

Санкт-Петербургский Государственный Университет

КУЗЬМЕНКО Мария Сергеевна
Выпускная квалификационная работа
Почвы Елагина острова

Уровень образования: бакалавриат

Направление 06.03.02. «Почвоведение»

Основная образовательная программа СВ.5022 «Почвоведение»

Научный руководитель:
старший преподаватель
кафедры почвоведения и
экологии почв ИноЗ СПбГУ

к.с.-х.н.

Шешукова Анастасия Анатольевна

Рецензент: доцент
кафедры агрохимии
биологического ф-та СПбГУ

к.с.-х.н.

Надпорожская Марина Алексеевна

Санкт-Петербург

2022 год

Содержание

Введение	стр. 3
Глава 1. История изучения городских почв	стр. 7
Глава 2. Почвы Елагина Острова	стр. 11
История острова	стр. 11
Глава 2.1. Факторы почвообразования на Елагином острове	стр. 16
Климат	стр. 16
Геологическое строение	стр. 17
Рельеф	стр. 17
Поверхностные воды	стр. 18
Растительность	стр. 18
Глава 2.2. Свойства почв, испытывающих разную антропогенную нагрузку	стр. 21
Заключение	стр. 59
Список литературы	стр. 62

Введение

Процесс урбанизации, начавшийся в XIX веке к началу XXI века приобрел широкий размах как в европейском, так и азиатском регионах земного шара. По оценке голландского урбаниста Э. де Мульдера (Mulder 2009) сейчас городское население составляет: в Европе – 75%, в Северной Америке – 74% и 48% в Азии. Причем за последние 25 лет рост городов стал особо стремительным, при этом отмечается резкое увеличение площади городов. В настоящее время число городов-миллионеров на земном шаре насчитывается – 360, а мегаполисов с населением более 10 миллионов человек – 36 (Gu, 2019).

Санкт-Петербург относится к числу городов-миллионеров. По статистическим данным уже в 1900 году население Санкт-Петербурга составляло более 1 миллиона человек, а к настоящему времени более 5 миллионов человек. Город развивается и сталкивается с новыми проблемами: расширением территории, уплотнением застройки, усложнением транспортных и коммунальных систем, ростом потребления энергетических и водных ресурсов. При таком высоком темпе урбанизации обеспечение комфортной и благоустроенной городской среды невозможно представить без сохранения уже существующих в городе парков, скверов, аллей и создания новых зеленых территорий. Очевидно, что со временем городские почвы становятся основой благополучия зеленых зон города, определяя экологические условия проживания горожан, особенно в густонаселенных районах. От характеристик почв во многом зависят жизненное состояние, долговечность и декоративность городских зеленых насаждений. Антропогенные воздействия могут оказывать на почву как положительный, так и отрицательный эффект. Осушительная мелиорация, внесение органического вещества, извести, в некоторых случаях – минеральных удобрений, создание мощного плодородного слоя в посадочных ямах под деревьями и т.п. меры способствуют улучшению условий развития растений в садах и парках города по сравнению с исходными природными почвами. Однако такие явления, как аккумуляция строительного и бытового мусора и сопутствующее ей переуплотнение почв, загрязнение почв тяжелыми металлами и другими техногенными веществами неблагоприятны для растительности и почвенной биоты. Разноплановая хозяйственная деятельность человека в крупных городах приводит к возникновению гетерогенности почвенного покрова: появлению на относительно небольшой по площади территории почв с разным строением профиля и химическими свойствами.

Данная работа посвящена изучению городских почв парка природного комплекса «Елагин остров» - памятника природы Санкт-Петербурга. Особенностью городских почв, в том числе, и на Елагином острове, является то, что они подвергаются стратификации, т.е. «растут вверх» за счет поступления в них материала разной природы (чаще антропогенного происхождения). Материал разного размера, начиная от крупных обломков до микрочастиц, попадает в почву при планировке поверхности, строительстве (и разрушении) архитектурных сооружений, обустройстве набережных, прокладке дорожек, благоустройстве территории, внесении органических удобрений в почвы и т.д. В почвенном профиле городской почвы на разной глубине могут встречаться: обломки кирпича, строительный мусор, куски древесины, уголь, стекло, кости. Можно заключить, что в своем строении городские почвы отражают и сохраняют на длительное время всю историю землепользования данной территории. Очень важно, что со временем антропогенные включения начинают значительно изменять многие почвенные свойства. Так большое количество крупных каменистых включений (камни, кирпичи, строительный мусор) в почвах больше будут влиять на физические свойства почв - порозность, процессы передвижения влаги в почве, проницаемость почвы для корней. Как с крупными так и с мелкими антропогенными включениями будет связано изменение химического состава почв (увеличение величин рН и электропроводности, появление CaCO_3 , содержание и концентрация валовых и подвижных форм тяжелых металлов). Наличие антропогенных включений несомненно является фактором, определяющим направление процессов почвообразования в городской среде. По количеству артефактов, их качественному составу и глубине нахождения в современной почве можно судить об интенсивности преобразования исходной природной почвы.

Таким образом при всей очевидности антропогенного влияния на городские почвы вопрос именно о степени воздействия хозяйственной деятельности на почвенные свойства остается малоизученным и представляется **весьма актуальным**. Для исследования этой тематики на территории Елагина острова (относительно недалеко друг от друга) нами были заложены 5 разрезов почв (рис.1) созданных для разных целевых назначений при планировке парка, и испытывающих разную антропогенную нагрузку по настоящий момент.

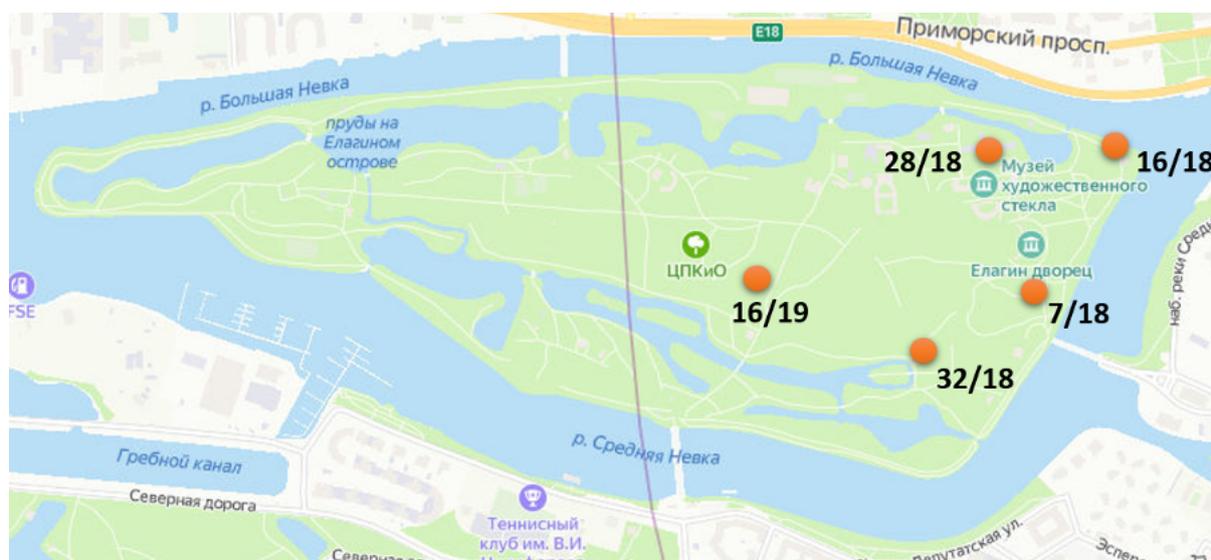


Рис 1. Карта-схема заложения почвенных разрезов на Елагином острове

Мы постарались выстроить эти почвы в своеобразный ряд по увеличению степени антропогенной нагрузки, возникающей от хозяйственной деятельности человека, а затем поставили задачу изучить и сравнить физико-химические свойства этих почв, обращая внимание на виды антропогенных включений. Согласно строению почвенных профилей получился следующий ряд: р.16/19 (почва, расположена рядом с мелиоративными канавами и практически не испытывавшая сильной антропогенной трансформации, т.к. по строению профиля близка к исходной природной почве) – р.32/18 (почва, под газоном, сильно стратифицирована с поверхности) – р. 28/18 (расположена рядом с стекольными мастерскими, имеет с своей толще насыпные горизонты техногенного происхождения) – р.16/18 (искусственно созданная почва для укрепления набережной р. Большая Невка и состоящая из серии насыпных слоев) – р. 7/18 (постагрогенная почва бывшего «собственного сада», стратифицированная с поверхности).

Таким образом, **целью** данной работы было: выявление связи между видом хозяйственной деятельности человека и физико-химическими свойствами почв, а так же наличием и разнообразием почвенных артефактов.

В задачи работы входило:

- изучение физико-химических характеристик выбранных почв (рН, Сорг, наличие карбонатов, гранулометрический состав, валовой химический состав почв);
- определение в почвах валовых и подвижных форм тяжелых металлов (ТМ) – Zn, Pb, Cu;
- изучение видового разнообразия и химического состава артефактов в почвенном крупноземе;

- проведение сравнительной характеристики городских почв, испытывающих разные виды антропогенной нагрузки на примере почв Елагина острова.

Полевые работы проводились в летние сезоны 2018 и 2019 годов. Было заложено 5 разрезов и отобран 21 почвенный образец. В поле было выполнено морфологическое описание почв (гранулометрический состав определен – методом шнура и присутствие свободных карбонатов – по реакции с 10% раствором соляной кислоты). Названия почв давались в соответствии с Классификацией и диагностикой почв России 2004. Наименования антропогенных почв парка даны с учетом новейших разработок в области классификации городских почв России (Прокофьева и др., 2014).

На кафедре почвоведения СПбГУ в лабораторных условиях в почвенных образцах были определены: гигроскопическая влага; потери при прокаливании; органический углерод, методом мокрого сжигания серно-хромовой смесью по Тюрину; подвижный фосфор по методу Олсена; карбонатов гравиметрическим методом; гранулометрический состав методом лазерной дифрактометрии. Анализы выполнены по стандартным методикам (Химический анализ почв, 1995).

Валовые и подвижные формы ТМ в почвах определены методом атомно-абсорбционной спектроскопии в химической лаборатории «ООО ТСК». Определение валового химического состава почв методом рентгенофлуоресцентного анализа выполнено в ресурсном центре СПбГУ «Методы анализа состава вещества» (проект № 108-26842). Микростроение и химический состав артефактов из почвенного крупнозема определены в ресурсном центре СПбГУ «Микроскопии и микроанализа» (проект № 112-26848-879), работы выполнялись с использованием Стереомикроскопа Leica M205 и настольного растрового электронного микроскопа-микроанализатора ТМ 3000 (НИТАСНИ, Япония).

Хочу выразить огромную благодарность за помощь и вклад в мою выпускную квалификационную работу всем сотрудникам кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ, особенно А.Г. Рюмину и А.И. Нуретдиновой, а так же своему научному руководителю А.А. Шешуковой.

Глава 1. История изучения городских почв

Почва, как объект для изучения, интересовала исследователей с давних времен. Одни из первых свидетельств ранних знаний о почвах можно проследить примерно за 6000 лет до древней цивилизации Месопотамии. А наиболее древние системы классификации почв Китая датируются 4000 годом до н.э.. Несмотря на то, что история изучения почв берет начало в глубокой древности, городские почвы продолжительное время оставались без внимания исследователей. Одними из первых стали работы по изучению городских почв, которые проводились в 18 веке в рамках археологических известных европейских памятников. Раскопки кургана коренных американцев в Вирджинии Томаса Джефферсона в 1784 году послужили первым опытом изучения городских почв Соединенных Штатов Америки. Повышенный интерес к изучению воздействия человека на почвы начался в США после Пыльного котла (серии катастрофических пыльных бурь, происходивших в прериях США и Канады в 1930-х), особенно после создания Службы охраны почв в 1935 году. Это стало своеобразным толчком к осознанию потребности в более качественном обследовании почв в городских районах в 1950-х. В то время почвы урбанизированных территорий обычно обозначались просто как «искусственная земля» или «городская земля» на картах почвенной съемки. Первые труды о, посвященные роли человека как фактора почвообразования начали появляться в 1960-х годах, а уже в 70-х годах было опубликовано несколько статей и книг по городской геологии и почвам США. (Howard J., Anthropogenic Soils, 2017)

Считается, что активные исследования городских почв во всем мире началось в 80-х годах XX века после признания их незаменимой роли в функционировании городских экосистем. Таким образом, в почвоведении назрела необходимость понимания важности культурного слоя урбанизированных территорий, который до этого времени называли «почвогрунтом», «городской землей» или просто «земля». Первое определение городской почвы дал американский ученый Бокгейм (Bockheim, Nature and Properties of Highly Distributed Urban Soils, 1974). Согласно ему под городской почвой понимается почвенный материал, содержащий антропогенный слой несельскохозяйственного происхождения толщиной более 50 см, образованный путем перемешивания, заполнения или загрязнения поверхности земли в городских и пригородных территориях. В 80-е годы в городах США, Великобритании, Германии, Польши и других стран одним из активно развивающихся направлений стало изучение городских почв и их картографирование. В конце В 70-х Блюме и Рунде впервые провели подробное исследование городских почв в

западной части Берлина и создали их классификацию (Blume H.P. Classification of soils in urban agglomerations, 1989). Примерно в этот же период стало развиваться урбоэкологическое направление в Германии. В 1987 году была создана специальная Проблемная Группа по городским почвам при Немецком обществе почвоведов (Arbeitskreis Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft), усилиями которой под руководством профессора Вольфганга Бурхардта (Burghardt W., Arbeitskreis Stadtböden. Substrate und Substratmerkmale von Böden der Stadt- und Industriegebiete, 1988) была проведена интенсивная работа по изучению и картографированию почв в городах Германии. Первые публикации этой рабочей группы являли собой различного рода разрозненные сведения о городских почвах, но уже в 1989 году при содействии федерального управления по окружающей среде Германии (Umweltbundesamt) вышли в свет «Рекомендации по почвенному картированию урбанизированных, индустриальных и других преобразованных почв (городских почв)» («Empfehlungen des Arbeitskreis Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden)».) Это послужило основой для начала работ по оценке, характеристике и классификации антропогенных городских почв.

