

Санкт-Петербургский государственный университет

***ЛАВРЕНТЬЕВА Наталья Евгеньевна***

**Выпускная квалификационная работа**

***Изучение физических свойств почв Михайловского сада Русского музея***

Уровень образования: бакалавриат

Направление 06.03.02 «Почвоведение»

Основная образовательная программа СВ.5022 «Почвоведение»

Научный руководитель:  
доцент кафедры почвоведения и  
экологии почв Института  
наук о Земле СПбГУ  
к.с.-х.н.

Шешукова Анастасия Анатольевна

Научный консультант:  
доцент, к.б.н.  
Романов Олег Васильевич

Рецензент:  
доцент кафедры агрохимии  
биологического ф-та СПбГУ  
к.с.-х.н.  
Надпорожская Марина  
Алексеевна

Санкт-Петербург  
2024

## Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Изучение почв городов .....	5
1.1. История изучения городских почв в России .....	5
1.2. Физические свойства городских почв.....	6
1.3. Изучение свойств почв Михайловского сада Санкт-Петербурга.....	9
Глава 2. Условия почвообразования в Санкт-Петербурге .....	11
2.1. Рельеф.....	11
2.2. Почвообразующие породы.....	11
2.3. Климат .....	12
2.4. Растительность .....	13
Глава 3. Объекты и методы исследования.....	14
3.1. Объекты исследования .....	14
3.2. Методы исследования.....	14
Глава 4. Результаты и обсуждение .....	16
4.1. Морфолого-генетические особенности исследуемых почв .....	16
4.2. Механические свойства почв, структурный состав, плотность почвы.....	18
4.3. Водно-физические свойства почв Михайловского сада.....	26
Выводы.....	30
Список литературы .....	32
Приложение .....	35

## **Введение**

**Актуальность исследований.** Оценка экологического состояния городских почв является одной из наиболее востребованных задач в современном почвоведении и урбоэкологии. Уровень урбанизации в Российской Федерации составляет 75%. Почвенный покров, являясь открытой буферной динамической системой, поддерживает функционирование и биоразнообразие флоры и педофауны, способствует депонированию и миграции загрязняющих веществ. Таким образом, почвы городов определяют экологическое состояние урбогеосистем в целом.

Михайловский сад, созданный в начале XVIII века, находится в центре Санкт-Петербурга, это уникальный памятник ландшафтной архитектуры. Сохранением зеленых насаждений и изучением почв Михайловского сада занимается служба Русского музея «Летний сад, Михайловский сад и зеленые территории музея». Для организации рационального использования почв городских садов и парков, а также управления их плодородием, необходимо опираться на результаты научного изучения исходных химических и физических параметров почв и их изменения во времени.

В результате сотрудничества с ведущими университетами Санкт-Петербурга на территории Михайловского сада изучены агрохимические свойства почв, оценено содержание тяжелых металлов и биологическая активность почв. Тема выпускной квалификационной работы предложена сотрудниками Русского музея: на территории сада ранее не были исследованы физические параметры почв, помогающие получить полное представление о состоянии почвенного покрова. Благодаря изучению физических свойств появляется возможность оценить водный, воздушный, температурный режимы почвы.

Высокая посещаемость территории, пересадки деревьев и реконструкции по новым проектам, перекрытие почв плотными строительными материалами – всё это может привести к ухудшению физических свойств почв, представленных в Михайловском саду насыпными грунтами. Физическая деградация проявляется в изменении гранулометрического состава, плотности, ухудшении механических свойств для обработки, разрушении почвенных агрегатов, возникновении непроницаемых слоев и переуплотненных горизонтов (Yang et al, 2015).

Таким образом, результаты работы по изучению физических свойств почв могут служить ориентиром при принятии решений о землеустройстве и мелиоративных мероприятиях на территории Михайловского сада.

**Цель исследования:** оценить физические свойства почв Михайловского сада Санкт-Петербурга.

### **Задачи исследования:**

1. Проанализировать условия почвообразования в Михайловском саду с учетом доминирующего влияния антропогенного фактора.
2. Изучить морфологическое строение почв Михайловского сада.
3. Оценить водно-физические и физико-механические свойства почв.
4. Сделать выводы о влиянии антропогенной нагрузки на физические параметры городских почв.

**Апробация результатов.** Тезисы ВКР были доложены на XX Большом географическом фестивале Санкт-Петербургского государственного университета (2024), также результаты научно-исследовательской работы были представлены на отборочном и заключительном этапах Открытой международной олимпиады студентов и молодых специалистов Petropolitan Science (Re)Search 2024 по направлению «Науки о Земле».

**Благодарности.** Автор выражает глубокую признательность научному руководителю, Шешуковой Анастасии Анатольевне, к.с.-х.н., за ценные советы в написании и оформлении работы. Романову Олегу Васильевичу, к.б.н., и Русакову Алексею Валентиновичу, д.г.н., за помощь в организации полевых и лабораторных исследований. Ценный вклад в аналитическую часть работы внесли инженеры кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ – Александра Ивановна Нуретдинова, Ковалева Наталья Михайловна и Анастасия Алексеевна Воеводская.

Отдельно выражаю благодарность руководству Русского музея, службе «Летний сад, Михайловский сад и зеленые территории музея» за возможность проведения исследований: Екатерине Алексеевне Жуковой, к.б.н., за консультации, помощь в организации исследования, пробоотборе, анализе данных и Василисе Станиславовне Гончаровой за участие в полевых работах.

# Глава 1. Изучение почв городов

## 1.1. История изучения городских почв в России

Нарастающий процесс урбанизации способствует повышенному интересу к городским экосистемам, в том числе и к почвенному покрову городов. Под понятием «городские почвы» подразумевают почвы с созданным человеком поверхностным органоминеральным слоем, полученным путем перемешивания, насыпания, погребения грунта и (или) загрязнения материалами урбаногенного происхождения (Безуглова и др., 2012).

Вопрос об изучении городских почв России уже в конце XIX века поднимал В.В. Докучаев: была разработана концепция изучения почв Санкт-Петербурга. Однако эти исследования в полной мере начали реализовываться только к концу XX века (Апарин, Сухачева 2015). Так, начало систематических исследований почв города было положено учеными МГУ под руководством М.Н. Строгановой. В 1998 году была защищена докторская диссертация М.Н. Строгановой по городским почвам, разработана систематика почв и почвоподобных тел города, доказано особое влияние городской среды на почвообразование. На результаты этих исследований опираются ученые с различных городов России, применяя классификацию и используя выводы, приведенные в работах об изучении почв Москвы.

В Санкт-Петербурге так же активно разрабатываются теоретические основы учения о городских почвах и их экологической значимости. Вклад в исследование почв города был сделан ведущими учеными Санкт-Петербургского государственного университета, включая Матинян Н.Н., Апарина Б.Ф., Сухачеву Е.Ю., Русакова А.В., Бахматову К.А., Надпорожскую М.А., Шешукову А.А., Абакумова Е.В. и других.

Исследователи проявляют повышенный интерес к почвам городских территорий, что обусловлено не только их широкой распространенностью, но и наличием специфических характеристик, уникальных для почв города:

1. Формирование таких почв происходит на насыпных, намывных грунтах и культурном слое;
2. В верхних слоях почвы присутствуют включения строительного и бытового мусора;
3. Кислотно-щелочной баланс в городских почвах обычно смещается в сторону подщелачивания;
4. Часто наблюдается высокий уровень загрязнения тяжелыми металлами и нефтепродуктами;
5. Физико-механические свойства почв претерпевают изменения (сниженная влагоемкость, повышенная уплотненность, каменистость и другие особенности);

6. Профиль городской почвы может увеличиваться вверх (урбостратифицированные почвы).

## **1.2. Физические свойства городских почв**

Городские почвы формируются под влиянием значительного антропогенного воздействия: уплотнение, дополнительное обогащение питательными элементами, орошение, загрязнение пылью и тяжелыми металлами. Ухудшение физических и химических качеств почв города может повлиять на качество воды и воздуха, биоразнообразия городской среды. Ряд многолетних исследований показывает высокий уровень деградации городских почв (Yang et al, 2015). Для создания системы оценки рисков и улучшения управления городскими почвенными исследованиями необходимо тщательное изучение почвенных режимов, в том числе и физических. Данные научных исследований позволяют оценить процессы взаимодействия педосферы с водой и воздухом, динамику миграции и переноса загрязняющих веществ вместе с почвенным раствором, критические пороги загрязнения городских почв.

Важным фактором для физических режимов почв является генезис и этапы трансформации урбозкосистемы, так как в городах могут находиться почвы, близкие к естественным, так и грунты, состоящие полностью из привнесенного почвенного материала (Жарикова, 2011). Городской современной культурный слой может залегать на почвообразующих породах естественного генезиса, либо на погребенных естественных почвах или искусственно сформированных толщах (например, насыпные строительные грунты, прослой строительного мусора и т.д.).

В городах чаще всего изучают следующие физические параметры почв: гранулометрический состав, агрегатный состав, плотность сложения, плотность твердой фазы. Эти свойства определяют фильтрацию и воздухопроницаемость, прочность, основную гидрофизическую характеристику (ОГХ) почв. Также изучают электропроводность почв и влагоемкость для оценки водного режима.

Высокая степень пространственной неоднородности городских почв вызывает сложности в изучении их свойств по отдельным почвенным горизонтам. Физические, химические и биологические свойства городских почв обычно неоднородны в различных городских и пригородных условиях. На неоднородность физических свойств почв также влияет значительное количество антропогенных включений, неравномерно распределенных в почвенной толще (обломки строительного мусора, кирпича, стекло, щебень, металлические фрагменты и т.д.).

Рассмотрим отдельные результаты исследований физических свойств городских почв.

Гранулометрический состав. Гранулометрический состав городских почв зачастую сильно варьирует между горизонтами одного профиля, что позволяет диагностировать

насыпное происхождение таких почв (Козлова и др., 2006). Для горизонтов “урбик” зафиксирована тенденция к утяжелению гранулометрического состава. В поверхностных слоях увеличивается доля песка за счет использования гравийно-песчаной смеси при строительстве (Уфимцева, 2011, Жарикова 2011). Облегчение гранулометрического состава почвы ускоряет поток почвенной воды и растворенных в ней веществ, почва хуже выполняет функцию фильтра между атмосферой и подземными водами. (Yang et al, 2015)

Агрегатный состав. Процессы освоения городских земель могут включать расчистку растительности, удаление верхнего слоя почвы, складирование, уплотнение, конструирование почвы – все это может существенно повлиять на агрегацию почвы. Например, удаление и замена верхнего слоя почвы привели к снижению доли макроагрегатов в поверхностных слоях почвы в среднем примерно на 29% (Yang et al, 2015). Для черноземной полосы в условиях городской среды отмечают переход части агрономически ценных агрегатов (0,25-10 мм) в глыбистую и пылеватую фракции по сравнению с фоновыми почвами (Тагивердиев, 2016).

Форма агрегатов также изменяется в городских условиях: в урбозкосистемах почвы практически не способны самостоятельно развивать водопрочные зернистую или комковатую структуры, характерные для гумусовых горизонтов естественных почв. Общая структура городских почв представляет собой угловатые, глыбистые и плитчатые агрегаты, образовавшиеся в результате уплотнения почв тяжелой техникой и отваливания земли при строительстве (Ильяшенко, Семенюк, 2014).

Устойчивость агрегатов в городских почвах коррелирует с переуплотнением. Изначальное повышение плотности разрушает первоначальную структуру почв и изменяет форму агрегатов, чтобы они соответствовали новому режиму напряжения. При этом частицы и поры перестраиваются в перпендикулярном направлении к источнику давления и со временем становятся более устойчивыми к переуплотнению (Yang et al., 2015).

Содержание камней и песчаной фракции обычно очень высокое (до 80%). Если городские почвы можно отнести к «сильнокаменистым» за счет высокого содержания строительного мусора (битый кирпич, стекло, бетон), то в них затруднен рост и развитие растений даже при высоком коэффициенте структурности (Козлова и др, 2006).

Таким образом, исследования показывают, что структура городских почв лишь частично совпадает с естественными фоновыми почвами. Зачастую структура почвы городов имеет меньшую степень агрегации (Суюндуков и др., 2022).

Плотность сложения. В почвах парково-рекреационных зон города, палисадников, скверов, бульваров и парков, данный показатель изменяется в пределах от 0.8 до 1.4 г/см<sup>3</sup>. (Козлова и др., 2006, Апарин и др., 2018). Такой разброс объясняется состоянием древесного и травянистого ярусов, а также действием трафика и общего “пресса” города.

Как было отмечено выше, распространенной проблемой почвы в городских районах является уплотнение. Это форма физической деградации, которая представляет собой увеличение объемной массы почвы.

В городских районах выделяют две основные причины уплотнения:

- 1) преднамеренное уплотнение во время строительных работ – увеличение прочности фундаментов мощения и зданий, использование тяжелого оборудования для изменения формы и наклона насыпей вдоль дорог и склонов, выравнивание участков, а также укладка дерна;
- 2) непреднамеренное уплотнение почвы после завершения строительства – повышенная нагрузка на почвы за счет транспортных средств и пешеходов, особенно в периоды переувлажнения почвы.

Уплотнение тесно связано с деградацией других физических свойств: разрушается структура почвы, уменьшается общая пористость, снижается скорости инфильтрации и падает водорегулирующая способность (Суюндуков и др., 2022). Более того, уплотнение почвы имеет тенденцию минимизировать контакт частиц почвы с водой и приводит к медленной диффузии кислорода ( $O_2$ ) и углекислого газа ( $CO_2$ ).

