

Санкт-Петербургский государственный университет

Оленковичене Анастасия Алексеевна

**Выпускная квалификационная работа
«Содержание тяжелых металлов в почвах парков
Пушкинского района Санкт-Петербурга»**

Уровень образования: бакалавриат

Направление 05.03.06 «Экология и природопользование»

Основная образовательная программа СВ.5024.* «Экология и природопользование»

Научный руководитель:

Доцент кафедры геоэкологии,

Институт наук о Земле, к.г.н

Кукушкин Степан Юрьевич

Рецензент:

к.г.н., доцент

Сибайский институт Уфимского
университета науки и технологий

Папян Эльза Эльдаровна

Санкт-Петербург

2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА I. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ	5
1.1 Общая характеристика	5
1.2 Геологическое строение и рельеф	7
1.3 Климат	8
1.4 Гидрология	10
1.5 Растительность	11
1.6 Почвенный покров	13
1.7 Антропогенное воздействие	14
ГЛАВА II. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	18
2.1 Исследуемые химические элементы	18
2.2 Объект исследования	19
2.3 Методы полевых исследований	20
2.4 Методы лабораторных исследований	21
ГЛАВА III. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	23
3.1 Значения pH почвогрунтов	23
3.2 Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвогрунтах	25
ВЫВОД	36
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	38
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	42

ВВЕДЕНИЕ

Пушкинский район является одним из самых зеленых и экологически благоприятных районов Санкт-Петербурга по различным рейтингам. В Пушкине расположены несколько парков, в частности самыми посещаемыми и туристическими считаются Екатерининский и Александровский. Данные парки представляют собой объекты культурного наследия с высокой проходимостью туристических потоков, ведь они имеют богатую историю и известные памятники архитектуры. Так как Екатерининский и Александровский парки являются зоной отдыха для тысячи людей, необходимо следить за состоянием окружающей среды.

При экологической оценке территории парков важно учитывать состояние почвогрунтов, так как почва является начальным звеном продуктивных цепей экосистемы и источником вторичного загрязнения приземного слоя атмосферы, поверхностных и грунтовых вод, к тому же почва – депонирующая среда, способная накапливать информацию об источниках загрязнения. Поэтому, в выпускной квалификационной работе будет рассматриваться один из способов оценки экологического состояния парков, а именно анализ на содержание тяжелых металлов в почвогрунтах. Данный метод позволяет оценить степень антропогенной нагрузки.

К тому же, территория парковых зон может рассматриваться в качестве условно-фоновой при экологическом мониторинге других объектов в Пушкинском районе. Так как в последнее время в районе активно развивается инфраструктура, промышленность, увеличивается численность населения. В частности, на территории пос. Шушары функционирует крупный терминально-логистический центр, расположены автомобильные заводы, складские помещения. Также через Пушкинский район проходят крупные шоссе. Поэтому из-за активного развития промышленности увеличивается и антропогенная нагрузка.

Актуальность работы. На данный момент состояние почвогрунтов в Санкт-Петербурге исследовано частично, и не все территории парков пригородов изучены. Для экологического мониторинга окружающей среды Пушкинского района и оценки ее состояния, имеет важное значение анализ физико-химических параметров почвогрунтов Екатерининского и Александровского парков.

Таким образом, целью данной работы является оценка загрязнения почвенного покрова Екатерининского и Александровского парков тяжелыми металлами.

Задачи выпускной квалификационной работы:

1. Изучение физико-географической характеристики Пушкинского и Курортного районов;
2. Подбор и изучение литературы по данной теме, оценка степени изученности;
3. Определение основных источников антропогенного загрязнения окружающей среды для Пушкинского и Курортного районов;
4. Проведение полевых работ, отбор проб почв в Екатерининском, Александровском парках и Тарховском лесопарке;
5. Анализ содержания подвижных форм тяжелых металлов, оценка степени загрязнённости почв.

Выражаю благодарность за содействие в проделанной работе В. Н. Григорьяну, сотруднику ресурсного центра «Методы анализа состава вещества» СПбГУ.

ГЛАВА I. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

1.1 Общая характеристика

Пушкинский район

Пушкинский район в Санкт-Петербурге занимает площадь 240,3 квадратных километра или 24 032,6 гектаров, что составляет 16,7% общей площади города, и является вторым по величине районом в Санкт-Петербурге (рис.1) после Курортного. Его средняя протяженность с юга на север составляет 21 километр, а с востока на запад – также 21 километр. Географически он находится в южной части города и граничит с Фрунзенским, Московским, Колпинским районами, а также с Тосненским, Гатчинским и Ломоносовским районами Ленинградской области.

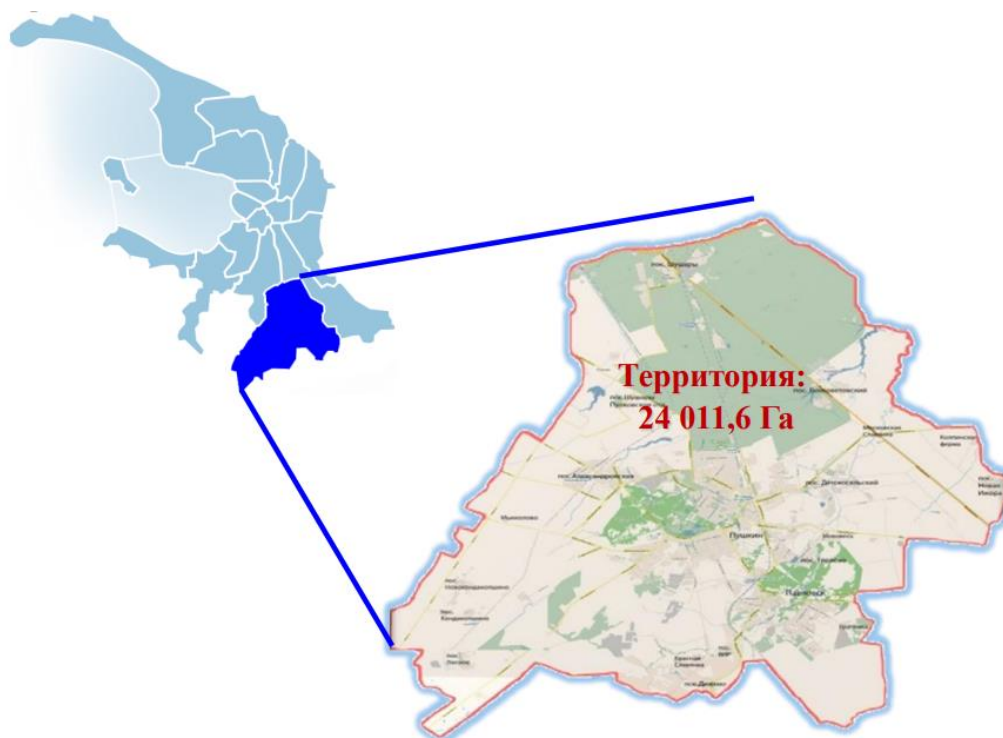


Рис. 1. Расположение Пушкинского района (Администрация Пушкинского района: [сайт].

URL: https://www.gov.spb.ru/gov/terr/reg_pushkin/)

В состав Пушкинского района входят непосредственно сам г. Пушкин, г. Павловск, пос. Шушары, пос. Тярлево, пос. Александровская. Общие сведения о муниципальных образованиях представлены в таблице 1. Границы муниципальных образований представлены на рисунке 2. Численность населения Пушкинского района на 1 января 2023 года составляет 263732 человек.

Таблица 1

Общие сведения о муниципальных образованиях Пушкинского района (Администрация Пушкинского района: [сайт]. URL: https://www.gov.spb.ru/gov/terr/reg_pushkin/)

Район	Численность, чел.	Площадь, км ²	Плотность чел/км ²
Г. Пушкин	108187	88,5	1222
Г. Павловск	17775	36,8	483
Пос. Шушары	132978	106	1254
Пос. Александровская	3089	5,8	532
Пос. Тярлево	1703	2,62	650



Рис.2. Карта-схема границ муниципальных образований Пушкинского района (составлено автором)

Курортный район

Курортный район Санкт-Петербурга расположен вдоль Финского залива, ширина составляет 6-8 км, а длина – 45 км (рис. 3). По площади Курортный район занимает первое место в Санкт-Петербурге, общая территория района составляет 26791,77 га или 267.92 км². Вторым по площади является Пушкинский район.

В состав Курортного района входят города — Сестрорецк, Зеленогорск, поселки — Белоостров, Комарово, Солнечное, Смолячково, Серово, Песочный, Репино, Ушково, Молодежное. Численность населения района на 1 января 2023 года составляет 83491 человек. (Администрация Курортного района: [сайт]. URL: https://www.gov.spb.ru/gov/terr/reg_kurort/)



Рис. 3. Карта-схема границ Курортного района (составлено автором)

1.2 Геологическое строение и рельеф

Пушкинский район

Пушкинский район Санкт-Петербурга имеет разнообразный рельеф, который включает в себя холмистые местности, долины, равнины и лесные участки. Район находится на Приневской низине, по левому берегу от р. Невы.

В эпоху палеозоя 300—400 миллионов лет назад данная территория была покрыта морем. Осадочные отложения того времени — песчаники, пески, глины, известняки — покрывают мощным слоем (свыше 200 метров) кристаллический фундамент, состоящий из гранитов, гнейсов и диабазов. Современный рельеф образовался в результате деятельности ледникового покрова. После отступления ледника образовалось Литориновое море, уровень которого был на 7—9 м выше современного. 4 тысячи лет назад море отступило, и образовалась долина реки Невы. Долина сложена озёрно-ледниковыми и постледниковыми отложениями.

Курортный район

Территория Курортного района расположена в пределах Карельского перешейка, который лежит на стыке двух крупнейших тектонических структур: Балтийского щита и Русской платформы. Это определяет неоднородность геологического строения и разнообразие форм рельефа. Выделяются следующие типы рельефа: холмистый и увалистый моренный рельеф и холмисто-котловинный камовый, сложенный песками от тонко до крупнозернистого с прослоями и линзами гравелистого песка, супеси и суглинка; есть плоские и волнистые озёрно-ледниковые равнины, сложенные песками тонко и крупнозернистыми и супесями местами с прослоями суглинков и глин. Вдоль берега Финского залива преобладает плоская морская равнина. Выделены болотные равнины.

Территория Курортного района располагается в пределах Балтийского кристаллического щита, в южной его части. Коренными являются породы архейского и кембрийского возраста. Они перекрываются мощным чехлом четвертичных отложений и нигде на поверхность не выходят.

Породы архея представлены гранитами и гранитогнейсами, залегающими на глубине 145-165 метров. Над ними располагаются отложения нижнекембрийского возраста, их мощность 95 – 130 метров. В кембрийских отложениях выделяются гдовские слои, представленные песчаниками с линзами и прослоями глин, и ламинаритовые слои, представленные глинами зеленовато-серого цвета с прослоями песка или слабоцементированного песчаника. Четвертичные отложения в районе залегают на ламинаритовых глинах нижнего кембрия. Мощность четвертичных отложений – 75 метров. Ими сложены современные формы рельефа (Грязькин, 2016).

1.3 Климат

Пушкинский район

Пушкинский район расположен в зоне умеренного климата, переходном от континентального к морскому. Воздушные массы с Атлантики оказывают определяющее влияние на формирование климата.

Зима в городе продолжительная, неустойчивая с частыми оттепелями. Самые холодным месяцем зимой 2022-2023 гг. был декабрь. Средняя температура днем в декабре в 2022 г. составила -3,7 °С. В январе (2023 г.) составила -2,2°С, в феврале – (-2,1)°С. Минимальная температура была зафиксирована в феврале и составила -15°С.

Весна носит затяжной характер. Положительные температуры воздуха преобладают с начала апреля. Средняя температура в 2023 г. в марте составила +1,4°C, в апреле – (+10,7)°C, в мае –(+16,1)°C.

Лето в г. Пушкинском районе короткое, умеренно теплое. Самые высокие температуры наблюдались в августе 2023 г., в один из дней была зафиксирована температура +32 °C. Средняя температура днем в 2023 году в июне составила +21,1 °C, в июле +20,4°C, в августе +22,3 °C.

