

Санкт-Петербургский государственный университет

ПОТАПОВА Ксения Васильевна

Выпускная квалификационная работа

**Исследование электрофизических и водных параметров почв
мегаполиса на примере Летнего сада Санкт-Петербурга**

Уровень образования: бакалавриат

Направление 06.03.02 «Почвоведение»

Основная образовательная программа СВ.5022 «Почвоведение»

Научный руководитель:

старший преподаватель кафедры биогеографии и охраны природы,

к.б.н., О. В. Романов

_____ 2022
«__» _____

Рецензент:

профессор, и. о. зав. кафедрой прикладной экологии

д.б.н., проф. Е. В. Абакумов

_____ 2022
«__» _____

Санкт-Петербург

2022

Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Историческая справка.....	7
Глава 2. Классификация городских почв.....	11
Глава 3. Факторы почвообразования в пределах крупного города	13
3.1. Почвообразующие породы.....	13
3.2. Климатические условия.....	14
3.3. Геоморфологические условия (рельеф).....	15
3.4. Растительность.....	15
Глава 4. Обзор исследовательских работ.....	17
Глава 5. Электросопротивление почв.....	23
5.1. Электропроводность почв в современных исследованиях.....	23
5.2. Определение удельного электрического сопротивления почвы...	26
Глава 6. Водопроницаемость почв.....	30
Глава 7. Физико-химические свойства почв.....	33
Заключение	36
Список литературы.....	38

Введение

Летний сад открывает собой ряд блестящих садово-парковых ансамблей Петербурга, является важным пунктом в истории развития русского садового искусства. В современной объемно-пространственной композиции Петербурга Летний сад – один из самых старых и наиболее полно сохранившихся памятников истории и культуры петровского времени.

Пятимиллионный Санкт-Петербург является одним из крупнейших городов Европы. Почвенный покров, формирующийся на территории крупных городов, отличается пестротой и контрастностью. Влияние антропогенного фактора на территории мегаполисов настолько велико, что факторы внешней среды, определяющие процессы почвообразования, существенно меняются по сравнению с загородной средой. Летний сад, находящийся в центре Санкт-Петербурга, испытывает это влияние в полной мере.

13 февраля 2020 года было проведено заседание Круглого стола на тему «Проблематика состояния городских почв Санкт-Петербурга», на котором поднимались такие вопросы, как: сохранение плодородия и биоразнообразия почв рекреационных территорий; загрязнение городских почв; их устойчивость к поллютантам разной природы; глобальная и экосистемная функция городских почв, их роль в поддержании долголетия, декоративности и приживаемости вновь создаваемых зеленых насаждений, эффективность работ по уходу за насаждениями и их защите от вредителей и болезней в садово-парковых хозяйствах, исторических садах и парках; целесообразность уборки опавшей листвы в мегаполисе; приемы рекультивации загрязненных верхних горизонтов почв. Итогом заседания стало то, что в усложнившейся обстановке, связанной с увеличением загрязнения окружающей среды, следует всемерно развивать научные исследования, направленные на развитие новых технологий борьбы с загрязнением почв, увеличения их плодородия и сохранения их экологической функции в условиях мегаполиса (Резолюция Круглого стола..., 2020).

В Летнем саду после проведения реставрации в 2012-2016 гг. наблюдалось ухудшение состояния некоторых видов зеленых насаждений (Лукмазова, Черданцева, 2012). Сектор учета и мониторинга зеленых насаждений пытается выяснить причину этого явления и привлекает специалистов в области геоботаники и почвоведения для решения проблемы. Одними из возможных методов поиска проблемы являются исследование водно-физических свойств почвы и измерение ее электросопротивления. Именно эти исследования мы реализовали в Летнем саду осенью 2021 года.

Попытки проведения почвенных исследований на территории Летнего сада предпринимались неоднократно (Голубев, 2004). Поэтому перед проведением почвенных исследований нами было проведено подробное изучение литературных источников, а также материалов научных исследований, имеющихся в Летнем саду.

Актуальность нашей работы заключается в том, измерение электросопротивления в Летнем саду проводится впервые, и мы получаем совершенно новые данные для этой территории.

Целью работы является исследование водно-физических свойств почв Летнего сада и показателей их электросопротивления, получение новых научных знаний и пополнение базы данных.

Программа дипломной работы предусматривала решение следующих задач:

- Анализ литературных источников, изучение имеющихся сведений о почвенном покрове и свойствах почв Летнего сада;
- Измерение водопроницаемости почвы методом трубок;
- Измерение электросопротивления почвы методом микровертикального электрического зондирования;
- Отбор почвенных образцов для лабораторных исследований;
- Анализы физико-химических свойств почвы в лаборатории.

Объекты и методы.

Электросопротивление измерялось на территории всего сада, остальные измерения проводились в боскете Г 15-1, откуда были отобраны 3 образца из верхнего горизонта почвы с глубины 0-20 см для лабораторных исследований (рис. 1). Работы проводились в октябре-ноябре 2021 года.

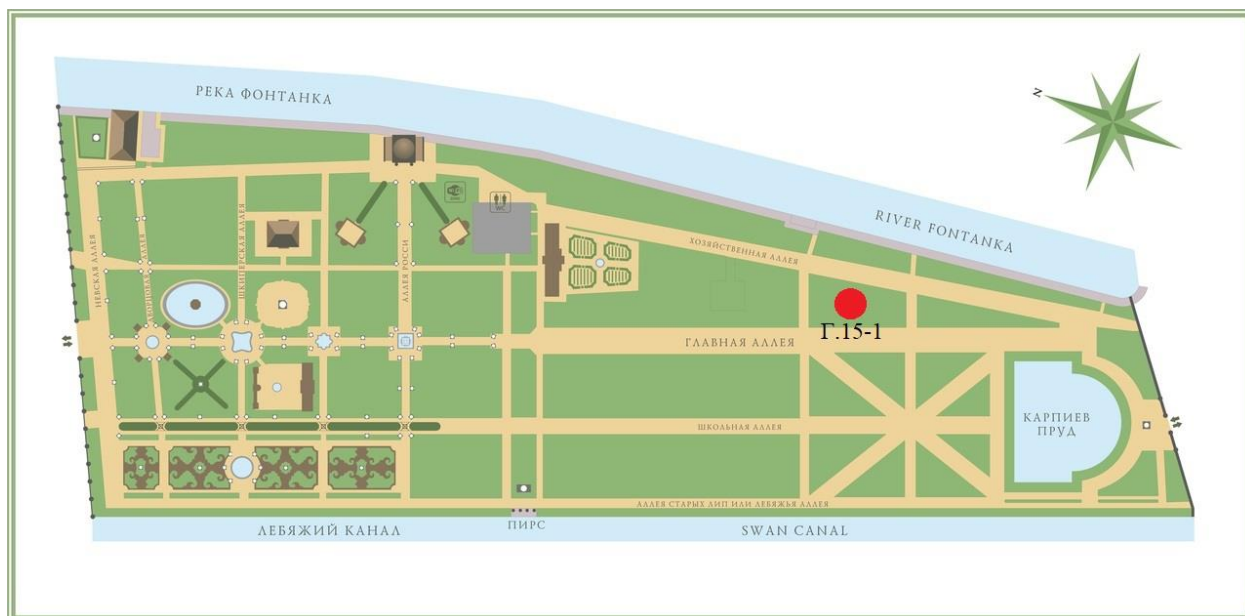


Рис. 1. Схема Летнего сада с указанием местоположения боскета Г 15-1

Для измерения электросопротивления в почвенной практике используют метод микровертикального электрического зондирования (МкВЭЗ). МкВЭЗ — способ измерения удельного сопротивления почвенно-грунтовой толщи по слоям с помощью контактных датчиков-электродов, заземленных на поверхности почвы (Вадюнина, Корчагина, 1986).

В своей работе мы использовали портативный прибор LandMapper ERM-01, который измеряет электрическое сопротивление или проводимость почвы и связанные с ними почвенные свойства.