Плотность твердой фазы. Определяется минералогическим составом почвы и содержанием органического вещества. При выраженной слоистости профиля в урбаноземах не наблюдается классического распределения плотности по горизонтам, характерного для почв естественного ряда (Умарова и др., 2021). Зачастую у почв города плотность твердой фазы повышена у поверхностного горизонта, что связывают с осаждением твердых мелкодисперсных частиц техногенного происхождения на поверхности почвы.

Порозность. Для городских почв отмечено снижение порозности на фоне естественных почв. Томографические исследования показали, что гумусовые горизонты антропогенных и антропогенно-измененных почв имеют менее развитую поровую систему по сравнению с гумусовыми горизонтами естественных почв (Апарин и др., 2018). Снижение процента порового пространства приводит к развитию анаэробных процессов, недоступности воды. С порозностью почв тесно связаны влагоемкость, водопроницаемость и аэрация.

Водопроницаемость. Принято считать, что рекреационная нагрузка на почвы и водопроницаемость почв имеют обратную корреляционную зависимость: при увеличении рекреационной нагрузки водопроницаемость снижается, что способствует увеличению поверхностного стока (Щербина и др., 2006). Однако в исследовании почв Санкт-Петербурга (Апарин и др., 2018), Сыктывкара, Москвы, Краснодар, Майкопа, Сочи и Симферополя (Умарова и др., 2021) отмечается достаточно высокая скорость фильтрации воды в городских почвах.

Влагоемкость. Максимальное снижение влагоемкости характерно для наиболее деградированных геоекосистем, в среднем оно отличается от ненарушенных экосистем на 15-20% (Благодатнова, 2017).

Таким образом, проведенный литературный обзор по изучению физических свойств городских почв выявил достаточно много опубликованных данных по каждому из рассматриваемых аспектов. При этом в подавляющем большинстве работ данные представлены для конкретной территории, без сравнения с подобными почвами других городов. Это связано с уникальностью развития каждого участка городской территории, разнообразием факторов почвообразования. Общим является обнаружение факторов деградации физических свойств почв после глубокой антропогенной трансформации.

### **1.3. Изучение свойств почв Михайловского сада Санкт-Петербурга**

Михайловский сад, основанный в начале XVIII века, является одним из первых садов Санкт-Петербурга. Это уникальный памятник ландшафтной архитектуры, сочетающий в себе английский и французский пейзажные стили. За свою историю существования он претерпел несколько перепланировок. В течение XX века на этой территории проводились выставки, организовывались детские площадки, теннисный корт. При этом не был организован систематический уход за зелеными насаждениями. В результате к 2000 году состояние сада и его зеленых насаждений было критическим. В 1999 году Михайловский сад был передан в управление Русского музея. Уже к 2003 году была проведена комплексная реставрация: территория вновь приобрела облик дворцового сада, за основу был взят план архитектора К.И. Росси 1826 года (Баженов, 2009).

Реконструкция парков связана с рядом негативных последствий для почвенного покрова. В результате технологических процессов, которые осуществляются в процессе реконструкции, уплотнение грунта увеличивается на значительную глубину, нарушается агрегатная структура почв. Изменение древостоя существенно изменяет микроклиматический режим городского парка и повышает риски чрезмерного испарения воды с поверхности почвы. Эти модификации могут иметь негативные последствия для экологических функций, выполняемых почвой. Поэтому мероприятия по восстановлению химических и физических свойств почвы должны быть обязательным элементом реконструкции городских парков (Yang et al, 2015). Почвенные исследования позволяют определить необходимые работы по рациональному использованию земель после реконструкций городских парков.

Особая важность мониторинга почвенных параметров Михайловского сада связана с его расположением в самом центре Санкт-Петербурга и наличием многочисленных старовозрастных деревьев – живых свидетелей истории города (Жукова, 2021). Мониторингом состояния садов занимается служба «Летний сад, Михайловский сад и зеленые территории

музея» Русского музея, сотрудничающая с ведущими университетами Санкт-Петербурга. Так, коллективом РГПУ им. А. И. Герцена с 2017 года на территории Михайловского сада было исследовано 5 почвенных прикопок (30-50 см), 3 почвенных разреза – это посадочные ямы глубиной 63-95 см, подготовленные для посадки деревьев в рамках ежегодной акции Русского музея «Древо жизни». Для всех образцов был определен гранулометрический состав – легкосуглинистый по шкале Н.А. Качинского. Обследовались образцы газонной почвы, взятые из верхнего (0-5 см) горизонта почвенного профиля, в них проведено измерение содержания тяжелых металлов: по нормам СанПиН ПДК (предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в компонентах окружающей среды) и ОДК (ориентировочно допустимые концентрации) значительно не превышены. (Зарина и др., 2023).

Согласно исследованию 2021 года, проведенному в СПбГЛТУ им. С. М. Кирова, почвы Михайловского сада на глубине 0-50 см являются слабощелочными, средне обеспечены гумусом, обладают высокой степенью насыщенности основаниями. Обеспеченность калием очень низкая, фосфором от низкой до средней, нитратным азотом в зависимости от места взятия пробы от очень низкого до повышенного содержания (Субота и др., 2021). Засоления поверхностных горизонтов почвы на участках около входа в Михайловский сад выявлено не было (Кузьмина, Яковлев, 2023).

Таким образом, к настоящему моменту уже имеются сведения о химических свойствах почв Михайловского сада. Однако практически полностью отсутствуют данные о большинстве физических параметров почв: именно они могут дополнить представление о почвенных условиях произрастания деревьев, кустарников и газонов парка.

## **Глава 2. Условия почвообразования в Санкт-Петербурге**

Почвообразование — это процесс, который является результатом взаимодействия факторов, включая климат, живые организмы, почвообразующую породу, рельеф и время, которые превращают горную породу в органоминеральные частицы почвы, способствуют накоплению почвенного органического вещества.

Основным фактором формирования городских почв является деятельность человека, особенно физическое нарушение. Человек влияет на свойства почвы и почвообразование в городских условиях посредством строительства, промышленного загрязнения, сжигания ископаемого топлива, внесения отходов, минеральных и органических удобрений. При урбанизации исходные почвы часто закапываются, срезаются, удаляются и уплотняются. В результате антропогенная деятельность вносит в почвы новые искусственные материалы, изменяет состав почв и создает сильную гетерогенность.

По вышеуказанным причинам все факторы почвообразования для территории Санкт-Петербурга необходимо рассмотреть с учетом особенностей урбанизированных территорий (эффект «теплового острова», наличие искусственных насаждений, насыпных грунтов, дополнительных источников загрязнения).

### **2.1. Рельеф**

Территория Санкт-Петербурга относится к Приневской низменности. Историческая часть города расположена на низменной приморской террасе (абс. высота 0—3,0 м), образованной Литориновым морем – предшественником современного Балтийского. Поверхность террасы сложена литориновыми голубоватыми и серыми супесями и песками. В Санкт-Петербурге развита гидрографическая сеть, характерно близкое залегание грунтовых вод (на глубине не более 2—3 м) (Исаченко, Резников, 2014). При этом в городе водоносный горизонт содержит минерализованные воды, минерализация превышает 1,0 г/дм<sup>3</sup> (Дашко и др., 2011).

### **2.2. Почвообразующие породы**

В центральной части Санкт-Петербурга в качестве почвообразующих пород выступают отложения Литоринового моря, представленные мелко- и среднезернистыми безвалунными песками и супесями, местами заиленными (Исаченко, Резников, 2014).

С начала заложения города и в современном строительстве на поверхность почвы привносятся различные насыпные материалы, которые служат фундаментом для строений, способствуют осушению территории, являются субстратом для произрастания растений (культурные слои городских парков). В результате в Санкт-Петербурге мощность насыпных горизонтов имеет величины от 1 до 4 м (Апарин, Сухачева, 2013).

Таким образом городские почвы Санкт-Петербурга на современном этапе почвообразования формируются на насыпных слоях и техногенных субстратах (кирпичный обломок, щебень, зола, шлаки, мусор, пластмассы, металлы, ткани, линолеум, древесный уголь).

### **2.3. Климат**

Климат региона умеренно-континентальный с чертами морского: среднегодовая температура воздуха  $+4,2^{\circ}\text{C}$ . Средние температуры января  $-8,2^{\circ}\text{C}$ , июля  $+16,6^{\circ}\text{C}$ . Редкие и непродолжительные морозы способствуют относительно небольшой глубине промерзания почвы (0,9 м для суглинков и глин, 1,1 м для супесей и песков). Сумма температур выше  $10^{\circ}\text{C}$  колеблется в пределах  $1600-1800^{\circ}\text{C}$ , длительность вегетационного периода около 170 дней.

Среднегодовая сумма осадков в Санкт-Петербурге в среднем 600 мм, большая часть выпадает с апреля по октябрь, самый сухой месяц – март. Устойчивый снежный покров имеет мощность не более 30 см, держится с декабря по апрель. Испаряемость составляет 400 мм, коэффициент увлажнения выше 1,1. Грунтовые воды залегают близко к поверхности, тип водного режима в почвах – промывной или застойный.

По данным Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБУ «Северо-Западное УГМС») загрязнение воздуха Центрального района Санкт-Петербурга характеризуется как низкое, не достигающее предельно допустимых концентраций. Определяются следующие показатели: концентрация взвешенных веществ, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, фенол, сероводород, аммиак, хлористый водород, формальдегид, бензол, сумма ксилолов, толуол, этилбензол и бенз(а)пирен.

Инфраструктура Санкт-Петербурга оказывает влияние на климатические условия. Повышению температуры атмосферного воздуха в городе способствуют: нагревание фасадов зданий и асфальтовых покрытий, работа системы отопления в зимний период. Увеличение конвективности воздуха и его запыленность приводят к более высокому уровню осадков, ливней и гроз. В результате уборки снега в местах, где снежный покров очищается, могут возникать условия, схожие с аридной пустыней. В районах с избыточным снежным покровом, особенно на затененных участках, в почве может накапливаться больше влаги, что приводит к промачиванию почвенного слоя и усилению элювиальных процессов или созданию застойных водных режимов (Yang et al, 2015).

## 2.4. Растительность

В результате строительства города естественная растительность южной тайги была практически полностью сведена. Растительность исторических парков состоит из искусственно сформированных растительных сообществ, где преобладают липа сердцевидная (*Tilia cordata*), клен остролистный (*Acer platanoides*), дуб черешчатый (*Quercus robur*) и ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*).

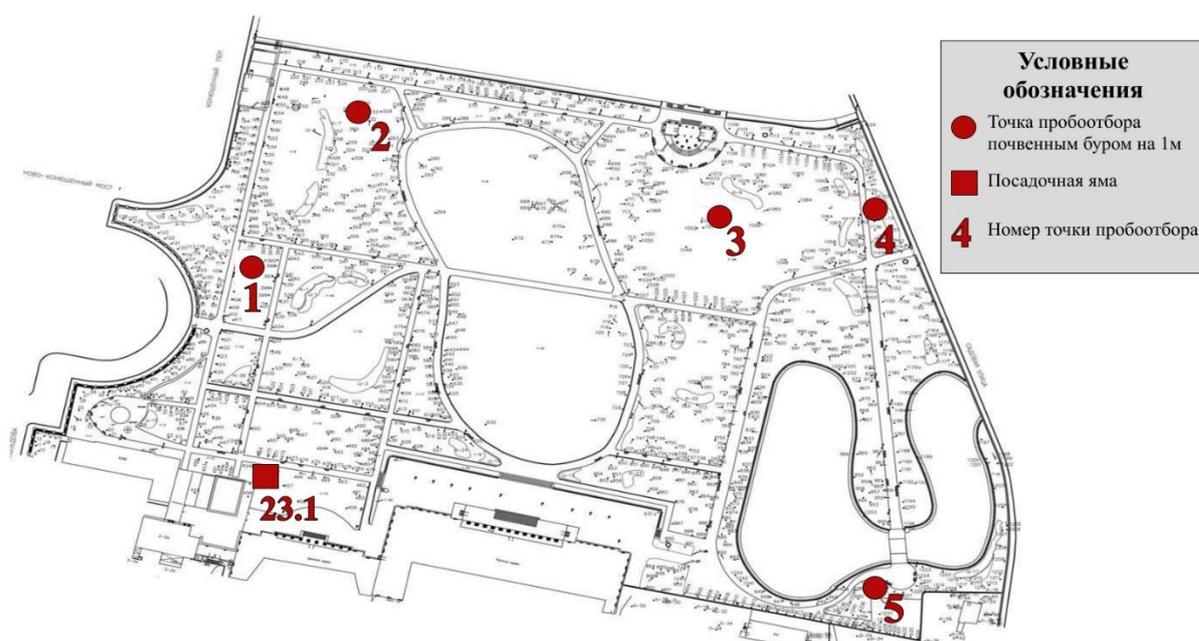
Состояние различных видов зеленых насаждений в городе неоднородно. Средний показатель состояния насаждений в парках равен 2,1, в садах и скверах - 2,2, что указывает на их ослабленное состояние. Наименее благополучны в этих насаждениях сосна обыкновенная, ильм, дуб черешчатый, белый тополь и ель европейская, их состояние оценивается баллами от 2,3 до 2,9; наиболее здоровыми являются клен остролистный, береза повислая и кизильник, их состояние оценивается баллами от 1,1 до 1,7. Балл состояния уличных насаждений колеблется от 2,2 до 2,8. В ослабленном состоянии находятся такие породы, как тополь, вяз, дуб черешчатый и липа крупнолистная, их состояние оценивается баллами от 2,3 до 2,9; наилучшее состояние имеют клен остролистный и береза повислая, их состояние оценивается баллами от 1,7 до 1,9 (Ковязин и др., 2015).

На территории Михайловского сада растительность представлена газонами, цветниками, кустарниками, а также деревьями – липами, кленами, дубами и вязами. Многие деревья сада произрастают более двухсот лет, семь десятков деревьев были посажены ещё в начале XVIII века.