Осень также, как и весна имеет затяжной характер. Средняя температура в 2022 г. в сентябре составила +12,1°C, в октябре – (+9,1) °C, в ноябре – (-0,7) °C.

Самыми пасмурными месяцами являются ноябрь, декабрь, январь. Минимальная облачность наблюдается в мае-июне-июле. Относительная влажность воздуха высокая и колеблется в среднем от 66-81% в летние месяцы и до 79-88% в осенне-зимний период. Среднегодовая сумма осадков — 596 мм.

Преобладающие направления ветров — южное. Для района характерна частая смена воздушных масс, обусловленная в значительной степени циклонической деятельностью. Летом преобладают западные и северо-западные ветры, зимой западные и юго-западные (Gismeteo г. Пушкин: [сайт]. URL: <https://www.gismeteo.ru/diary/23501/2022/11/>).

Курортный район

Климат Курортного района умеренный морской, на формирование климата оказывают воздушные массы с Атлантики и Балтийского моря. Благодаря их воздействию зима в Курортном районе относительно мягкая с частыми оттепелями, а лето относительно теплое.

Зима имеет затяжной характер, начинается с конца ноября, начала декабря. Самым холодным месяцем в 2022-2023 г.г. был январь. Средняя температура днем в декабре составила -3,3 °C. В январе (2023 г.) составила -2,1°C, в феврале – (-2,0)°C. Минимальная температура была зафиксирована в январе и составила -15°C.

Весна начинается в конце марта, лед на Финском заливе и озерах может держаться до середины апреля. Средняя температура в 2023 г. в марте составила +1,0°C, в апреле – (+8,9)°C, в мае –(+14,3)°C.

Лето в Курортном районе умеренно теплое. С конца мая до конца июля период белых ночей. Самые высокие температуры наблюдались в августе 2023 г., в один из дней была зафиксирована температура +30,0 °C. Средняя температура днем в 2023 году в июне составила +19,4 °C, в июле +19,4°C, в августе +21,7 °C.

Осень также, как и весна имеет затяжной характер. Средняя температура в 2023 г. в сентябре составила +18,2°C, в октябре – (+6,4) °С, в ноябре – (-0,3) °С.

Преобладающими ветрами являются ветра западных и юго-западных направлений. Летом на побережье Финского залива при антициклонной погоде развивается бризовая циркуляция, то есть днем ветры дуют с залива, а ночью - с берега по направлению к заливу.

В течение года осадки распределяются неравномерно. Максимум осадков приходится на август-сентябрь, минимум на февраль. Значительное увеличение облачности начинается с сентября (Gismeteo г. Сестрорецк: [сайт]. URL: <https://www.gismeteo.ru/diary/241891/2023/11/>).

1.4 Гидрология

Пушкинский район

Через район проходят такие реки, как Кузьминка, Славянка, Тызьва, Поповка, Пулковка и безымянные ручьи.

Так же на территории Пушкинского района присутствуют водоемы, искусственного происхождения: Колонистский пруд (Колоничка), пруды Екатерининского, Александровского, Павловского и других парков (Мочалов, 2022).

Курортный район

Курортный район богат поверхностными и подземными водными объектами, его территория протянулась полосой вдоль Финского залива Балтийского моря.

На территории района расположены следующие озера: Илистое, Дружинное (Чертово), Щучье (озеро, Комарово), Большое, Болотное, Радоновое (Лесное), Глухое, ряд безымянных озёр на дюнах (гривах) Сестрорецкого болота, искусственные в бывших карьерах, например в Дибунах.

По территории района протекают реки, берущие своё начало на склонах и болотах Лемболовской и Парголовской возвышенности и впадающие в Финский залив:

- Гладышевка
- Чёрная (река, впадает в Балтийское море)
- Сестра (река, впадает в Сестрорецкий Разлив)
- Чёрная (река, впадает в Сестрорецкий Разлив)
- Малая Сестра (река, впадает в Балтийское море)

Также на территории г. Сестрорецк расположен Сестрорецкий разлив, площадь которого составляет 10,6 км². Сестрорецкий разлив – это водохранилище, созданное еще во времена Петра I путем запруды реки Сестры и реки Черной.

1.5 Растительность

Пушкинский район

Видовой состав растительности Пушкинского района разнообразен. Коренными породами данной территории являются: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), ель европейская (*Picea abies*), березы повислая (*Betula pendula*) и пушистая (*Betula pubescens*), осина, рябина и пр. – на территории города представлены в основном в лесопарках и парках.

Для озеленения города популярны посадки лиственных пород: липы мелколистной (*Tilia cordata*), клена остролистного (*Acer platanoides*), ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior*) и различных видов тополя (*Populus balsamifera* L., *P. suaveolens* L., *P. alba* L.). Достаточно хорошо чувствуют себя на территории Пушкинского района старовозрастные дубы. Встречается черемуха Маака (*Padus Maackii* Rupr.), черемуха пенсильванская (*P. pensylvanica* L.), яблоня ягодная (*Malus baccata* (L.) Borkh.), ива белая (*Salix alba* L.), ясень зеленый (*Fraxinus pubescens* Lam.), ланцетный (*F. lanceolata*), пенсильванский (*F. pennsylvanica*), вишня мелкопильчатая (*Prunus serrulate* Lindl.), каштан конский (*Aesculus hippocastanum*).

В Пушкинском районе, относительно центральных районов Санкт-Петербурга, выше процент хвойных пород. Они особенно чувствительны к загазованности и запыленности воздуха, так как возможности их самоочищения из-за медленной смены хвои значительно снижены. Из хвойных пород наиболее устойчивой к городским условиям является лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ldb.), ежегодно сбрасывающая хвою. Именно лиственница сибирская превалирует в посадках хвойных на территории района.

Есть посадки лиственницы европейской (*L. decidua*). Кроме того, хвойные представлены елью колючей (*Picea pungens* Engelm.), сосной обыкновенной (*Pinus silvestris* L.). Имеются отдельные экземпляры туи западной (*Thuja occidentalis* L.), тиса ягодного (*Taxus baccata* L.), сосны кедровой (*Pinus sibirica* Mayr.) – пород, не характерных для естественных сообществ региона (Дорофеева, 2012).

Курортный район

Курортный район, как и Ленинградская область, располагается в лесной зоне, на юге подзоны тайги, в месте ее перехода в подзону смешанных лесов.

Основными лесообразующими породами являются сосна, ель, берёза, осина, ольха. Из всех районов Санкт-Петербурга Курортный — самый богатый зелёными насаждениями. Леса занимают 65 % от всей территории и представлены еловыми зелёномошными, сосновыми зелёномошными, лишайниковыми на месте еловых, а также берёзовыми и берёзоосиновыми; травяно-кустарниковые на месте еловых зелёномошных лесов. Как правило еловые леса растут на глинистых подстилающих почвах, сосновые на песчаных.

Кроме лесов, есть болота верховые с грядно-мочажинными комплексами с сосной и болота переходные травяно-сфагновые с елью, сосной и берёзой. Заболоченность района — примерно 8—10 %.

В районе большое количество лесопарков: Песоченский, Тарховский, Зеленогорский, в Комарово и др. Два парка культуры и отдыха Дубки в Сестрорецке и ЦПКиО в Зеленогорске. Большие площади вдоль реки Чёрной от Сестрорецкого Разлива до Дибунов заняты лугами. Растительность района богата лекарственными растениями, дикорастущими ягодниками: черникой, клюквой, малиной, брусникой. Большое количество растений следует отнести к исчезающим, занесённым в Красную книгу, например можжевельник, восковница, чёрная ольха и т. д.

В водоёмах развита высшая водная растительность: тростник, камыш, хвощ, рогоз, кувшинка, кубышка, ряска, осока, ирис, более 30 видов.

Хвойные растительность представлена: ель обыкновенная (*Picea abies.*), кипарис (*Cupressus L.*), лиственница (*Larix Mill.*), сосна (*Pinus L.*), туя (*Thuja L.*), пихта (*Abies Mill.*).

Лиственные породы: берёза (*Betula L.*), вишня (*Cerasus (Mill.) A.Gray*), вяз (*Ulmus L.*), груша (*Pyrus L.*), дуб (*Quercus L.*), ива (*Salix L.*), каштан (*Castanea Mill.*), клён (*Acer L.*), клён остролистный (*Acer platanoides L.*), липа (*Tilia L.*), ольха чёрная (*Alnus glutinosa (L.) Gaertn.*), осина (*Populus tremula L.*), рябина (*Sorbus L.*), слива (*Prunus L.*), тополь обыкновенный (*Populus L.*), черёмуха обыкновенная (*Prunus padus L.*), яблоня (*Malus P. Mill.*), ясень (*Fraxinus L.*).

Кустарники: акация (*Acacia Mill.*), барбарис (*Berberis L.*), бересклет (*Euonymus L.*), боярышник (*Crataegus L.*), бузина чёрная (*Sambucus nigra L.*), бузина красная (*Sambucus racemosa L.*), вейгела (*Weigela Thunb.*), вереск (*Calluna vulgaris (L.) Hull*), вишня войлочная (*Prunus tomentosa Thunb.*), володушка (*Bupleurum L.*), волчегодник обыкновенный (*Daphne mezereum L.*), гортензия (*Hydrangea L.*), дейция (*Deutzia Thunb.*), дёрен (*Cornus L.*), ежевика (*Eubatus*), жимолость (*Lonicera L.*), ива пурпурная (*Salix purpurea L.*), калина обыкновенная (*Viburnum opulus L.*), карагана (*Caragana Fabr.*), кизильник (*Cotoneaster Medik.*), кольквиция (*Kolkwitzia amabilis Graebn.*), крушина ломкая (*Frangula alnus Mill.*), крыжовник (*Ribes uva-crispa L.*), лапчатка кустарниковая (*Dasiphora fruticosa (L.) Rydb.*),

лещина (*Corylus* L.), лох серебристый (*Elaeagnus commutata* Bernh. ex Rydb.), магония (*Mahonia* Nutt.), малина (*Rubus idaeus* L.), можжевельник (*Juniperus* L.), облепиха (*Hippophaë* L.), пион (*Paeonia officinalis* L.), шиповник (*Rosa* L.).

Травянистые растения: живучка ползучая (*Ajuga reptans* L.), плаун булавовидный (*Lycopodium clavatum* L.), росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), восковница обыкновенная или мирт болотный (*Myrica* L.), зверобой (*Hypericum* L.), колокольчик (*Campanula* L.), борщевик (*Heracleum* L.), иван-чай (*Epilobium* L.), калужница (*Caltha* L.), касатик (*Iris* L.), багульник (*Ledum* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), вейник (*Calamagrostis* Adans.), вербейник (*Lysimachia* L.), вереск (*Calluna vulgaris* (L.) Hull), вороний глаз (*Paris* L.), герань (*Geranium* L.), голубика (*Vaccinium uliginosum* L.), горец птичий (*Polygonum aviculare* L.), грушанка (*Pyrola* L.), донник (*Melilotus* Mill.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), василёк (*Centaurea* L.), василистник (*Thalictrum* Tourn. ex L.), вербейник (*Lysimachia* L.), шалфей (*Salvia* L.), шафран (*Crocus* L.) и др. (Комаровский берег, 2004).

1.6 Почвенный покров

Пушкинский район

Пушкинский район отличается преобладанием почв слабой и средней степени оподзоленности. Зональные почвы на отложениях легкого гранулометрического состава – подзолы и дерновоподзолы, на моренных суглинках – дерново-подзолистые, на ленточных глинах – дерново-элювиально-метаморфические. В пониженных частях рельефа, где могут накапливаться осадки, встречаются сильно подзолистые почвы (Матинян, 2019).

Почвы изучаемых объектов, Екатерининского и Александровского парков, относятся к антропогенно преобразованным, иначе говоря – к почвогрунтам. Почвогрунты отличаются от природных почв по морфологии, составу, свойствам, для них характерно преобразование поверхностного слоя и перемешивание горизонтов естественных почв. В архивных данных упоминается, что около 300 лет назад на данной территории произрастали еловые леса, можно предположить, что раньше почвенный покров был представлен лесными почвами (подзолистые, дерново-подзолистые).

На данный момент почвогрунты парков высоко гумусированы, механический состав представлен связными песками, макроструктура выражена нечетка, зачастую имеет мелкокомковатую структуру (Ковязин, 2008).