Для определения водопроницаемости в своей работе мы использовали метод трубок. Он заключается в том, что вода из установленной на поверхности почвы трубки перемещается радиально по естественным путям фильтрации, образуя увеличивающийся во времени эллиптический контур

растекания. Увеличение зоны увлажнения сопровождается ростом расхода воды до некоторой величины, пока пропускная способность насыщенного слоя почвы под трубкой не окажется меньше расхода, необходимого для увеличения зоны увлажнения. С этого момента расход воды из трубки стабилизируется во времени и график впитывания принимает вид прямой линии.

Лабораторные исследования предполагали определение:

- полевой и гигроскопической влажности,
- органического углерода (гумуса) по методу Тюрина,
- емкости катионного обмена,
- обменных кальция и магния,
- гидролитической кислотности,
- водного и солевого рН при помощи рН-метра,
- гранулометрического состава методом лазерной дифрактометрии (SALD).

1. Историческая справка

Создание садов и парков в Санкт-Петербурге началось практически одновременно со строительством города. Едва овладев устьем Невы, Петр I облюбовал себе небольшую шведскую мызу, принадлежавшую майору Конау и носившую название Коновой мызы. Мыза являлась одним из самых возвышенных и безопасных при малых наводнениях мест. Здесь находились несколько зданий, стоявших на самом берегу Невы рядом с берущим из нее начало Безымянным ериком – протокой, получившей позже название реки Фонтанки (Болотова, 1988).

Забота об устройстве Летнего сада началась в 1704 году. Жители мызы занимались земледелием, и почва в то время была глинистая, с прослойками песка. При проектировании сада было решено облагородить почвы и сделать их более плодородными. Грунт для подсыпки территории завозился из окрестностей Санкт-Петербурга. Уже в 1710 году в городе была организована садовая контора, которая ведала покупкой растений, выписываемых в большом количестве не только из южных регионов страны, но и из-за границы.

Территория, на которой создавался Летний сад, из-за небольшой (около 3 м) высоты над уровнем моря была заболочена, особенно ее южная часть (Почва, город, экология..., 1997). Почвы, занимавшие данный участок, относились к ряду болотно-подзолистых и болотных почв. Для осушения был прорыт гаванец Петра в северо-восточной части сада, а в южной части на месте болотистого водоема устроен Карпиев пруд. С 1711 по 1716 годы были прорыты Лебяжий и Поперечный каналы. Лебяжий канал отделил сад от Большого луга (Марсово поле) и соединил Неву с рекой Мойкой, русло которой продолжили до реки Фонтанки. Таким образом, Летний сад оказался со всех сторон окруженным водой. Для повышения рельефа и осушения производилась подсыпка грунта, вынутого при копке каналов и прудов, а также подсыпалась специально привезенная плодородная дерновая почва. Подсыпка грунта проводилась на протяжении существования сада несколько

раз, так как территория была неоднократно подвержена сильным наводнениям и смыву почв (Бабилов, Мельничук, 2001). Летний сад пострадал от нескольких наводнений (1777 г., 1824 г., 1924 г.), вследствие чего проводились работы по его восстановлению, в частности поднятие грунта для сглаживания рытвин. Насыпные грунты XVIII и XIX веков имеют тяжелый механический состав, содержат много строительного мусора, извести и обломков. Мощность насыпных грунтов составляет в различных частях сада от 0,5 до 1,5 м.

Строительство сада было выполнено в три периода (Кузнецова, Борзин, 1988). Первый из них относится к 1703-1711 гг. В 1704 году из Москвы привезли большое количество цветов. В 1706 году приступили к сооружению фонтанов, тогда же Пётр I отдал распоряжение о поставке деревьев «толстотою дюймов 12 или 15 с корнем и землею». Территория сада в эти годы была небольшая, представляла форму квадрата – это та часть, где ныне расположены мраморные скульптуры.

Второй период строительства относится к 1711-1716 гг. Началось сооружение каменного летнего дворца и одновременно были выполнены большие работы по расширению площади сада. Одним из первых планов считают план, составленный садовником Яном Розеном, который начал работать в саду в 1712 году. После его смерти в 1726 году последовал указ о передаче дел Илье Сурмину, которого по праву считают одним из первых русских мастеров садового искусства.

Первый план Летнего сада (1714-1716 гг.) включает схему прямых аллей, сохранившихся до наших дней (рис. 2). Сад доходил до самой Невы, набережной в те годы не было. Четыре больших боскета были отведены под цветники, ограду окружал стриженный кустарник. У самого дворца располагалась дубовая роща, вся растительность была подстрижена и оформлена в виде зеленых стен. Устройство «Карпиевого пруда» было проведено в 1714-1716 гг.

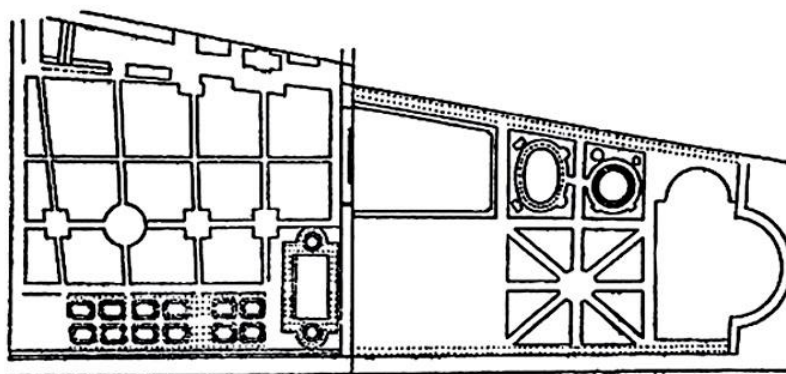


Рис. 2. План Летнего сада. Копия чертежа Петра I (Кузнецова О.Н., Борзин Б.Ф. Летний сад и летний дворец Петра I)

Третий период строительства относится к 1716-1725 годам. В это время работу проводит приглашенный из Франции архитектор Леблон. Он сохранил первоначальную планировку и продолжил деление территории на квадраты. В конце третьего периода планировка сада проводилась по проекту архитектора М. Земцова. В 1732 году работами по благоустройству руководил Растрелли. Растрелли сохранил партер, выполненный по рисунку Леблона, и «темную рощу» - посадки ели, расположенные на одном из центральных боскетов (напротив партера). Ель была любимым деревом Петра, поэтому в саду она высаживалась в больших количествах. Одна из еловых аллей располагалась на месте нынешней аллеи Росси, другие были высажены по дорожкам вдоль Фонтанки. Ели для Летнего сада в 1742 году выкапывали поблизости Тентелевой деревни "с высоких и сухих мест". Выбирались деревья высотой 3-4 сажени и толщиной 17-22 дюйма. Петр I был очень увлечен посадкой деревьев, заказывал те породы, которые не росли под Петербургом. В 1709 году по его приказу из Киева были привезены партии граба и каштана. Но в основном материал для посадки привозили из Москвы, где произрастали березовые, липовые и кедровые рощи. За границей закупали шпалерные и штамбовые деревья. Буксус (самшит) и тис для партеров из-за дороговизны привозили в ограниченном количестве. Для массовых посадок использовали деревья (березу, липу, ель и др.), взятые из местных лесов.

Для пересадки взрослых деревьев проводили предварительную тщательную подготовку: корни подрезали, тем самым подготавливая дерево за год до перевозки на новое место. В 1706 г. в Летний сад были привезены взрослые липы из Новгородского уезда, одна из лип была высотой 8 сажень. Для оформления партера вместо буксуса, не особо устойчивого к Петербургским заморозкам, использовали можжевельник, желтую акацию и бруснику. Для укрепления газонов при укладке дерна подсыпали овес, тем самым повышая их устойчивость.

В 70-е годы XVIII века появилось новое направление в садовом искусстве – пейзажное. В стремлении подражать естественной природе началось создание пейзажных садов и парков. Поэтому и в Летнем саду перестали стричь деревья, и из-за образовавшегося повышенного затенения стали редеть шпалеры. В эти же годы был засыпан Поперечный канал, соединяющий Лебяжью канавку с Фонтанкой.

2. Классификация городских почв

Почвы парков Санкт-Петербурга и его окрестностей сформированы под воздействием не только природных, но и урбоантропогенных факторов (Мельничук, Савицкая, 2000). Поэтому методика их обследования существенно отличается от обследования природных почв.