## Глава 3. Объекты и методы исследования

### 3.1. Объекты исследования

Объектами исследования являются почвенные профили 6 контрольных точек Михайловского сада, пробоотбор буром проведен 13.09.2023 для точек 1-5 на глубину до 71-85 см. Точка 23.1 была исследована в процессе плановой пересадки дерева на территории сада 20.10.2023. При этом необходимо отметить, что в этом исследовании не был изучен полный почвенный профиль (до почвообразующей породы). Это связано с ограничениями метода пробоотбора почв метровым буром, не достигающим более глубокие слои почв.



**Рисунок 1.** Местоположение точек исследования (схема предоставлена Жуковой Е.А.)

Михайловский сад имеет площадь около 10 га. Согласно рекомендациям по почвенному картированию (Абакумов, 2012) 1 разрез на 2 га является нормой для детального описания почвенного покрова городской среды. Однако изученные точки расположены преимущественно по периметру сада. Исследования не коснулись центральных газонов, поэтому выводы о свойствах почв могут быть достоверными лишь для отдельных участков объекта.

### 3.2. Методы исследования

Для достижения поставленных задач были использованы следующие методы:

1. Определение гигроскопической влажности термостатно-весовым методом (Растворова, 1983);

2. Определение содержания агрегатного состояния почвы ситовым методом Савинова (Растворова, 1983);
3. Определение плотности сложения почвы буром Качинского (Романов, Растворова, Попов, 2009);
4. определение водопроницаемости методом трубок (Романов, Растворова, Попов, 2009);
5. Определение твердости почв с помощью микропенетromетра (Растворова, 1983);
6. Определение капиллярной и полной влагоемкости методом насыпных горизонтов (Растворова, 1983);
7. Мезоморфологическое описание образцов с помощью электронной лупы;
8. Определение плотности твердой фазы (Растворова, 1983).

Все лабораторные исследования проведены лично автором при корректировке научным руководителем на кафедре почвоведения и экологии почв СПбГУ. Применяемые в работе методы и показатели дают возможность, с одной стороны, достаточно полно охарактеризовать физические параметры почв, с другой стороны, позволяют зарегистрировать их взаимную зависимость от варьирования некоторых факторов.

## Глава 4. Результаты и обсуждение

### 4.1. Морфолого-генетические особенности исследуемых почв

В общем виде строение профилей почв Михайловского сада можно выразить следующей схемой: RYur1-RYur2-UR1-UR2-(TCH)-UR. Подробное описание каждого горизонта представлено в Приложении. Неоднородности свойств насыпных горизонтов приводят к необходимости выделения вторых горизонтов (например, UR2), так как между собой слои имеют заметные морфологические отличия (окраска, структура, включения). Техногенный горизонт TCH, образованный преимущественно строительными материалами, встречается лишь локально (в профилях МС-1, МС-5 и МС-23.1). По этой причине в общей схеме TCH заключен в скобки, обозначающие возможность отсутствия в профиле этого горизонта.

Резкие различия в составе и свойствах слоев ещё раз доказывают искусственное, а не естественное происхождение почв. Случайный процесс наполнения с различиями в материалах партий вызывает искусственное расслоение, несвязанное с природными условиями почвообразования.

Согласно «Классификации и диагностике почв России» (2004) изученные почвы классифицируются как почвы синлитогенного ствола почвообразования, относятся к отделу стратоземов. Городские почвы, образованные серией привнесенных горизонтов, принято называть урбостратоземами (Герасимова и др., 2003, Матинян и др., 2017). В Михайловском саду профили МС-1, МС-5 и МС-23.1 представлены урбостратоземами серогумусированными техногенными легкосуглинистыми, профили МС-2, МС-3 и МС-4 – урбостратоземы серогумусовые легкосуглинистые.

Рассмотрим основные отличия в морфологическом строении исследуемых почв.

**Гумусовые горизонты.** Изученные почвы по морфологическому строению объединяет мощный серогумусовый слой, глубиной от 40 до 70 см. В Михайловском саду гумусовые горизонты резко отличаются по окраске, агрегированности и включениям. На основании этих признаков выделены горизонты RYur1, RYur2, UR2 и т.д.

В профилях 1, 4, 5 и 23.1 наиболее темный, структурированный гумусовый горизонт является поверхностным, однако в профилях 2 и 3 самый темный гумусовый горизонт расположен на глубине 36(40)-50. Такое нетипичное для естественных почв распределение гумуса могло быть последствием погребения профилей 2 и 3 под слоем привнесенного более светлого гумусового материала.

Структура гумусовых горизонтов комковатая и мелкокомковатая, часть почвенного материала не собрана в агрегаты. Слабо выражена комковатая структура в гумусовых

горизонтах профиля МС-5, при этом именно в этой точке содержится наибольшее количество антропогенных включений, занимающих более 10% почвенной толщи (начиная с 15 см).

**Техногенный горизонт.** Техногенный горизонт в почвах Михайловского сада состоит из слоев разного состава (песок, кирпич, строительный мусор).

В профилях МС-23.1 и МС-1 обнаружено схожее сочетание горизонтов: под гумусовыми горизонтами (около 40 см) расположен плотный слой кирпича (мощностью 5-7 см), далее следует небольшой слой (2-5 см) песка со обломками строительных материалов, ниже – гумусовый горизонт. Техногенные горизонты залегают на глубине 40-50(60) см, нарушают проницаемость почвы для водных, воздушных, температурных потоков, затрудняют проникновение корней растений и ход почвенных животных. Песчаные прослойки техногенного горизонта резко увеличивают скорость фильтрации почвенного раствора, однако непроницаемый кирпичный слой задерживает эти потоки, перенаправляя их в латеральный внутрипочвенный сток.

Необходимо заметить, что при описании почвенных профилей были выделены горизонты, сложенные буровато-светло-серым песком с небольшим количеством обломков строительных материалов (до 5% толщи). Этот слой имеет неясную природу, мог быть привнесен в результате строительства или отложен в результате наводнения. По своему описанию он схож с техногенным (грунт, перемещенный с мест природного залегания, часто с антропогенными включениями, но без признаков почвообразования). Однако на данном этапе исследования нельзя однозначно определить источник происхождения этого песка, поэтому в дальнейших описаниях он представлен как «Песчаный слой 1» и «Песчаный слой 2». Два слоя выделены в связи с увеличением доли включений во втором.

**Антропогенные включения.** На почвенные свойства будет влиять глубина залегания антропогенных включений, их состав, размеры и количество. Состав включений не отличается между профилями почв Михайловского сада: это обломки кирпичей, известковых и бетонных строительных материалов, стекла.

Глубина начала появления антропогенных включений одинакова для точек 1, 2, 3 и 4: начиная с 30 см появляются крупные антропоморфы (от 0,5 см). Больше всего таких включений обнаружено в профилях МС-5 и МС-23.1. По объему они занимают от 5 до 15% горизонта. Стоит отметить, что в связи со спецификой пробоотбора почвенным буром, в образцы могли попасть только те включения, диаметр которых был меньше диаметра бура. Максимальный обнаруженный размер включений в образцах – 2 см, при этом при полевом описании почвенной ямы МС-23.1 диагностировали антропоморфы более 3 см.

Таким образом, исходя из вышеописанных особенностей можно сделать вывод: морфологическое строение почв Михайловского сада неоднородно, для каждого участка

имеются важные отличия, влияющие на почвенные режимы. При этом между соседними точками зачастую есть сходства в порядке и свойствах насыпных горизонтов.

## 4.2. Механические свойства почв, структурный состав, плотность почвы

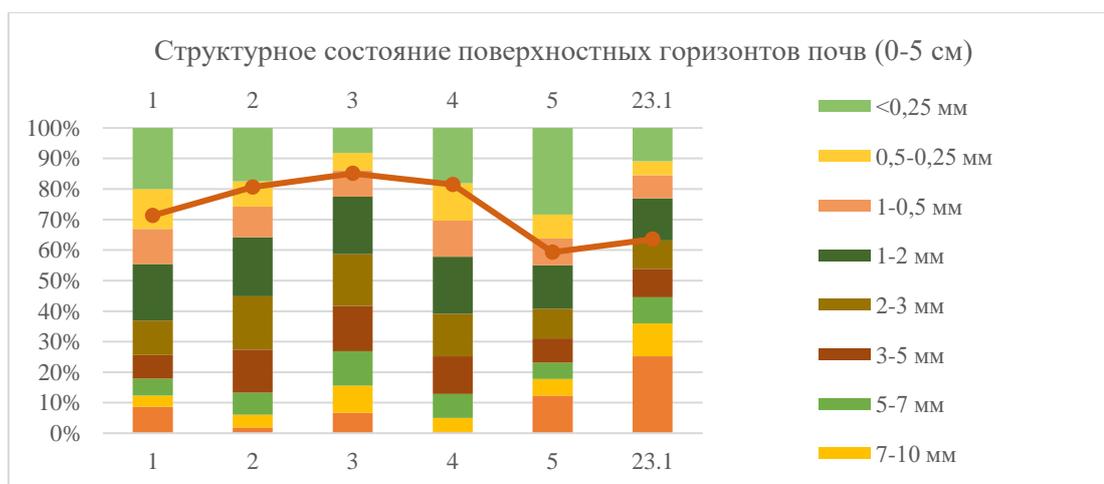
### Агрегатное состояние почв

Твердые почвенные частицы образуют агрегаты различных форм и размеров за счет следующих факторов:

- 1) наличие клеящих веществ (органическое вещество почв, карбонаты кальция, гидроксиды железа);
- 2) прохождение через циклы набухания и усадки при увлажнении и иссушении, замерзании и оттаивании;
- 3) рыхление и перенос материала почвенными животными, механическая обработка почвы сельскохозяйственными орудиями.

Для оценки агрегатного состояния используют показатель структурности (способность почвенной массы распадаться при крошении на агрегаты). Обилие макроагрегатов (0,25-10,00 мм) связывают с активным дерновым процессом в настоящем или прошлом, ведь агрегаты такого размера формируются при богатстве органическим веществом, высокой активности микроорганизмов и мезофауны. Зернистые и комковатые агрегаты в почвах обеспечивают оптимальные водопроницаемость, порозность, скорость капиллярного подъема и тепловые свойства.

В результате сухого просеивания были получены следующие данные о структурном состоянии поверхностных горизонтов (0-5 см) почв Михайловского сада, представленные на рис. 2.

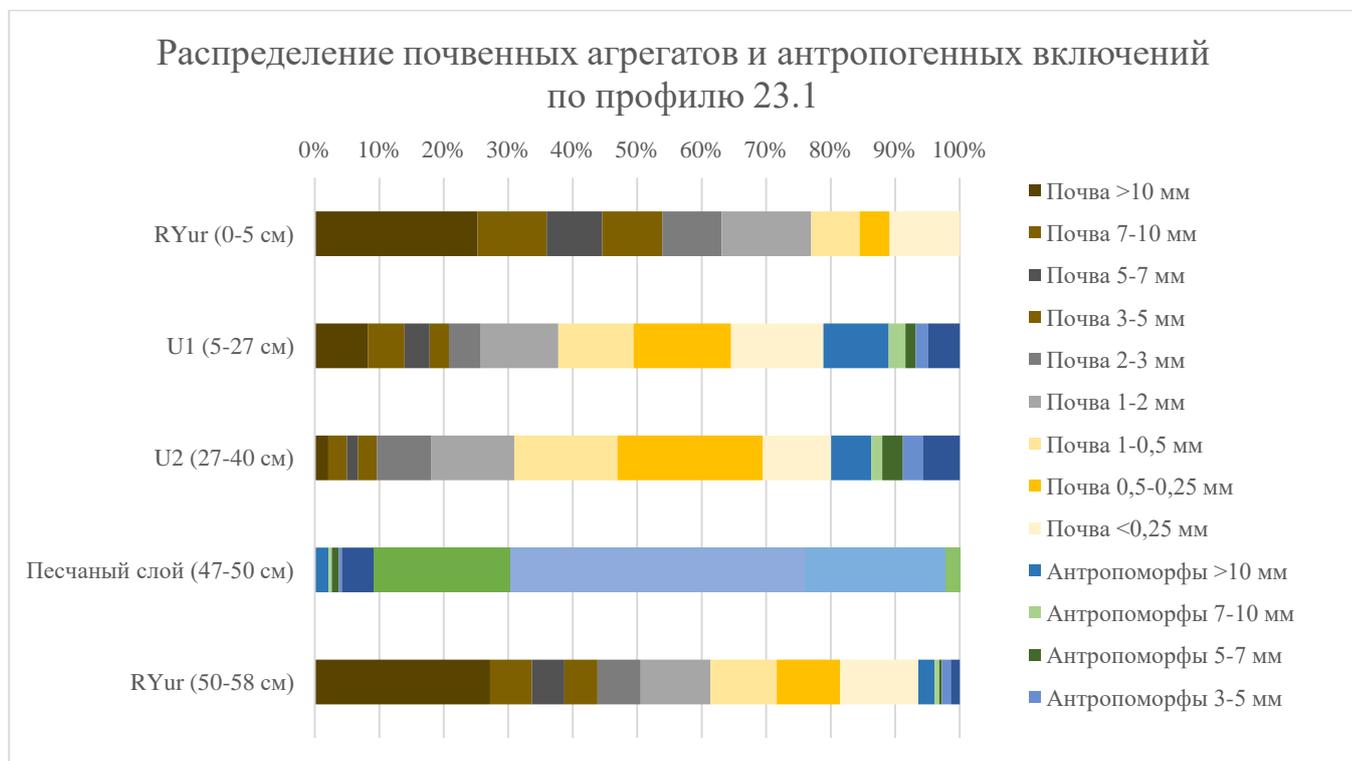


**Рисунок 2.** Распределение почвенных агрегатов по размерам в поверхностных горизонтах почв Михайловского сада

Для оценки структурного состояния почв использована шкала С.И. Долгова и П.У. Бахтина. Согласно ей содержание воздушно-сухих агрегатов 0,25-10,00 мм, равное 80 и более процентам, является показателем отличного структурного состояния, 60-80% – хорошего состояния, 40-60% – удовлетворительного, 20-40% – неудовлетворительного и менее 20% – плохого. Исходя из полученных данных можно сделать следующие выводы:

- 1) Наиболее стабильным является содержание почвенных частиц размером 1-2 мм, занимающих 14-19% от общей массы проб почв;
- 2) В первую очередь исследуемые объекты отличаются содержанием фракций более 10 мм и менее 0,25 мм. Крупные агрегаты (>10 мм) составляют от 0,5 до 25% от общей массы проб, фракция <0,25 мм варьирует от 8 до 28%.
- 3) По шкале С.И. Долгова и П.У. Бахтина отличное структурное состояние выявлено для точек 2, 3 и 4, хорошее для точки 1 и 23.1 (близкое к удовлетворительному), удовлетворительное для точки 5 (в ней 28% занимает фракция менее 0,25 мм).
- 4) Точки 5 и 23.1 расположены рядом с пешеходными дорожками, обладают худшим структурным состоянием поверхностного горизонта относительно других исследованных образцов. Однако точка 4 так же расположена у дорожки и имеет отличную структуру.