Новой вехой в истории изучения городских почв стало создание рабочей группы по городским почвам Международного союза наук о почве (SUITMA) в 1998. С тех пор ей были организованы и проведены более 20 научных конференций в Германии, Франции, Египте, Китае, США, Марроко и Польше. Деятельность SUITMA направлена на активизацию междисциплинарных исследований свойств, функционирования и эволюции антропогенных почв под воздействием различных факторов городской среды на поддержание их устойчивого развития и усиления роли почвоведения при управлении земельными ресурсами. (Кошилева Н.Е., 2010).

В нашей стране научные исследования городских почв начинали ученые из Московского Государственного Университета им. М.В. Ломоносова. Огромный вклад внесла профессор М.Н. Строганова, которой была проведена большая работа по изучению свойств городских почв Москвы (Строганова М.Н., Почвы Москвы, 1996 год). М.Н. Строганова ввела в современное почвоведение и подробно описала новую группа почв – урбаноземы. Важнейшим достижением является разработка научной концепции городских почв. Было доказано, что существование городской цивилизации приводит к обособлению особых почв, своим формированием «обязанных наряду с естественными общеизвестными факторами почвообразования, непосредственному воздействию городской среды». Особое внимание

получило такое распространенное явление, как запечатывание дневной поверхности под твердыми покрытиями, приводящее к формированию особой группы городских почв – экраноземов (Прокофьева, Городские почвы, запечатанные дорожными покрытиями (на примере г. Москвы): автореферат 1998 год). Урбопочвоведение, в качестве самостоятельного раздела почвоведения, образовалось в 1998 году, когда М.Н. Строгановой была защищена первая докторская диссертация по городским почвам.

Говоря об истории изучения городских почв Санкт-Петербурга, стоит отметить, что внимание на необходимость детального изучения почвенного покрова города еще на заре становления почвоведения как науки обратил ее основатель – В.В. Докучаев. Им была разработана комплексная программа изучения почв города как часть общего плана «естественноисторического, физико-географического и сельскохозяйственного исследования С.-Петербурга и его окрестностей» и презентована на VIII съезде естествоиспытателей и врачей в 1989 году. В рамках данной работы В.В. Докучаевым была разработана комплексная, экологически всесторонняя программа исследований, для осуществления которой он привлек выдающихся деятелей науки того времени А.А. Тилло, А.А. Иностранцева, А.В. Советова, Н.А. Холодковского, А.Н. Бекетова, М.Н. Шмелева, В.Е. Воронцова и Д.П. Коновалова. Они возглавляли различные подкомиссии в рамках реализации этого проекта. Однако работа не была завершена, и практически до конца XX столетия почвенные исследования в Санкт-Петербурге носили эпизодический характер. (Апарин Б.Ф, Сухачева Е.Ю. 2014).

В Санкт-Петербурге так же настоящее время ведется интенсивная работа по созданию теоретических основ учения о городских почвах и их экосистемной роли многими отечественными деятелями науки, огромный вклад в которую внесли ученые СПбГУ, в части сотрудники кафедр почвоведения и экологии почв, агрохимии Апарин Б.Ф, Сухачева Е.Ю., Матинян Н.Н., Надпорожская М.А..

В нашей стране количество докладов, посвященных почвам урбанизированных территорий, на научных форумах различного уровня растет с каждым годом, и на съезде Общества почвоведов им. В.В.Докучаева в 2012 году уже открылся отдельный симпозиум «Почвы урбанизированных территорий и техногенных ландшафтов и их экологогеохимическое состояние».

Что касается почв Елагина острова, то первыми исследованиями городских почв стоит считать работу, проведенную З.Ю. Шокальской в 1925 году. Изучением почв Санкт-Петербурга является перспективным направлением исследования, поэтому в настоящее

время его продолжают ведущие почвоведы Санкт-Петербургского университета Русаков А.В, Бахматова К.А, Апарин Б.Ф, Сухачева Е.Ю. и др.

Интерес исследователей к почвам урбанизированных территорий обусловлен не только их широким распространением, но и рядом особенностей, характерных только для городских почв, причиной возникновения которых являются условия их формирования, значительно отличающиеся от естественных почв.

Выделяют (Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. «Антропогенные почвы», 2019 год) ряд специфичных особенностей городского почвообразования:

1. Характер и структура городского хозяйственного землепользования, отличающиеся от естественных природных территорий;
2. Особый городской микроклимат, эквивалентный широтному сдвигу в южную сторону на 200-300 км;
3. Присутствие насыпных природных субстратов, наличие культурного слоя, а также широкое распространение в них строительно-бытовых включений. При этом наблюдается тенденция увеличения объемов твердых коммунальных отходов в городах (Геологический риск);
4. Изменения видового состава растительности, вызванные особенностями городского микроклимата;
5. Аэрозольное и внутрпочвенное загрязнение химическими веществами разной природы.

Глава 2. Почвы Елагина острова

Природный комплекс «Елагин остров» является памятником природы согласно постановлению Правительства Санкт-Петербурга от 26.06.2012 номер 647. Он расположен в пределах Петроградского района Санкт-Петербурга и объявлен ООПТ в целях сохранения биоразнообразия, создания условий для культурного просвещения, а также для улучшения состояния природных сред в городских условиях. Государственное учреждение культуры «Центральный парк культуры и отдыха имени С. М. Кирова» (ЦПКиО) располагается на территории Елагина острова.

Остров расположен в самой северной части от устья реки Невы. Площадь острова составляет 96,8 га. Наибольшая длина острова с запада на восток составляет 2,1 км, а с севера на юг - 0,75 км. Ближайшими островами является Крестовский и Каменный на юге и юго-востоке, их разделяет река Средняя Невка, на севере Елагин остров омывается рекой Большая Невка, на западе - Финским заливом.

История острова

Первое упоминание острова датируется XVI веком, тогда он носил финское название «Мистула-саари» и находился во владении Московской Руси (Кепсу С. «Петербург до Петербурга», Санкт-Петербург, 2000 год). С начала XVII в. территория перешла под власть Швеции и здесь были расположены первые избы и сенокосные луга.

Дальнейшая история острова развивается во времена благоустройства территории Санкт-Петербурга Петром 1. Сначала территория была покрыта заболоченным лесом. Первым хозяином острова в 1709 году был барон Петр Павлович Шафиров. Далее владельцы на протяжении XVIII века неоднократно менялись, как и название острова. На карте Петербурга 1703 года (Рис. 2) остров значился как Мишин или Михайлин.



Рис 2. Михайлин остров на карте Петербурга 1703 года

Свое нынешнее название остров получил по имени своего пятого владельца — обер-гоф-мейстера Екатерины II, И. П. Елагина. Все владельцы старались благоустроить территорию острова и возводили различные сооружения, включая оранжереи, создавали сады и огороды. Для защиты острова от наводнений и для дополнительного осушения земель были созданы по инициативе И. П. Елагина пруды и два канала, которые были расположены с севера на юг, берега были укреплены насыпью из земли высотой более двух метров и была построена набережная из камня (Природа Елагина острова. Ред. Е.А. Волкова, Г.А. Исаченко, В.Н. Храмцов, Санкт-Петербург, 2007 год).

Следующим владельцем стал граф Г. В. Орлов в 1807 году, который уделял внимание благоустройству парка и оранжереям. В 1817 году остров был куплен Кабинетом Его Императорского Величества и стал собственностью вдовы Павла I, Марии Федоровны.

Для Елагина острова наступила новая глава в его истории, так как на следующие сто лет он перешел во владение русского императорского дома. По инициативе императора Александра I на территории острова была устроена летняя резиденция, которая потребовала значительные изменения и строительство новых зданий. Произошла перепланировка парка, оборудована оранжерея и построен дворцовый ансамбль, создана система прудов (Рис. 3), была произведена высадка тысячи деревьев, что создало густую сеть аллей. Площадь острова увеличилась за счет создания земляных валов с откосами по берегам. В целях повышения поверхности заболоченные места были засыпаны выкопанным грунтом.



Рис 3. Система прудов Елагина острова на карте 1828 года.

Финальное строительство загородной царской резиденции было завершено в 1826 году. Главным архитектором был К. И. Росси, созданный им ансамбль состоял из здания дворца, оранжереи, парков и парковых павильонов.

На протяжении ста лет остров оставался во владении Романовых и был местом отдыха императорской семьи. Однако постепенно остров превращался в общественное место для прогулок и праздников. В 1918 г. ансамбль Елагинского острова был взят под государственную охрану, был создан музей. В 1924 году произошло наводнение, в результате которого была размыта западная оконечность острова. Для устранения последствий природной катастрофы были проведены работы по укреплению берегов сваями и повышению поверхности за счет сооружения террас. К 1926 году был окончательно восстановлен облик Западной стрелки, спроектированной 100 лет назад К. Росси и Дж. Бушем.

В 1929 г. елагиноостровский музей был замещен ВНИИ защиты растений. Центральный парк культуры и отдыха им. С.М. Кирова был создан в 1931 году. После этой даты начались работы по благоустройству острова. Они состояли из реставрации всех зданий, очистке внутренних водных объектов, укреплению дорог и посадке цветов. Созданы новые деревянные постройки.

Во время Великой Отечественной войны дворцово-парковый ансамбль острова сильно пострадал: Елагинский дворец был разрушен вместе с парковыми павильонами. Сразу после окончания войны начались восстановительные работы и уже в 1961 году был открыт для первых посетителей. Однако в результате того, что парк стал активной зоной отдыха горожан ландшафту парка был нанесен значительный ущерб. Новые работы по воссозданию парка в историческом виде начали в 1980-х годах. Начался снос построек и аттракционов, а также вновь были проведены работы по укреплению берегов в западной части острова и была произведена реставрация набережных.

В советском периоде ЦПКиО им. С.М. Кирова был местом досуга и отдыха населения в соответствии с идеологией того времени и обладал достаточной для осуществления этих целей материальной и технической составляющей. Последнее десятилетие XX века внесли свои коррективы, так это был тяжелый период в жизни страны, что отразилось на парке. К 2000 году многие исторические постройки требовали реставрации и ремонта, были повреждены дороги, дренажная система, техническая составляющая не соответствовала требованиям, а растительные насаждения росли без человеческого ухода. Статус парка для Елагина острова стоял под вопросом. Однако, несмотря на попытки застройки города на этой

территории, ЦПКиО им. С.М. Кирова сохранил свой статус и целостность. Это было переломным достижением в 1990-е годы. Правительства Санкт-Петербурга в 2001 году утвердило сохранение парка и с этого момента начались новые работы по развитию комплекса. Центральным проектом стала Концепция развития, которая отразила необходимые цели по сохранению территориальной целостности ансамбля парка и дворцов, а также необходимость развития социальных, культурных, спортивно-оздоровительные, природно-экологические, просветительские видов деятельности. Парк начал постепенно приобретать должный вид.

В 2006 году Правительством Санкт-Петербурга было принято Постановление «О плане мероприятий по развитию паркового хозяйства на территории Елагина острова». Этот документ стал началом работ по восстановлению, реставрации, реконструкции и воссозданию ландшафта и природной среды парка. Основной объем работ был выполнен к 2012 году. Была проведена реставрация фасадов основных зданий, выполнены работы по инженерному обеспечению: налажены системы водоснабжения, канализации и освещения; проведены ландшафтные работы: улучшилось качество газонов, была произведена вырубка и лечение старых деревьев, берега прудов были укреплены, сами пруды подверглись очистке. К 2018 году был произведен ремонт деревянных сооружений начала XIX века.

Сегодня Центральный парк культуры и отдыха им. С.М. Кирова это комплекс, который занимает всю территорию Елагина острова общей площадью 96 гектаров. Парк предназначенный для культурных, развлекательных, природоохранных и спортивно-оздоровительных целей. Благодаря сохранившемуся историческому парку Елагин остров обладает двумя статусами - памятника архитектуры федерального значения и особо охраняемой природной территории согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 10 июля 2001 года и Постановлению Правительства Санкт-Петербурга № 647 от 26 июня 2012 года соответственно.

В настоящее время на территории Елагина острова расположен Елагинский дворец, различные павильоны, оранжерея и парк (Рис. 4).

Елагин остров



Рис 4. Территория Елагина острова

Глава 2.1. Факторы почвообразования на Елагином острове

Климат

Климат Санкт-Петербурга умеренный, является переходным от морского к континентальному. Морской климат придает большую относительную влажность воздуху в течение всего года. Такой климат характеризуется умеренно теплым летом и умеренно холодной зимой с выраженной циклонической деятельностью и частыми вторжениями теплых воздушных масс, вызывающих оттепели (Даринский А.В. География Ленинграда, Лениздат, 1982 год).

За год в Санкт-Петербурге бывает в среднем 75 солнечных дней. В остальные дни облачная погода с рассеянным освещением. Продолжительность дня в Санкт-Петербурге меняется от 5 часов 51 минуты в зимнее солнцестояние до 18 часов 50 минут в летнее солнцестояние. Белые ночи наблюдаются в период с 25 мая по 27 июля. Прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность при ясном небе начинается от 25 МДж/м² в декабре и заканчивается 686 МДж/м² в июне. Облачность уменьшает этот показатель. Среднегодовая суммарная радиация 3156 МДж/м².

Информацию о климате Елагина острова предоставляет гидрометеорологическая обсерватория Санкт-Петербурга, которая расположена на Аптекарском острове на абсолютной отметке 2 м. Однако опубликованные данные датируются в 1960-х годах, а за последние десятилетия средняя температура воздуха в холодные месяцы повысилась на 0,5-1,5 °С.

Расположенный рядом Финский залив влияет на годовой и суточный ходы температур, это проявляется в уменьшении годовой и суточной амплитуды температур, удлинении безморозного периода, и увеличении скоростей ветра. Абсолютный минимум температуры был зафиксирован на отметке в -36 °С, а абсолютный максимум – на отметке в +33 °С. Средняя многолетняя продолжительность безморозного периода составляет периода 157 суток.

В приморской части Санкт-Петербурга выпадает в среднем 673 мм осадков в год, большая часть которых приходится на летний период с апреля по октябрь (434 мм). Снежный покров наблюдается в течении 133 дней. Относительная влажность воздуха высокая, с

сентября по февраль не опускается ниже 80% и достигает максимума в декабре (88%). Минимум отмечается в мае и июне (66 и 68 % соответственно).