Курортный район

В Курортном районе почвы соответствуют почвам тайги и хвойно-широколиственных лесов. В основном преобладают подзолы и дерново-подзолистые и их разновидности, такие как подзолы иллювиально- железистые, торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевые, подзолы глеевые торфянистые и торфяные, преимущественно иллювиально-гумусовые (Почвенно-географическая база данных России: [сайт]. URL: <https://soil-db.ru/soilatlas>).

В Тарховском лесопарке преобладают слабо- среднеподзолистые почвы супесчаные свежие и влажные почвы. Для почвенного покрова характерно наличие лесной оторфованной подстилки мощностью до 10-15 см. Также в других источниках упоминается, что в отдельных пониженных частях лесопарка формируются мелкие торфяники с мощностью 30-100 см и средние торфяники (1-2 м). Также как и для Екатерининского и Александровского парков в Тарховском лесопарке есть преобразованные человеком почвы, то есть почвогрунты, с мощностью подстилки около 1-2 см и гумусовым горизонтом (Грязькин, 2010).

1.7 Антропогенное воздействие

Пушкинский район

Основная часть промышленности Пушкинского района сосредоточена в пос. Шушары, где расположена крупная в Санкт-Петербурге промышленно-логистическая зона, её привлекательность обусловлена выгодным географическим положением - к югу от Санкт-Петербурга, в направлении к Москве, где основные транспортные и грузоперевозочные потоки. В этой зоне размещены крупные складские комплексы, промзоны, автомобильные заводы, структуры по переработке сырья (рис.4).

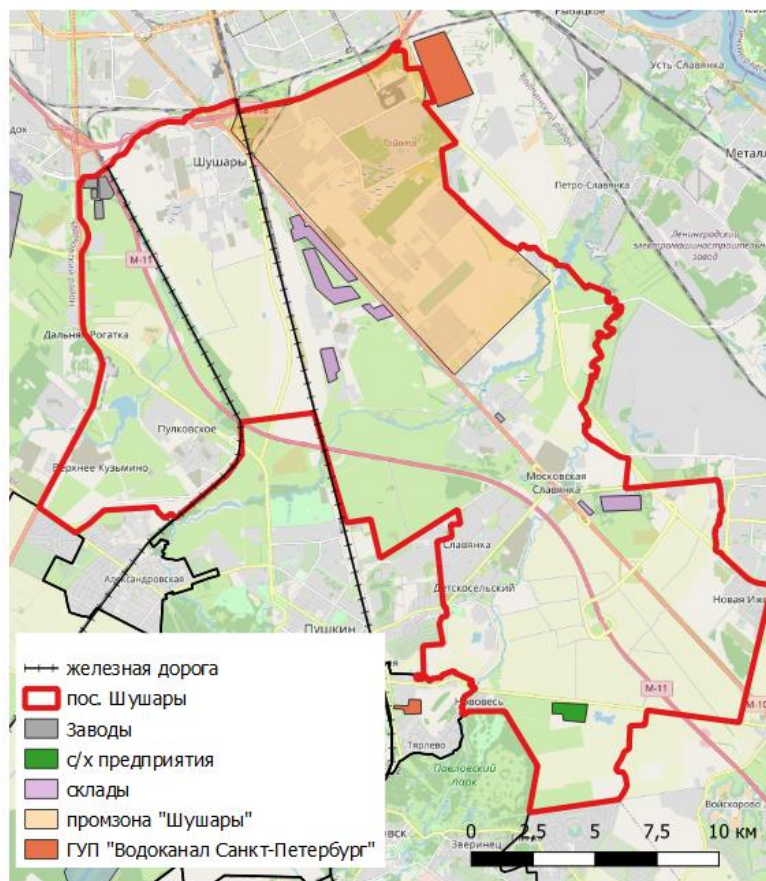


Рис.4. Карта-схема источников антропогенного воздействия на пос. Шушары (составлено автором)

Через район проходят крупные трассы М-10, М-11, Пулковское, Волхонское, Петербургское шоссе, Витебский проспект. Также через район проложены железнодорожные пути от Витебского и Балтийского вокзалов.

В г. Пушкин источников антропогенного воздействия значительно меньше (рис. 5). Основными являются

- Местные заводы: ОАО "Царскосельский металлообрабатывающий завод", ОАО «Асфальтобетонный завод №1», Авиационный ремонтный завод № 20;
- Сельскохозяйственные базы: ОАО «Племенной завод «Лесное» - разведение крупного рогатого скота; УЧХОЗ «Пушкинское» (учебная база СПбГАУ) - разведение крупного рогатого скота; СПК "Племзавод "Детскосельский" – разведение крупного рогатого скота, свиноводство; выращивание овощей в открытом и закрытом грунте, картофелеводство;
- Предприятия ЖКХ;
- Несанкционированные свалки (Справочник заводов России: [сайт]. URL: <https://inzhener.net/>).

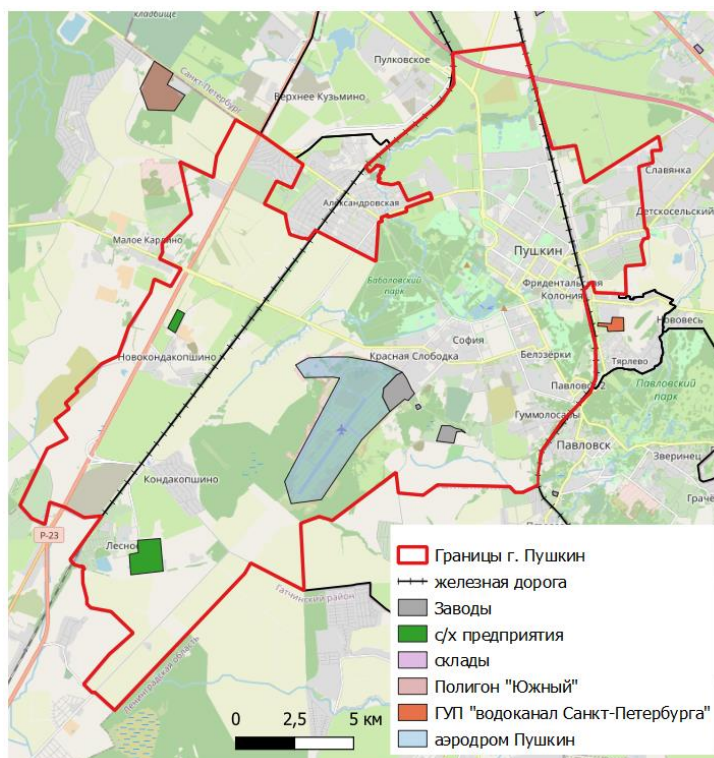


Рис.5. Карта-схема источников антропогенного воздействия на г. Пушкин (составлено автором)

Курортный район

Курортный район представляет собой большую протяженную территорию с основными магистралями: Приморское шоссе, Зеленогорское шоссе, шоссе «Скандинавия», КАД, ЗСД. По территории района проходят крупные транспортные магистрали, автомобильная дорога федерального значения Санкт-Петербург — Выборг - граница с Финляндской Республикой, железнодорожная магистраль Санкт-Петербург — Выборг - Хельсинки, связывающие Санкт-Петербург со странами Скандинавии.

Основные железнодорожные магистрали, проходящие по территории района: Белоостров - Сестрорецк - Санкт-Петербург - Песочный - Белоостров - Зеленогорск - далее на Выборг и на Приморск. Общая протяженность железных дорог в пределах района составляет 44,7 км. Через Сестрорецк проходит железнодорожная линия Санкт-Петербург (Финляндский вокзал) - Белоостров. В городе шесть железнодорожных станций - Сестрорецк, Горская, Александровская, Тарховка, Разлив и Курорт. Через Зеленогорск проходит железнодорожная линия Санкт-Петербург (Финляндский вокзал) - Выборг. В городе одна железнодорожная станция – Зеленогорск.

На территории района расположены предприятия:

- Машиностроение: Морские технологии, навигационное оборудование; Пром Сестрорецкий инструментальный завод; ООО «Мобис Модуль СНГ»; «Инструмент-

- Сервис»; ООО «ТАММЕТ» производство арматурных сеток; ООО "КУРОРТЛИФТ"; ООО "ДОРСТРОЙТЕХНОЛОГИЯ"; ООО «Метон»;
- Пищевая промышленность, животноводство, сельское хозяйство: ОАО «Сестрорецкий хлебозавод»; страусиная ферма;
 - Metallurgical промышленность и металлообработка: «Металл сервис»; «ПМК СПб»; «Муфты НСК»
 - Лёгкая промышленность: кожаная мастерская GrossonE, «Упаковкаторг»
 - Химическая, нефтехимическая, топливная промышленность, электроэнергетика: «Севтопэнерго»; «Балтнефтепродукт»;
 - Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность: мебельные фабрики «Евро-Стиль», «Верес», «Илатан» (Справочники организаций городов в Северо-Западном федеральном округе: [сайт]. URL: <https://szo.spr.ru/>).

ГЛАВА II. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Исследуемые химические элементы

Почвы в отличие от атмосферы являются депонирующей средой, которая способна накапливать информацию об источниках загрязнения. Т.е. почва содержит информацию не только о сиюминутном состоянии среды, но и о процессах, которые происходили ранее (Kapelkina, 2021).

Термин «тяжелые металлы» авторы трактуют по-разному, на сегодняшний день к ТМ относят более 40 металлов периодической системы Менделеева с атомной массой свыше 50 атомных единиц (Effect of..., 2022). При повышенных концентрациях ТМ могут вызывать токсикологическое воздействие. Химические элементы подразделяют на три класса опасности (табл. 2) (Махниченко, 2016).

Таблица 2

Классы опасности химических элементов

Класс опасности	Химический элемент
I	Мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, цинк, фтор
II	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, хром
III	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций

Тяжелые металлы способны попадать в почву разными способами. Выделяют естественные и техногенные источники поступления тяжелых металлов. Среди естественных источников тяжелых металлов необходимо выделить в первую очередь почвообразующие породы, среди антропогенных – промышленные выбросы, отходы металлообрабатывающей промышленности, продукты сгорания топлива, автомобильные выхлопы и т.д (Heavy Metals..., 2021). Среди агентов аэротехногенного загрязнения можно выделить две группы ХЭ: Pb, Cu, Zn, Ba — индикаторы загрязнения атмосферного воздуха в результате эксплуатации автотранспорта и Fe, Mn, Cr, Zn — металлы, поступающие главным образом в результате деятельности промышленных предприятий.

В данной работе рассмотрим особенности накопления почвами следующих тяжелых металлов – свинец, никель, цинк, барий, хром, медь, железо, марганец.

2.2 Объект исследования

Объектами исследования являются почвы, отобранные в трех парках:

- 1) Екатерининский парк (Пушкинский район);
- 2) Александровский парк (Пушкинский район);
- 3) Тарховский лесопарк (Курортный район).

Расположение парков представлено на рис.6.

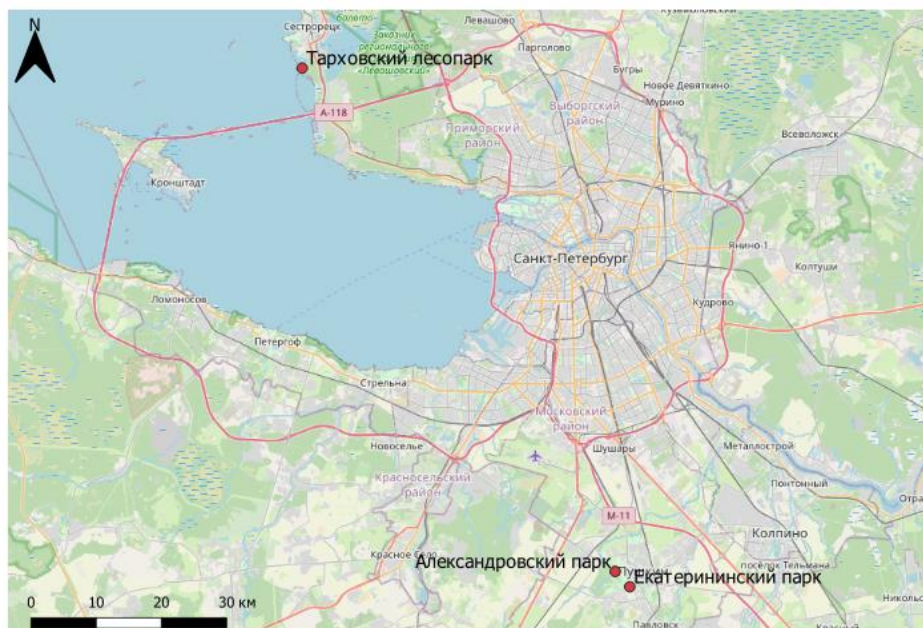


Рис.6. Расположение исследуемых объектов на карте Санкт-Петербурга (составлено автором)

Екатерининский и Александровский парки являются одними из самых туристических зон в Царском Селе, а также для местных жителей и жителей других районов Санкт-Петербурга местом отдыха из-за обилия зеленых насаждений. В последнее время в Пушкинском районе активно ведется развитие промышленности в пос. Шушары, об этом упоминалось в главе №1, промышленность может оказывать негативное влияние для данных «зеленых» зон.