Для профиля 23.1 было изучено распределение агрегатов по горизонтам, результаты представлены на рис. 3.



**Рисунок 3.** Распределение почвенных агрегатов и антропогенных включений по в профиле 23.1 Михайловского сада

На рис. 3 представлены проценты почвенных фракций от общей массы пробы. Особенностью исследования структурного состояния почв Михайловского сада является высокая доля включений. Для агрегатного анализа антропогенные включения более 2 мм отделялись от исследуемых проб, взвешивались и учитывались отдельно в подсчетах структурного состояния почв для всех горизонтов. Песчаный слой с антропогенными включениями (залегает на глубине 47-50 см под прослоем кирпича мощностью 7 см) не содержал почвенных агрегатов.

По шкале С.И. Долгова и П.У. Бахтина (от массы всего образца, с учетом антропогенных включений) хорошее структурное состояние выявлено для горизонта RYur (0-5 см) – 63,6%. Для UR1 (5-27 см) определено 56,3% агрономически ценных агрегатов – почва удовлетворительна по структурному состоянию. Для UR2 (27-40 см) – 67,4%, горизонт имеет хорошее структурное состояние. В горизонте RYur (50-58 см) агрегаты размером 0,25-10,00 мм составляют лишь 45,1%, что характеризует горизонт как неудовлетворительный по структурному состоянию.

По структурному состоянию горизонтов профиля 23.1 Михайловского сада можно сделать следующие выводы:

- 1) В гумусовых горизонтах (RYur 0-5 см и RYur 50-58 см) преобладают почвенные агрегаты размером более 10 мм (25%). Также в гумусовых горизонтах содержится до 5% антропогенных включений;
- 2) В урбиковых горизонтах (UR1 5-27 см и UR2 27-40 см) содержание почвенных агрегатов более 10 мм не превышает 8%. Суммарное содержание почвенных фракций менее 2 мм составляет более 50% общей массы. Доля крупных антропоморфов (более 2 мм) составляет около 20% для этих горизонтов.
- 3) При продвижении вниз по профилю содержание почвенной фракции 1-2 мм практически не изменяется (от 12 до 18%);

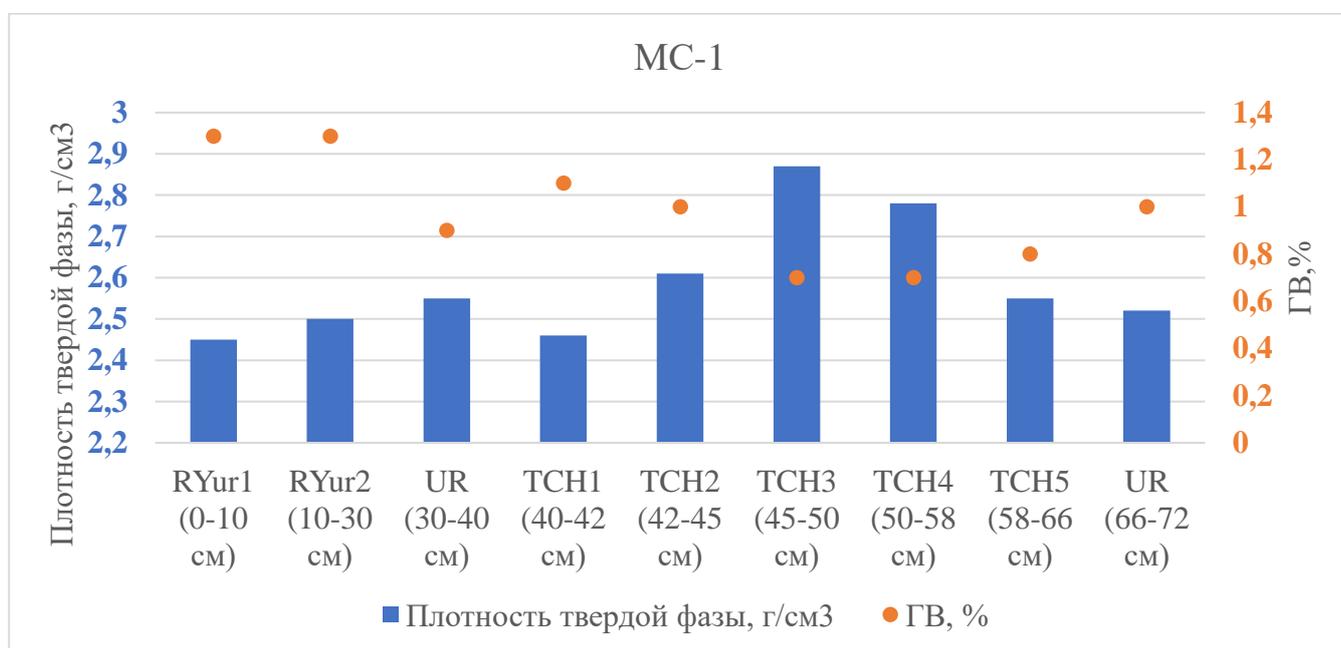
### **Плотность почвы**

Плотность твердой фазы почв ( $d$ ) – это среднее значение плотностей компонентов, слагающих твердую фазу почвы (Растворова, 1983). Плотность почвы зависит от минералогического состава, содержания органического вещества. Кварц, полевые шпаты и многие глинистые минералы имеют  $d$  равную 2,60-2,70 г/см<sup>3</sup>. Железистые минералы (лимонит и др.) – 4,0-4,0 г/см<sup>3</sup>; органическое вещество почвы – 1,2-1,4 г/см<sup>3</sup>. Таким образом, исходя из плотности почв можно судить о химическом и минералогическом составе.

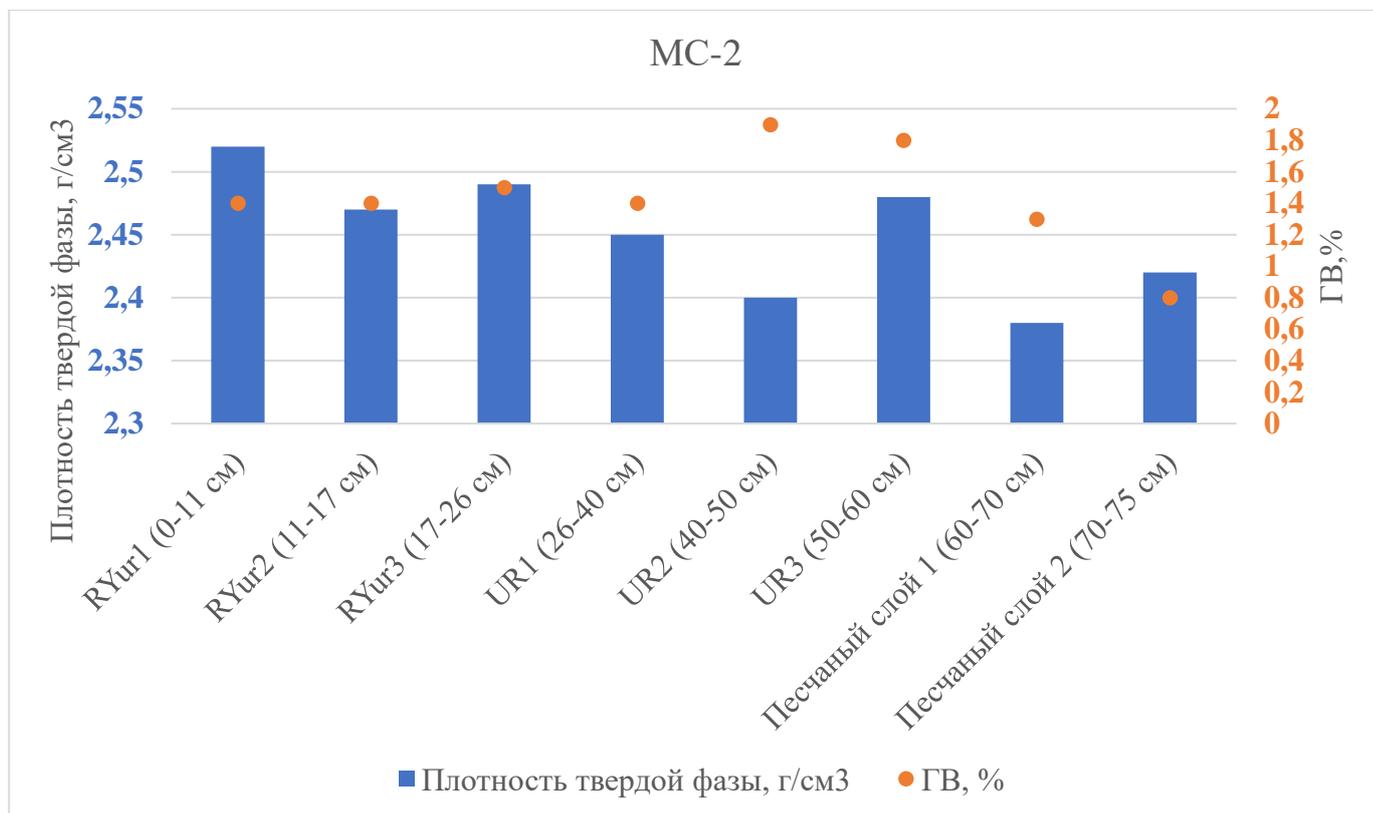
Измерение плотности твердой фазы почв Михайловского сада проводилось в двукратной повторности с помощью мерного сосуда – пикнометра. Метод основан на том,

что объем навески твердой фазы почвы вытесняет определенное количество воды из пикнометра. Метод применим лишь для незасоленных почв, так как соли, в почве находящиеся в твердом состоянии, при контакте с водой могут перейти в раствор.

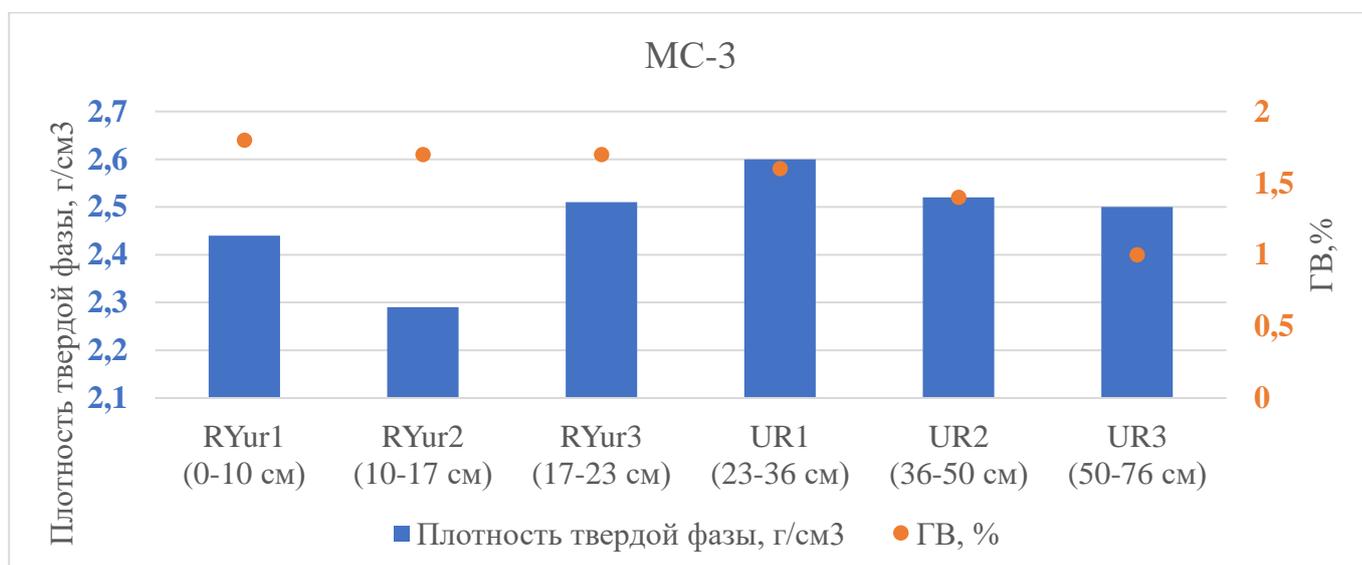
Схемы 4-9 демонстрируют плотность твердой фазы и гигроскопическую влагу горизонтов изученных почв. Как было отмечено в морфолого-генетическом описании, для части горизонтов не дано обозначение, в схемах они обозначены как «Песчаный слой». Плотность твердой фазы почв Михайловского сада в среднем варьировала в районе 2,4-2,55 г/см<sup>3</sup> для поверхностных гумусовых и срединных урбиковых горизонтов. Более высокая плотность была определена у техногенных горизонтов – в районе 2,5-2,7 г/см<sup>3</sup>. Исследование плотности сложения этих почв по горизонтам позволит охарактеризовать поровое пространство.