Ветры в зимний период имеют южные и юго-западные направления, летом – западные, северо-восточные и юго-западные.

Геологическое строение

Остров входит в часть территории Приневской низины Балтийского Ладожского округа южно-таежной подпровинции Северо-Западной ландшафтной области Русской равнины. Состоит из осадочных пород верхнего протерозоя и нижнего и среднего кембрия (Геологический атлас Санкт-Петербурга/ Отв. Ред. Н.Б. Филиппов, Санкт-Петербург, 2009 год).

Кристаллический фундамент залегает на глубинах 220–230 м. Далее идет слой коренных осадочных пород, который представлен плотными зеленовато-серыми глинами котлинского горизонта вендской системы верхнего протерозоя. На глубине в 40-50 метров предыдущие слои перекрываются мощной толщей четвертичных отложений, состоящих из трех слоев морены, межледниковых, поздне- и послеледниковых осадков. Наиболее молодыми четвертичными осадками являются отложения Литоринового моря (мощностью 2-3 м) которые представлены мелко- и среднезернистыми безвалунными песками и супесями, местами заиленными.

Рельеф

Поверхность Елагина острова слабоволнистая, представляет собой аккумулятивную террасу с диапазоном абсолютных высот от 0 до 3,4 км (Атлас особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга/Отв.Ред. В.Н. Храмцов, Т.В. Ковалева, Н.Ю. Нацваладзе, Санкт-Петербург, 2013 год). Высокие отметки достигаются в следствии значительных насыпных работ, изначально высота острова над уровнем море не превышала двух метров. Небольшие повышения и береговые валы также антропогенного происхождения, предположительно из грунта, извлеченного при строительстве прудов.

К немногочисленным формам рельефа также относится искусственная альпийская горка, расположенная недалеко от Елагина моста, который выложен обломками известняка и окружен посадками туй.

Значительную часть площади занимают выложенные участки с насыпным гравием или песком без растительного покрова. Эти площадки предназначены для спортивных, культурных и хозяйственных целей. Есть площадки, покрытые асфальтом.

Практически весь берег Елагина острова образован в ходе многочисленных насыпных работ по укреплению острова. Они выложены песчаными откосами (крутизной 7—8°) и засеяны газоном. Нижняя часть откосов укреплена гранитной набережной шириной до 0,5 м.

Берег естественного происхождения остался лишь в юго-западной части острова в месте расположения пляжа. В районе Стрелки имеются береговые откосы, которые облицованы булыжником.

К отдельному типу местоположений отнесены капитальные постройки — дворец, здания оранжерей, хозяйственных корпусов, павильонов и т. д.

Поверхностные воды

Водная система острова представлена прудами, которые соединены каналами: пять прудов находятся в северной части острова и образуют северную цепь и четыре в южной части – южную (<http://elaginpark.org/>). Общая площадь (20 га) этой системы занимает одну пятую часть острова. В настоящее время существует комплекс защитных сооружений, в него входят дамба и водопропускные устройства канала, благодаря которым контролируется уровень воды в прудах. До существования этих систем Елагин остров неоднократно подвергался затоплению, которые приводили к разрушению сооружений и приносили ущерб парку.

Реки, омывающие Елагин остров (Большая и Средняя Невки) относятся к IV классу чистоты (загрязненные водоемы). Донные отложения представлены песчаными осадками. Содержание тяжелых металлов в донных осадках следующие: средние содержания Ni и Cu не превышают фоновые значения, концентрации Zn и Cr повышены по отношению к фону в 3—5 раз, концентрации Cd и Hg превышены относительно фонового значения в 5—20 раз.

Растительность

Изначально, по планам острова в XVIII в., он был покрыт заболоченным лесом с черной ольхой, устойчивой к затоплениям, и елью на возвышенностях (Атлас особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга/ Отв.Ред. В.Н. Храмцов, Т.В. Ковалева, Н.Ю. Нацваладзе, Санкт-Петербург, 2013 год). В настоящее время видовой состав

растительность претерпел многочисленные изменения, однако по прежнему на острове сочетаются естественные еловые, березовые и черноольховые сообщества вместе с антропогенными насаждениями кустарников, широколиственных и лиственных деревьев и разнотравных полей. Видовое разнообразие обусловлено в основном деревьями и кустарниками, травяное разнообразие небольшое.

Древесные насаждения в основном представлены в смешанном видовом составе. В них принимают участие от 4 до 9 пород деревьев. Местные виды представлены следующими представителями: дуб черешчатый (*Quercus robur*), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*), клен остролистный (*Acer platanoides*), береза повислая (*Betula pendula*), липа сердцелистная (*Tilia cordata*), рябина (*Sorbus aucuparia*), черемуха (*Padus avium*), ольхи черная и серая (*Alnus glutinosa*, *A. incana*); из хвойных – ель европейская (*Picea abies*) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*). Помимо местных видов на территории острова встречаются деревья-интродуценты: липы плосколистная (*Tilia platyphyllos*) и гибридная (европейская) (*T. euro paea*), ясени пенсильванский (*Fraxinus pennsylvanica*) и ланцетнолисточковый (*F. lan ceolata*), конский каштан (*Aesculus hippocastanum*) и др. У прудов и каналов растут ивы: ломкая (*Salix fragilis*) и белая, или ветла (*S. alba*). Интродуценты среди хвойных представлены лиственницами сибирской (*Larix sibirica*), архангельской (*L. archangelica*), европейской (*L. decidua*) и американской (*L. laricina*). Среди посадок встречается ель – голубая (*Picea pungens*), сибирская (*P. obovata*), Энгельмана (*P. engelmannii*) и сосны – веймутова (*Pinus strobus*), реже балканской (*P. peuce*) и сибирской (*P. sibirica*).

Под древесными насаждениями иногда развит ярус из кустарников который чаще всего представлен спиреей дубровколистной (*Spiraea chamaedrifolia*), свиной белой и отпрысковой (*Swida alba*, *S. sericea*). Чаще всего встречаются калина обыкновенная (*Viburnum opulus*), бузина красная (*Sambucus racemosa*), роза коричная (*Rosa majalis*), жимолость обыкновенная (*Lonicera xylosteum*). Единично можно встретить лещину (*Corylus avellana*) и ивы: *Salix caprea*, *S. cinerea*, *S. phy licifolia*, *S. viminalis*.

В травяном покрове преобладает сныть (*Aegopodium podagraria*), луга представлены злаками: ежа (*Dactylis glomerata*), кострец (*Bromopsis inermis*), лисохвост (*Alopecurus pratensis*), овсяница красная (*Festuca rubra*), овсяничник луговой (*Schedonorus pratensis*), мятлик луговой (*Poa pratensis*); разнотравьем – лютик золотистый (*Ranunculus auricomus*), клеверы луговой и ползучий (*Trifolium pratense*, *T. repens*), горошек заборный (*Vicia sepium*), купырь (*Anthriscus sylvestris*), манжетка (*Alchemilla vulgaris*).

На прибрежных территориях встречаются прибрежно-водные сообщества, представленные следующими видами: осокой острой (*Carex acuta*), манником большим (*Glyceria maxima*), камышовником лесным (*Scirpus sylvaticus*), таволгой (*Filipendula ulmaria*), тростником (*Phragmites australis*).

Глава 2.2. Свойства почв, испытывающих разную антропогенную нагрузку

Все антропогенные почвы парка объединяет то, что они сформированы в насыпанном материале. Если мощность насыпки менее 40 см, а ниже залегает природная почва, то она классифицируется как стратифицированная. В случае, если мощность насыпной толщи превышает 40 см, то выделяются стратоземы и урбостратоземы (Прокофьева и др., 2014). И стратоземы, и урбостратоземы относятся к синлитогенному стволу почвообразования, объединяющему почвы, в которых процессы почвообразования и формирования почвообразующей породы (в данном случае – культурного слоя) происходят. Урбостратоземы – почвы, профиль которых состоит из серии насыпных органо-минеральных горизонтов. Диагностическим для урбостратоземов является поверхностный горизонт урбик (UR), со значительным содержанием строительного и бытового мусора (более 10%). Горизонт урбик имеет признаки слоистого сложения / опесчаненности / гравелистости. Для него типична нейтральная или щелочная реакция среды. Мощность горизонта урбик больше 5 см, если он подстилается срезанными природными субстратами или техногенными отложениями, и не менее 40 см, если он подстилается естественными почвенными горизонтами. Если урбостратоземы подстилаются техногенными грунтами, то в этом случае выделяются урбостратоземы техногенные. Техногенный горизонт (ТСН) – это техногенные отложения, насыпной субстрат, созданный или модифицированный деятельностью человека, обладающий повышенной плотностью и твердостью и содержащий антропогенные включения.

Благодаря наличию стратифицированных и урбостратифицированных горизонтов городские почвы могут иметь высокие концентрации ряда химических элементов. Так, например, высокое содержание меди связано с медеплавильным, ювелирным, монетным производствами, мышьяка – с кожевенным или красильным производством. Накопление свинца связано с красильным производством, изготовлением красок, художественными промыслами, изготовлением посуды, стекла. (Каздым, 2006). В городских почвах обычно высокое содержание фосфора, натрия, калия, кальция, магния. Высокие концентрации фосфора связаны в основном с разложением органического вещества, бытовых отходов; кальций и магний поступают из различного строительного материала (известняка, строительного раствора, цемента, бетона). Калий и натрий накапливаются вследствие

разложения органического вещества, в основном древесины, а кроме того калий поступает из золы.

В данной главе приводится последовательное описание изученных свойств почв острова, выстроенных в ряд по степени увеличения антропогенной нагрузки, возникающей в результате хозяйственной и бытовой деятельности человека. Особое внимание мы постарались уделить изучению антропогенных включений в почвах.

Разрез 16-19 Е:

N 58°58'44.5" E 30°15'38.3"

Понижение, окруженное канавами. Поляна среди деревьев: старые высокие березы, сосны, ели, в подлеске – черемуха, клен, рябина. Разнообразный травянистый покров: сныть, гравилат, кислица, звездчатка средняя, крапива, герань лесная, хвощ, папоротник, единичные злаки. На почве – сплошной ковер из зеленого мха.

Почва: темногумусовая глееватая легкосуглинистая на литориновых супесях.



Рис. 5. Место заложения разреза



а



б



в

Рис. 6. Профиль почвы (а); червоины в горизонте AU (б) и ACf (в)

Почва не имеет признаков антропогенной трансформации, за исключением, предположительно, улучшенного дренажа. Вероятно, до создания парка здесь была темногумусово-глеевая почва, но благодаря работе мелиоративной системы интенсивность переувлажнения и глеевого процесса снизились, что способствовало оструктуриванию верхнего горизонта, появлению в нем осветленных минеральных зерен, а в средней части профиля – развитию диффузных охристых пятен окисленного железа.

AU 0-18 см Темно-серый, свежий, хорошо оформленная крупно-комковатая структура, легкосуглинистый, уплотненный. Много осветленных минеральных зерен. Пронизан корнями. Очень много червей и их ходов, пронизывающих весь горизонт. Антропогенных включений нет, переход постепенный по окраске.

АС 18-29 см Очень пестрый: на фоне бежевой супеси очень много темных червороин, свежий (влажнее предыдущего), структура крупнокомковатая, хуже выраженная, чем в верхнем горизонте. Переход ясный по цвету, граница ровная, нарушенная червороинами.

С 29-45(54) см Светло-охристый, рыхлый, среднезернистый песок, встречаются более светлые и более охристые пятна. Влажный, бесструктурный.

Сg 45(54)-90 см Сизая литориновая супесь, влажная, плотнее предыдущего горизонта. Встречается выветрелый щебень гранита. Ожелезнение по ходам корней.



Рис. 7. Железистые диффузные пятна и ожелезнение по ходу корня в горизонте С1f

Таблица 1. Физико-химические свойства почв

Горизонт	рН, Н2О	рН, КСl	С, %	Р, мг/кг	ГВ%	ППП, %
AU 0-18 см	5,5	4,3	4,01	19,91	1,15	7,59
АС 18-29 см	5,5	4,1	1,64	2,31	1,19	8,23
С 29-45(54) см	5,8	4,2	0,14	15,58	0,23	3,12
Сg 45(54)-90 см	5,8	4,5	0,17	9,81	0,07	0,90

Почва обладает кислой реакцией среды; содержание углерода наибольшее в верхнем горизонте AU и понижается с глубиной; карбонатные включения отсутствуют. Содержание фосфора минимально в горизонте АС, а максимально в горизонтах AU и С.

Таблица 2. Гранулометрический состав темногумусовой глееватой легкосуглинистой на литориновых супесях

Фракции	>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	Грансостав
Название	Содержание, %						
AU 0-18 см	25,70	37,35	24,41	5,84	6,14	0,56	Супесь
AC 18-29 см	25,92	35,99	23,78	6,33	6,91	1,07	Супесь
C 29-45(54) см	54,69	42,30	2,12	0,09	0,79	0,00	Песок рыхлый
Cg 45(54)-90 см	1,60	94,69	3,70	0,00	0,00	0,00	Песок рыхлый

Преобладают фракции физического песка, фракции физической глины минимальны, а в образе Cg полностью отсутствуют.