Основным отличием городских почв от природных является наличие диагностического горизонта "урбик" (UR). Это поверхностный насыпной (намывной), перемешанный горизонт, часть культурного слоя с примесью антропогенных включений (строительно-бытового мусора, промышленных отходов) более 10%, мощностью более 5 см. Его верхняя часть хорошо гумусирована, мощность горизонта склонна постепенно увеличиваться за счет пылевых атмосферных выпадений и эоловых перемещений (Прокофьева и др., 2014; Герасимова и др., 2003).

Классификация городских почв была предложена группой сотрудников МГУ (Строганова, Мягкова, Прокофьева, 1997) для почв городов средней полосы России и модифицирована на кафедре почвоведения и гидромелиорации Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии.

Все городские почвы разделяются на группы:

- 1) Естественные ненарушенные. Почвы сохраняют нормальное залегание горизонтов естественных почв и приурочены к городским лесам и лесопарковым территориям, расположенным в черте города.
- 2) Естественнo-антропогенные поверхностно-преобразованные (естественные нарушенные). Почвы подвергаются поверхностному изменению профиля менее 50 см мощности. Они сочетают в себе горизонт "урбик", мощностью 5-50 см и ненарушенную нижнюю часть профиля.

3) Антропогенные глубоко преобразованные почвы (урбаноземы). Образуют группу собственно городских почв, в которых горизонт "урбик" имеет мощность более 50 см. Они формируются за счет процессов урбанизации на культурном слое или на насыпных, намывных и перемешанных грунтах мощностью более 50 см и подразделяются на две подгруппы: физически преобразованные почвы, в которых произошла физико-механическая перестройка профиля (урбанозем, культурозем, некрозем, экранозем); и химически преобразованные (идустриземы и интруземы).

4) Техногенные поверхностные почвообразования (урботехноземы). Представляют собой почво-грунты, искусственно созданные путем обогащения плодородного слоя торфокомпостной смесью насыпных или других свежих грунтов.

Почвы Летнего сада в основном относятся к третьей группе антропогенных глубоко преобразованных почв, а именно – к культуроземам (Мельничук, 2006). Культуроземы – городские почвы фруктовых и ботанических садов, старых огородов. Характеризуются большой мощностью гумусового горизонта, наличием перегнойно-торфо-компостных слоев мощностью более 50 см, развивающихся на нижней иллювиальной части почвенного слоя, на культурном слое или на грунтах разного происхождения.

3. Факторы почвообразования в пределах крупного города

Развитие городских экосистем в отличие от природных определяется не столько естественными природными процессами, сколько деятельностью человека. Поэтому в городе имеет место значительное изменение всех факторов почвообразования (почвообразующих пород, климата, рельефа, растительности).

3.1. Почвообразующие породы

Современное почвообразование в городах протекает в естественных почвах, на культурном слое и на грунтах, не измененных почвообразованием или влиянием человека. Культурный слой представляет собой исторически сложившуюся систему напластований, образовавшуюся в результате деятельности человека (Авдусин, 1980). Формирование культурного слоя происходит путем поверхностного накопления различного рода материала в результате хозяйственно-бытовой деятельности человека или путем преобразования верхнего природного слоя при строительстве и благоустройстве с приносом в естественную почву посторонних материалов. В состав культурного слоя в современных городах входят самые разнообразные объекты – битый кирпич, камень, строительный мусор, различные предметы домашнего обихода, заброшенные фундаменты зданий, погреба, колодцы, бревенчатые и дощатые настилы, булыжные и асфальтовые покрытия. Среди этих отложений обычно преобладает строительный мусор. Все эти напластования культурного слоя в разное историческое время выполняли роль почвы, приобретали черты ее строения. Таким образом, культурный слой представляет собой разновозрастную систему погребенных городских почв, в том числе и палеоурбаноземов.

Изменения грунтов в городе могут происходить разными путями: перемещением, намывом, насыпанием. После насыпания грунты наиболее рыхлые. При формировании почв на насыпных грунтах наблюдается глубокое

проникновение по профилю органических (в том числе и некоторых опасных соединений) и питательных веществ (особенно фосфатов), тяжелых металлов, в то время как природные почвы обогащены только в верхних горизонтах. Встречаются в городах и намывные грунты, например, в районе Гавани в Санкт-Петербурге. Насыпные и перемешанные субстраты с большим количеством строительного мусора имеют повышенную щелочность. Почвы Летнего сада формировались в процессе преобразования насыпных почвогрунтов. Почвообразующие породы – литориновые супеси (Апарин, Сухачева, 2013) – не сыграли особой роли в их формировании, так как были погребены глубоко под насыпными толщами.

3.2. Климатические условия

Человек, построивший большие города, оказал активное воздействие не только на ландшафт, но и на климат. Некоторые исследователи (Дубинский, Филоненко, 1978) настаивают на необходимости выделения такой разновидности климата как городской. Отличия в климате города и окрестностей иногда равнозначны передвижению на 200-300 км к югу. В городской атмосфере создаются очаги тепла и пыли, которые существенно влияют на температуру воздуха и осадки (Беттен, 1985). Суточный ход температуры в городе выражен не так резко, как в окрестностях, и его амплитуда зависит от времени года и состояния облачности. Центр города в среднем теплее, чем его окраины и окрестности. Увеличение плотности застройки и заасфальтированных территорий с 20 % до 50 % повышает разность максимальных летних температур в центре и окрестностях города с 5 до 14 °С.

В Санкт-Петербурге изменяются климатические условия: температура увеличивается на 1-2 градуса зимой и на 0,5-1 градус летом, осадки возрастают на 50% зимой, на 15-25% летом.

3.3. Геоморфологические условия (рельеф)

Хозяйственная и строительная деятельность человека в течение многих веков значительно изменила естественный рельеф местности, привела к перепланировке и выравниванию поверхности. Кроме того, происходит подъем территории.

Санкт-Петербург закладывался в заболоченной дельте Невы. По указанию Петра I подсыпка грунта велась на Васильевском и Березовом островах, а в последствии и на других территориях. Уровень земли поднимался на 1,5 сажени выше среднего уровня воды в устье Невы за счет грунта, извлекаемого при рытье каналов. За триста лет существования Санкт-Петербурга подъем центральной части города произошел на 3-4 м (иногда до 12 м).

3.4. Растительность

В городах изменяется и естественный растительный покров. Огромный рост потока машин, все возрастающее количество выхлопных газов и увеличивающийся объем утечки масел и горючего оказывают пагубное воздействие на состояние зеленых насаждений в черте города и в пригородах. В результате наблюдается сокращение площади лесов и антропогенная перестройка растительных формаций. Создаются совершенно новые по породному составу, структуре и функциональным особенностям культурные растительные сообщества (Кучерявый, 1981; Федоров и др., 1979).

Городская флора не утрачивает полностью своих зональных черт, процесс антропогенизации ландшафта и в городах контролируется зонально-климатическими условиями (Котлов, 1977, 1978). Процесс ослабления в городской флоре зональных черт лесной зоны направлен в сторону приобретения растительностью более южного облика с более засушливыми условиями.

Городская флора формируется из местных аборигенных видов и интродуцированных, привнесенных видов. Особенности городской флоры (Кавтарадзе, Игнатьева, 1986) являются: богатство флористического состава, изначально обусловленное экотонным эффектом, связанное с граничным местоположением города и его окрестностей; традиционная интродукция видов; флористическая неоднородность города, обусловленная его экологической, географической и возрастной неоднородностью.

Санкт-Петербург находится в таежной зоне, однако в городе преобладают широколиственные породы, характерные для зоны лесостепи, такие как липа мелколистная, клен остролистный, дуб черешчатый, вяз гладкий и шершавый и др.

Таким образом, в пределах крупного города под влиянием антропогенного фактора меняются основные факторы почвообразования.

4. Обзор исследовательских работ

Обследование древостоя Летнего сада проводилось Т. Б. Дубяго в 1940-1941 гг., обмеры отдельных аллей Н. А. Ильинской в 50-е годы. Инвентаризация Летнего сада проводилась Леспроектом в 1961-1962 гг., в 1986-1987 гг. Последняя инвентаризация проводилась в 2012 году (Биологическая оценка состояния..., 2012).