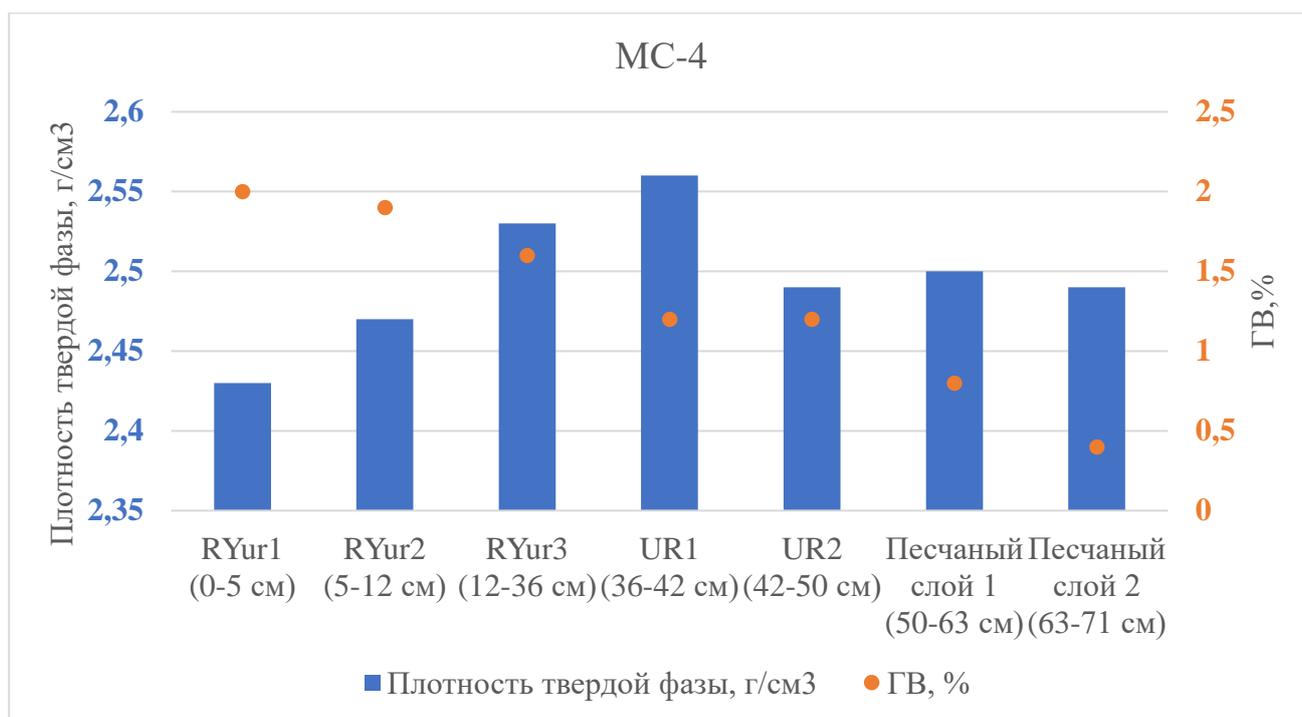
**Рисунок 4.** Плотность твердой фазы и гигроскопическая влагоемкость почв (профиль МС-1) Михайловского сада



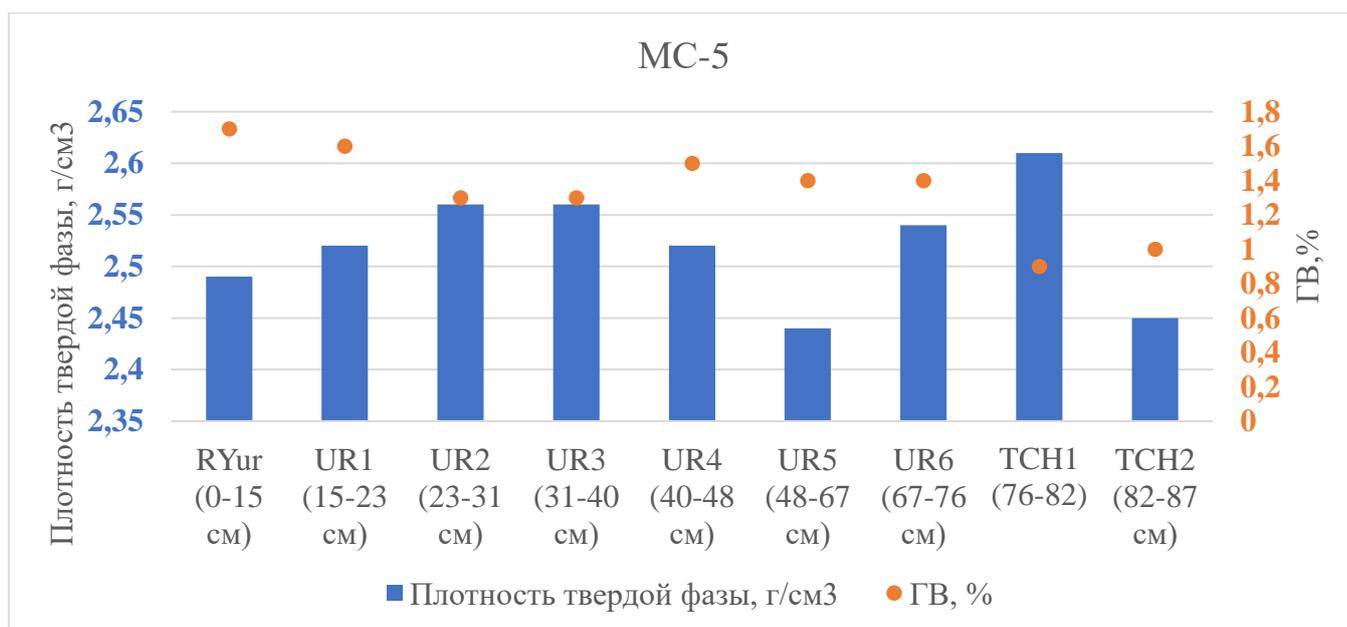
**Рисунок 5.** Плотность твердой фазы и гигроскопическая влагоемкость почв (профиль MC-2) Михайловского сада



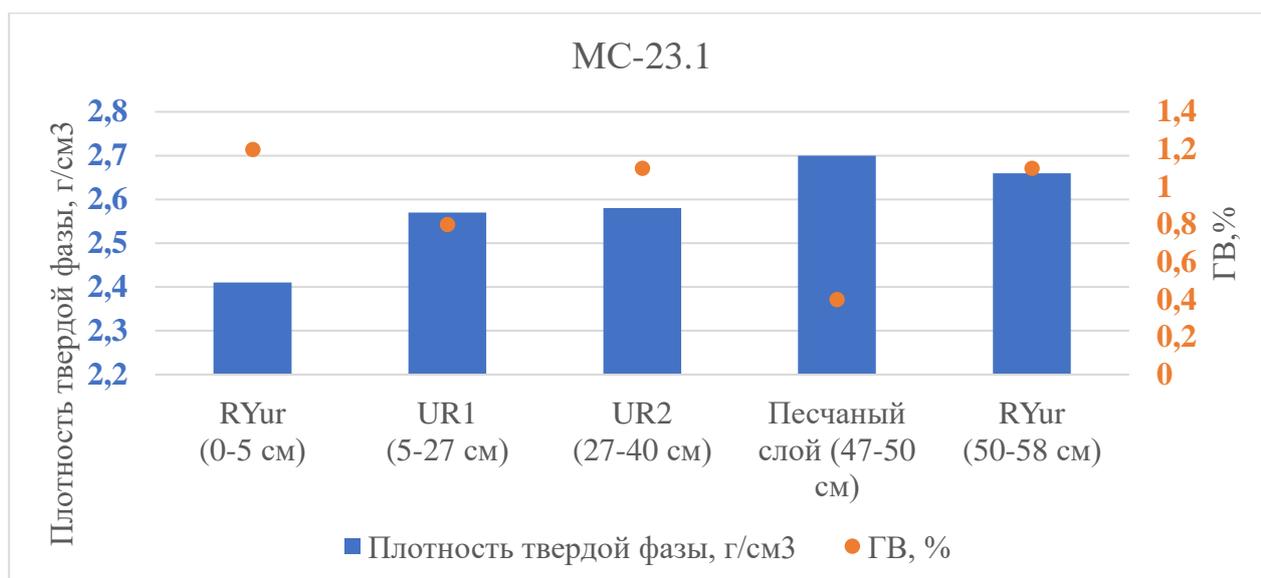
**Рисунок 6.** Плотность твердой фазы и гигроскопическая влагоемкость почв (профиль MC-3) Михайловского сада



**Рисунок 7.** Плотность твердой фазы и гигроскопическая влагоемкость почв (профиль MC-4) Михайловского сада



**Рисунок 8.** Плотность твердой фазы и гигроскопическая влагоемкость почв (профиль MC-5) Михайловского сада



**Рисунок 9.** Плотность твердой фазы и гигроскопическая влагоемкость почв (профиль МС-23.1) Михайловского сада

### **Плотность сложения почвы (объем масса почвы) и порозность**

Плотность сложения ( $\rho$ ) – это масса единицы объема почвы, взятая без нарушения ее природного сложения и высушенная при 105°C. Она так же, как и плотность твердой фазы, зависит от минералогического состава и содержания органического вещества, но при этом учитывает агрегатное состояние почвы. Таким образом, плотность сложения отражает факторы, влияющие на уплотнение почвы (механическая обработка, деятельность роющих животных, циклы увлажнения и иссушения, промерзания и оттаивания). Для гумусовых горизонтов величина плотности сложения колеблется в районе 1,0-1,3 г/см<sup>3</sup>. Величина плотности сложения используется для расчета запасов влаги и элементов питания, а также для оценки плодородия (оптимальной является плотность 1,1-1,2 г/см<sup>3</sup> на суглинистых и 1,2-1,4 г/см<sup>3</sup> на песчаных почвах). По Н.А. Качинскому почвы с плотностью сложения менее 1,15 г/см<sup>3</sup> являются рыхлыми, 1,15-1,35 – плотными, более 1,35 – очень плотными.

Определение величины  $\rho$  проводилось с помощью тонкостенных стальных цилиндров-буров объемом 100 см<sup>3</sup> в трехкратной повторности 13.09.2023 на глубину 0-5 см для пяти контрольных точек Михайловского сада.

Поровое пространство почвы – это совокупность промежутков между почвенными отдельностями. Порозность определяет водный, воздушный и тепловой режимы почвы, влияя на плодородие почвы и круговорот химических элементов в ландшафте. Общая порозность (пористость, скважность) – суммарный объем всех промежутков между ее агрегатами, выраженный в процентах от общего объема почвы. По Н.А. Качинскому для пахотного слоя

почвы общая пористость более 70% являются избыточной, 55-65% – отличная пористость, 50-55% – удовлетворительная, менее 50% – неудовлетворительная пористость.

Результаты определения плотности сложения и порозности представлены в табл. 1.

**Таблица 1.** Результаты измерения плотности сложения (с указанием доверительных интервалов) и общей порозности (вычислена с помощью значений плотности твердой фазы и плотности сложения)

Точка пробоотбора	Плотность сложения 0-5 см, г/см <sup>3</sup>	Оценка плотности сложения по Н.А. Качинскому	Общая порозность, %	Оценка пористости по Н.А. Качинскому
1	1,059±0,05	Рыхлая	59,9	Отличная
2	1,013±0,05	Рыхлая	59,8	Отличная
3	1,184±0,04	Плотная	53,5	Удовлетворительная
4	0,837±0,06	Очень рыхлая	65,9	Отличная
5	1,147±0,02	Плотная	53,8	Удовлетворительная

Выводы о плотности сложения почв Михайловского сада:

- 1) Нет сильного уплотнения поверхностных горизонтов, характерного для многих городских почв. Наоборот, 3 из 5 точек имеют рыхлые поверхностные горизонты.
- 2) Для точек 3 и 5 характерна высокая плотность сложения и удовлетворительное состояние пористости. К уплотнению точки 5 могло привести близкое расположение к пешеходной дорожке. Однако в точке 4, так же расположенной близко к пешеходной дорожке, отличная пористость и очень рыхлая плотность сложения.

### **Твердость почвы**

Твердость почвы – это свойство почвы сопротивляться сдавливанию и расклиниванию. Количественно этот показатель определяют величиной усилия, которое необходимо для введения в почву плунжера. Твердость имеет важное экологическое значение (проникновение корней растений, роющая деятельность почвенной фауны в твердой почве затруднены). Твердость почвы зависит от ее механического состава и агрегатного состояния, от плотности сложения и влажности, а также от наличия включений. Твердость определялась в полевых условиях 13.09.2023 с помощью микропенетromетра МВ-2 в 10-кратной повторности.

Для всех точек характерна высокая твердость, ограничивающая рост корней: варьировала от 1,3 до 1,6 кг/см<sup>2</sup> (табл. 2). Вероятно, на высокие значения этого показателя повлияло наличие включений твердых строительных материалов и прочность агрегатов. В поверхностных горизонтах включения представлены в виде мелких (<0,5 мм) осколков, равномерно распределенных в почвенной толще, обычно занимают не более 3-5% горизонта.