Таблица 3. Результаты силикатного анализа почвенного мелкозёма, % на воздушно-сухую навеску

Горизонт	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	TiO ₂	SO ₃	P ₂ O ₅	ZrO ₂	SrO	Rb ₂ O	Na ₂ O
AU	71,897	16,221	4,790	2,786	1,947	0,851	0,735	0,473	0,172	0,075	0,037	0,015	0,241
AC	72,991	17,823	3,114	2,700	1,379	0,921	0,695	0,279	0,069	0,052	0,032	0,013	0,241
C	79,536	13,052	0,941	2,245	0,715	0,633	0,175	2,670	0,069	0,003	0,023	0,010	0,241
Cg	79,562	13,617	0,981	2,690	0,884	0,743	0,246	0,187	0,069	0,038	0,029	0,012	1,011

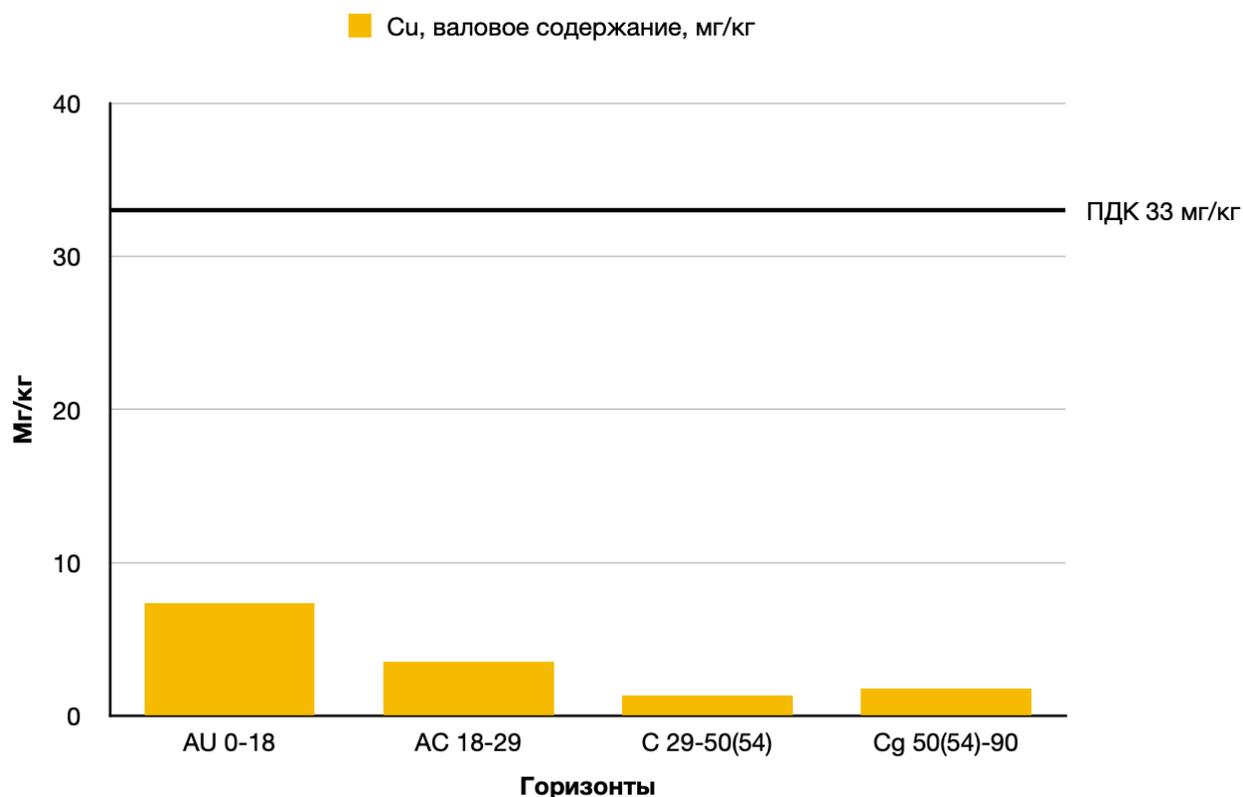
Результаты силикатного анализа (таблица 3) наглядно показывают, что почвенная толща делится на верхнюю и нижнюю части. Верхние темногумусовый и переходный к породе горизонты содержат относительно породы (литориновая супесь) повышенные количества - Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, TiO₂, ZrO₂ и и меньшие количества SiO₂. Содержание K₂O примерно равномерно по всему почвенному профилю. Такое распределение элементов свидетельствует о литологической неоднородности почвенной толщи – верхние горизонты являются насыпными для данной почвы. Для самого верхнего горизонта AU отмечается повышенное содержание P₂O₅, относительно остальных

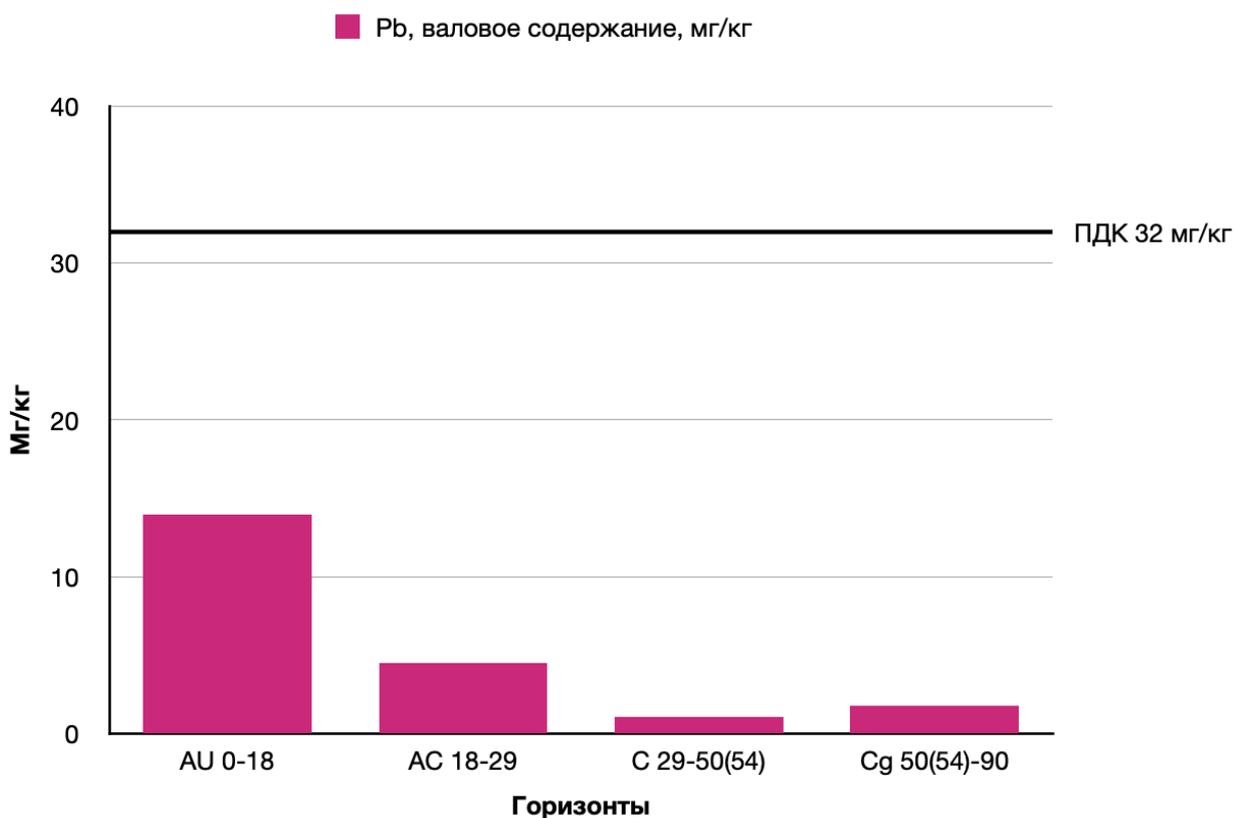
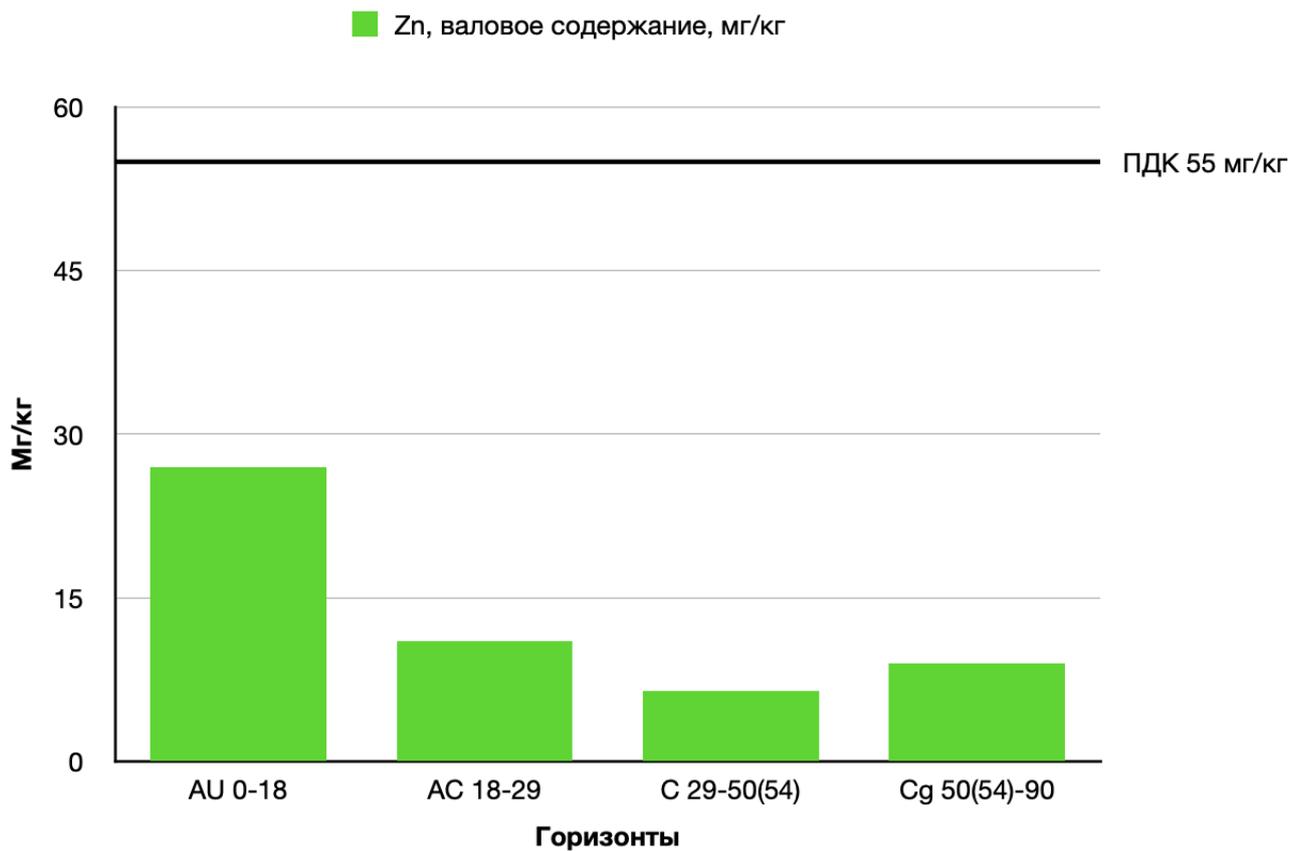
горизонтов, что связано с максимальным содержанием почвенного органического вещества в этом горизонте. А максимальным количеством Na_2O выделяется нижний почвенный горизонт Cg.

Таблица 4. Микроэлементы в почве

Горизонт	Cu, валовое содержание, мг/кг	Cu, подвижные формы, мг/кг	Zn, валовое содержание, мг/кг	Zn, подвижные формы, мг/кг	Pb, валовое содержание, мг/кг	Pb, подвижные формы, мг/кг
AU 0-18 см	7,34	0,56	27	7,7	14	4,4
AC 18-29 см	3,56	0,17	11	0,9	4,5	1,1
C 29-50(54) см	1,3	0,19	6,5	0,28	1,1	0,0
Cg 50(54)-90 см	1,8	0,30	9	0,00	1,8	0,1

Все концентрации находятся в пределах норм ПДК (Нормы ПДК: Cu= 33мг/кг; Zn= 55 мг/кг; Pb= 32 мг/кг). Подвижные формы Cu примерно 1/10 от валовых; подвижные формы Zn примерно 1/8 от валовых, а подвижные формы Pb примерно 1/4 от валовых.





Состав почвенного крупнозема (>1 мм):

На рисунках представлены фотографии и химический состав частиц из почвенного крупнозема, полученные с помощью бинокля Leica и сканирующего электронного микроскопа Hitachi (использовано оборудование ресурсного центра Микроскопии и микроанализа СПбГУ)