Исследования почв проводились в 1981 г. профессором В. В. Пономаревой (ЛГУ). Было проведено описание опорного почвенного разреза, заложенного на газоне, вблизи пересечения Главной аллеи и аллеи Росси. Почва описанного разреза обладает мощным гумусовым горизонтом, (по всей вероятности, до 30 см), что не свойственно для дерново-подзолистых почв. Морфологические свойства разреза дают основания полагать, что была проведена подсыпка почвы мощностью более 60 см. На глубине 60-62 см была обнаружена маломощная торфяная прослойка с разложенными древесными остатками. Погребенная почва представлена торфянистым подзолом с весьма мощным подзолистым горизонтом – до 25 см (Долотов, Пономарева, 1982).

Иллювиальный горизонт сформирован на более легком песчаном наносе, в котором следы иллювиального процесса почти не выражены. В работе отмечено, что под окультуренным слоем не встречается погребенных почв с полностью сохранившимся профилем. Автор полагает, что в этом отношении территория Летнего сада уникальна.

В процессе работы, проводимой кафедрой почвоведения и гидромелиорации ЛТА под руководством С. Д. Цветковой в 1997 г. в Летнем саду и в 1996 г. в Александровском парке, было обнаружено, что в обоих парках характер погребенной почвы аналогичен и, по всей вероятности, это погребенные дерново-аллювиальные почвы, несколько измененные под воздействием антропогенных факторов.

Результаты почвенных анализов, выполненных в Почвенном музее (Мельничук, 2006), показали, что для почвы характерно высокое содержание гумуса (4,81 %). Содержание гумуса падает постепенно и составляет 2,33 % на глубине 62-70 см. Кривая распределения гумуса в отрыве от других показателей позволяет провести аналогию с серыми лесными почвами. Содержание обменных оснований хорошо коррелирует с распределением гумуса по профилю. Низкая величина актуальной кислотности ($\text{pH} = 6,71$) и высокое содержание обменных оснований связано с внесением в момент формирования большого количества известковых материалов.

В 1986 году В.О. «Леспроект» были проведены работы по определению обменной кислотности, подвижного калия и фосфора, а также тяжелых металлов. Для определения последних из верхних горизонтов почвы выделяли свинец, кадмий, хром, никель, медь и цинк. Избытка тяжелых металлов обнаружено не было. Однако в некоторых местах (автором не указано местоположение точек отбора этих образцов), где почва лишена травяного покрова, несколько увеличилось содержание тяжелых металлов. Автор объясняет это явление слабым выносом тяжелых металлов водами осадков.

Кислотность почвы, по данным Е. В. Кондратьевой, близкая к нейтральной ($\text{pH} = 5,6-6,0$), лишь на одном из газонов сильно кислая ($\text{pH} = 4,1-4,5$). Содержание подвижного калия (K_2O) на 35% площади сада высокое (20-30 мг на 100 г почвы), на 35% достаточное (10-20 мг на 100 г почвы) и на 30% - низкое (менее 10 мг на 100 г почвы). Содержание подвижного фосфора P_2O_5 в большинстве образцов недостаточное. Лишь в двух образцах содержание P_2O_5 было высоким (30-45 мг на 100 г почвы).

Близкие количественные показатели содержания этих элементов и кислотности в работе, выполненной станцией защиты зеленых насаждений садово-паркового хозяйства и зеленого строительства Ленгорисполкома. Кроме того, сотрудники станции защиты растений определяли содержание гумуса, гидролитической кислотности, суммы обменных оснований,

нитратного азота, хлора, а также степень насыщенности почвы основаниями. Как показали анализы, содержание нитратного азота на всей территории Летнего сада ниже, чем это необходимо для хорошего роста и развития растений. По данным Рассела богатые садовые почвы содержат 7-10 мг на 100 г почвы. Хлор обнаружен не был. Степень насыщенности основаниями в 38 образцах из 50 была достаточная (более 75%). В 11 образцах - средняя (от 51 до 75%) и лишь в одном образце менее 50% (49%).

Содержание гумуса во всех образцах ниже (почти в 2 раза), чем по В. В. Пономаревой. По данным результатов анализа станции защиты растений рекомендовано принятие мер для увеличения содержания гумуса. Для этого следует вносить компосты из листового опада, а также увеличить густоту травостоя и проводить частое подкашивание травянистых растений, распределяя скошенные остатки на газонах.

Кафедрой почвоведения ЛТА в 1997 и 1999 годах было выполнено обследование почв Летнего сада (Бабииков, Мельничук, 2001). Для этой цели в Летнем саду в 1997 году было заложено 43 разреза, а в 1999 году – 5 разрезов. В результате проведенной работы была составлена почвенная карта. Диагностика почвенного покрова была проведена на основании описания морфологических свойств почвы: цвет, структура, сложение, новообразования, включения, механический состав, состав горизонтов и их мощность. Анализ морфологических свойств показал, что почвы Летнего сада искусственно насыпные. Подсыпка садовой, хорошо окультуренной почвы была проведена по всей территории сада. Мощность насыпного горизонта от 50-70 см (район второго Летнего сада у Карпиевого пруда) до 140 см (в первом Летнем саду, где стоят скульптуры).

Почвы в Летнем саду были определены как искусственно насыпные садовые почвы или по международной классификации Hartisol или Kultur boden или cultured soil, по механическому составу – супесчаные. По морфологическим признакам они были аналогичны черноземным, темно-

серым и серым почвам разной степени оподзоленности (Голубев, 2004). К оподзоленным черноземам были отнесены почвы, у которых мощность гумусового горизонта с признаками слабого оподзоливания достигла 88 см и 97 см. На территории сада преобладают почвы, сходные со светло-серыми среднеоподзоленными. Они занимают почти половину всей площади газонов. По всей вероятности, более сильному оподзоливанью способствовали посадки ели, кислый опад которой приводил к разрушению минеральной части почвы и образованию присыпки из окислов кремния на поверхности почвенных отдельностей. Подтверждением этого предположения является наличие светло-серых среднеоподзоленных почв в боскете, который из-за посадок ели назывался "темной рощей", а также на газонах вдоль Фонтанки и аллеи Росси. Здесь гумусовый горизонт имеет мощность всего 16 см, а далее идет подзолистый горизонт до 46 см. Светло-серые слабооподзоленные почвы также имеют маломощный гумусовый горизонт, но степень оподзоливания выражена слабее.

Почвы, сходные с темно-серой слабооподзоленной почвой, были выявлены в разных частях Летнего сада. Эти почвы, как и оподзоленные черноземы, сохранили хорошо выраженный гумусовый горизонт более 25 см и слабооподзоленный (серого цвета) горизонт А2 более 50 см.

Почти такую же площадь газонов, как темно-серые почвы, занимают собственно серые слабо- и среднеоподзоленные. У собственно серых почв мощность гумусового горизонта более 20 см. Среднеоподзоленные отличаются от слабооподзоленных увеличением степени оподзоливания и более ярко выраженной кремнеземной присыпкой.

Кроме того, в трех разрезах было обнаружено много строительного мусора, находящегося близко к поверхности. По морфологическим признакам эти почвы близки к собственно серым почвам. Все эти почвы образовались на естественной аллювиально-глееватой супесчаной почве.

В статье, посвященной исследованию почв Летнего сада 2017 года (Матинян, Бахматова, Коренцвит, 2017) представлено схематическое изображение профилей почв (рис. 3). Сделаны выводы о том, что почвы Летнего сада представлены урбостратоземами, подстилаемыми литориновыми песками, или урбостратоземами на погребенных почвах. Антропогенная насыпная толща, мощностью от 68 до 110–150 см, имеет слоистое строение и отличается значительной степенью неоднородности.