**Таблица 2.** Результаты измерения твердости почвы с указанием доверительных интервалов

<b>Точка исследования</b>	<b>Сопротивление пенетрации с поверхности, кг/см<sup>2</sup></b>	<b>Оценка сопротивления пенетрации (твердости почв)</b>
<b>1</b>	1,336±0,08	Уплотнение, рост корней ограничен
<b>2</b>	1,603±0,16	
<b>3</b>	1,539±0,19	
<b>4</b>	1,518±0,13	
<b>5</b>	1,284±0,26	

### **4.3. Водно-физические свойства почв Михайловского сада**

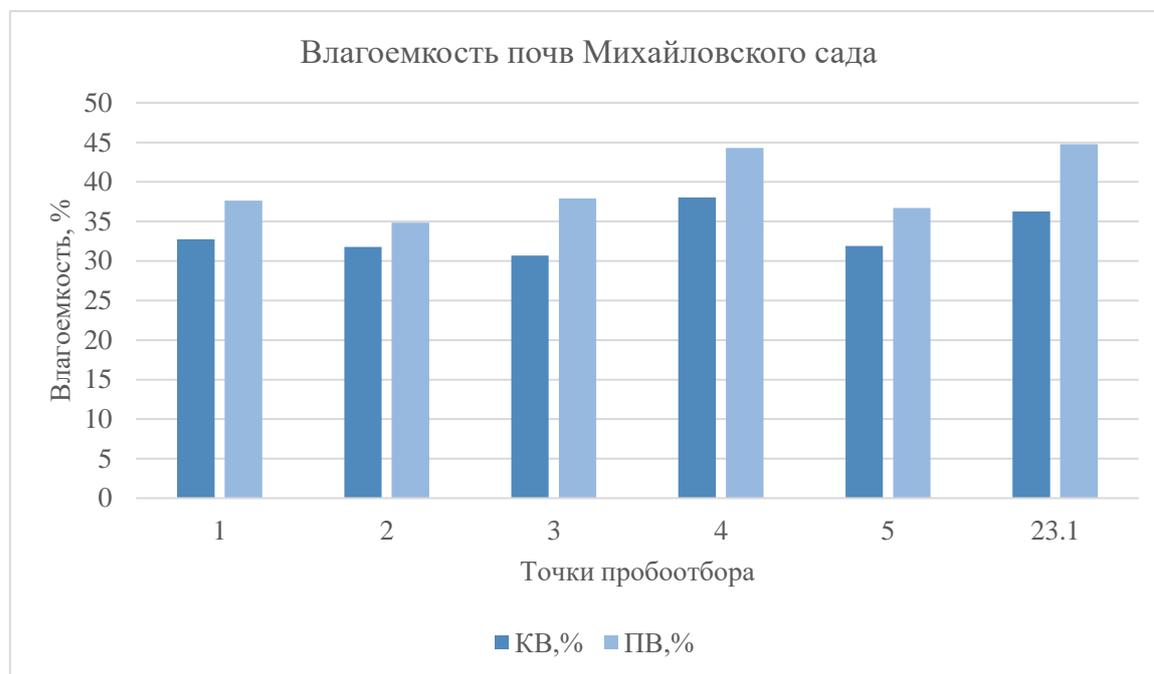
#### **Влагоемкость**

Влагоемкость – предельное количество воды, которое может удержать в себе конкретная почва.

Капиллярная влагоемкость (КВ) – это равновесная влажность почвы, находящейся в пределах капиллярной каймы грунтовых вод. Величина КВ зависит от дисперсного и структурного состояния, порозности почвы и от положения горизонта относительно уровня грунтовых вод. Наибольшей капиллярной влагоемкостью обладают почвы с большим содержанием пор и трещин капиллярного размера – супеси, пески (Растворова, 1983).

Полная влагоемкость (ПВ), или водовместимость, почвы – это максимальное количество воды, которое может находиться в почве с естественным сложением при ее затоплении, когда вода заполняет все поры почвы (при этом 5-10% объема почвы занимает заземленный воздух). Такой влагоемкостью обладают почвы после весеннего снеготаяния и поднятия уровня грунтовых вод. ПВ сильно отличается от КВ для хорошо оструктуренных и рыхлых почв, содержащих много крупных некапиллярных пор. Для почв неструктуренных и тонкозернистых КВ и ПВ почти совпадают. Величина ПВ тем больше, чем лучше оструктурена почва. Определение ПВ нужно для контроля общей порозности, а также при необходимости выразить влажность почвы в относительных величинах (% от порозности или от ПВ).

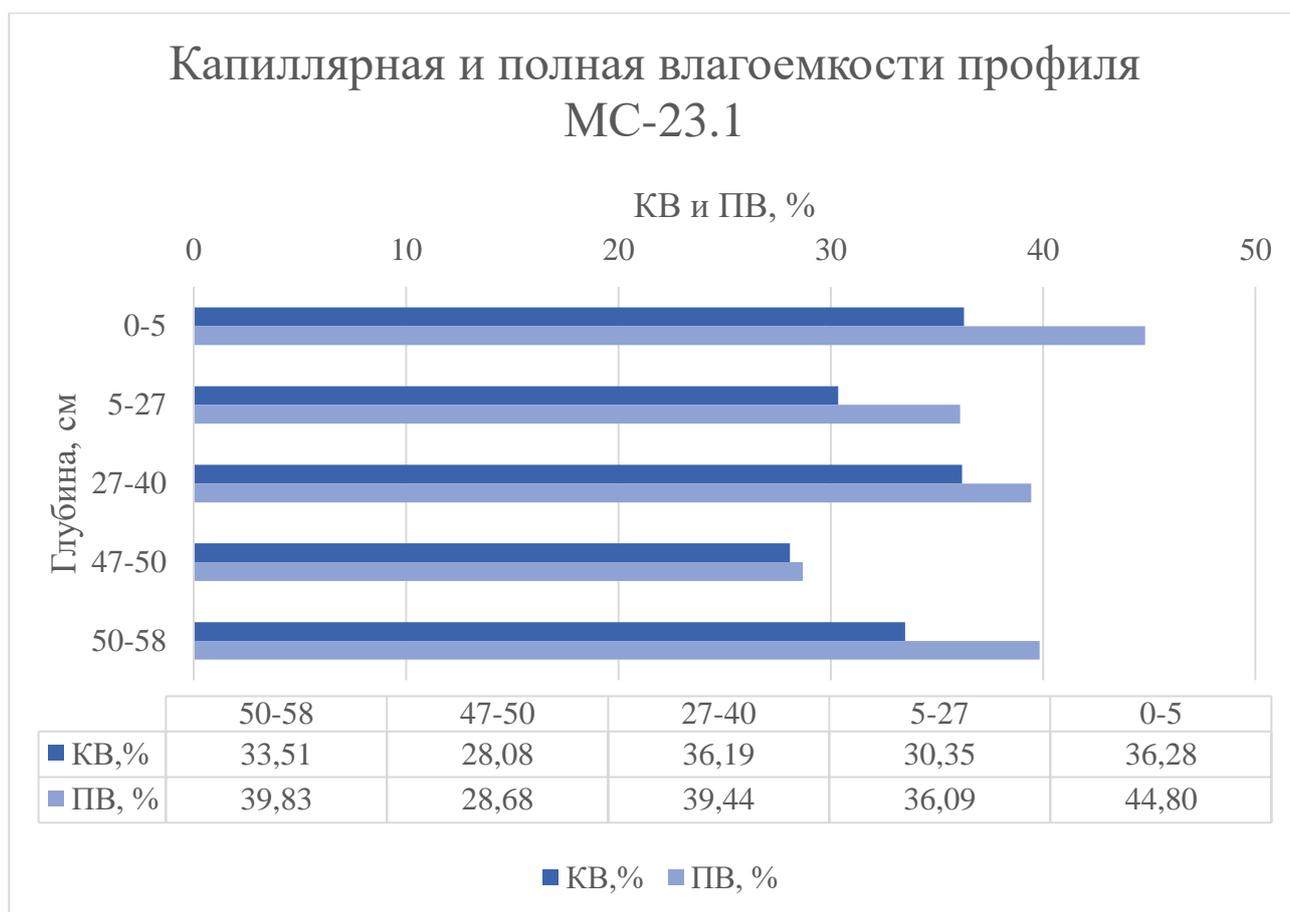
Было проведено лабораторное определение капиллярной и полной влагоемкости в насыпных образцах. Плотность сложения почвы в насыпных образцах была близка к исходной, наблюдающейся при естественном залегании. Результаты измерений для поверхностных горизонтов представлены на рис. 10.



**Рисунок 10.** Результаты измерения полной и капиллярной влагоемкости почв по методу насыпных горизонтов в гумусовых горизонтах почв Михайловского сада (0-5 см)

Итак, полная влагоемкость почв выше капиллярной на 3-9%. Между исследуемыми точками практически нет отличий в способности удерживать влагу, значения варьируют в пределах 30-44%, средняя капиллярная влагоемкость составляет 33%, полная – 39%. Капиллярная и полная влагоемкости выше в точках 4 и 23.1, однако нет связи со структурным состоянием: точка 4 имеет отличное структурное состояние, как и точки 2 и 3, а точка 23.1 имеет хорошее структурное состояние, как и точка 1.

Для профиля 23.1 были рассмотрены изменения капиллярной и полной влагоемкости по горизонтам, график представлен на рис. 11.



**Рисунок 11.** Результаты измерения полной и капиллярной влагоемкости почв методом насыпных горизонтов в профиле МС-23.1

Не было обнаружены значимых изменений в КВ и ПВ для почвенного профиля, выражено лишь отсутствие разницы капиллярной и полной влагоемкости песчаного слоя (47-50 см).

### **Водопроницаемость**

Водопроницаемость – это способность почвы пропускать через себя воду, мощность слоя воды (в миллиметрах), поступающей в почву через её поверхность в единицу времени. Вода в почве впитывается под действием сорбционных сил, они ослабевают по мере увлажнения почвы. Оптимальные значения водопроницаемости: 100-500 мм/ч.

При ухудшении водно-физических свойств изменяется их водопроницаемость, в результате чего снижается скорость впитывания и фильтрации воды, поступившей с поверхности. Поскольку водопроницаемость почв почти напрямую связана с их механическим составом, сложением, дисперсностью, структурным состоянием и исходной влажностью, такие неблагоприятные процессы, как ухудшение структуры и снижение порозности почвенного покрова города, оказывают отрицательное действие на водное обеспечение почв.

Водопроницаемость зависит от общего количества пор в почве, наличия водопрочных агрегатов. Величина водопроницаемости определяет возможные размеры поверхностного стока, потери воды из каналов и водохранилищ, влияет на формирование запаса продуктивной влаги в почве.

Для устойчивого функционирования почвенных экосистем нежелательным является как излишне высокая, так и низкая водопроницаемость. При излишней и провальной водопроницаемости почва обладает низкой водоудерживающей способностью, высокой испаряющей способностью, при низкой – создается опасность образования поверхностного стока, способствующего развитию водной эрозии.

В почвах Михайловского сада водопроницаемость с поверхности определена в полевых условиях методом трубок, предложенным Н.А. Качинским, в трехкратной повторности (табл. 3). Точки 1, 2 имеют излишне высокую водопроницаемость, что коррелирует с их рыхлой плотностью сложения и хорошим структурным состоянием. Для точки 3 характерно небольшое уплотнение ( $1,15 \text{ г/см}^3$ ) и отличное структурное состояние, при этом водопроницаемость высокая. В точке 4 провальная водопроницаемость сопровождается очень рыхлой плотностью сложения. Точка 5 по плотности сложения является рыхлой и имеет наилучшую водопроницаемость, её структурное состояние – удовлетворительное.

**Таблица 3.** Результаты измерения водопроницаемости почв с поверхности с указанием доверительных интервалов (измерения проводились в полевых условиях методом трубок в 3-кратной повторности 13.09.2023)

<b>Точка исследования</b>	<b>Водопроницаемость с поверхности, мм/ч</b>	<b>Оценка водопроницаемости почв по Качинскому Н.А.</b>
<b>1</b>	941,7±61	Излишне высокая
<b>2</b>	763,3±98	Излишне высокая
<b>3</b>	662,5±38	Излишне высокая
<b>4</b>	1075,0±66	Провальная
<b>5</b>	366,7±87	Наилучшая

## Выводы

Таким образом, почвы Михайловского сада представляют собой типичные городские почвы с высокой степенью неоднородности, большой вертикальной и пространственной изменчивостью. Исходя из измерений физических свойств почв сделаны следующие выводы:

- 1) Почвы Михайловского сада на глубине 45(60)-70(80) см имеют техногенный горизонт, состоящий из песчаной фракции, обломков строительных материалов и кирпича. Состав техногенных горизонтов варьирует в каждом профиле. Привнесенный песчаный слой резко увеличивает скорость фильтрации почвенного раствора, в то время как плотный кирпичный слой ухудшает проницаемость почв для водных, воздушных и тепловых потоков, затрудняет проникновение корней растений, передвижение почвенных животных. Такие горизонты характеризуются низкой капиллярной и полной влагоемкостью, высокой плотностью твердой фазы (2,5-2,7 г/см<sup>3</sup>).
- 2) Антропогенные включения в виде обломков строительных материалов обнаруживаются во всей почвенной толще, влияют на твердость почв и плотность твердой фазы. Больше всего крупных включений (>10 мм) строительных материалов обнаружено на глубине 30-60 см, по объему они занимают от 5 до 15% горизонта.
- 3) В целом структурное состояние поверхностных горизонтов почв Михайловского сада благоприятное, однако срединные горизонты профиля МС-23.1 имеют удовлетворительное структурное состояние.
- 4) Для большинства исследованных точек отсутствует переуплотнение почв с поверхности. Более плотные образцы (точки МС-3, МС-5) имеют удовлетворительную общую пористость и хорошую водопроницаемость, в то время как рыхлые образцы (МС-1, МС-2, МС-4) обладают отличной пористостью и излишней водопроницаемостью.
- 5) Связь близости точек к пешеходным дорожкам Михайловского сада с их неблагоприятным структурным состоянием и небольшим уплотнением почв выявлена только для МС-5 и МС-23.1, расположенных в южной части парка. МС-4 наоборот имеет очень рыхлый и отлично структурированный поверхностный горизонт.
- 6) Для всех точек была определена высокая твердость почв с поверхности, что является ограничивающим фактором для роста корневых систем растений.
- 7) Рекреационная нагрузка, вытаптывание, строительные работы и прошлые этапы землепользования Михайловского сада повлияли на физические свойства почв. Основными неблагоприятными факторами являются высокая твердость почв, излишне

высокая водопроницаемость с поверхности, неблагоприятное структурное состояние срединных горизонтов, повышенная плотность техногенных горизонтов.