Царское Село является музеем заповедником в г. Пушкин, в его состав входит Екатерининский парк с дворцом и павильонами и Александровский парк также с дворцом и павильонами (Fomicheva, 2021).

Екатерининский парк занимает площадь 107 га, состоит из регулярного Старого сада и пейзажного Английского парка, разделенных Большим прудом. Парк назван в честь императрицы Екатерины I.

Александровский парк занимает площадь 188 га. Состоит из регулярной части Нового сада и Пейзажного парка с тремя прудами и насыпными холмами. В западной части

парка протекает река Кузьминка, перегороженная плотиной. Александровский дворец был построен в 1792-1796 года для будущего императора Александра I (Государственный музей-заповедник «Царское село»: [сайт]. URL: <https://tzar.ru/>).

Также, как упоминалось ранее, пробы отбирались в Тарховском лесопарке. Тарховский лесопарк занимает площадь 200 га. Лесопарк расположен в городе Сестрорецк, между Приморским шоссе и Финским заливом, к которому есть выход. Берег называется Песчаная коса. В лесопарке есть и хвойные, и лиственные деревья, например берёза повислая (*Betula pendula*), ель обыкновенная (*Picea abies*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), дуб (*Quercus sp.*), ольха (*Alnus sp.*), осина (*Populus tremula*) и т.д. На побережье Финского залива растёт ольха чёрная (*Alnus glutinosa*). В основном преобладают хвойные (сосновые) насаждения (Грязькин, 2010).

2.3 Методы полевых исследований

В период с 3-5 ноября 2023 года проводился пробоотбор почв с глубины 0-20 см согласно ГОСТ 17.4.4.02-17 в Екатерининском, Александровском парках Пушкинского района и Тарховском лесопарке Сестрорецкого района. Методом конверта было отобрано 29 проб почв, в Екатерининском парке - 9, в Александровском – 10, в Тарховском – 10 проб (рис. 7,8).

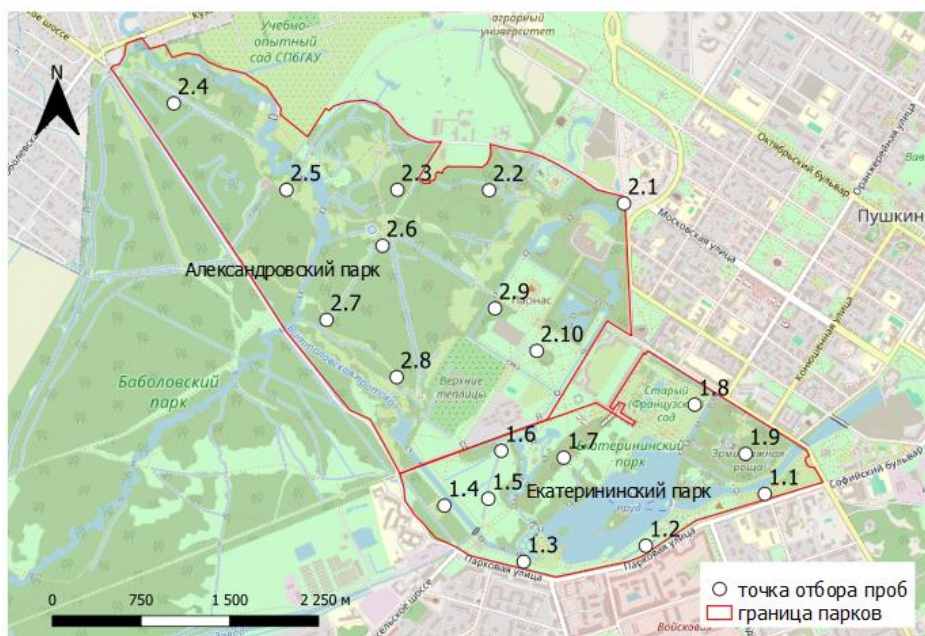


Рис. 7. Карта-схема точек отбора проб в Александровском и Екатерининском парках (составлено автором)

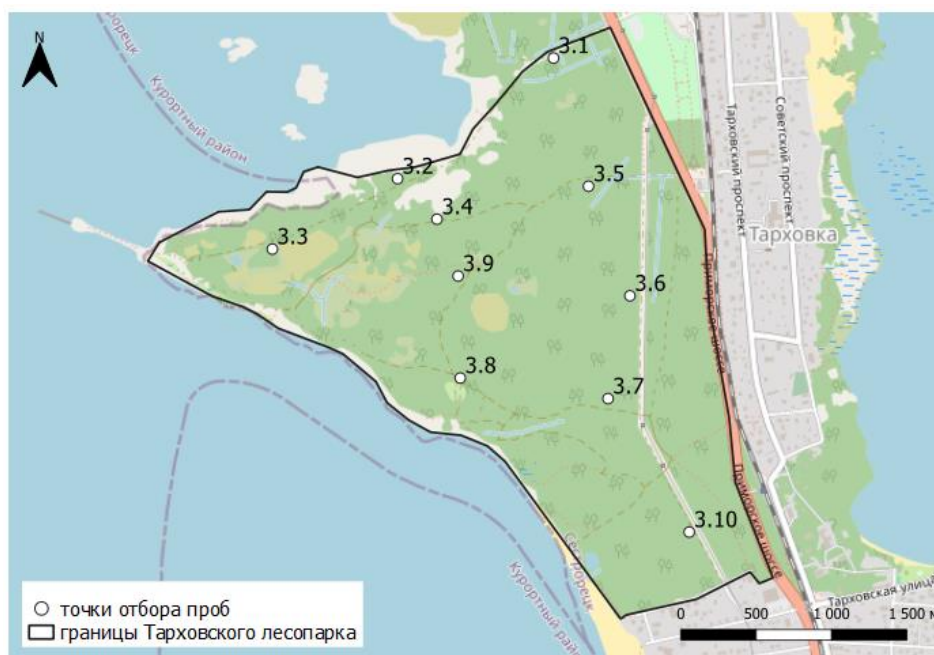


Рис. 8. Карта-схема точек отбора проб в Тарховском лесопарке (составлено автором)

Каждая проба помещалась в полиэтиленовый пакет и сопровождалась этикеткой, в которой указывалась информация о номере пробы и месте отбора. Параллельно в полевой дневник записывалась данные о координатах точек отбора проб. В дальнейшем пробы почв были транспортированы в лабораторию кафедры геоэкологии и природопользования СПбГУ для подготовки к дальнейшему исследованию.

2.4 Методы лабораторных исследований

Подготовка проб включала в себя доведение проб почвы до состояния воздушно-сухой влажности, удаление растительных остатков, измельчение в ступке с помощью пестика и просеивание через сито в 1 мм. Затем каждую пробу, навеска которой составляет 2,5 г, помещают в колбу емкостью 50 мл, приливают 25 мл ацетатно-аммонийного буфера (4,8 рН). Полученная суспензия отстаивается в течении суток. После пробу фильтруют дважды через фильтр «белая лента» (рис.9). Первые порции фильтрата отбрасывают, а последующие используют для анализа (Методы физико-химического..., 2015).



Рис. 9. Подготовка проб почв в лаборатории кафедры геоэкологии и природопользования (фото автора)

Подготовленные вытяжки почв транспортировались в ресурсный центр «Методы анализа состава вещества» СПбГУ, аналитик В.Н. Григорьян, для определения содержания тяжелых металлов (Fe, Ba, Mn, Zn, Pb, Ni, Cu, Cr, V, Cd) атомно-эмиссионными методами с помощью оптического эмиссионного спектрометра ICPE-9000. Также проводились дополнительные измерения: Ca, K, Na.

Измерения pH почв. Навески почв по 1 г. взвешиваются на технических весах и помещаются в стаканчики. После почвы заливают 25 мл дистиллированной водой, перемешивают и оставляют на сутки. На следующий день с помощью потенциометра снимают показания значений pH (электроды прибора помещают в пробу). Полученные результаты pH водной суспензии соответствуют степени активной кислотности. Активная (актуальная) кислотность почв обусловлена ионами H^+ или Al^{3+} , находящимися в растворе (Методы физико-химического..., 2015).

ГЛАВА III. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Значения pH почвогрунтов

Почвогрунты на территории Екатерининского и Александровского парков относятся к нейтральным по уровню кислотности, для некоторых проб, отобранных в Екатерининском парке, характерны слабощелочные значения, что связано с тем, что на территории парка регулярно проводится уход за оранжерейным комплексом и высадка новых видов растений, в основном цветов. Полученные результаты представлены в приложении 1.

Среди изученных элементов для Ba, Mn, Na и Ca характерна высокая корреляция со значением pH почв, а для Cr, Fe, Ni – обратная зависимость, то есть, чем выше значение pH, тем меньше концентрация элемента и наоборот (рис.10, рис.11).

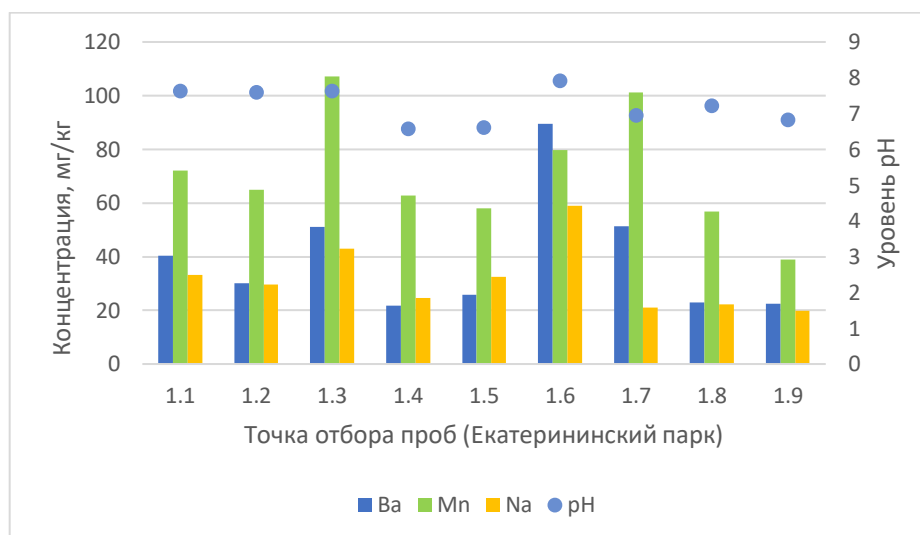


Рис. 10. Зависимость концентраций Ba, Mn, Na от значений pH в Екатерининском парке

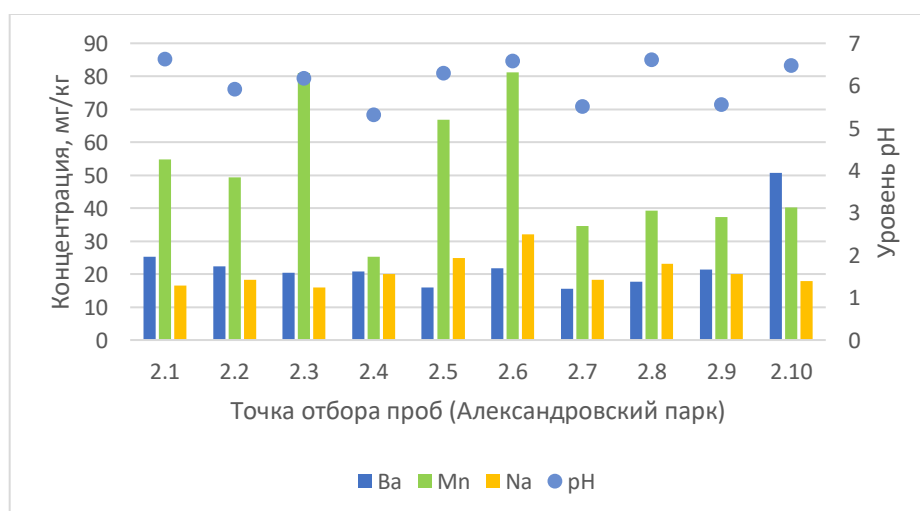


Рис. 11. Зависимость концентраций Ba, Mn, Na от значений pH в Александровском парке

В Тарховском лесопарке почвы в основном среднекислые, иногда бывают сильнокислыми. Уровень pH в Тарховском лесопарке на порядок ниже, чем в Пушкинских парках, это объяснимо тем, что для лесопарка характерно наличие естественной хвойной растительности, опад которого подкисляет почву. Также как для Екатерининского и Александровского парков характерна высокая корреляционная зависимость между pH и Ba, Na, Ca, а также Ni (рис.12,13). Выделяется обратная зависимость только для Zn.