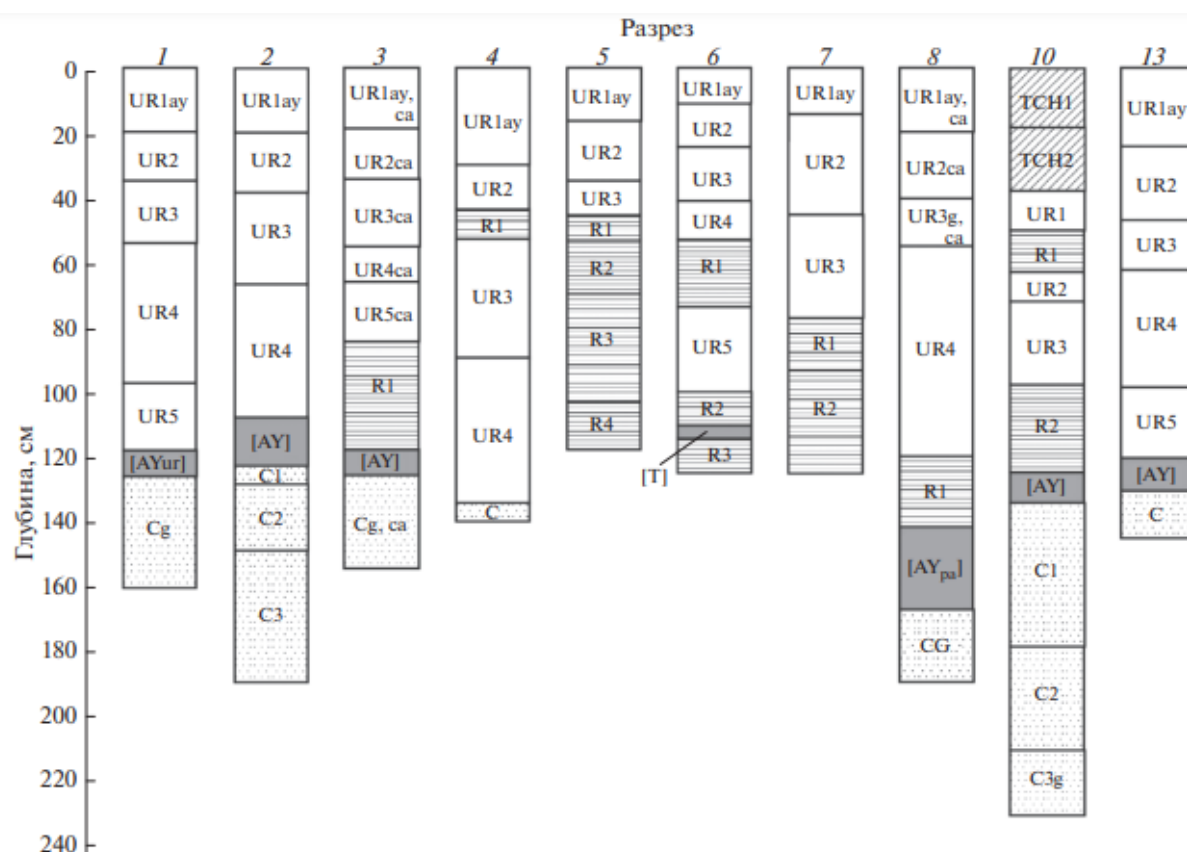


Рис. 3. Схематическое изображение профилей почв Летнего сада (Матинян, Бахматова, Коренцвит, 2017):

1 – урбостратозем серогумусированный легкосуглинистый на погребенной серогумусовой глееватой урбистратифицированной почве; 2 – урбостратозем серогумусированный легкосуглинистый на погребенной серогумусовой почве на литориновых супесях; 3 – урбостратозем серогумусированный карбонатсодержащий легкосуглинистый на погребенной серогумусовой глееватой почве; 4 – урбостратозем серогумусированный супесчаный, подстилаемый литориновыми супесями; 5, 6, 7 – урбостратозем серогумусированный легкосуглинистый, подстилаемый литориновыми супесями; 8 – урбостратозем серогумусированный карбонатсодержащий на погребенной гумусово-глеевой постагрогенной почве; 10 – технозем на

погребенной серогумусовой почве на литориновых супесях; 13 – урбостратозем серогумусированный легкосуглинистый на погребенной серогумусовой почве на литориновых супесях.

Таким образом, в Летнем саду за 300 лет существования образовались почвы, характерные по своему генезису для лесостепной зоны, а не таежной, в которой расположен Санкт-Петербург. По всей вероятности, это произошло из-за того, что ели были заменены на лиственные породы и образовалась дубрава, присущая лесостепи.

Несмотря на это, почвы все же стремятся к зональному (таежному) типу. Это подтверждается тем, что в Летнем саду встречается оглеение, как пятнами, так и сплошное. Сплошное встречается на глубине 97-200 см, пятна глея отмечены на глубине минимум 21-146 см. Сплошное оглеение образуется, как правило, при постоянном застое влаги, а пятнами - при временном переувлажнении. Следовательно, в Летнем саду вода может задерживаться в отдельные периоды на глубине 21 см, а на глубине около метра практически находится постоянно. Оглеение опасно тем, что вызывает уплотнение почвы. Вода, попавшая на поверхность почвы, может застаиваться на оглееном горизонте и тем самым способствовать дальнейшему увеличению процесса оглеения, что, в свою очередь, ухудшает водно-воздушный режим почвы и создает неблагоприятные условия для развития корней деревьев и кустарников.

5. Электросопротивление почв

5.1. Электропроводность почв в современных исследованиях

Электропроводность (EC) или обратно пропорциональная ей величина – электрическое сопротивление (ER) – постоянные характеристики вещества:

$$EC = \frac{1}{ER}. \quad (1)$$

В докладах ученых, выступавших по вопросам точного земледелия на секции Soil sensing Сельскохозяйственной конференции ЛАС2009 в Нидерландах, отмечена перспективность применения методов измерения электропроводности почв для выделения гетерогенности таких параметров, как структура, содержание воды, проводимость, уплотнение, содержание органического вещества (Канаш, Ананьев, Блохина, 2009).

Исторически сложилось так, что исследователи Западной Европы и США преимущественно измеряют электропроводность, а в России и странах бывшего СНГ – сопротивление. На практике мы можем измерять электрическое сопротивление и проводимость почв и других объектов одинаковыми приборами, и не имеет значения что измерять – электропроводность или сопротивление, так как эти параметры связаны друг с другом уравнением (1) (Поздняков, 2008).

В последнее десятилетие интерес к использованию методов электропроводности в России значительно возрос, ими пользуется широкий круг исследователей – почвоведов и агрохимиков. Это обусловлено современными тенденциями развития экспрессных методов в точном земледелии, экологической оценке городских почв и почвоподобных систем, эколого-аналитическом контроле территорий добычи полезных ископаемых, мониторинге орошаемых территорий и разработке мероприятий по предотвращению засоления почв.

А. В. Смагин подчеркивает значение электропроводности при исследованиях физических и физико-химических свойств почвоподобных систем, отходов, техноземов и городских почв. Так, автором предложена группировка почв по электропроводности для оценки их экологического состояния (Смагин, 2003).

Остановимся более подробно на том, какие закономерности установлены исследователями с использованием методов электропроводности почв.

В своих работах А. Ф. Вадюнина среди факторов, оказывающих влияние на ход измерения электропроводности почвы, выделяла влажность. Сухая почва (при относительной влажности менее 20 %) не проводит электрический ток. В своих экспериментах ей удалось установить, что измерение электропроводности позволяет проводить качественные определения почвенной влаги. С помощью электрических свойств почв ею с соавторами проведены исследования 11 типов и подтипов почв касательно гигроскопической влаги (Ткаченко, Вадюнина, Воронин, 1982). Электрические параметры почв, содержащих воду, закономерно изменяются по типам почв, а для каждой почвы – по ее генетическим горизонтам.

Электрические свойства почвы являются показателем коллоидной структурированности. К такому выводу пришли Г. Н. Федотов и А. И. Поздняков, установив, что величина электросопротивления позволяет оценить состояние каркаса органоминерального геля почв (Федотов, Поздняков, 2003). Это может служить основой для контроля структурной организации геля в почвах и особенностей экологических измерений в природных системах.