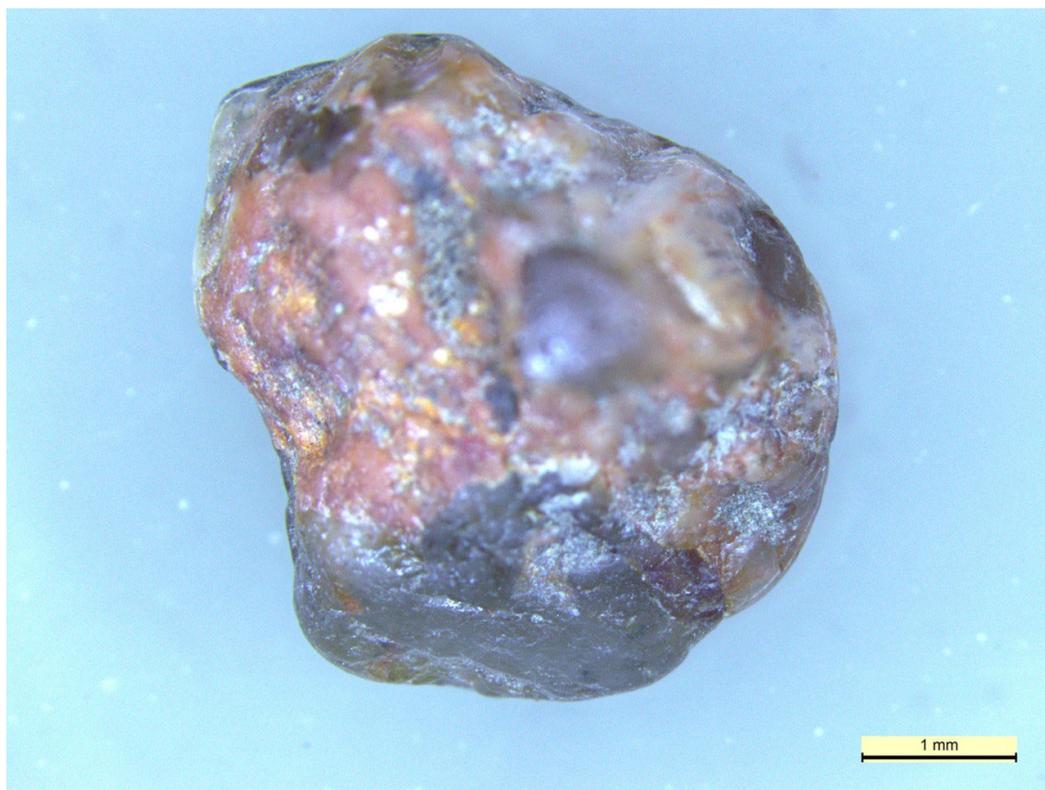


Рис. 8. Фото полевой шпат из горизонта AU

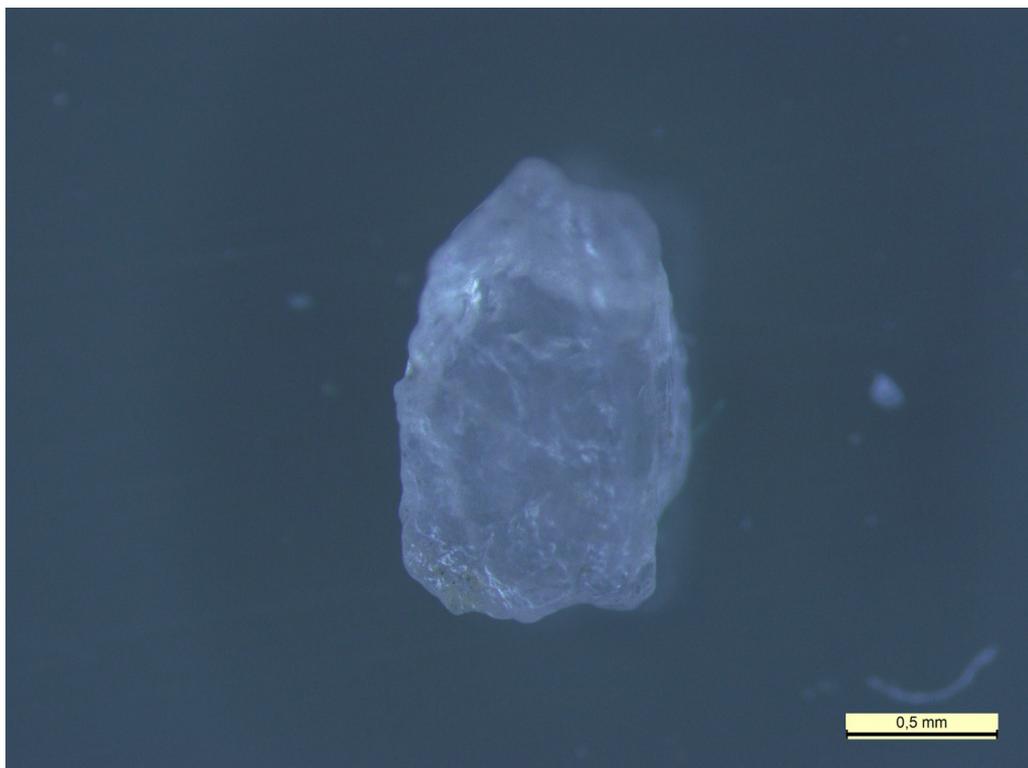


Рис. 9. Фото кварца из горизонта AU



Рис. 10. Фото фрагмента шлака из горизонта

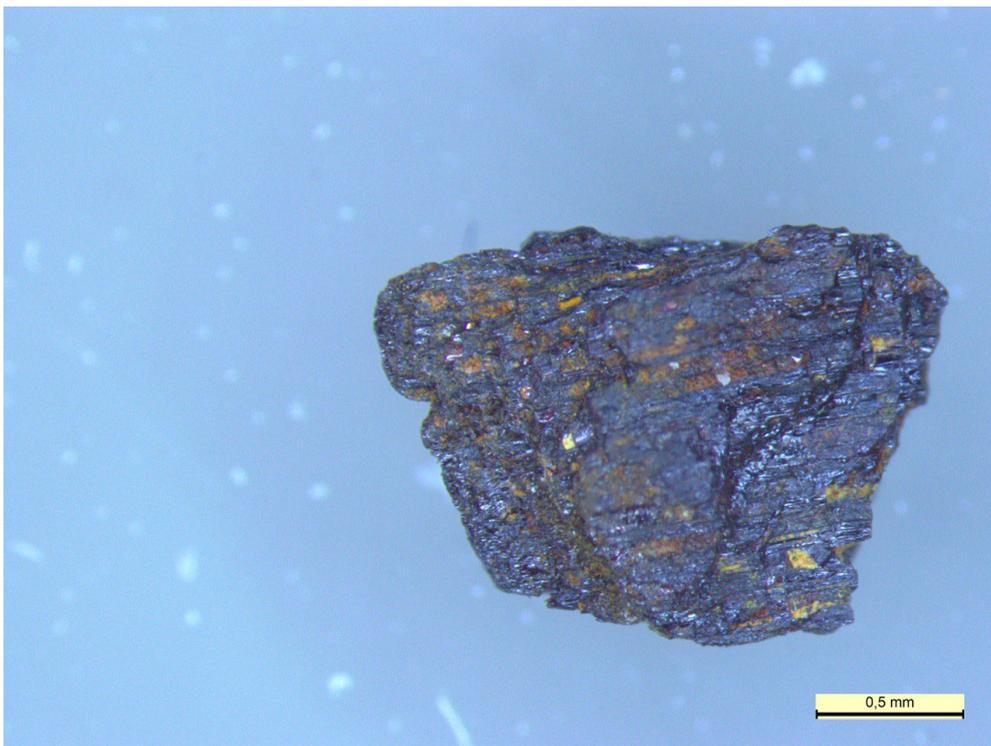


Рис 11. Фото каменного угля из горизонта АС

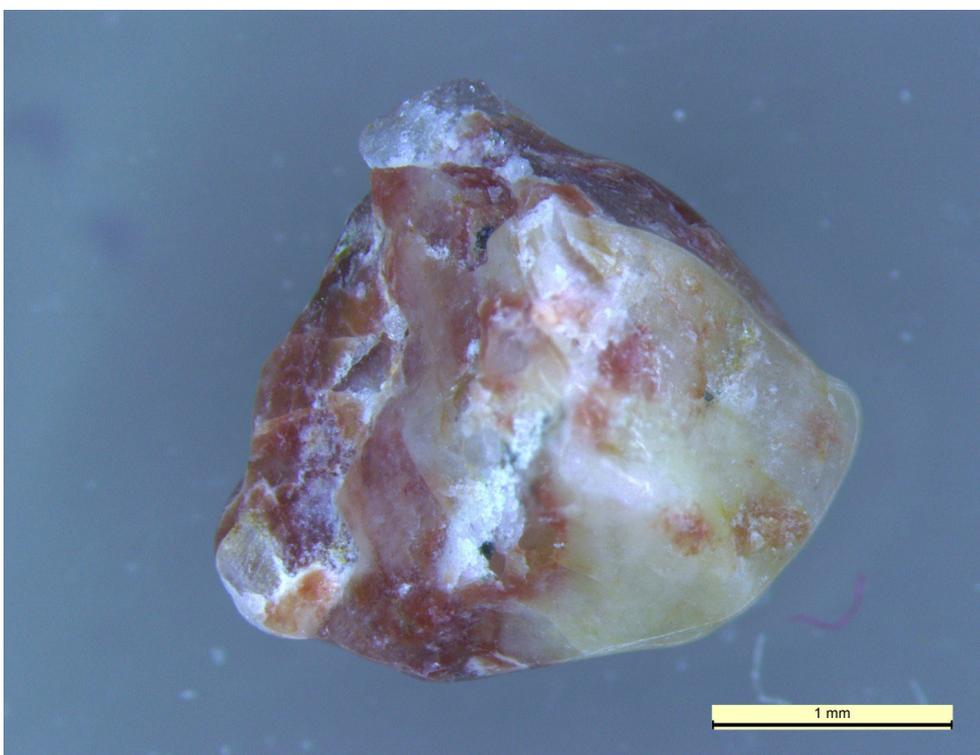


Рис 12. Фото полевого шпата из горизонта Сg

Разрез 32-18 Е:

N59°58'39.0'' E 30°15'57.3''

2-й Южный пруд. Ровный участок. Газон с деревьями. Разрез заложен под кустом свида красной, рядом – дуб, вяз, черемуха. На почве лежит прошлогодний опад. Травянистые растения: звездчатка средняя, мятлик, луговик, сныть.



а



б



г



в

Рис. 13. Место заложения разреза (а); профиль почвы (б); ожелезнение по ходам корней (в) и корневины (г) в горизонте Dg,hi.

Почва: Стратозем серогумусовый урбистратифицированный глееватый карбонатсодержащий маломощный супесчаный, подстилаемый литориновыми супесями.

Почва содержит немного антропогенных включений, хотя насыпная толща превышает 50 см. Нижняя часть профиля оглеена, по ходам корней, по которым в переувлажнённый горизонт проникает кислород, наблюдается окисление железа

RY1ur, ca 0-7 см Темно-серый (на солнце блестят частицы слюды), свежий, структура непрочно-комковатая, супесчаный, уплотненный, единичные мелкие кусочки кирпича, густо пронизан корнями, вскипает от кислоты. Переход заметный по плотности и количеству включений.

RY2ur, ca 7-20 см Неоднородно окрашен: серый с белесоватыми и охристыми пятнами, плотнее предыдущего, супесчаный, свежий. Структура непрочно-ореховатая. Включения – единичный щебень гранита, осколки кирпича. Вскипает от кислоты. Переход постепенный по цвету.

RY3ur, ca 20-50(54) см Серый с желтовато-бурым оттенком, влажный, уплотненный, но рыхлее предыдущего, включения свежей желтоватой супеси, структура ореховато-комковатая. Встречаются охристые пятнышки. Каменистые включения: дресва гранита, единичные осколки старого красного кирпича. Корни. Вскипает от кислоты. Переход ясный по цвету, граница волнистая.

D1g 50(54)-64 см Бежевый с охристыми и сизыми пятнами, пылеватая супесь, более влажный и менее плотный, чем предыдущий. Корневины, ожелезнение по ходам корней.

D2g 64-80 см Бежевый с сизыми пятнами, ожелезнение по ходам корней, пластичная пылеватая супесь. Включений нет.

Таблица 5. Физико-химические свойства почвы

Горизонт	pH, водный	pH, KCl	CaCO ₃ , %	C, %	C (P), мг/кг	ГВ	ППП, %
RY1ur, ca 0-7 см	6,2	5,6	—	3,52	48,77	1,81	10,06
RY2ur, ca 7-20 см	7,0	—	2,52	1,65	22,80	0,80	5,71
RY3ur, ca 20-50(54) см	7,0	—	1,33	0,72	21,36	0,53	3,81

D1g 50(54)-64 см	7,2	—	1,95	0,15	8,37	0,43	0,79
D2g 64-80 см	7,2	—	1,94	0,05	11,26	0,66	0,25

В верхнем горизонте кислая реакция среды, а в остальных- нейтральная. Включения карбонатов начинаются с горизонта RY2ur, ca и дальше по глубине. Максимальное содержание углерода в горизонте RY1ur, ca, а наименьшее в горизонте D2g. Наибольшее содержание фосфора в горизонте RY1ur, ca, наименьшее- D1g.

Таблица 6. Результаты силикатного анализа почвенного мелкозёма, % на воздушно-сухую навеску

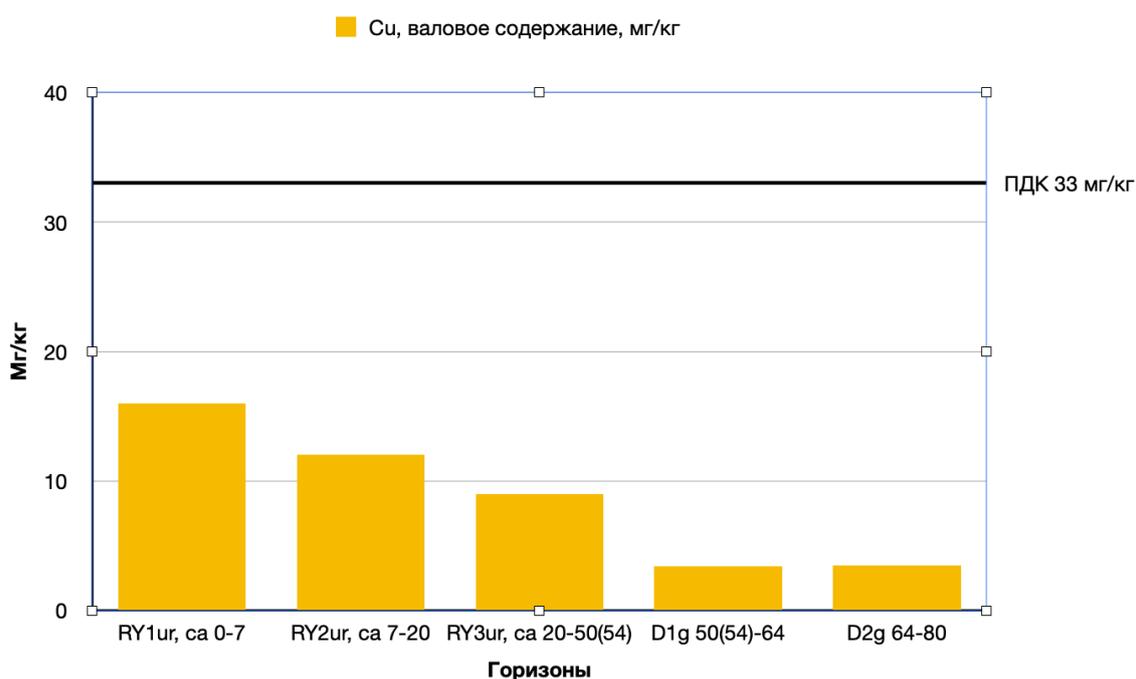
Гори зонт	SiO2	Al2O 3	Fe2O 3	K2O	CaO	MgO	TiO2	ZnO	P2O5	ZrO2	SrO	MnO	Na2 O
RY1u r, ca	65,311	16,268	5,769	3,444	4,626	1,304	0,765	0,115	0,459	0,083	0,051	0,081	0,988
RY2u r, ca	71,069	16,103	4,152	3,219	2,892	1,280	0,629	0,060	0,069	0,063	0,043	0,065	0,241
RY3u r, ca	71,630	16,676	3,267	3,091	2,272	1,141	0,602	0,029	0,069	0,063	0,033	0,65	0,924
D1g	75,588	16,441	1,973	2,758	1,490	1,026	0,482	0,029	0,069	0,064	0,029	0,065	0,241
D2g	75,505	15,612	1,857	2,727	1,373	0,973	0,428	0,029	0,069	0,072	0,031	0,065	1,227