Для рационального использования почвенно-растительных ресурсов Михайловского сада необходимы мелиоративные работы, улучшающие водный режим почв и исключают сезонное переувлажнение. Повышение плодородия почв должно сопровождаться мероприятиями по улучшению структурного состояния. Для этого необходимы действия, направленные на поддержание дернового процесса – подбор газонных трав, устойчивых к твердости почв и образующих рыхлую дернину, внесение органического вещества, применение искусственных структурообразователей-полимеров. Также важно учитывать влажность почвы при ее механической обработке и в период зимнего промерзания.

## Список литературы

1. Азовцева, Н. А. Динамика физических и физико-химических свойств городских почв при использовании солевых противогололедных средств / Н. А. Азовцева, А. В. Смагин // Почвоведение. – 2018. – № 1. – С. 118-128. – DOI 10.7868/S0032180X18010124. – EDN YMJXXL.
2. Апарин Б. Ф., Сухачева Е. Ю., Булышева М. А., Лазарева М.А. Гумусовые горизонты почв урбоэкосистем // Почвоведение. 2018. № 9. С. 1067–1084. <https://doi.org/10.1134/S0032180X18090010>
3. Апарин Б.Ф., Сухачева Е. Ю. Почвенный покров Санкт-Петербурга: «Из тьмы лесов и топи блат» к современному мегаполису // Биосфера. 2013. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pochvennyy-pokrov-sankt-peterburga-iz-tmy-lesov-i-topi-blat-k-sovremennomu-megapolisu> (дата обращения: 18.04.2023).
4. Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. Классификация городских почв в системе Российской и международной классификации почв // Бюл. Почв. ин-та. 2015. №79. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-gorodskih-pochv-v-sisteme-rossiyskoy-i-mezhdunarodnoy-klassifikatsii-pochv> (дата обращения: 18.04.2023).
5. Баженов, В.П. Русский музей XXI века: гармония дворцов и садов / В. П. Баженов // Вестник. Зодчий. 21 век. – 2009. – № 2(31). – С. 62-67. – EDN KZPPOR.
6. Бахматова К.А., Матинян Н.Н., Изучение почв Санкт-Петербурга и его окрестностей: от В.В. Докучаева до наших дней // «Живые и биокосные системы». – 2016. – № 16; URL: <https://jbks.ru/archive/issue-16/article-4>; DOI: 10.18522/2308-9709-2016-16-4
7. Безуглова О.С., Горбов С.Н., Морозов И.В., Невидомская Д.Г. Урбопочвоведение. Р-н/Д : Изд. ЮФУ, 2012. – 264 с.
8. Благодатнова А.Г. Экологическая оценка почвенного покрова рекреационных объектов города (на примере г. Новосибирск) // Безопасность в техносфере. 2017. №. 4. С. 3-12. DOI: [https://doi.org/10.12737/article\\_5a28f58e6aed89.25396687](https://doi.org/10.12737/article_5a28f58e6aed89.25396687) (дата обращения: 12.04.2024).
9. Болгов М. В., Голубаш Т. Ю. Экспериментальные исследования водно-физических свойств городских почв Ростова Великого // Изв. РАН. Сер. геогр. 2009. № 3. С. 107–117.
10. Брагин В.Д., Субота М.Б., Яковлев А.А., Жукова Е.А. Анализ биологической активности почв Михайловского и Летнего сада, города Санкт-Петербург // Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции «Леса России, политика, промышленность, наука, образование», СПб: СПбГЛТУ, 2022, С.74-76
11. Вайгель А.Э. Агрофизические свойства почвенных конструкций разного строения и их трансформация в первые годы функционирования в условиях города Москвы : автореферат дис. ... кандидата биологических наук : 06.01.03 / [Место защиты: Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова]. - Москва, 2017. - 25 с.
12. Герасимова М. И., Строганова М. Н., Можарова Н. В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы (генезис, география, рекультивация) / Под ред. Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
13. Дашко Р.Э., Александрова О.Ю., Котюков П. В., Шидловская А. В. Особенности инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга // Развитие городов и геотехническое строительство, 2011, вып. 1. – С. 1-47
14. Жарикова Е.А. Особенности морфологии и физических свойств городских почв Владивостока // Вестник КрасГАУ. 2011. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-morfologii-i-fizicheskikh-svoystv-gorodskih-pochv-vladivostoka> (дата обращения: 01.09.2023).

15. Жукова Е.А. Почвенные исследования в современной истории садов Русского музея после их реставрации // СПбГЛТУ, 2021, 4 с.
16. Жукова Е.А., Зарина Л.М. Влияние экологической нагрузки на центральные сады Санкт-Петербурга // XIV Всероссийская научная конференция с международным участием «Экологическая безопасность и сохранение генетических ресурсов растений и животных России и сопредельных территорий», Владикавказ, 2023, (в печати)
17. Зарина Л.М., Маркова М.А., Окунева Е.Ю., Корнеева Е.Д. Эколого-геохимические исследования РГПУ им. А. И. Герцена в садах Русского музея // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием LXXVI Герценовские чтения «География: развитие науки и образования». – СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 2023.
18. Ильяшенко М. А., Семенюк О. В. Физические свойства парковых почв объектов ландшафтной архитектуры // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2014. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskie-svoystva-parkovyh-pochv-obektov-landshaftnoy-arhitektury> (дата обращения: 14.05.2024).
19. Исаченко Г.А., Резников А.И. Ландшафты Санкт-Петербурга: эволюция, динамика, разнообразие // Биосфера. 2014. №3. URL:
20. Ковязин В.Ф., Липецкая А.А., Нгуен Тхи Лан Видовое разнообразие и экологическое состояние растений в Санкт-Петербурге // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2015. №41. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vidovoe-raznoobrazie-i-ekologicheskoe-sostoyanie-rasteniy-v-sankt-peterburge> (дата обращения: 01.04.2024).
21. Ковязин В.Ф., Мартынов А.Н., Кузнецов Е.Н. Soil conditions in the green areas of Saint Petersburg // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2016. №4 (352). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/soil-conditions-in-the-green-areas-of-saint-petersburg> (дата обращения: 03.05.2024).
22. Козлова А.А., Макарова А.П., Иванюта Л.А., Вашукевич Н.В. Экологическое функционирование почв города Иркутска // Acta Biomedica Scientifica. 2006. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskoe-funktsionirovanie-pochv-goroda-irkutska> (дата обращения: 16.05.2024).
23. Кузьмина М.Р., Брагин В.Д., Яковлев А.А., Субота М.Б. Анализ почв Михайловского сада и Летнего сада, города Санкт-Петербург // Актуальные вопросы лесного хозяйства : материалы V международной молодежной научно-практической конференции, СПб: СПбГЛТУ, 2021. – С. 68-70.
24. Кузьмина М.Р., Яковлев А.А. Исследование почв Михайловского и Летнего сада на засоленность // Материалы Международной научной конференции XXVI Докучаевские молодежные чтения «Матрица почвоведения» / Под ред. Б.Ф. Апарина. – СПб., 2023. – 210 стр
25. Матинян, Н.Н. Почвы Летнего сада (Санкт-Петербург) / Н.Н. Матинян, К.А. Бахматова, В.А. Коренцвит // Почвоведение. — 2017. — № 6. — С. 643–651.
26. Романов, О.В., Растворова, О.Г., Попов, А.И. . Издательство Санкт-Петербургского университета, 2009. 55 с.
27. Растворова О.Г. Физика почв (практическое руководство). Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. 196 с.
28. Субота М.Б., Часовская В.В., Яковлев А.А., Брагин В.Д. Особенности почв Михайловского сада г. Санкт-Петербург // Проблемы и состояние почв городских и лесных экосистем: Материалы научно-практической конференции / Под редакцией Б.В. Бабикова, А.А. Яковлева. – СПб: СПбГЛТУ, 2021. – С. 30-32.

29. Суюндуков Я.Т., Суюндукова М.Б., Безуглова О.С. и др. Физические свойства почв города Сибай Республики Башкортостан // Почвоведение. – 2022. – № 1. – С. 33-43. – DOI 10.31857/S0032180X22010129. – EDN AGURSM.
30. Тагивердиев С.С., Горбов С.Н., Безуглова О.С., Котик М.В. Деградация физических свойств почв черноземной зоны в условиях города // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. №2-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/degradatsiya-fizicheskikh-svoystv-pochv-chernozemnoy-zony-v-usloviyah-goroda> (дата обращения: 22.05.2024).
31. Умарова А. Б., Прокофьева Т. В., Мартыненко И. А. и др. Физические свойства и режимы городских почв и их значение в диагностике почв // Почвы - стратегический ресурс России : Тезисы докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Школы молодых ученых по морфологии и классификации почв, Сыктывкар, 22 апреля – 08 2021 года / Отв. редакторы С.А. Шоба, И.Ю. Савин. Том Часть 3. – Москва-Сыктывкар: Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 2021. – С. 59-60. – EDN AFJNTB.
32. Уфимцева М.Д. Физико-химическая характеристика урбаноземов центрального района Санкт-Петербурга / М.Д. Уфимцева, Н.В. Терехина, Е.В. Абакумов // Вестник СПбГУ. -2011. - Сер. 7. - Вып. 4. - 13 с
33. Уфимцева М.Д., Терехина Н.В. Эколого-геохимическая оценка состояния почв исторического центра Санкт-Петербурга // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2014. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologo-geohimicheskaya-otsenka-sostoyaniya-pochv-istoricheskogo-tsentra-sankt-peterburga> (дата обращения: 18.04.2023)
34. Щербина В.Г., Битюков Н.А., Жиглова С.В. Водопроницаемости почвы при рекреационном уплотнении // Научный журнал КубГАУ. 2006. №22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vodopronitsaemosti-pochvy-pri-rekreatsionnom-uplotnenii> (дата обращения: 12.04.2024)
35. Greinert, Andrzej. (2015). The heterogeneity of urban soils in the light of their properties. *Journal of Soils and Sediments*. Vol. 15. 1725-1737. 10.1007/s11368-014-1054-6.
36. Yang, Jin-Ling & Zhang, Gan-Lin. (2015). Formation, characteristics and eco-environmental implications of urban soils – A review. *Soil Science and Plant Nutrition*. 61. 1-17. 10.1080/00380768.2015.1035622.

# Приложение

## Морфологическое строение почв

### Профиль МС-1

**Название почвы:** урбостратозем техногенный серогумусированный легкосуглинистый

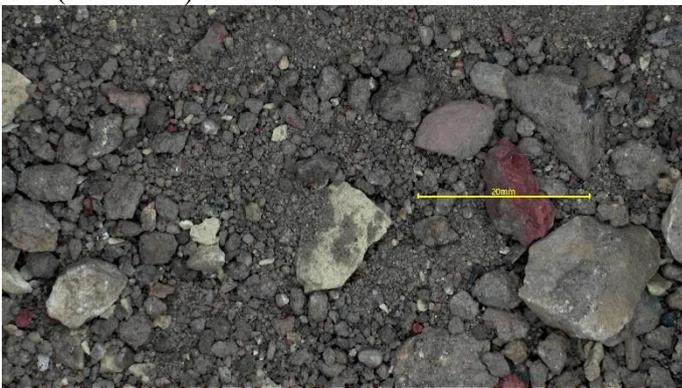
**Таблица 1.** Фотографии почвенного профиля и окружающего ландшафта точки МС-1

Профиль почвы	Ландшафт
	

**Координаты:** N 59°56'23.95", E 30°19'48.70"

**Местоположение:** расположен в западной части сада, ближайшие деревья и пешеходные дорожки находятся на расстоянии 5-10 метров.

Таблица 2. Морфологическое описание профиля МС-1

Горизонт, глубина, фотография образца	Морфологическое описание
<p>RYur1 (0-10 см)</p> 	<p>Буровато-серый, агрегаты от 0,1 до 2 см, легкосуглинистый, комковато-призматический, включения остатков трав газона, редкие зеленые мои, сухие корни, пронизывающие крупные агрегаты. В сухом состоянии агрегаты достаточно прочные, ломаются под давлением на призмы. Включения мелких (около 1 мм) камней, зерен минералов. Пыль составляет 10-15% от горизонта. Почвенные агрегаты включают в свой состав рыжеватый строительный материал, обломки камней.</p>
<p>RYur2 (10-30 см)</p> 	<p>Буровато-серый, немного темнее предыдущего, легкосуглинистый. Хорошо структурирован на ореховато-призматические агрегаты 0,1-2 см, пыли практически нет. Редкие включения тонких корней и листьев (&lt;5%). Начинают встречаться крупные железистые выветренные камни (2 см). В гумусовые агрегаты включена карбонатная щебенка, зерна минералов. Включения обломков стекла. По агрегатам проходят зоны ожелезнения, в результате локально встречаются рыжевато-бурые пятна и пропитка. В агрегатах много выбеленных и желтых зёрен минералов (&gt;30%).</p>
<p>UR (30-40 см)</p> 	<p>Серый, мелкокомковатый и пылеватый, легкосуглинистый, плохо структурирован, агрегаты легко разламываются. Обилие антропогенных включений, от мелких (1 мм) до крупных (2 см) карбонатных зёрен и кирпичных и стеклянных обломков. Обилие зерен кварца, гранита. Весь горизонт сложен минеральными зёрнами, покрытыми небольшим количеством органического вещества, горизонт гравелистый.</p>

ТСН (40-66 см)

(40-42 см)



Белесовато-светло-палевый, бесструктурный, сложен обломками белесого строительного материала, кирпича, гранитной щебенки, включения покрыты песком и составляют весь горизонт. Встречаются обломки стекла.