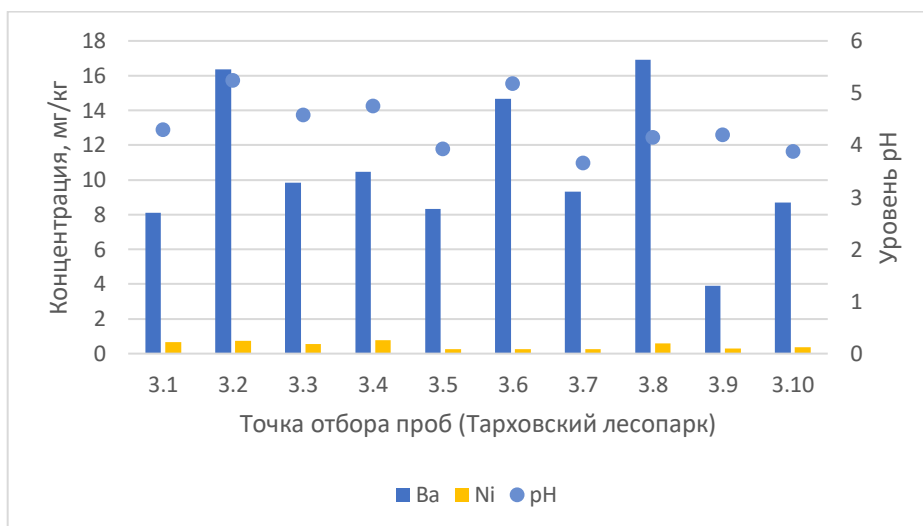


Рис. 12. Зависимость концентраций Ba, Ni от значений pH в Тарховском лесопарке

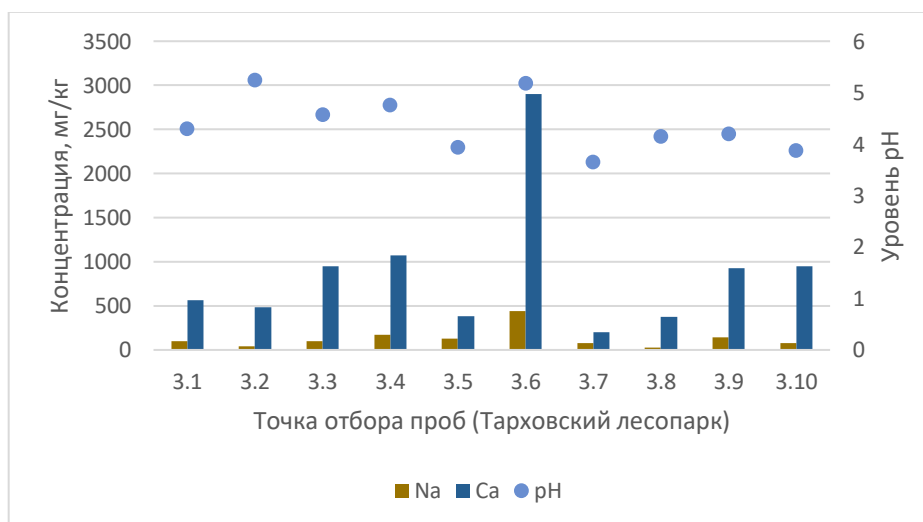


Рис. 13. Зависимость концентраций Na, Ca от значений pH в Тарховском лесопарке

Высокие значения концентраций Na и Ca во всех парках зафиксированы в пробах, отобранных недалеко от пешеходных дорог, которые в зимнее время посыпаются противогололедными реагентами, способными подщелачивать поверхностный горизонт почвы.

3.2 Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвогрунтах

В результате проведенных работ были получены значения концентраций следующих тяжелых металлов: Ba, Zn, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni и Pb.

Полученные результаты: Екатерининский и Александровский парки

В таблице 3 и на рис. 14, 15 представлены значения средних концентраций подвижных форм тяжелых металлов, если их сравнивать то, в Екатерининском парке самые высокие значения по следующим элементам: Ba, Zn, Mn, а в Тарховском лесопарке по: Cr, Fe, Ni и Pb. Средние значения концентраций не превышают ПДК (САНПиН 1.2.3685-21).

Таблица 3

Содержание подвижных форм ТМ в почвогрунтах

Парк	Показатель	Ba	Zn	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb
Екатерининский парк	<u>Среднее</u>	<u>39,5</u>	<u>7,4</u>	<u>0,1</u>	<u>0,2</u>	<u>14,8</u>	<u>71,3</u>	<u>0,2</u>	<u>5,7</u>
	min-max	21,7- 89,6	2,3- 29,7	0,54- 0,48	0,09- 0,55	6,8- 35,6	39,0- 107,1	0,15- 0,33	2,3- 16,0
Александровский парк	<u>Среднее</u>	<u>23,2</u>	<u>3,4</u>	<u>0,3</u>	<u>0,2</u>	<u>174,6</u>	<u>51,0</u>	<u>0,3</u>	<u>3,8</u>
	min-max	15,6- 50,7	1,9- 6,4	0,11- 0,67	0,08- 0,41	24,8- 607,0	25,2- 81,2	0,17- 0,56	1,5- 10,9
Тарховский лесопарк	<u>Среднее</u>	<u>10,7</u>	<u>3,1</u>	<u>0,6</u>	<u>0,2</u>	<u>330,6</u>	<u>14,4</u>	<u>0,5</u>	<u>5,9</u>
	min-max	3,9- 16,9	1,5- 9,1	0,09- 1,14	0,10- 0,45	26,8- 848,0	1,9- 46,6	0,25- 0,78	2,5- 22,4

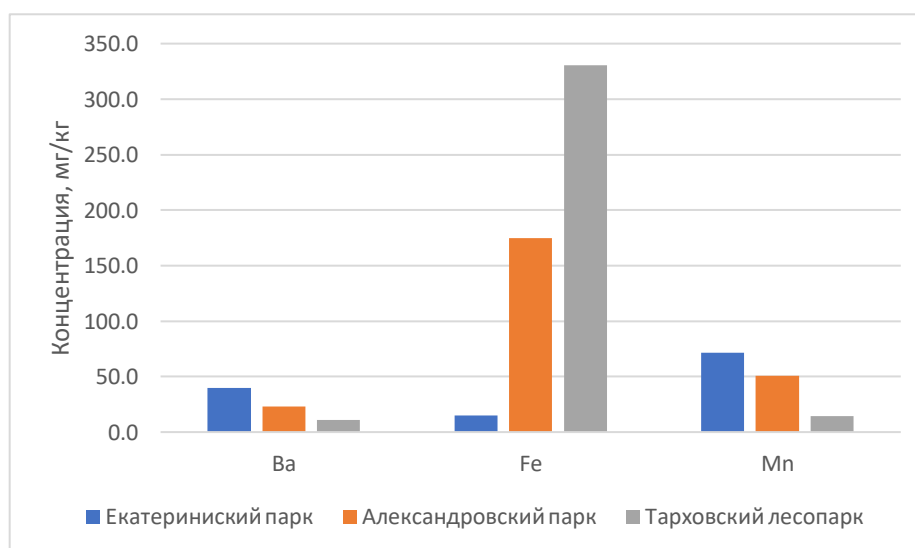


Рис.14. Среднее содержание подвижных форм ТМ в почвогрунтах (составлено автором)

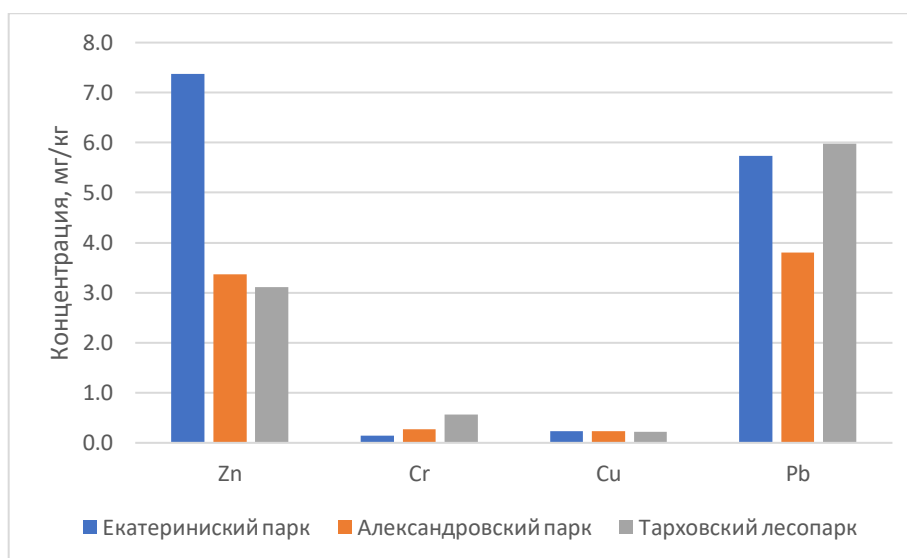


Рис.15. Среднее содержание подвижных форм ТМ в почвогрунтах (составлено автором)

Для Zn обнаружено превышение ПДК (в 1,5 раза) в пробе №1.7 в Екатерининском парке, остальные не превышают значения ПДК. В Екатерининском парке значения Zn варьируются от 2,3 до 29,7, в Александровском от 1,9 до 6,4 (рис.16). Превышений ПДК по Cr, Cu и Ni не было зафиксировано ни в одном из парков.

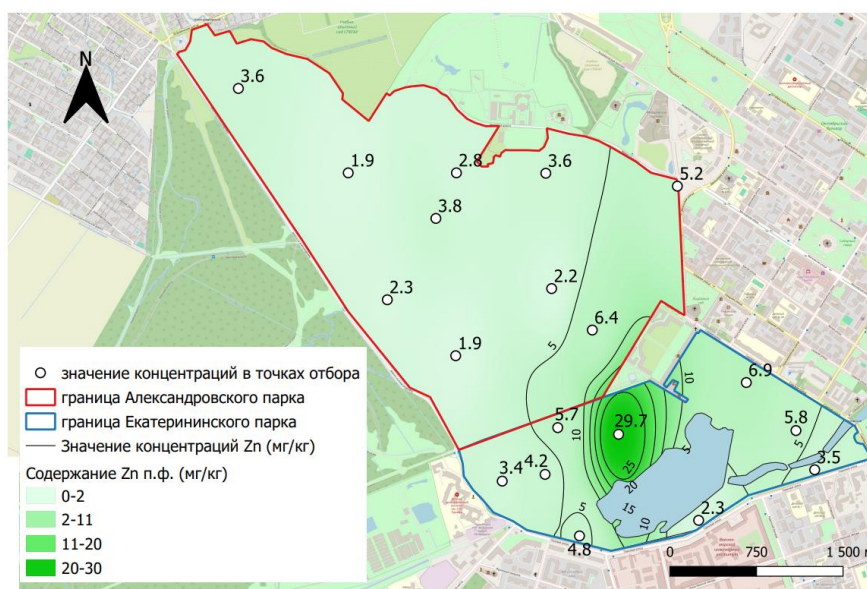


Рис. 16. Карта-схема содержания Zn п.ф. в почвогрунтах (составлено автором)

Самые высокие значения Mn были отмечены в точке №1.3 – 107,1 в Екатерининском парке, данные значения превышают ПДК в 1,1 раз, минимальные значения в этом же парке составили 39,0. В Александровском парке значения Mn находятся в диапазоне от 25,2 до 81,2.