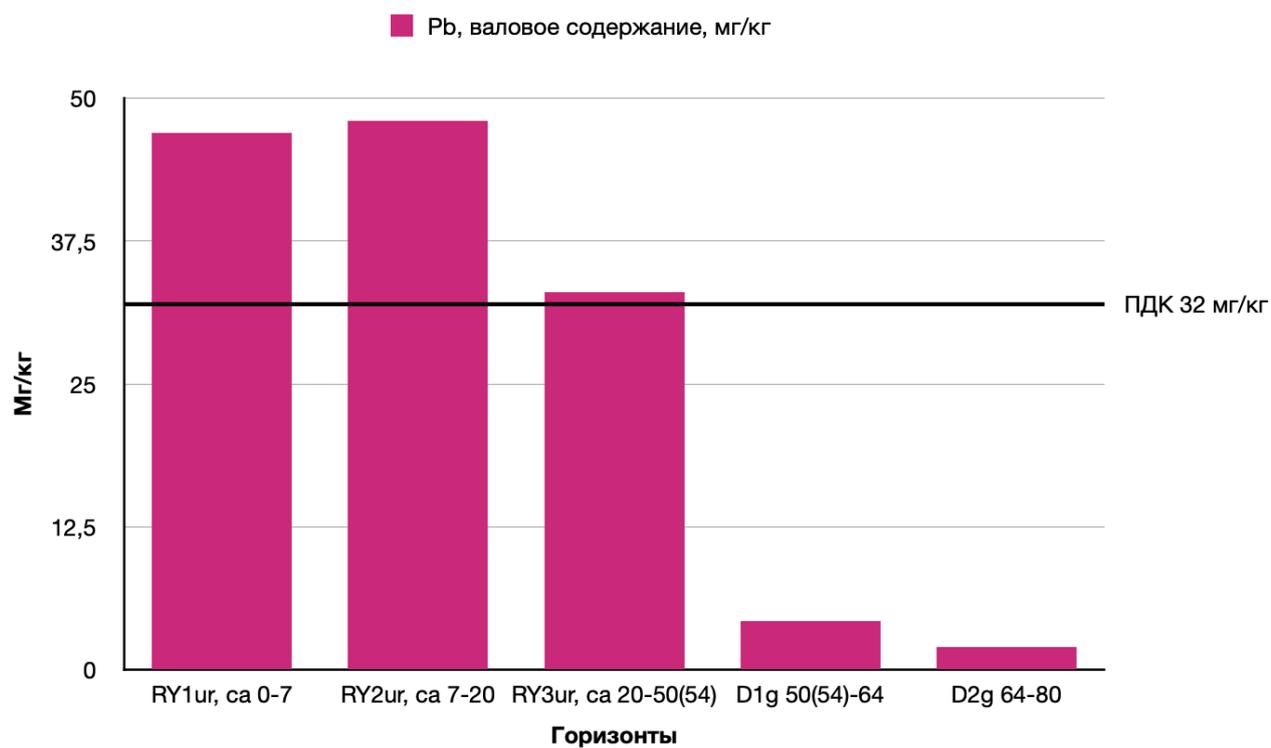
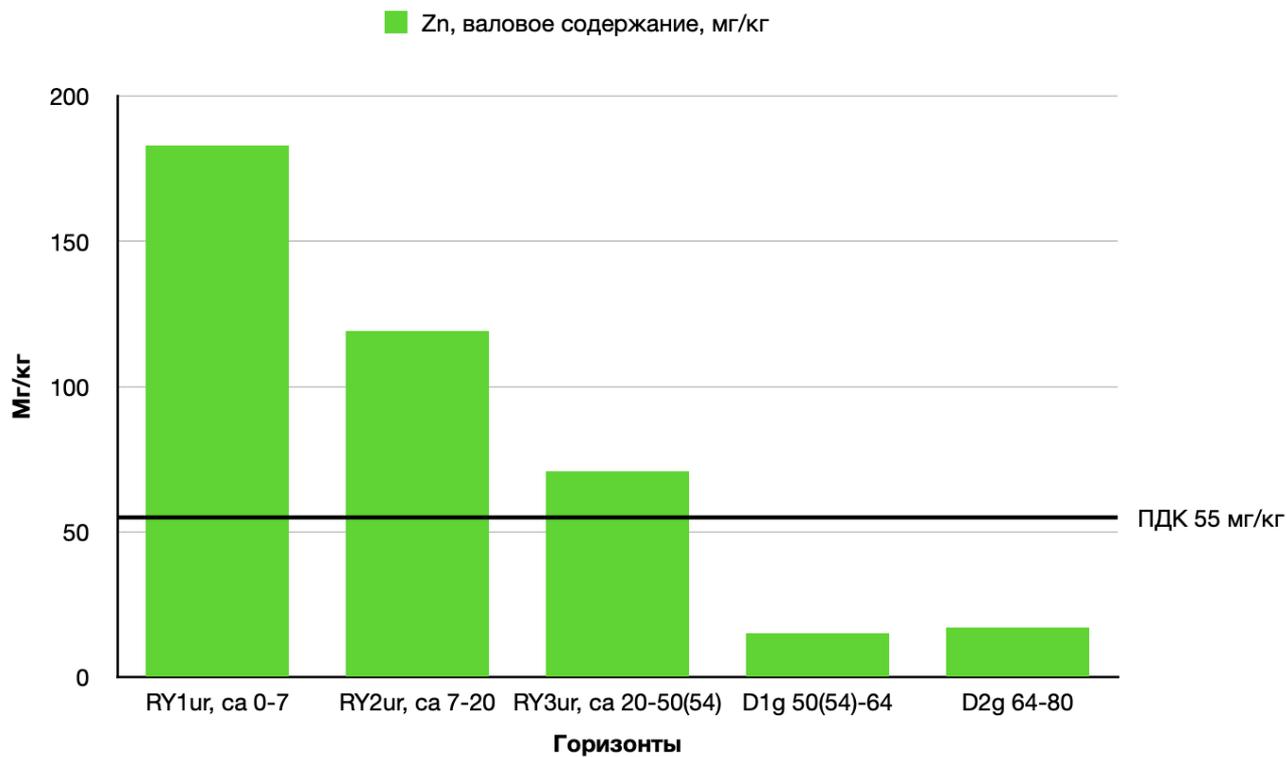
Результаты силикатного анализа (таблица 6) позволяют провести четкую границу между насыпной толщей – горизонты RY1ur, ca, RY2ur, ca, RY3ur, ca и исходным почвенным материалом – горизонты D1g и D2g. Верхняя насыпная толща, относительно нижней, обогащена Fe2O3, K2O, CaO, TiO2. Так же как и в предыдущем почвенном разрезе повышенное, относительно остальных горизонтов, содержание P2O5 характерно для верхнего горизонта, а для нижнего – повышенное содержание Na2O.

Таблица 7. Микроэлементы в почве

Горизонт	Cu, валовое содержание, мг/кг	Cu, подвижные формы, мг/кг	Zn, валовое содержание, мг/кг	Zn, подвижные формы, мг/кг	Pb, валовое содержание, мг/кг	Pb, подвижные формы, мг/кг
RY1ur, са 0-7 см	16	1,0	183	30	47	16
RY2ur, са 7-20 см	12	1,0	119	19	48	14
RY3ur, са 20-50(54) см	9	0,78	71	6,0	33	9
D1g 50(54)-64 см	3,40	0,28	15	0,0	4,3	0,35
D2g 64-80 см	3,50	0,41	17	0,0	2,0	0,01

В горизонтах RY1ur, са; RY2ur, са и RY3ur, са наблюдается повышение концентраций валовых форм цинка и свинца (при нормах ПДК Zn= 55 мг/кг и Pb= 32 мг/кг). Подвижные формы Cu примерно 1/10 от валовых; подвижные формы Zn примерно 1/6 от валовых, а подвижные формы Pb примерно 1/4 от валовых.





Состав почвенного крупнозема (>1 мм):

На рисунках представлены фотографии и химический состав частиц из почвенного крупнозема, полученные с помощью бинокля Leica и сканирующего электронного микроскопа Hitachi (использовано оборудование ресурсного центра Микроскопии и микроанализа СПбГУ)



Рис. 13. Фото извести из горизонта RY1_{ug}, са



Рис. 14. Фото металлического фрагмента из горизонта RY1ур, са



Рис. 15. Фото кирпича из горизонта RY2ур, са

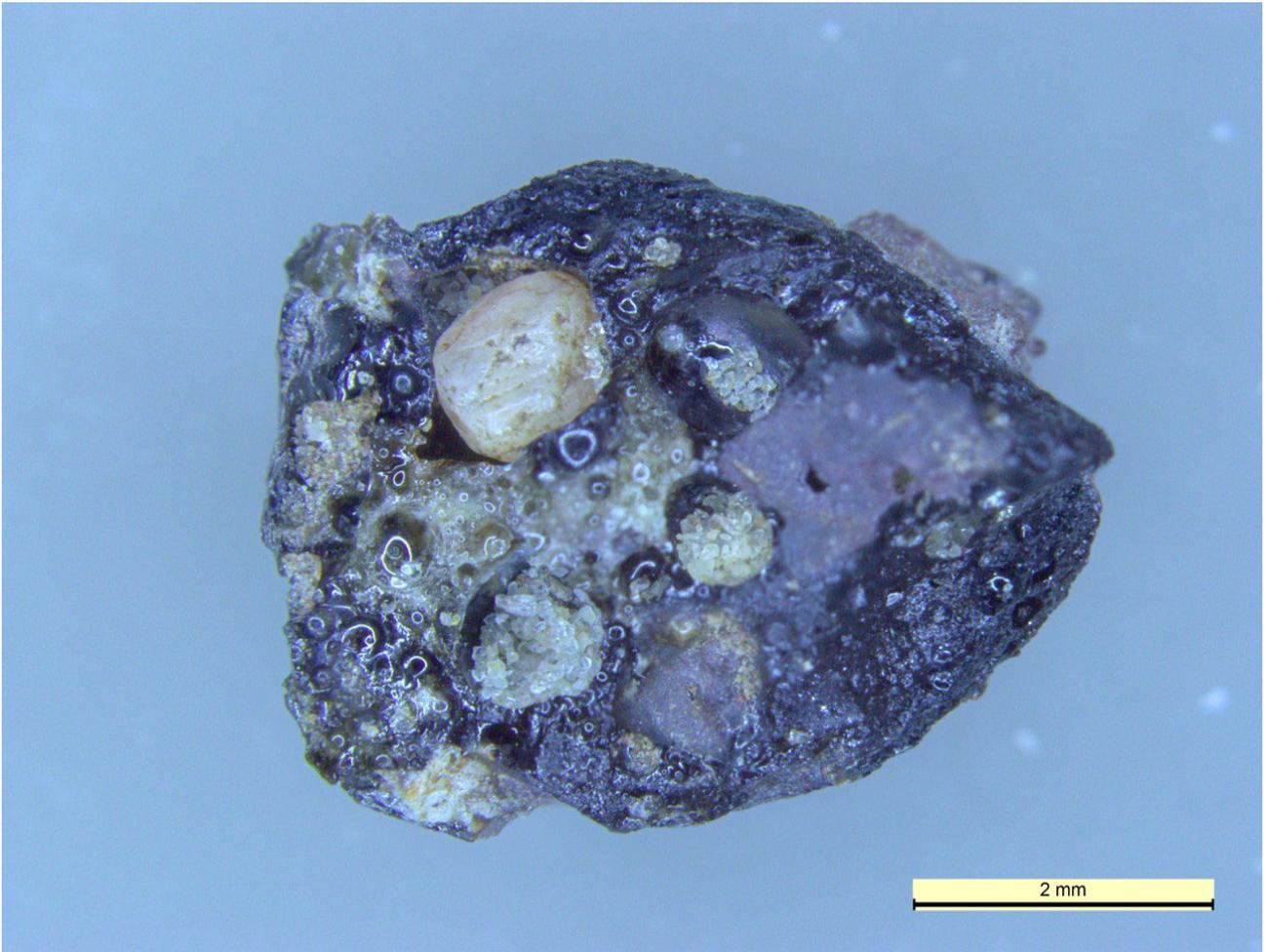


Рис. 16. Фото оплавленного антропогенного минерального включения из горизонта RY3ur, са

Разрез 28-18 Е:

N59°58'49.6" E 30°16'8.0"

Возле магазина художественного стекла. Ровный газон во дворике у здания (луговик, сныть, одуванчик).



а



б



в

Рис. 17. Место заложения разреза (а); профиль почвы (б); аптечный пузырек, найденный в горизонте UR2 (в).

Почва: урбостратозем серогумусированный техногенный мощный супесчаный на техногенных отложениях.

Почва выделяется тем, что она сформирована на исключительно плотных техногенных отложениях. В горизонте UR2 появляются специфические антропогенные включения (аптечные пузырьки), что связано с близостью точки заложения разреза к Музею стекла.

RY1 0-9 см Темно-серый с коричневатым оттенком, рыхлый, верхние 2 см – рыхлая дернина, структура комковато-пылеватая, супесчаный, пронизан корнями. Антропогенных

включений практически нет (точечные крупинки кирпича, единичные кусочки извести). Не вскипает от кислоты. Переход ясный по цвету и составу.

RY2ur 9-20 см Неоднородно окрашен: серовато-белесоватая супесь с осколками кирпича, извести, угля, структура комковато-ореховатая, уплотненный, встречаются корни и черви Переход по цвету.

UR 20-60 см Темно-серый, блестящие включения слюды и кусочков шлака, структура непрочно-комковато-ореховатая, уплотненный, включения – мелкие осколки кирпича, керамики, извести, попадаются аптечные пузырьки. Встречаются единичные древесные корни.

ТСН 60-82 см Буровато-коричневая супесь, обломки кирпича и извести составляют более 50%. Очень плотный.