А. И. Поздняков, исследовав почвы основных генетических типов (тундровые, дерново-подзолистые, черноземы, темно-серые, бурые полупустынные), пришел к выводу, что электрическое сопротивление характеризует сорбционные и диффузионные свойства почвенных горизонтов,

профилей и генетических типов почв и косвенно определяется внешними по отношению к почве факторами: типом ландшафта, почвенной геохимической провинцией, климатической зоной (Поздняков, 2008). В совершенно разных типах почв, где протекают различные элементарные почвенные процессы – соленакопление и торфообразование, подзолообразование и выщелачивание верхних горизонтов – формируются одинаковые или близкие электрические величины параметров. Измеряя электрические параметры, зная, в какой почвенной зоне находится исследователь, и имея данные почвенных характеристик исследуемого района или объекта, можно детально изучить любые почвы и решить весьма широкий круг научных и практических задач.

Так, исследователями А. В. Жуковым, Г. А. Задорожной, Е. В. Андрусевичем показана возможность оценки пространственной изменчивости эдафических свойств техноземов на основании данных электропроводности почв (Жуков, Задорожная, Андрусевич, 2012). С помощью многомерного факторного анализа авторами установлены физико-химические показатели, находящиеся в тесной корреляции с электропроводностью: концентрация ионов кальция, рН водной вытяжки, сумма ионов калия и натрия в водной вытяжке, содержание гумуса в техноземах. С. К. Тойгамбаев с соавторами при составлении картограмм электропроводности посевных полей с помощью мобильного устройства для измерения удельного электрического сопротивления также получил высокие коэффициенты корреляции электропроводности с данными химического состава почвы (Тойгамбаев, Ногай, Нукешев, 2008).

Электропроводность является одной из наиболее удобных и быстроопределяемых характеристик, позволяющая дать оценку почвенного плодородия (гранулометрический и минералогический состав, гумусированность, рН, влажность, свойства, определяющие почвеннопоглощающий комплекс и ряд других), уточнить расположение границ контуров гетерогенности агрохимических показателей. Важно

отметить, что измерение электропроводности не заменяет определение агрохимических свойств, но помогает существенно снизить число анализируемых проб, необходимых для полной характеристики пространственной изменчивости почвенного плодородия. Современные мобильные устройства измерения удельной электропроводности почв позволяют строить картограммы электропроводности почв полей, проводить послойное измерение электропроводности почв полей. Электропроводность является сложным показателем, интерпретация которого требует знаний и опыта, без накопленных агрохимических данных наблюдения электропроводности не имеют большого значения.

5.2. Определение удельного электрического сопротивления почвы

В почвенной практике для измерения ER используют метод микровертикального электрического зондирования (МкВЭЗ) в модификации В. К. Хмелевского (1979), горизонтального электрического профилирования (ГЭП), электрокаратажного профилирования скважин (ЭКП).

МкВЭЗ — способ измерения удельного сопротивления почвенно-грунтовой толщи по слоям с помощью контактных датчиков-электродов, заземленных на поверхности почвы (Вадюнина, Корчагина, 1986). Используется четырехполюсная установка — два электрода питающих (А, В) и два приемных (измерительных) — М, N (рис. 4).

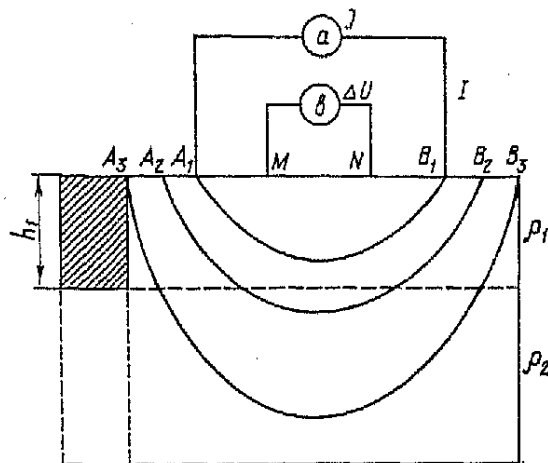


Рис. 4. Измерительная схема по методу МкВЭЗ (Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв):

1 – измеритель; а – амперметр; в – вольтметр; MN – измерительные электроды; АВ – питающие электроды; h_1 – мощность слоя.

В естественных условиях почвенно-грунтовая толща всегда неоднородна и удельное сопротивление отражает не только истинное электрическое сопротивление, но и геометрические параметры исследуемой неоднородности. Поэтому в геофизических исследованиях это электрическое сопротивление получило название «кажущегося».

Для удобства и быстроты зондирования питающие и приемные электроды монтируются в так называемую «косу», на которой выводы контактных штекеров к электродам сделаны на оптимальных, заранее рассчитанных фиксированных расстояниях от центра установки.

Метод МкВЭЗ дает возможность определять степень засоления почв без отбора проб по электрическому параметру электросопротивления, что упрощает и ускоряет процесс измерения, повышает производительность почвенно-мелиоративных исследований и картирования почв. Он может рассматриваться как экспресс-метод при изучении динамики засоления в ходе мелиоративных мероприятий. В практике используется также для изучения степени изменчивости почв и свойств генетических горизонтов.

В своей работе мы использовали портативный прибор LandMapper ERM-01, который измеряет электрическое сопротивление или проводимость почвы и связанные с ними почвенные свойства. Чаще всего прибор используется для экспрессного полевого картирования, но может использоваться и для мониторинга сельскохозяйственных угодий, геологических, гидрологических и экологических изысканий, а также строительства и ландшафтного дизайна.

Прибор исключительно прост в эксплуатации. Типовая электродная установка с четырьмя электродами заземляется на поверхности почвы, после нажатия кнопки через 4 секунды значение электрического сопротивления считывается с цифрового дисплея. Прибор измеряет электрическое сопротивление в поверхностном слое почвы глубиной от 2 см до 50 м, которая устанавливается путем увеличения размера четырех-электродной установки. Измерения основаны на принципе “4-электрода”, что позволяет избежать влияния разности потенциалов на контакте измерительных электродов и получить точные значения удельного электрического сопротивления в любой среде с сопротивлением от 0.01 Ом*м до 1.5 Мега Ом*м.

Измерения проводились в нескольких повторностях в зависимости от величины площади боскета. Точки измерения выбирались вдоль диагонали боскета для более усредненного результата. Электроды погружали в верхний горизонт почвы на глубину 3-4 см. Электросопротивление почв было измерено почти во всех боскетах Летнего сада, полученные данные приведены в таблице 1.

Исходя из полученных данных можно сделать выводы о неоднородности почвенных свойств не только на разных участках, но и в пределах одного боскета. Иногда причиной завышенных результатов измерения являлось близкое расположение корней деревьев (боскеты Г 11, Г 16-3).

Таблица 1.

Показатели электросопротивления почв Летнего сада

№ боскета	Измерения в повторностях, Ом*м						
	1	2	3	4	5	6	7
Г 2	953,9	1174	1139	1300			
Г 2-3	2254	2025					
Г 2-4	3463	2444	2816				
Г 3-2	2829	1973	4454	1519			
Г 3-3	1791	1549	1898				
Г 4	2482	1271	1657	1955	2153		
Г 5-1	2378	3044	1863	2549			
Г 5-2	1273	1928	2654	2256			
Г 5-3	1903	2026	1829				
Г 5-4	2033	1982	2339				
Г 6-3	1344	2367	1697				
Г 7	983,4	1084	1343				
Г 8-1	1350	1199	956,8				
Г 8-2	1663	1728	1294				
Г 9	988,6	1629	979				
Г 10	1361	1644	2721	1577	1482	1353	
Г 11	2274	2883	2549	4165 (6000) дер	2357	2271	
Г 12	1046	766,1	1264	1247	1208	691,2	
Г 13	1077	1546	1488	1452	1186	1911	2499
Г 14-1	1366	1461	1453				
Г 14-2	1302	1555	1889				
Г 14-3	1130	1090	1957				
Г 14-4	1579	1564	1230				
Г 14-5	1826	1644	1176				
Г 14-8	1277						
Г 15-1	693,4	1012	796,2				
Г 15-2	1354	2032	1368	1340	1250		
Г 15-4	2373	2121	1512	1342			
Г 15-5	509,2	418,8					
Г 16-2	948,8	848,1	750,4				
Г 16-3	736,2	1264 дер	708,2				
Г 16-4	886,3	1218	723,9				
партер	1004						

6. Водопроницаемость почв

Водопроницаемость почв – способность почв и грунтов впитывать и пропускать через себя воду, поступающую с поверхности. В процессе поступления воды в почву и дальнейшего передвижения ее можно выделить 2 этапа: 1) поглощение воды почвой и прохождение ее от верхнего слоя к слою в ненасыщенной водой почве; 2) фильтрацию воды сквозь толщу насыщенную водой почвы. При этом первый этап представляет собой впитывание почвы и характеризуется коэффициентом впитывания. Вторым этапом – это собственно фильтрация. Интенсивность прохождения воды в почвенно-грунтовой толще, насыщенной водой, характеризуется коэффициентом фильтрации (Почвоведение, 1988).