Для Pb обнаружены превышения ПДК в 2-ух пробах. В Екатерининском парке в пробе ПДК превысило в 2,7, значения других проб в этом парке находятся в диапазоне от

2,26 до 16,00. В Александровском парке также было зафиксировано превышение ПДК в пробе №2.1 в 1,8 раза, полученные значения варьируются от 1,54 до 10,92 (рис.17).

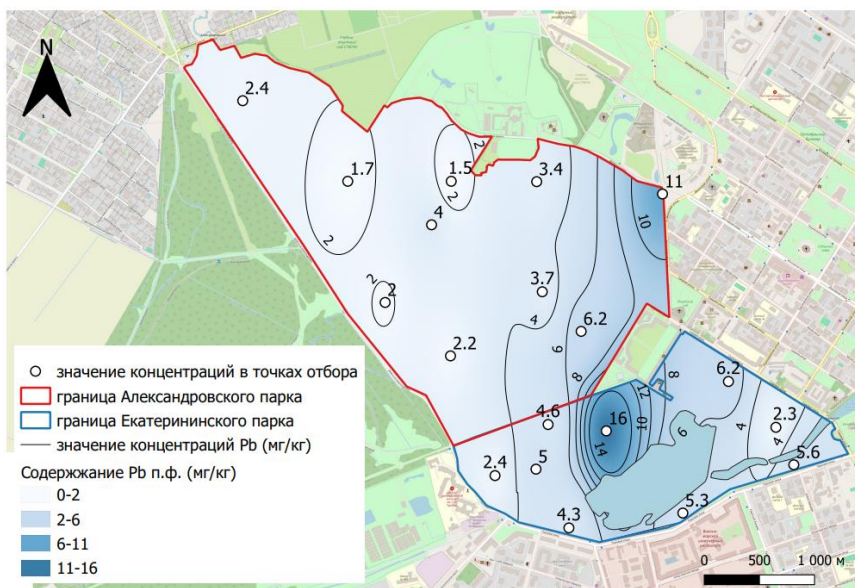


Рис. 17. Карта-схема содержания Pb п.ф. в почвогрунтах (составлено автором)

Значения Ва в Екатерининском парке варьируются от 21,7 до 89,6; в Александровском от 15,6 до 50,7. Значения Fe в Екатерининском парке находятся в диапазоне от 6,8 до 13,3; в Александровском от 24,8 до 607,0 (рис.18).

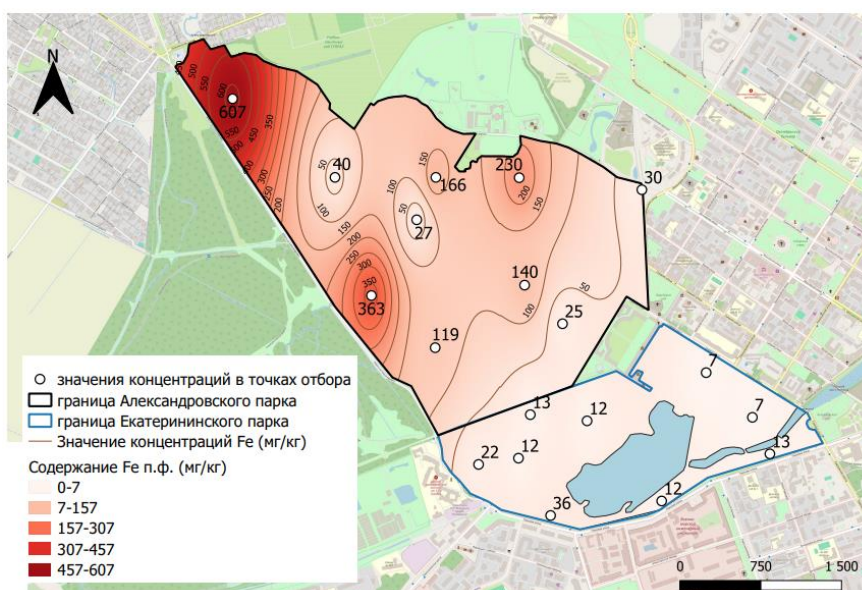


Рис. 18. Карта-схема содержания Fe п.ф. в почвогрунтах (составлено автором)

Полученные результаты: Тарховский лесопарк

В Тарховском лесопарке не было зафиксировано превышений ПДК по Zn (п.ф.). Значения Zn варьируется в пределах от 1,5 до 9,1 мг/кг (рис.19). Значения Mn в Тарховском лесопарке находятся в диапазоне от 1,9 до 46,6 мг/кг.

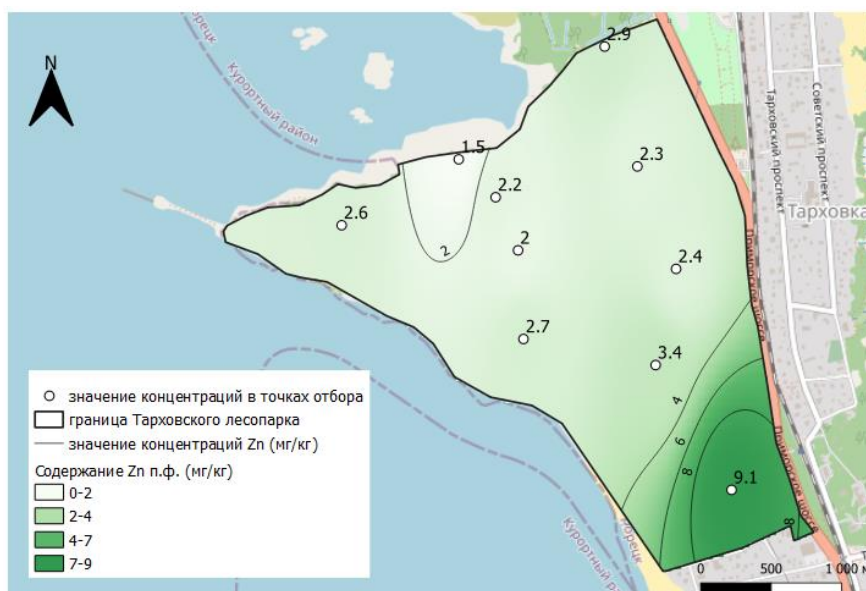


Рис. 19. Карта-схема содержания Zn п.ф. в почвогрунтах (составлено автором)

По Pb было отмечено превышение ПДК в одной точке. В пробе №3.1 значение концентраций Pb составило 22,4 мг/кг, данное значения превышают ПДК в 3,7 раз. Минимальное значение Pb зафиксировано в точке №3.6 и составляет 2,5 мг/кг (рис. 20).

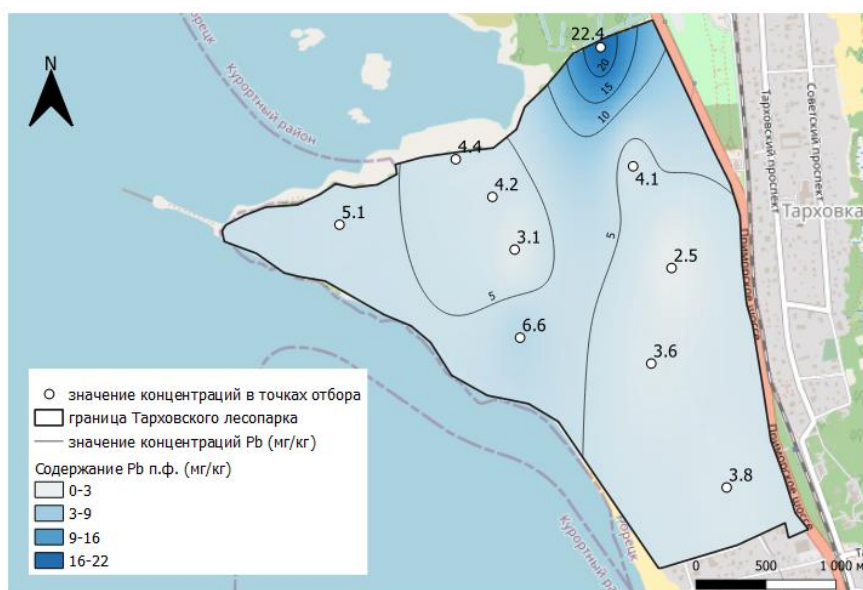


Рис. 20. Карта-схема содержания Pb п.ф. в почвогрунтах (составлено автором)

Значения Ва в Тарховском лесопарке варьируются от 3,9 до 16,9 мг/кг. Самые высокие концентрации Fe были отмечены в точках: №3.1; №3.2; №3.4. Все значения находятся в диапазоне от 26,8 до 848,0 мг/кг (рис.21).

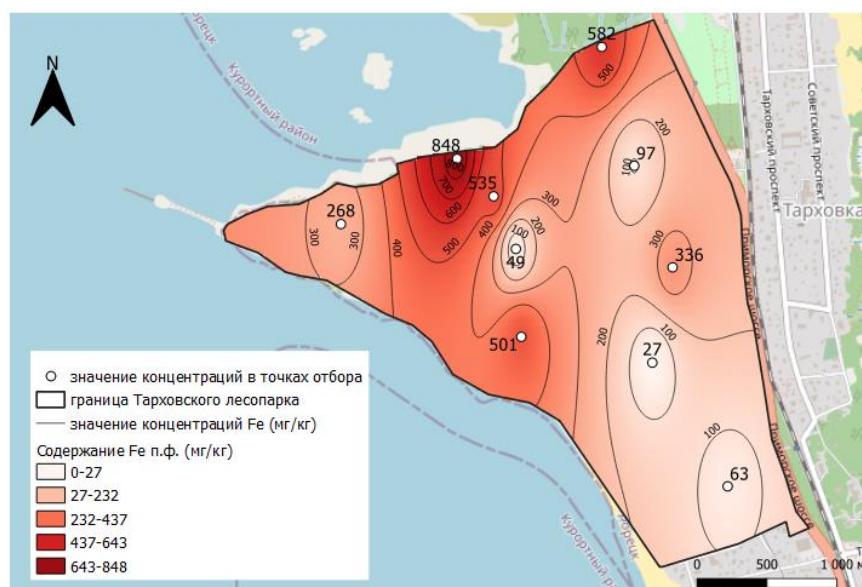


Рис. 21. Карта-схема содержания Fe п.ф. в почвогрунтах (составлено автором)

Обсуждение полученных результатов

Таким образом, больше всего превышений ПДК зафиксировано в Екатерининском парке, далее в Александровском и меньше всего в Тарховском лесопарке.

По Cr, Cu и Ni не было зафиксировано превышения ПДК ни в одной из проб. Значения концентраций As, Cd оказались ниже предела чувствительности метода.

В Тарховском лесопарке значение концентраций по свинцу превысило ПДК в 3,7 раза в точке №3.1, в Александровском парке превышение составило 1,8ПДК в точке №2.1. Оба участка, в которых производился отбор проб, расположены недалеко от автодороги, причиной повышенных концентраций является воздействие выхлопных газов от автомобиля.

В Екатерининском парке в пробе №1.7 зафиксированы превышения ПДК по нескольким элементам: Zn, Pb. Превышение по цинку (в 1,3 раза) в данной точке предположительно связано с тем, что на данной территории расположены гальванические статуи, которые на зимний период закрывают в защитные короба, сделанные из специального материала (в состав которого входит цинк). По крайней мере, в других точках, где отбирались пробы, не было скульптур и защитных конструкций.

Повышенные значения концентрации Pb (в 2,7 раза) могут быть связаны также из-за воздействия автотранспорта.

Концентрации Fe в Тарховском лесопарке выше, чем в Екатерининском и Александровском парках, так как почвы в Тарховском лесопарке имеют кислую среду. При таких условиях увеличивается подвижность железа, и концентрация может возрастать на несколько порядков (Иванищев, 2019).