Таблица 8. Физико-химические свойства почвы

Горизонт	pH, H ₂ O	pH, KCl	CaCO ₃ , %	C, %	P, мг/кг	ГВ	ППП, %
RY1 0-9 см	6,9	6,6	—	2,56	60,32	1,09	6,53
RY2ur 9-20 см	7,2	—	0,59	1,02	43,00	0,64	3,62
UR 20-60 см	6,6	6,0	—	2,09	43,00	0,81	5,96
ТСН 60-82 см	8,3	—	4,02	0,62	25,69	0,70	2,39

Реакция среды в горизонтах RY1 и RY2ur - нейтральная, в горизонте UR- кислая, а в горизонте ТСН- щелочная. Карбонатные включения присутствуют в горизонтах RY2ur и ТСН. Максимальное содержание углерода и фосфора в горизонте RY1, а наименьшее в горизонте ТСН.

Таблица 9. Результаты силикатного анализа почвенного мелкозёма, % на воздушно-сухую навеску

Горизонт	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	TiO ₂	ZnO	P ₂ O ₅	ZrO ₂	SrO	MnO	Na ₂ O
RY1	68,512	17,004	3,729	3,058	3,522	1,105	0,691	0,032	0,617	0,089	0,035	0,079	1,090
RY2	71,493	16,718	2,763	3,412	2,561	1,037	0,500	0,025	0,162	0,056	0,035	0,065	0,885

UR	72,710	14,944	4,073	2,808	2,851	0,907	0,495	0,062	0,422	0,048	0,029	0,091	0,241
ТСН	54,113	14,172	3,553	2,584	20,357	3,664	0,403	0,029	0,493	0,041	0,029	0,165	0,241

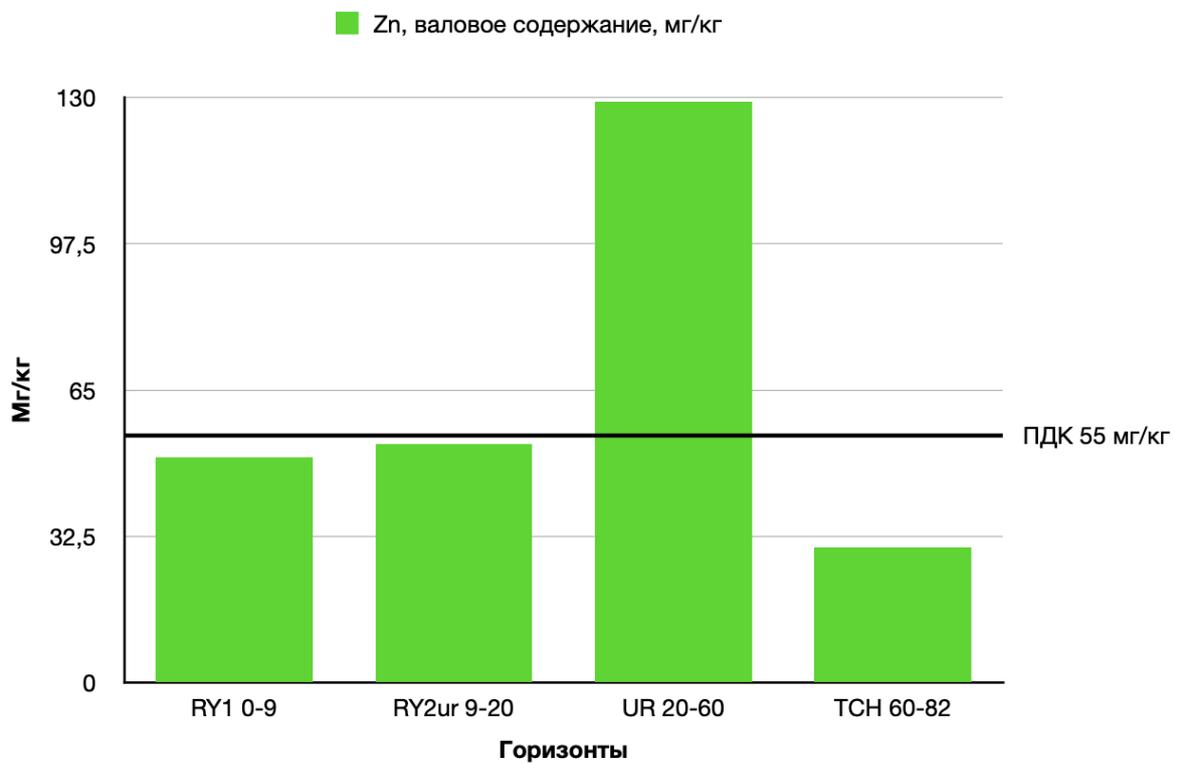
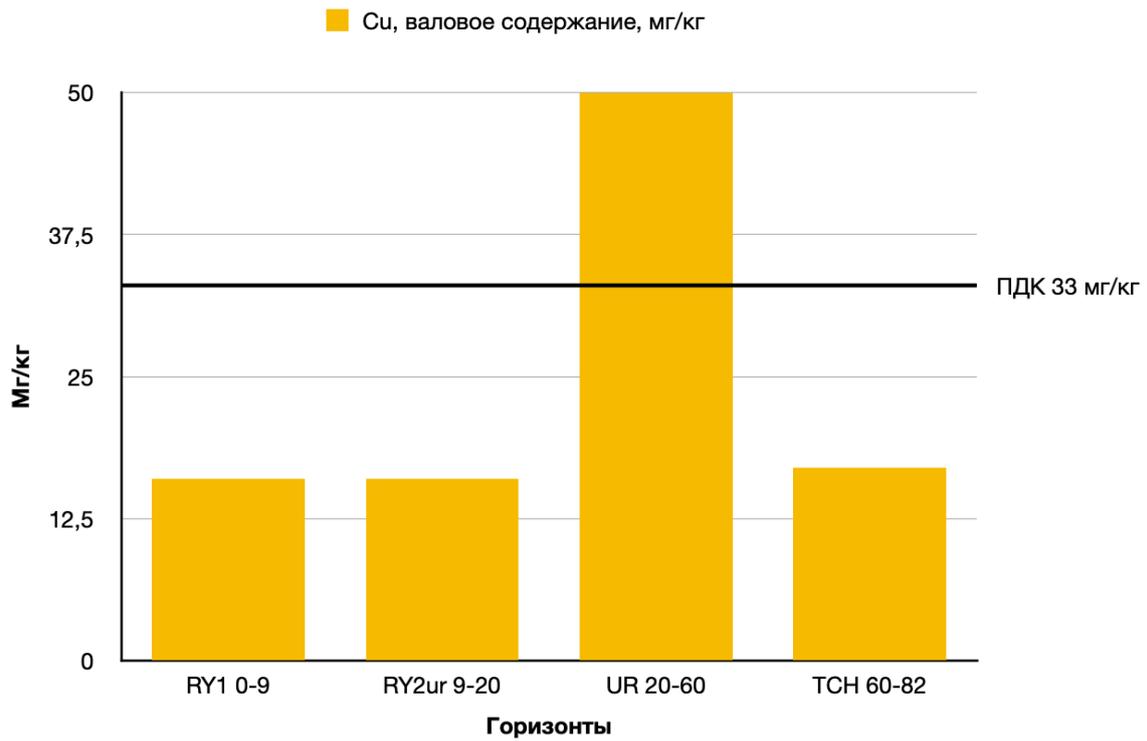
Результаты силикатного анализа (таблица 9) отражают разнородность происхождения насыпных горизонтов. По своему химическому составу сильно выделяется нижний горизонт ТСН – высокое содержание СаО в нем позволяют предположить, что горизонт состоит из строительного мусора.

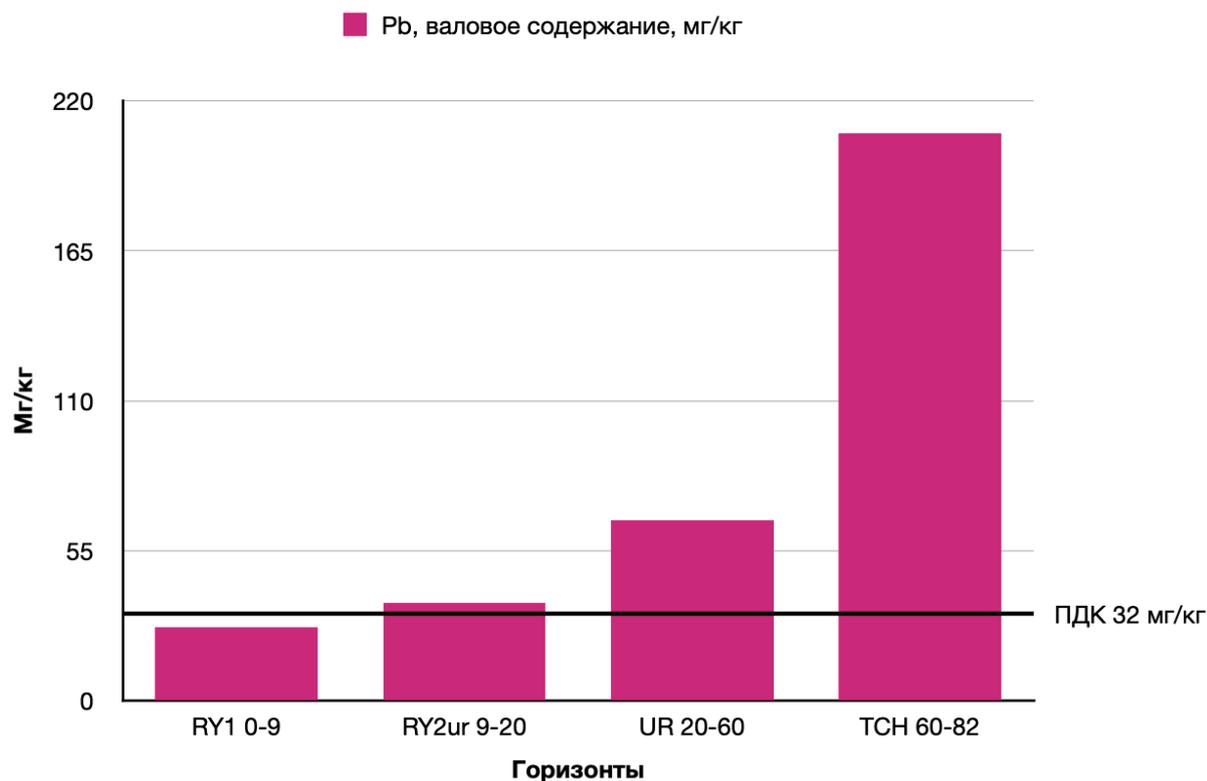
Таблица 10. Микроэлементы в почве

Горизонт	Сu , валовое содержание, мг/кг	Сu , подвижные формы, мг/кг	Zn , валовое содержание, мг/кг	Zn , подвижные формы, мг/кг	Pb , валовое содержание, мг/кг	Pb , подвижные формы, мг/кг
RY1 0-9 см	16	0,9	50	7,7	27	6,3
RY2ur 9-20 см	16	1,5	53	9	36	11
UR 20-60 см	50	6,0	129	38	66	17
ТСН 60-82 см	17	1,5	30	2,6	208	89

В горизонте UR наблюдается повышение содержания валовых форм меди, цинка и свинца. Валовое содержание свинца повышено в горизонтах: RY2ur, ca; UR и ТСН.

Подвижные формы Cu примерно 1/10 от валовых; подвижные формы Zn примерно 1/7 от валовых, а подвижные формы Pb примерно 1/3 от валовых.





Состав почвенного крупнозема (>1 мм):

На рисунках представлены фотографии и химический состав частиц из почвенного крупнозема, полученные с помощью бинокля Leica и сканирующего электронного микроскопа Hitachi (использовано оборудование ресурсного центра Микроскопии и микроанализа СПбГУ)

