы и растения / А.Ф. Титов, Н.М. Казнина, В.В. Таланова. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2014. — 194 с.
25. Узаков З.З. Тяжелые металлы и их влияние на растения // Символ науки. — 2018. — № 1. — С. 52-53.
26. Широбокова М.В. Планировочные особенности наукоградов Российской Федерации / М.В. Широбокова, Н.В. Фирсова // Студент и наука. — 2021. — № 2. — С. 5–11.

Приложения

Приложение А

Таблица – Химическая характеристика верхнего слоя гумусового-аккумулятивного слоя урбостратозёма

Территория		рН _{сол} , ед. рН	Калий подвижный (K ₂ O), мг/кг	Фосфор подвижный (P ₂ O ₅), мг/кг	Орг. в-во, %
1	л	6,8	394	178	8,5
	ц	6,8	413,5	256,5	8,9
	с	6,5	403	212	9,0
2	л	6,8	380	210	10,3
	ц	6,6	375	213,5	10,9
	с	6,8	323	223	13,5
3	л	5,9	369	251	12,0
	ц	6,55	226	226	11,1
	с	6,6	219	219	8,6
4	л	6,3	383	221	10,7
	ц	6,45	319,5	224,5	11,8
	с	6,2	367	234	11,3

Где: л – почвы со стороны пр. Луначарского, ц – центральная часть территории, с – почвы со стороны Северного пр-та

Таблица – Содержание тяжёлых металлов (валовой формы) в почвах
Муринского парка, мг/кг

Территория		Тяжелые металлы (валовая форма), мг/кг				
		Свинец	Кадмий	Цинк	Медь	Никель
1	л	134,8	1,31	170,6	65,5	17,9
	м	90,75	0,92	192,1	59,3	17,25
	с	124,3	1,26	242,8	67,1	13,1
2	л	127,1	1,68	352,5	125,9	23,1
	м	103,65	0,875	346,95	89,4	20,55
	с	122,8	1,64	253,2	106,5	17,3
3	л	113,6	1,37	205,6	59,6	16,6
	м	105,65	0,73	249,9	104,7	23,25
	с	108,4	1,25	386,5	95,5	17,7
4	л	93,6	1,31	287,2	107,3	27,7
	м	95,5	0,995	471,25	89,55	25,15
	с	128,3	1,45	239,6	102,9	21,9

Где: л – почвы со стороны пр. Луначарского, ц – центральная часть территории, с – почвы со стороны Северного пр-та

Таблица – Содержание тяжёлых металлов (подвижной формы) в почвах Муринского парка, мг/кг

Территория		Тяжелые металлы (подвижная форма), мг/кг				
		Свинец	Кадмий	Цинк	Медь	Никель
1	л	38,6	0,23	17,1	3,24	0,55
	м	26,75	0,235	29,5	4,28	0,605
	с	20,1	0,26	41,6	3,07	0,58
2	л	15,9	0,43	49,1	7,29	1,78
	м	37,55	0,275	29,5	6,785	0,965
	с	43,3	0,41	31,7	15,39	0,73
3	л	12,8	0,22	32,4	2,1	0,74
	м	24,5	0,34	33,855	6,93	1,085
	с	23,5	0,36	19,41	8,64	0,83
4	л	19,3	0,39	43,91	8,47	0,86
	м	40,95	0,375	41,46	9,94	0,895
	с	46,7	0,56	51,41	12,69	1,06

Где: л – почвы со стороны пр. Луначарского, ц – центральная часть территории, с – почвы со стороны Северного пр-та