В природных условиях четко выделить отдельные этапы водопроницаемости практически невозможно. Значительно чаще при этом идет впитывание воды почвой, фильтрация же имеет место только в случае выпадения большого количества осадков, при орошении большими нормами и при снеготаянии. Границей между впитыванием почв и фильтрацией считают момент установления постоянной скорости фильтрации.

Водопроницаемость почв находится в тесной зависимости от их гранулометрического состава и химических свойств почв, их структурного состояния, плотности, порозности, влажности и длительности увлажнения. В почвах тяжелого гранулометрического состава она всегда (при прочих равных условиях) меньше, чем в легких. Сильно снижает водопроницаемость почв присутствие набухающих коллоидов, особенно насыщенных Na^+ или Mg^{2+} , поскольку при увлажнении такие почвы быстро набухают и становятся практически водонепроницаемыми. Почвы оструктуренные, рыхлые характеризуются большими коэффициентами впитывания и фильтрации.

Водопроницаемость почв измеряется объемом воды, который проходит через единицу площади поперечного сечения в единицу времени. Величина

эта очень динамичная и сильно варьирует как по профилю почв, так и пространственно. Оценить водопроницаемость почв тяжелого механического состава можно по шкале, предложенной Н. А. Качинским (1970).

В своей работе мы использовали метод трубок для определения водопроницаемости. Полевой метод определения величины коэффициента фильтрации с помощью трубок с постоянным водным напором имеет ряд преимуществ над лабораторными методами. Он не требует отбора почвенных образцов ненарушенной структуры, монтирования специальной установки. Не менее важным достоинством метода является сохранение путей фильтрационного потока, «обрезаемых» при отборе образцов для лабораторных экспериментов. Вода из установленной на поверхности почвы трубки перемещается радиально по естественным путям фильтрации, образуя увеличивающийся во времени эллиптический контур растекания. Увеличение зоны увлажнения сопровождается ростом расхода воды до некоторой величины, пока пропускная способность насыщенного слоя почвы под трубкой не окажется меньше расхода, необходимого для увеличения зоны увлажнения. С этого момента расход воды из трубки стабилизируется во времени и график впитывания принимает вид прямой линии.

Преимуществом метода является возможность снижения количества воды, необходимое для определения коэффициентов впитывания и фильтрации в 2 раза, в сравнении с аналогами и позволяет наблюдать за напором воды на поверхности почвы, контролировать глубину погружения в почву всех трубок и устанавливать их вертикально, а также предохранения от нарушения верхнего слоя структуры почвы и боковой отток воды из трубки.

Коэффициент фильтрации почвы широко варьирует в пределах одного почвенного горизонта, поэтому его определение требует повторностей (Романов, Растворова, Попов, 2009). В боскете Г 15-1 заложили экспериментальную площадку, удалив растительность с поверхности, и установили три трубки на расстоянии не менее 30 см с тем, чтобы фронт

промачивания соседних трубок не перекрывался. Трубки диаметром 5 см установили на глубину 7 мм и залили водой до заданного уровня (8-10 см).

Измерение интенсивности впитывания начали почти одновременно во всех трубках. Заданный уровень воды в трубках поддерживали, доливая равные объемы воды в зависимости от интенсивности впитывания и фиксируя интервалы времени между доливками. Измерения проводили в трехкратной повторности. Результаты эксперимента представлены в таблице 2.

Исследуемая почва имеет высокий коэффициент фильтрации, что связано с легким гранулометрическим составом верхней насыпной толщи и низкой плотностью. Супесчаный гранулометрический состав достаточно благоприятен для газонных трав, но может быть неподходящим для некоторых листовых пород, которые лучше чувствуют себя в плотных зональных почвах на суглинистых породах.

Таблица 2.

Результаты определения водопроницаемости почвы методом трубок.

Температура воздуха	Температура почвы	№ трубки	Начало наблюдения	Конец наблюдения	Продолжительность впитывания почвой воды, мин	Высота слоя, см		К = h_1/t , мм/мин	К среднее
						Начальная (h_0)	Впитавшейся воды (h_1)		
8,4°C	6,5°C	1	12:27:03	12:34:21	7,3	27	27	37	29,5
		2	12:27:27	12:38:32	11,08	27	26	23,5	
		3	12:29:35	12:39:16	9,68	27	27	27,9	

7. Физико-химические свойства почв

Показатели плодородия почв разделяются на два вида: показатели потенциального и актуального плодородия. К показателям потенциального плодородия относятся содержание гумуса, обменная и гидролитическая кислотность, сумма обменных оснований, степень насыщенности почв основаниями и т.д. Актуальное плодородие характеризуется наличием в почве подвижных форм азота, фосфора и калия. В данной работе исследовались показатели потенциального плодородия почв и некоторые физические показатели, представленные в таблице 4.

Почвенные образцы отбирались из верхнего корнеобитаемого слоя в боскете Г 15-1 без закладки почвенных разрезов. В отличие от естественных почв, в насыпных грунтах не прослеживаются четкие закономерности изменения физико-химических показателей с глубиной.

По гранулометрическому составу почва относится к песку рыхлому, согласно классификации Н. А. Качинского. Однако, по устному сообщению Е. А. Жуковой, заведующей сектором учета и мониторинга зеленых насаждений Летнего сада, почва является супесчаной. Это подтверждают предыдущие исследования почв Летнего сада, аналогичные выводы мы сделали при первичном полевом определении грансостава методом раскатывания шнура. При лабораторном анализе мы видим, что доля фракций физического песка превышает 95% (табл. 3). Это может говорить о том, что некоторая доля органического вещества все же могла не полностью отделиться в процессе воздействия диспергирующего агента, или вполне возможно, что здесь имеет место быть ошибка прибора. Но есть и другое предположение о том, что перевод данных, полученных на лазерном дифрактометре, в классификацию Качинского, довольно условен, поскольку метод SALD новый, и для него требуется разработка отдельной классификации почв по гранулометрическому составу.

Прочие анализы показали, что содержание гумуса достаточно высокое – 5-8%, что соответствует нормам для почв под широколиственными породами и газонными травами, рН близок к нейтральному (происходит подщелачивание за счет привнесенных известковых материалов и дорожной пыли). Емкость катионного обмена довольно высокая для почвы супесчаного гранулометрического состава. В достаточном количестве присутствуют обменные Ca^{2+} и Mg^{2+} . Сама почва рыхлая, показатели полевой влажности завышены из-за того, что накануне пробоотбора шел дождь. Гигроскопическая влажность соответствует максимальной для супесчаной почвы.

Таблица 3.

Результаты определения гранулометрического состава по шкале Н.А.
Качинского

Проба	Содержание фракций в %							
	>0.25 мм	0.25- 0.05 мм	0.05- 0.01 мм	0.01- 0.005 мм	0.005- 0.001 мм	<0.001 мм	Физический песок	Физическая глина
1	34,045	49,855	14,920	0,914	0,116	0,150	98,820	1,180
2	33,763	49,957	14,767	0,814	0,100	0,599	98,487	1,513
3	33,607	43,712	19,572	2,006	1,083	0,020	96,891	3,109

Таблица 4.

Физико-химические свойства почв Летнего сада

Номер образца	Полевая влажность, %	Гигроскопическая влажность, %	Плотность, г/см ³	Содержание гумуса, %	рН _{вод}	рН _{сол}	Гидролитическая кислотность	Сумма Са ²⁺ и Mg ²⁺	Са ²⁺	Mg ²⁺	Емкость катионного обмена
1	23	2,03	1,0	6,73	6,1	5,3	4,3	13,6	8,0	5,6	28,5
2	24	1,72	0,9	7,95	6,2	5,7	2,8	13,0	8,3	4,7	23,9
3	20	2,36	1,0	4,90	6,8	6,5	9,0	15,0	13,0	2,0	25,5

Заключение

Цель выпускной квалификационной работы была достигнута: мы исследовали водно-физические свойства почв Летнего сада и показатели электросопротивления, получили новые научные знания и пополнили базу данных, выполнив поставленные задачи.