(42-45 см)



Буровато-рыжий за счёт обильного включения кирпичного материала (обломки от 0,5 до 20 мм), есть включения белесых строительных обломков из вышележащего горизонта. Горизонт также сложен в основном минеральными зёрнами, есть редкие агрегаты с преобладанием гумусового материала.

(45-50 см)



Сложен обломками кирпича с небольшими включениями карбонатной щебенки. Обломки от пылевой фракции до 2 см.

(50-58 см)



Буровато-светло-палевый песок с окатанными зёрнами кварца, слюды, обломками кирпича 1 мм.

(58-66 см)



Буровато-светло-серый, обломки кирпича (1 мм) занимают 10% горизонта. Включения строительного материала.

<p>UR (66-72 см)</p> 	<p>Буровато-серый, легкосуглинистый, бесструктурный. 30% — включения карбонатного строительного материала, обломков известкового материала, кирпичей, чёрного слюдяного материала. Зерна минералов пропитаны гумусовым веществом, много песчаной фракции.</p>
--	---

### Профиль МС-2

**Название почвы:** урбостратозем серогумусированный легкосуглинистый

**Таблица 3.** Фотографии почвенного профиля и окружающего ландшафта точки МС-2

Профиль почвы	Ландшафт
	

**Координаты:** N 59°56'26.66", E 30°19'51.85"

**Местоположение:** расположен в северно-западной части сада, ближайшие деревья на расстоянии 2 метров, пешеходные дорожки находятся на расстоянии 10-15 метров.

**Таблица 4.** Морфологическое описание профиля МС-2

Горизонт, глубина, фотография образца	Морфологическое описание
<p>RYur1 (0-11 см)</p> 	<p>Серовато-бурый, пылеватый, легкосуглинистый, включения трав и корней газона. Материал рыхлый. Включения мелких зеленых мхов, небольшое количество мелкой карбонатной присыпки, органогенные включения (кости) антропогенные включения (железная скрепка).</p>
<p>RYur2 (11-17 см)</p> 	<p>Серовато-бурый, легкосуглинистый, плохо структурированный, встречаются мелкие комки. Тонкие корни, включения камней, покрытых гумусом. Мелкие агрегаты имеют ореховато-комковатую структуру, оплетены микоризой грибов, сложены хорошо сортированным материалом.</p>
<p>RYur3 (17-26 см)</p> 	<p>Серовато-бурый, светлее предыдущего, легкосуглинистый, плохо структурирован в комки и призмы. Включения карбонатной присыпки, углей, стекла, тонких корней.</p>
<p>UR1 (26-40 см)</p> 	<p>Темно-буровато-серый, легкосуглинистый, почти бесструктурный, крупные включения карбонатного материала, мелкие обломки слюды. Антропогенные включения составляют более 10% горизонта.</p>

<p>UR2 (40-50 см)</p> 	<p>Темно-буро-серый, бесструктурный, образован легким и рыхлым темным материалом, включения – крупные обломки известкового материала — 2 см, мелкие обломки известкового материала и кирпича (около 5-7% от общей толщи).</p>
<p>UR3 (50-60 см)</p> 	<p>Буровато-серый, легкосуглинистый, мелкокомковатый и пылеватый, пронизан корнями трав, включениями темного стекла, карбонатными и кирпичными обломками, покрытыми гумусом.</p>
<p>Слой 1 (60-70 см)</p> 	<p>Буровато-светло-серый песок, есть комковатые агрегаты, включения дресвы, стекла. Агрегаты внутри сложены более светлым желтоватом-палевым материалом.</p>
<p>Слой 2 (70-75 см)</p> 	<p>Серовато-буровато-палевый песок, есть обломки карбонатного материала.</p>

### Профиль МС-3

**Название почвы:** урбостратозем серогумусированный легкосуглинистый

**Таблица 5.** Фотографии почвенного профиля и окружающего ландшафта МС-3

Профиль почвы	Ландшафт
	

**Координаты:** N 59°56'25.30", E 30°20'3.09"

**Местоположение:** расположен в северной части сада, в сравнении с остальными точками пробоотбора расположен дальше всех от пешех дорожек

Таблица 6. Морфологическое описание профиля МС-3

Горизонт, глубина, фотография образца	Морфологическое описание
<p>RYur1 (0-10 см)</p> 	<p>Серовато-палевато-бурый, легкосуглинистый, комковатый и мелкокомковатый, включения корней и стеблей газонных трав, гранитного щебня, осколков стекла, карбонатной крошки (антропогенные включения менее 10% горизонта).</p>
<p>RYur2 (10-17 см)</p> 	<p>Серовато-палевато-бурый, легкосуглинистый, комковато-призматический и мелкокомковатый, включения корней, стекла, карбонатной крошки, гранитного щебня.</p>
<p>RYur3 (17-23 см)</p> 	<p>Серовато-палевато-бурый, легкосуглинистый, комковато-ореховатый и мелкокомковатый, редкие включения корней, гранитная щебенка, осколки стекла, следы ожелезнения по ходам корней.</p>
<p>UR1 (23-36 см)</p> 	<p>Серовато-бурый, легкосуглинистый, сложен мелкокомковатыми агрегатами и зернами гранитного щебня. Содержит крупные включения камней, карбонатной щебенки, обломки строительного материала.</p>

<p>UR2 (36-50 см)</p> 	<p>Серовато-темно-бурый, супесчаный, мелкокомковатый и порошистый, включения растительных остатков, гранитной щебенки.</p>
<p>UR3 (50-76 см)</p> 	<p>Серовато-бурый, легкосуглинистый, материал плохо агрегирован, редкие мелкокомковатые почвенные агрегаты. Включения корней, кирпича, карбонатной присыпки от известкования, гранитной щебенки. Горизонт более темный, чем RYur1</p>

## Профиль МС-4

**Название почвы:** урбостратозем серогумусированный легкосуглинистый

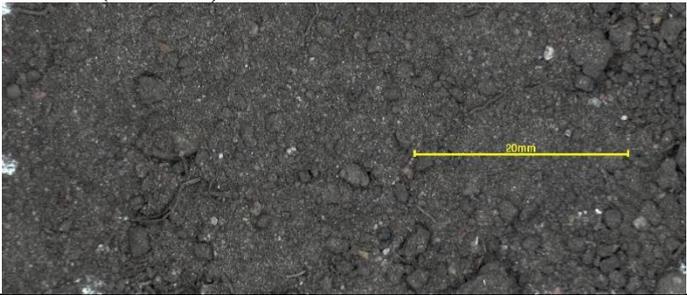
**Таблица 7.** Фотографии почвенного профиля и окружающего ландшафта МС-4

Профиль почвы	Ландшафт
	

**Координаты:** N 59°56'25.22", E 30°20'8.04"

**Местоположение:** расположен в восточной части сада, близко к пешеходной дорожке, крупным деревьям, входу в сад.

**Таблица 8. Морфологическое описание профиля МС-4**

Горизонт, глубина, фотография образца	Морфологическое описание
<p>RYur1 (0-5 см)</p> 	<p>Буровато-темно-серый, порошистый, легкосуглинистый, редкие мелкокомковатые агрегаты, включения трав и их корней, белые обломки карбонатного строительного материала, фрагменты стекла, ожелезненные участки по ходам корней.</p>
<p>RYur2 (5-12 см)</p> 	<p>Буровато-темно-серый, легкосуглинистый, порошистый, редко встречаются комки с обилием тонких извилистых корней, иногда встречается карбонатная присыпка, мелкие камни.</p>
<p>RYur3 (12-36 см)</p> 	<p>Буровато-темносерый, легкосуглинистый, встречаются комковатые агрегаты, но в основном порошистый. Содержит больше выключений (занимают 5% горизонта): стекло, карбонатная присыпка, гранитный щебень</p>
<p>UR1 (36-42 см)</p> 	<p>Серовато-темно-бурый, легкосуглинистый, встречаются комковатые агрегаты, но в основном порошистый. Включения корней, карбонатной крошки. Обилие кварцевых зерен, мелких обломков кирпича и белесых строительных материалов (10% горизонта).</p>

<p>UR2 (42-50 см)</p> 	<p>Серовато-палевато-бурый, легкосуглинистый, редкие мелкомковато-ореховатые агрегаты, встречаются белесовато-серые и желтовато-палевые крупные (6-8 мм) обломки строительных материалов, есть редкие включения корней.</p>
<p>Слой 1 (50-63 см)</p> 	<p>Серовато-палевый, песчаный, бесструктурный, встречаются непрочные ореховатые агрегаты. Включения камней размером до 4 мм, обломков кирпича – включения занимают 15%.</p>
<p>Слой 2 (63-71 см)</p> 	<p>Серовато-палевый, песчаный, 5% гранитных зерен 1-2 мм.</p>

Профиль МС-5

**Название почвы:** урбостратозем серогумусированный техногенный  
легкосуглинистый

Таблица 9. Фотография почвенного профиля МС-5



**Координаты:** N 30°20'7.00", E 59°56'19.00"C

**Местоположение:** расположен в юго-восточной части сада, близко к пешей дорожке и крупным деревьям.

Таблица 10. Морфологическое описание профиля МС-5

Горизонт, глубина, фотография образца	Морфологическое описание
<p>RYur (0-15 см)</p> 	<p>Серовато-бурый, легкосуглинистый, мелкокомковатый, комковатый и пылеватый, обилие растительных остатков в виде корней, стеблей. Включения карбонатного строительного материала (0,3-0,5 мм), обломков пластика, гранитной щебенки.</p>
<p>UR1 (15-23 см)</p> 	<p>Серовато-бурый, легкосуглинистый, мелкокомковатый и пылеватый, обилие строительного мусора: кирпичей, включения корней, мелкой гранитной щебенки.</p>
<p>UR2 (23-31 см)</p> 	<p>Серовато-желтовато-бурый, легкосуглинистый, мелкокомковатый и пылеватый, обилие выключений кирпича (30%), стекла (10%), обломки белесого строительного материала.</p>
<p>UR3 (31-40 см)</p> 	<p>Бурый, легкосуглинистый, порошистый и комковато-плитчатый, включает единичные обломки стекла, мелкие единичные корни, включения строительного материала от 0,5 до 10 мм (занимают 5-7% общего объема горизонта).</p>

<p>UR4 (40-48 см)</p> 	<p>Серый, легкосуглинистый, имеет плитчатую структуру, включения корней газонных трав, обломков гранита, имеются следы ожелезнения по ходам корней.</p>
<p>UR5 (48-67 см)</p> 	<p>Серовато-бурый, легкосуглинистый, порошистый и мелкокомковато-призматический, единичные включения корней, обломки кирпича 2-3 мм, окатанные камни 2-3 мм (около 3%), известковые обломки менее 1% (размер 1 мм).</p>
<p>UR6 (67-76 см)</p> 	<p>Серовато-светлобурый, легкосуглинистый, порошистый и мелкопризматический, включает крупные обломки стекла (0,5-2 см), обломки слюдяных минералов 0,4 мм, мелкую щебенку из строительного мусора (менее 1 мм).</p>
<p>TCH1 (76-82 см)</p> 	<p>Серовато-светло-палевый, бесструктурный, песчаный, включения кирпичей, белесого известного материала, гранитных окатанных обломков.</p>

<p>TCH2 (82-87 см)</p> 	<p>Буровато-серый, обилие выключений карбонатной щебенки, осколков гранита, ожелезненных обломков.</p>
--	--

Профиль МС-23.1

**Название почвы:** урбостратозем серогумусированный техногенный легкосуглинистый

**Таблица 11.** Фотографии почвенного профиля и окружающего ландшафта точки МС-23.1

Профиль почвы	Ландшафт
	

**Координаты:** N 59°56'21.11", E 30°19'47.74"

**Местоположение:** расположен в юго-западной части сада, близко к пешеходным дорожкам и стволам деревьев.

**Таблица 12. Морфологическое описание профиля МС-23.1**

Горизонт, глубина, фотография образца	Морфологическое описание
<p>RYur (0-5 см)</p> 	<p>Буровато-серый, легкосуглинистый, комковато-призматический, включения кирпичных обломков, корней. Агрегаты размером 0,5-3 см, прочные. Включения строительного материала, покрытого гумусом (0,5-3 см).</p>
<p>UR1 (5-27 см)</p> 	<p>Серовато-бурый, легкосуглинистый, комковато-призматический, часть материала не собрана в агрегаты, включения строительного материала (кирпичи, известняк).</p>
<p>UR2 (27-40 см)</p> 	<p>Серовато-бурый, легкосуглинистый, комковато-ореховатый, обилие антропогенных включений: керамика, включения строительного мусора, гранитной щебенки. Агрегаты прочные, размером от 0,1 до 2 см, распадаются на мелкие комки и крошатся в пыль.</p>
<p>Прослой кирпича 40-47</p>	
<p>Песчаный прослой (47-50 см)</p> 	<p>Желтовато-буровато-палевый песок, почти нецементирован, обилие включений кирпича и мелких растительных углей.</p>

RYur (50-58 см)



Буровато-серый, легкосуглинистый, крупнопризматический и ореховатый, агрегаты включают карбонатную присыпку, кирпичи, гранитные валунчики.