Статистическая обработка данных

С помощью программы Excel был проведен корреляционный анализ данных. В результате статистической обработки были получены коэффициенты корреляции исследуемых химических элементов. Данные представлены в таблице 4, 5.

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между ХЭ в Екатерининском и Александровском парках
(зеленым обозначена высокая корреляция, красным – низкая)

Элемент	Ba	Zn	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb
Ba	1,00							
Zn	0,38	1,00						
Cr	-0,37	-0,21	1,00					
Cu	0,27	-0,09	-0,42	1,00				
Fe	-0,34	-0,22	0,85	-0,41	1,00			
Mn	0,49	0,44	-0,49	0,15	-0,53	1,00		
Ni	-0,02	-0,26	0,65	-0,18	0,82	-0,44	1,00	
Pb	0,38	0,83	-0,29	0,28	-0,35	0,40	-0,31	1,00

Исходя из результатов полученных коэффициентов корреляции (территория Екатерининского и Александровского парка), можно сделать вывод, что между собой коррелируют следующие группы элементов:

- Zn – Pb: данные элементы могут быть связаны друг с другом, так как вероятно имеют общий источник загрязнения;
- Cr – Fe – Ni: В геологической классификации данные элементы относятся к группе сидерофилов (Водяницкий, 2017);
- Также для элементов данной группы характерны низкие значения концентраций относительно ПДК;
- Ba – Mn: Барий сильно адсорбируется глинами и концентрируется в минералах и конкрециях, содержащих Mn. Являются одними из основных элементов в составе почвообразующих пород. Оба элемента малоподвижны (Микроэлементы в почвах..., 1989).

Обратная корреляция зафиксирована для следующих элементов: Cr – Mn; Fe – Mn.

Коэффициенты корреляции между ХЭ в Тарховском лесопарке (зеленым обозначена высокая корреляция, красным – низкая)

Элемент	Ba	Zn	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb
Ba	1,00							
Zn	-0,20	1,00						
Cr	0,28	0,34	1,00					
Cu	0,12	-0,05	0,40	1,00				
Fe	0,66	-0,42	0,52	0,63	1,00			
Mn	0,38	0,58	0,35	0,01	0,17	1,00		
Ni	0,36	-0,27	0,77	0,67	0,86	-0,02	1,00	
Pb	0,07	-0,16	0,62	0,14	0,32	-0,26	0,60	1,00

Для Тарховского лесопарка были рассчитаны коэффициенты корреляции отдельно. Были выделены следующие группы элементов, которые хорошо коррелируют между собой:

- Ba – Fe: входят в состав почвенной матрицы и почвообразующих пород, характеризуются низкой подвижностью;
- Zn – Mn: благодаря органическому веществу в горизонте O происходит закрепление п.ф. данных ТМ;
- Cr – Ni – Fe: в геологической классификации данные элементы относятся к группе сидерофилов (Водяницкий, 2008);
- Cr – Pb – Ni: высокая корреляция между данными элементами вряд ли свидетельствует об общем источнике загрязнения, т.к. концентрации Cr и Ni относительно низкие по сравнению с ПДК. Свинец, поступая в почву, может входить в глинистые минералы, которые, в свою очередь, интенсивно фиксируют элементы, имеющие небольшой ионный радиус, и в основном поглощают Ni, Cr и др. (Микроэлементы в почвах..., 1989; Тяжелые металлы..., 2011);
- Cu – Fe – Ni: В почвах никель тесно связан с оксидами Fe (Микроэлементы в почвах..., 1989), высокая корреляция свидетельствует о синергизме между данными ТМ.

Обратная корреляция зафиксирована для следующих элементов: Zn – Fe.

Сравнение с другими литературными источниками

Литературных данных насчет исследования содержания п.ф. ТМ в Пушкинском районе не так много. Автором были проанализированы отдельные источники литературы, включающие информацию о подвижных формах и валовом содержании ТМ.

В работе (Соколов, 2016) проводился пробоотбор в Отдельном (Нижнем) парке г. Пушкин (рис.22). Полученные результаты представлены в таблице 6 и рис.23.

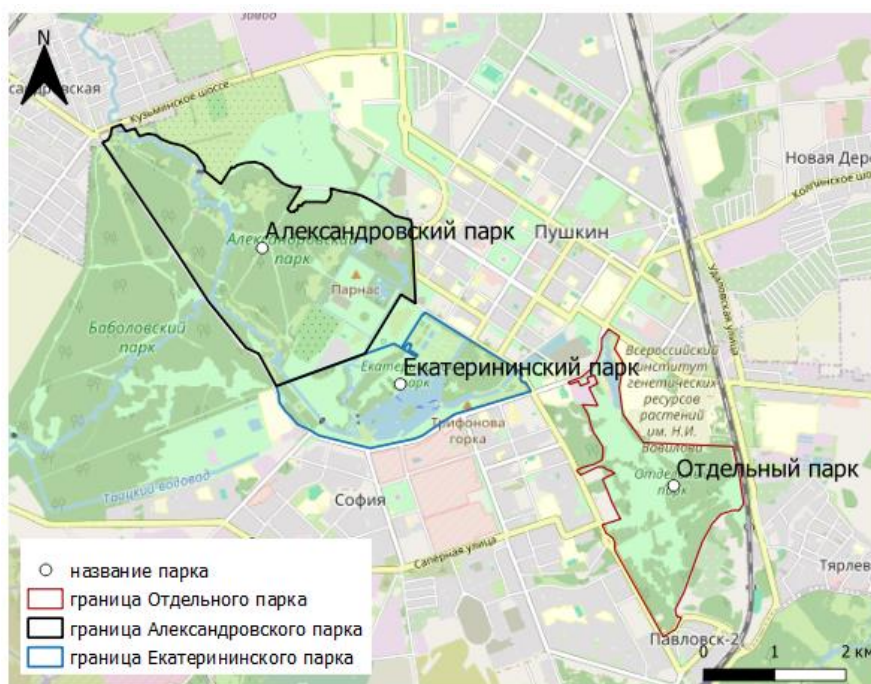


Рис.22. Карта-схема расположения парков (составлено автором)

Таблица 6

Среднее содержание подвижных форм ТМ в почвах парков г. Пушкин, мг/кг, составлено автором на основе (Соколов, 2016)

Парк	Zn	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb
Екатерининский парк	7,4	0,1	0,2	14,8	71,3	0,2	5,7
Александровский парк	3,4	0,3	0,2	174,6	51,0	0,3	3,8
Отдельный парк	3,7	0,2	0,9	89,3	40,0	0,2	5,8

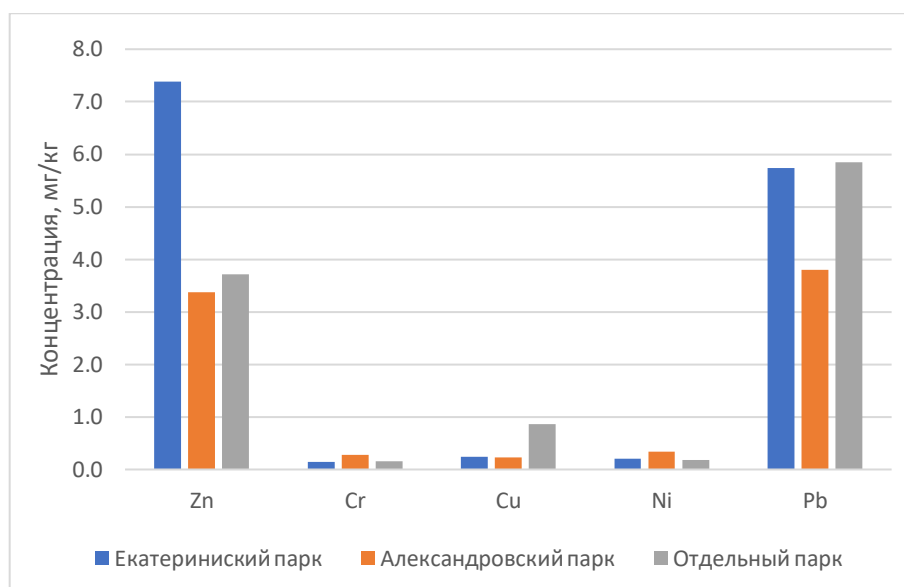


Рис.23. Среднее содержание подвижных форм ТМ в почвогрунтах парков Пушкина (составлено автором на основе (Соколов, 2016))

Из таблицы и графиков видно, что значения концентраций п.ф. ТМ не так сильно варьируется для большинства элементов, и превышений ПДК не зафиксировано. В основном, различия характерны для Zn. Тем не менее, данные значения не являются повышенными, так как в исследованиях других авторов (Мельников, 2015) в почвогрунтах, отобранных возле Колонистского пруда и ул. Школьной (пос. Шушары), были зафиксированы следующие значения: 9,2 и 28,7 мг/кг соответственно. Второе значение составляет 1,3 ПДК.

Автором было проведено сравнение содержания подвижных форм ТМ в Тарховском лесопарке с Гладышевским заказником и Комаровским берегом, данные объекты расположены в Курортном районе, с парком «Сергиевка» (Петродворцовый район). Также рассматривались результаты исследований, проведенных в Ржевском лесопарке, который расположен на границе между Красногвардейским районом СПб и Всеволожским р-ном ЛО. Полученные результаты представлены в таблице 7 (Канаева, 2023).

Среднее содержание подвижных форм ТМ в почвах парков, мг/кг, составлено автором на основе (Дроздова, 2017; Канаева, 2023)

ТМ	Заказник «Гладышевский»	«Комаровский берег»	Тарховский лесопарк	Ржевский лесопарк	Парк «Сергиевка»
Fe	194	1439	330	125	137
Zn	3.74	3.47	3.12	19.70	9.95
Mn	23.4	88.9	14.4	-	31.6
Cu	0.25	0.13	0.22	0.50	0.42
Ni	0.31	<0.10	0.47	0.70	0.76
Pb	8.18	5.09	5.94	11.00	7.35

На основе полученных данных можно сделать вывод, что значения концентраций п.ф. ТМ в Тарховском лесопарке находится «по середине». Стоит отметить, что самые высокие концентрации Fe и повышенные значения Mn характерны для Курортного района, это обусловлено особенностью окружающей среды, т.к. почва имеет кислую реакцию pH, из-за чего повышается миграционная способность данных элементов.

Приоритетные элементы, загрязняющие окружающую среду, такие как Zn, Cu, Ni в почвах Ржевского лесопарка и парка «Сергиевка» отличаются повышенными значениями концентраций, в отличие от парков Курортного района. В Ржевском лесопарке самые высокие значения концентраций Zn (19.7), которые приближаются к показателям ПДК (23,0 мг/кг), это может быть объяснимо тем, что данная территория испытывает антропогенное воздействие, выражающееся как в прямых техногенных нарушениях ландшафта, так и в рекреационной нагрузке.

Также почти во всех пробах почв, кроме «Комаровского берега» и Тарховского лесопарка, установлено превышение ПДК по Pb, причиной может быть воздействие автотранспорта.

Таким образом, средние значения концентраций изучаемых химических элементов не превышают средние значения концентраций природных объектов, расположенных как в Курортном районе, так и в других районах Санкт-Петербурга.

Для сравнения в исследованиях других авторов проводился отбор проб почв в Адмиралтейском районе Санкт-Петербурга на следующих участках: о. Новая Голландия, Конногвардейский бульвар, Медный всадник, Александровский сад. Во всех пробах были зафиксированы превышения ПДК: свинец от 1,4 до 4 раз, цинк от 5,4 до 14 раз. В Центральном районе г. Санкт-Петербург в почвах Летнего сада и Михайловского сада также были зафиксированы превышения ПДК: свинец от 1,7 до 3,8; цинк от 4,3 до 8,4

(Бушуева, 2019). Поэтому в сравнении с другими «зелеными» участками города, концентрации ТМ в исследуемых парках остаются низкими (Polyakov, 2021).

Суммарный показатель загрязнения почв Z_c

Суммарный показатель загрязнения почв рассчитывался по формуле:

$$Z_c = \sum \frac{C_i}{\text{ПДК}} - (n - 1),$$

где C_i — концентрация i -го ХЭ в почве; n — общее количество ХЭ, используемых в расчетах.

При вычислении Z_c в формуле были использованы значения ПДК, в результате суммарный показатель загрязнения почв не превышает 3 как в Екатерининском, Александровском парках, так и в Тарховском лесопарке. Данное значение указывает на «допустимый» уровень загрязнения изучаемой территории.