Были сделаны следующие выводы:

1. Летний сад характеризуется достаточно неоднородными показателями почвенного плодородия, исходя из результатов измерения электросопротивления.
2. Исследуемая почва имеет высокий коэффициент фильтрации, что связано с легким гранулометрическим составом верхней насыпной толщи. Это может быть неблагоприятно для лиственных деревьев и кустарников.
3. По механическому составу почвы Летнего сада относятся к супесчаным. Содержание гумуса достаточно высокое – 5-8%, что соответствует нормам для почв под широколиственными породами и газонными травами, рН близок к нейтральному (происходит подщелачивание за счет привнесенных известковых материалов и дорожной пыли). Емкость катионного обмена довольно высокая для почвы супесчаного гранулометрического состава. В достаточном количестве присутствуют обменные Ca^{2+} и Mg^{2+} . Сама почва рыхлая, показатели полевой влажности завышены из-за того, что накануне пробоотбора шел дождь. Гигроскопическая влажность соответствует максимальной для супесчаной почвы.

Выражаю благодарность своему научному руководителю Романову Олегу Васильевичу за организацию исследования и ценные советы при его проведении. Также я крайне признательна Рюмину Александру Георгиевичу за предоставление прибора для исследования электросопротивления и за

помощь в проведении анализа гранулометрического состава. Отдельная благодарность Шешуковой Анастасии Анатольевне за рекомендации по оформлению работы.

Список литературы

1. Авдусин Д. А. Полевая археология в СССР // М.: Высшая школа, 1980. - 335 с.
2. Апарин Б. Ф., Сухачева Е. Ю. Почвенный покров Санкт-Петербурга: «Из тьмы лесов и топи болот» к современному мегаполису // Биосфера. 2013. №3.
3. Бабилов Б. В. Мельничук И. А. Водный режим почв садов и парков Санкт-Петербурга. Тезисы конференции «Зеленое пространство города в XXI веке — озеленение городов как инструмент развития», 28-30 мая 2001, Санкт-Петербург, Россия / Под общ. редакцией А. В. Селиховкина. – СПб.: СПбЛТА, 2001. – С. 68-72.
4. Беттен, Л. Д. Погода в нашей жизни // Пер. с англ. Рябошапка, А. Г., Лысака А. В. – М.: Мир, 1985. - 223 с.
5. Биологическая оценка состояния насаждений, ландшафтно-архитектурное обследование и подеревная инвентаризация. Летний сад. Санкт-Петербург, 2012
6. Болотова Г. Р. Летний сад. // Л.: Художник РСФСР, 1988.
7. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв // М.: Агропромиздат, 1986. С. 350-356.
8. Герасимова М. И., Строганова М. Н., Можарова Н. В., Прокофьева Т. В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация / Под ред. акад. РАН Г.В. Добровольского // Смоленск: Ойкумена, 2003.
9. Голубев Д. А и др. Экологическая обстановка в Санкт-Петербурге. — СПб., 2004.
10. Долотов В. А., Пономарева В. В. К характеристике почв Ленинградского Летнего сада // Почвоведение. 1982. № 9. С. 134-138.
11. Дубинский Г. П., Филоненко К. Т. Перспективы улучшения природной среды в пределах большого города (на примере г. Харькова) // Человек

- в окружающей среде (вопросы рационального природопользования, региональные, рекреационные). М., 1978. - с. 40-45.
12. Дубяго Т. Б. Летний сад. Архитектурный анализ композиции и перспективы частичного восстановления // Архив научно-технической документации Санкт-Петербурга. 1941
 13. Жуков А. В., Задорожная Г. А., Андрусевич Е. В. Оптимальная стратегия отбора почвенных образцов на основании данных об электрической проводимости техноземов // Биологический вестник МДПУ. 2012. № 1. С. 64-80.
 14. Ильинская Н. А. Восстановление исторических объектов ландшафтной архитектуры // Л. : Стройиздат : Ленингр. отд-ние, 1984. - 145 с
 15. Кавтарадзе Д. Н., Игнатьева М. Е. Растительность урбанизированных территорий как предмет классификации в связи с задачами охраны природы // НДВШ, Биологические науки. 1986. № 12. С. 54-59.
 16. Канааш Е.В., Ананьев И.П., Блохина С.Ю. Современное состояние точного земледелия (Сельскохозяйственная конференция ЛАС 2009, 6-8 июля в г. Вагенинген, Нидерланды) // Вестник РАСХН. 2009. № 6. С. 7-9.
 17. Качинский Н. А. Физика почвы. Часть 2. Водно-физические свойства и режимы почв. // М.: Высшая школа, 1970. - 359 с.
 18. Котлов Ф. В. Антропогенные геологические процессы и явления на территории города // Наука, Москва, 1977 г. – 173 стр.
 19. Котлов Ф. В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека // Недра, Москва, 1978 г. – 263 стр.
 20. Кузнецова О.Н., Борзин Б.Ф. Летний сад и летний дворец Петра I. // Лениздат. 1988
 21. Кучерявый В. А. Зеленая зона города // Киев: Наук. думка, 1981. - 247 с.

22. Лукмазова Е. А., Черданцева О. А. Изменение состояния зеленых насаждений Летнего сада г. Санкт-Петербурга после реконструкции // Вестник РУДН. Серия: Агронимия и животноводство. 2012. №5.
23. Матинян Н. Н., Бахматова К. А., Коренцвит В. А. Почвы Летнего сада (Санкт-Петербург) // Почвоведение, 2017, № 6, С. 637-645.
24. Мельничук И. А. Отчет по теме «Исследование почвенного покрова Летнего сада», 2006
25. Мельничук И.А., Савицкая С.Н. Почвоведение с основами геологии. Методические указания к составлению почвенных карт для студентов специальности 2605 «Садово-парковое и ландшафтное строительство». — СПб.: ЛТА, 2000
26. Поздняков А.И. Электрические параметры почв и почвообразование // Почвоведение. 2008. № 10. С. 1188- 1197.
27. Почва, город, экология / Под общей ред. акад. РАН Г.В. Добровольского. — М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997.
28. Почвоведение. Учебник для университетов в 2 частях / Под редакцией ВА Ковды, Б.Г. Розанова // М.: «Высшая школа», 1988
29. Прокофьева Т. В., Герасимова М. И., Безуглова О. С., Бахматова К. А., Гольева А. А., Горбов С. Н., Жарикова Е. А., Матинян Н. Н., Наквасина Е. Н., Сивцева Н. Е. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение, 2014, № 10. С. 959-967.
30. Резолюция Круглого стола «Проблематика состояния городских почв Санкт-Петербурга», 13 февраля 2020, Русский музей, Санкт-Петербург
31. Романов О. В., Растворова О. Г., Попов А. И. Летняя учебная практика «Физика почв». Методические указания – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2009. – 58 с.
32. Смагин А.В. Теория и методы оценки физического состояния почв // Почвоведение. 2003. № 3. С. 328-341.

33. Строганова М.Н., Мягкова А.Д., Прокофьева Т.В. Роль почв в городских экосистемах. // Почвоведение. 1997. №1. С.96-101.
34. Ткаченко Ю.Г., Вадюнина А.Ф., Воронин А.Д. Особенности электрических свойств почв в области прочносвязанной влаги // Почвоведение. 1982. № 10. С. 42-51.
35. Тойгамбаев С.К., Ногай А.С., Нукешев С.О. Проводимость почвенного слоя в Акмолинской области // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2008. №1. С. 86-90.
36. Федоров А.А. и др. Атлас по описательной морфологии высших растений. Соцветие // М.: Наука, 1979. 296 с
37. Федотов Г.Н., Поздняков А.И. Электрические свойства почв как проявление их коллоидной структурированности // Лесной вестник. 2003. № 1. С. 69-74.