Суммарный показатель загрязнения почв не был рассчитан с учетом фоновых значений, так как для районов отсутствуют утвержденные фоновые концентрации, из-за чего возникает трудность выбора данных для вычисления.

В работах других авторов (Опекунова, 2023) упоминается, что Пушкинский район относится к наименее загрязненным районам в Санкт-Петербурге, для территории характерна высокая суммарная площадь зеленых насаждений — 1688,4 га (Серебрицкий, 2018), а активное развитие промышленности началось относительно недавно. Значение суммарного показателя загрязнения почв (Z_c) также относится к «допустимому» уровню загрязнения, что позволяет использовать данную территорию в качестве условно-фоновой при проведении мониторинга на других участках Пушкинского района.

ВЫВОД

Пушкинский район расположен в южной части Санкт-Петербурга. Современный рельеф образовался в результате деятельности ледникового покрова. Климат данной территории умеренный и влажный, переходный от морского к континентальному. Преобладающее направление ветров-южное. До основания территории, город был покрыт хвойными лесами, однако сейчас естественный ландшафт изменен, для озеленения часто высаживают: липы, клен, ясень, тополь, дубы и другие лиственные породы. На данной территории распространены преимущественно подзолы и дерновоподзолы.

Курортный район расположен на северо-западной части города на северном побережье Финского залива в пределах Карельского перешейка. Климат Курортного района умеренный морской. Преобладающее направление ветра - западное и юго-западное. Преобладают подзолистые почвы. Растительность представлена, в основном, хвойными лесами.

Основными источниками антропогенного воздействия является автотранспорт, в районе Пушкинском районе проходят крупные транзитные шоссе (Киевское, Кузьминское, Волхонское, Московское), в Курортном районе (ЗСД, Трасса «Скандинавия», КАД), также в обоих районах есть железные дороги.

В результате написания выпускной квалификационной работы, был проведен ряд исследований: отбор проб почвенного покрова на территории Екатерининского, Александровского парков и Тарховского лесопарка (общее количество – 29 проб). Проведена пробоподготовка, определена кислотность отобранных почвогрунтов, а также были определены подвижные формы ТМ с помощью атомно-спектрального метода.

При изучении данной темы был проведен анализ проб на содержание п.ф. ТМ в почвогрунтах, полученные значения находятся в следующих диапазонах (мг/кг): в Екатерининском парке: Ва 21,7-89,6; Zn 2,3-29,7; Cr 0,54-0,48; Cu 0,097-0,547; Fe 6,8-35,6; Mn 39-107; Ni 0,153-0,327; Pb 2,3-16,0; в Александровском парке: Ва 15,6-50,7; Zn 1,87-6,38; Cr 0,108-0,668; Cu 0,079-0,412; Fe 24,8-230,0; Mn 25,2-81,2; Ni 0,165-0,563; Pb 1,54-10,92; в Тарховском лесопарке: Ва 3,92-16,92; Zn 1,53-9,12; Cr 0,099-1,141; Cu 0,102-0,452; Fe 26,8-848,0; Mn 1,9-46,6; Ni 0,247-0,776; Pb 2,5-22,4.

Данный анализ показал, что для средних концентраций ТМ превышений по ПДК нет, также при сравнение изучаемых объектов с Тарховским лесопарком, не было отмечено сильных различий, разве что только по железу.

В отдельных пробах почв есть превышения по цинку и свинцу, однако все равно эти концентрации не являются критическими. К тому же расчет суммарного показателя загрязнения почв (Z_c), подтвердил, что территория парков относится к категории допустимого загрязнения. На других участках в Пушкинском районе, в частности пос. Шушары, также зафиксированы превышения ПДК по цинку.

Таким образом, при проведении анализа и изучении данной темы, можно сделать вывод, что территорию Екатерининского и Александровского парков можно использовать в качестве условно-фоновой территории для других объектов Пушкинского района.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Научная литература:

Баранова, Е.В. Комаровский берег – комплексный памятник природы: монография /Е.В. Баранова, М.П. Баранов, Т.В. Бибикова, А.Г. Бубличенко и др. – 2-е изд., под общ. ред. Е.А. Волковой, Г.А. Исаченко, В.Н. Храмцова. – Санкт-Петербург: Бостон-Спектр, 2004. – 92 с.

Бушуева, А.А. Аккумуляция тяжелых металлов в почвах зеленых насаждений исторического центра Санкт-Петербурга/А.А. Бушуева// География. Развитие науки и образования. – 2019. – С. 55-58.

Васильев, А.А. Чащин А.Н. Тяжелые металлы в почвах Чусового: оценка и диагностика загрязнения: монография/А.А. Васильев, А.Н. Чащин. – Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. – 188 с.

Водяницкий, Ю.Н. Оценка суммарной токсикологической загрязненности почв тяжелыми металлами и металлоидами/Ю.Н. Водяницкий//Агрохимия. – 2017. – N 2. – С. 56-63.

Грязькин, А.В., Монастырская, Е.Г. Комплексная инженерно=градостроительная оценка территории лесопарка «Тарховка»/А.В. Грязькин, Е.Г. Монастырская//Известия Санкт-Петербургской Лесотехнической академии. – 2016. – N 214. – С. 52-67.

Грязькин, А.В., Монастырская, М.Е. Штиглиц, М.С. История градостроительного освоения территории ландшафтно-планировочного образования «Новый берег»/ А.В. Грязькин, М.Е. Монастырская, М.С. Штиглиц//Известия Санкт-Петербургской Лесотехнической академии. – 2010. – N 190. – С. 212-228.

Дорофеева, Т.Б. Анализ состояния зеленых насаждений в Пушкинском районе Санкт-Петербурга/Т.Б. Дорофеева//Биосфера. – 2012. – N 2. – С. 158-166.

Дроздова, И.В., Алексеева-Попова, Н.В., Беляева, А.И. Проблема регионального фона при биогеохимическом мониторинге антропогенного загрязнения среды/ И.В. Дроздова, Н.В. Алексеева-Попова, А.И. Беляева//Биологические системы: устойчивость, принципы и механизмы функционирования. – 2017. – С. 112-121.

Иванищев, В.В. Доступность железа в почве и его влияние на рост и развитие растений/В.В. Иванищев//Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2019. – С. 127-137.

Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас; пер. с англ. Д. В. Гричука, Е. П. Янина; под ред. Ю. Е. Саета. - М.: Мир, 1989. - 439 с.

Канаева, С.А., Кукушкин, С.Ю. Оценка качества дикорастущих съедобных грибов Ржевского лесопарка/С.А. Канаева, С.Ю. Кукушкин//Малые Вавиловские чтения. – 2023. – С.123-132.

Ковязин, В.Ф. Динамика агрохимических свойств почв Санкт-Петербурга/В.Ф. Ковязин//Плодородие. – 2008. – N 3(42). – С. 34-36.

Матинян, Н.Н., Бахматова, К.А., Горбунова, В.С., Шешукова, А.А. Почвы Павловского парка (Санкт-Петербург)/Н.Н. Матинян, К.А. Бахматова, В.С. Горбунова, А.А. Шешукова//Почвоведение. – 2019. – N 11. – С. 1285-1294.

Махниченко, А.С., Пащенко, А.Е. Влияние тяжелых металлов на организм человека/А.С. Махниченко, Пащенко А.Е//Science Time. – 2016. – С. 295-400.

Мельников, С.П., Марцун, Е.В. Соединения тяжёлых металлов в урбанозёмах Пушкинского района Санкт-Петербурга/С.П. Мельников, Е.В. Марцун//Агрономия и биология. - 2015. - С. 119-124.

Мочалов, М.М. Совершенствование охраны природной среды города Павловска/М.М. Мочалов//Мир после COVID-19: теории и практики антикризисного реагирования в новой реальности. – 2022. – С.158-161.

Опекунова, М.Г., Арестова, И.Ю., Елсукова, Е.Ю., Шейнерман, Н.А. Методы физико-химического анализа почв и растений/ М.Г. Опекунова, И.Ю. Арестова, Е.Ю. Елсукова, Н.А. Шейнерман//Издательство Санкт-Петербургского государственного университета. - 2015. – С. 86.

Опекунова, М.Г., Никулина, А.Р., Смешко, И.В., Кириченко, В.С. Сравнительный анализ эффективности методов биоиндикации при мониторинговых исследованиях состояния окружающей среды в Санкт-Петербурге/М.Г. Опекунова, А.Р. Никулина, И.В. Смешко, В.С. Кириченко//Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. – 2023. – N 68 (2). – С. 331–356.

Серебрицкий, И.А. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2018 году/Правительство Санкт-Петербурга, под ред. И.А. Серебрицкого. – Санкт-Петербург: Сезам-принт, 2019. – 264 с.

Соколов, Б. В. Геоэкологическая оценка состояния рекреационных зон южных районов Санкт-Петербурга: дис.... м-ра/Соколов Богдан Васильевич. – М., 2016 -175 с.

Иностранная литература:

Alengebawy, A., Abdelkhalek, S.T., Qureshi, S.R., Wang, M.-Q. Heavy Metals and Pesticides Toxicity in Agricultural Soil and Plants: Ecological Risks and Human Health

Implications/A. Alengebawy, S.T. Abdelkhalek, S.R. Qureshi, M.-Q. Wang//Toxics. – 2021. – N 9,42. – С. 33.

Bharti, R., Kiran, Sharma, R. Effect of heavy metals: an overview/ R. Bharti, Kiran, R. Sharma// materials today: proceedings. – 2022. – С. 880-885.

Fomicheva, N.M., Valuev, D.A. The connection of times and generations in the restoration of cultural heritage monuments/N.M. Fomicheva, D.A. Valuev//Culture and Art. – 2021. – С. 45-53.

Kapelkina, L., Melnichuk, I. Anthropogenic pollution of big cities and its realization in soilplant system (case study of Saint-Petersburg)/ L. Kapelkina, I. Melnichuk//Earth and Environmental Science. – 2021. – С. 1-9.

Polyakov, V., Kozlov, A., Suleymanov, A., Abakumov, E. Soil pollution status of urban soils in St. Petersburg city, North-west of Russia/V Polyakov, A. Kozlov, A. Suleymanov, A. Abakumov//Soil & Water Res. – 2021. – N 3. – С. 164-173.

Нормативные документы:

Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" (с изменениями на 30 декабря 2022 года): Постановление главного санитарного врача от 28 января 2021г № 2 // САНПиН 1.2.3685-21. – 2021. - № 2. – 990 с.

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

Электронные ресурсы:

Gismeteo г. Пушкин [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.gismeteo.ru/diary/23501/2022/11/> Дата обращения: 22.05.2024

Gismeteo г. Сестрорецк [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.gismeteo.ru/diary/241891/2023/11/> Дата обращения: 22.05.2024

Официальный сайт администрации Курортного района [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.gov.spb.ru/gov/terr/reg_kurort/ Дата обращения: 22.05.2024

Официальный сайт администрации Пушкинского района [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.gov.spb.ru/gov/terr/reg_pushkin/ Дата обращения: 22.05.2024

Почвенно-географическая база данных России [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://soil-db.ru/> Дата обращения: 22.05.2024

Справочник заводов России [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://inzhener.net/maps/zavodi-pavlovsak-sankt-peterburg> Дата обращения: 05.05.2024

Справочники организаций городов в Северо-Западном федеральном округе
[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://szo.spr.ru/kurortniy/promishlennost/> Дата
обращения: 05.05.2024

Значения рН почвогрунтов

Екатерининский парк (№ пробы)	рН	Александровский парк (№ пробы)	рН	Тарховский лесопарк (№ пробы)	рН
1.1	7,63	2.1	6,63	3.1	4,29
1.2	7,59	2.2	5,91	3.2	5,24
1.3	7,63	2.3	6,17	3.3	4,57
1.4	6,58	2.4	5,31	3.4	4,75
1.5	6,61	2.5	6,29	3.5	3,93
1.6	7,92	2.6	6,58	3.6	5,18
1.7	6,95	2.7	5,5	3.7	3,65
1.8	7,22	2.8	6,61	3.8	4,15
1.9	6,83	2.9	5,55	3.9	4,2
-	-	2.10	6,47	3.10	3,87