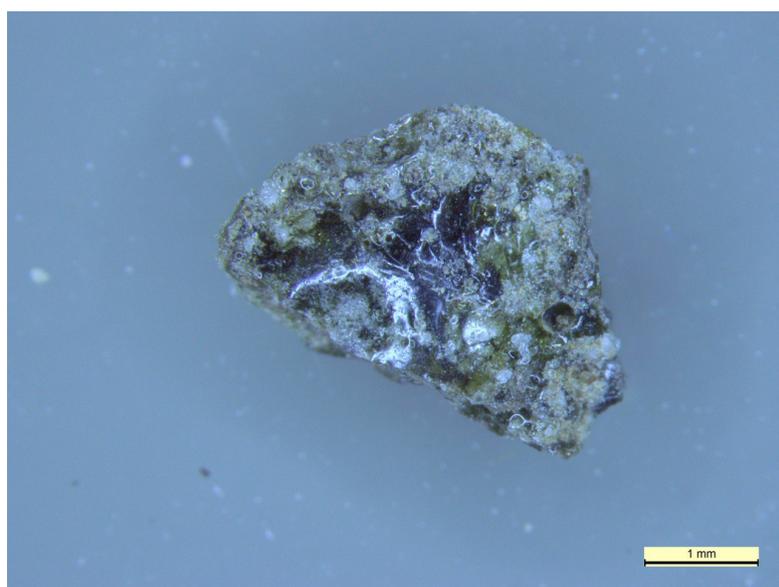


Рис. 18. Фото оплавленного стекла из горизонта RY1



Рис. 19. Фото стекла из горизонта RY1

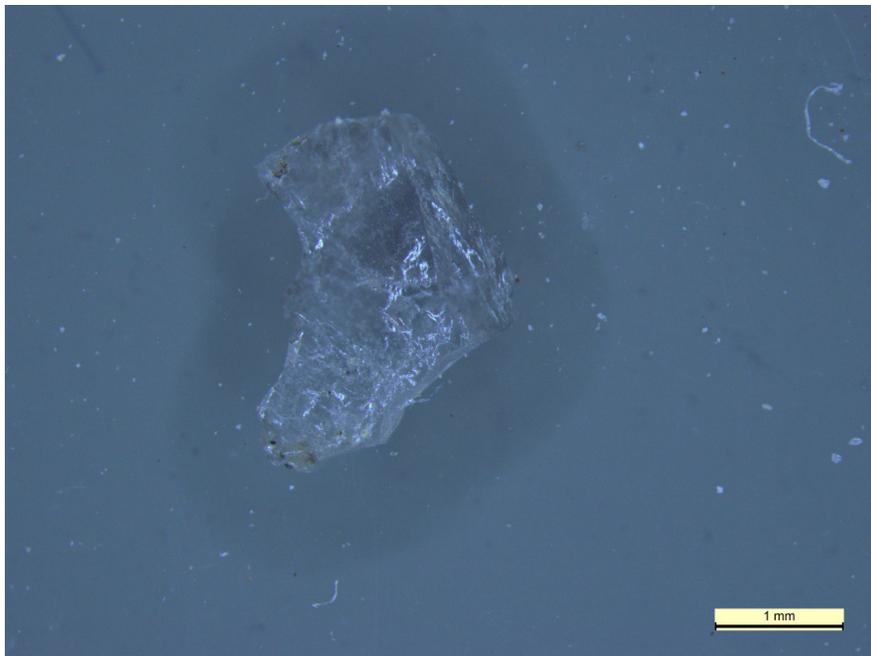


Рис. 20. Фото стекла из горизонта RY1

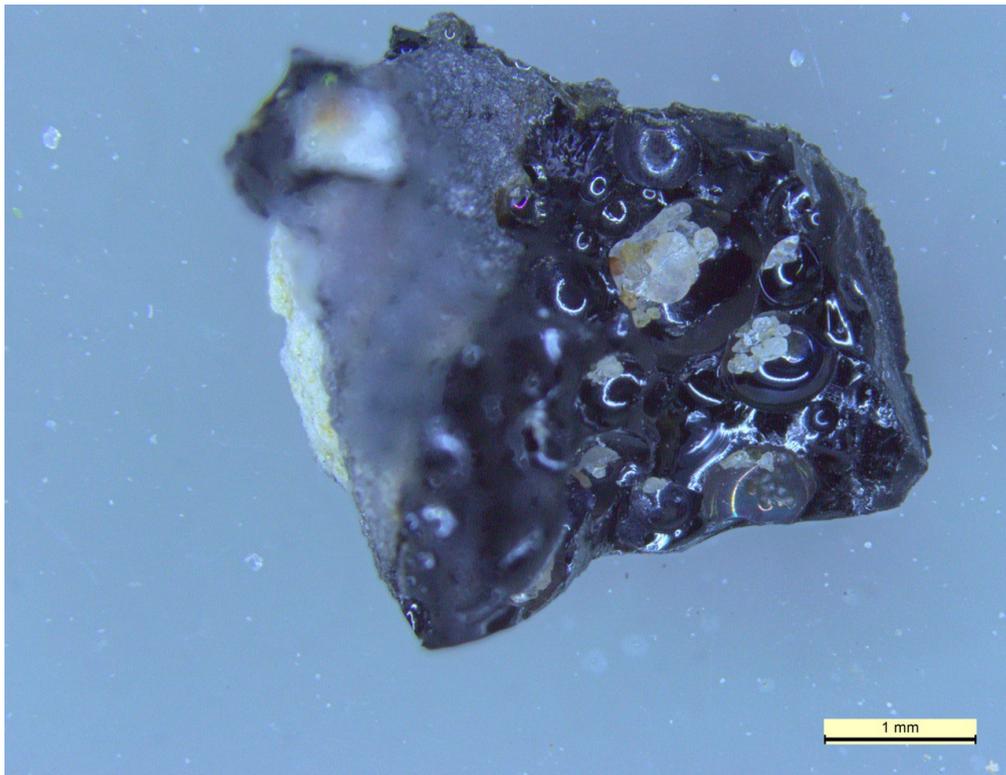


Рис. 21. Фото оплавленного включения из горизонта UR

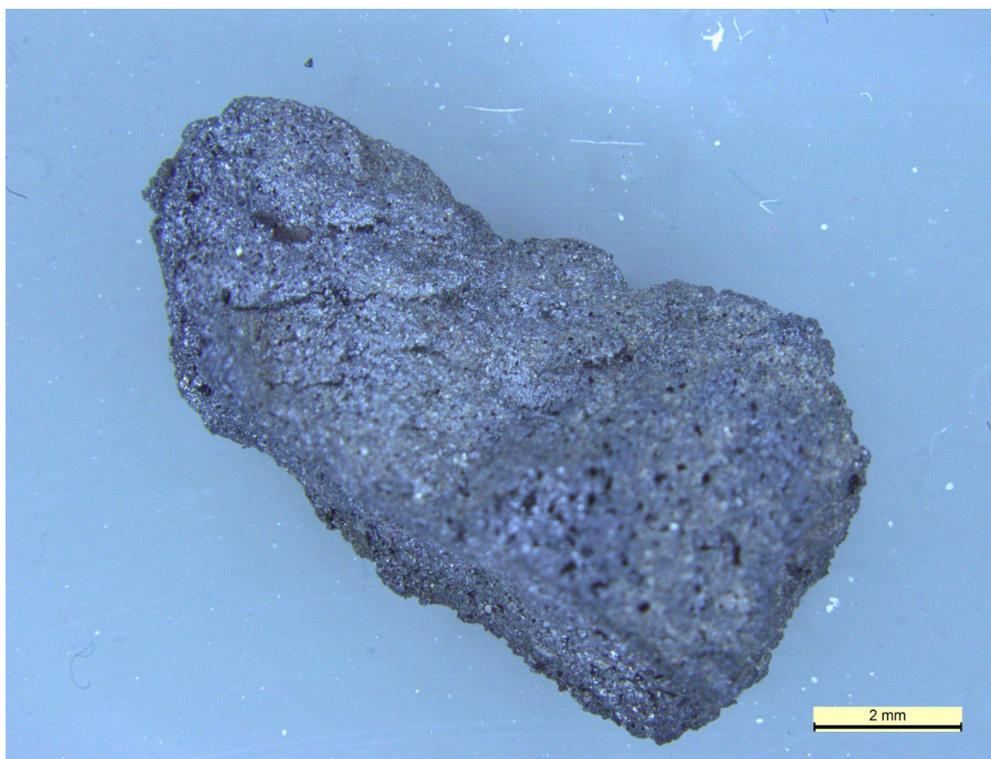


Рис. 22. Фото шлака из горизонта UR

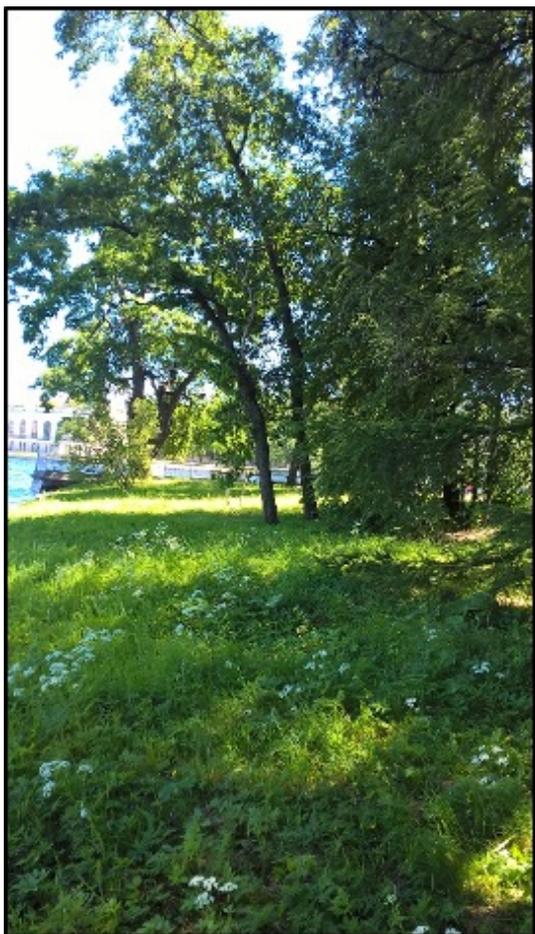
Разрез 16-18 Е:

N59°58'51.8" E 30°16'22.3"

Средняя часть склона к воде крутизной 1-2 градуса.

Открытая поляна среди лиственниц, лип, кленов. Богатый разнотравно-злаковый травянистый покров – ежа, лютик, одуванчик, купырь, сныть, манжетка, луговик.

Уровень грунтовых вод - 85 см.



а



б

Рис. 23. Место заложения разреза (а); профиль почвы (б).

Почва: урбостратозем серогумусированный карбонатсодержащий мощный супесчаный, подстилаемый литориновыми отложениями.

В почве ближе к поверхности находятся грунтовые воды, т.к. разрез заложен недалеко от речного русла. Почва хорошо гумусирована, что находит отражение в хорошем состоянии травянистого покрова.

UR1ay, ca 0-23 см Темно-серый, почти черный, комковато-пылеватый, рыхлый, супесчаный, обилие корней, «нашпигован» стеклами, очень слабо вскипает от кислоты, рыхлый. Переход ясный по цвету, плотности и уменьшению количества корней.

UR2 ca 23-42 см Неоднородно окрашен: темно-серый с желтыми пятнами, супесчаный, влажный, уплотненный, местами плотный из-за обломков кирпича. Структура комковато-плитчатая. Слабо вскипает от кислоты. Встречаются корни. Переход заметный по окраске.

UR3ca 42-58 см Окраска полосчатая: на темном фоне светлые супесчаные полосы, вскипает. Большое количество антропогенных включений: кирпичи, стекла, известь, ржавое железо, влажный, супесчаный. На глубине 59 см – известковые плитки, под ними опять – темная почва. Примерно на глубине 40 см – ржавые железные скобы.

UR4ca 58-85 см Темно-серый, супесчаный, с единичными антропогенными включениями, встречаются мелкие осколки керамики (не было в других разрезах). Вскипает от кислоты. Горизонт насыщен водой.

Таблица 11. Физико-химические свойства почвы

Горизонт	pH, H ₂ O	CaCO ₃ , %	C, %	C (P), мг/кг	ГВ	ППП, %
UR1ay, ca 0-23 см	7,5	1,28	3,38	45,89	1,70	6,50
UR2ca 23-42 см	7,4	1,26	2,01	11,26	1,16	5,61
UR3ca 42-58 см	7,8	2,75	1,50	37,23	0,62	3,16
UR4ca 58-85 см	8,0	5,75	2,33	40,12	0,90	4,34

Реакция среды от нейтральной до щелочной. Карбонатные включения присутствуют во всех горизонтах. Максимальное содержание углерода и фосфора в горизонте UR1ay, ca, а минимальное содержание углерода в горизонте UR3ca, а фосфора в горизонте UR2ca.

Таблица 12. Результаты силикатного анализа почвенного мелкозёма, % на воздушно-сухую навеску

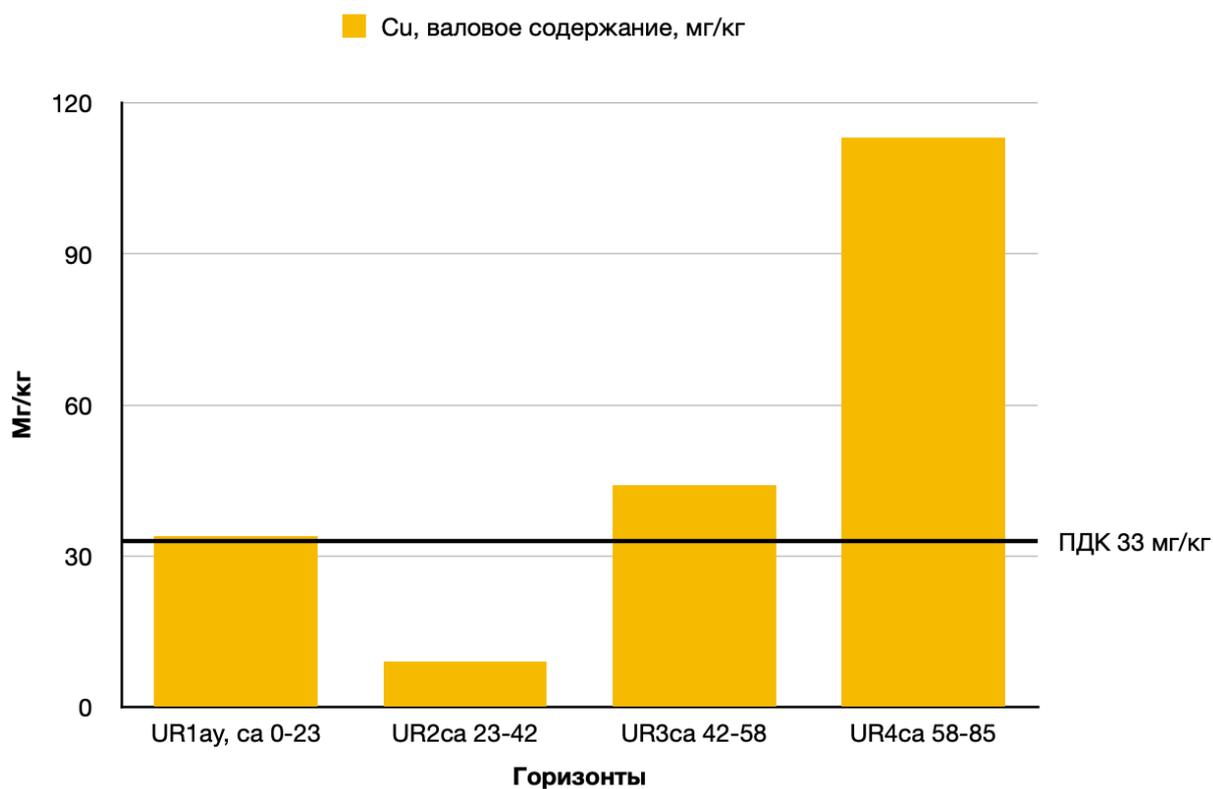
Гори зонт	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	TiO ₂	ZnO	P ₂ O ₅	ZrO ₂	SrO	MnO	Na ₂ O
UR1а у	68,517	16,466	3,945	2,978	4,774	0,792	0,671	0,069	0,752	0,046	0,029	0,099	0,241
UR2	70,443	18,409	2,806	2,669	2,634	0,159	0,687	0,018	0,507	0,082	0,029	0,052	1,293
UR3с а	67,234	14,311	6,427	2,786	5,964	0,769	0,399	0,035	1,166	0,045	0,040	0,098	0,241
UR4с а	65,831	14,057	4,284	2,475	8,977	2,024	0,416	0,144	0,675	0,040	0,038	0,091	0,241

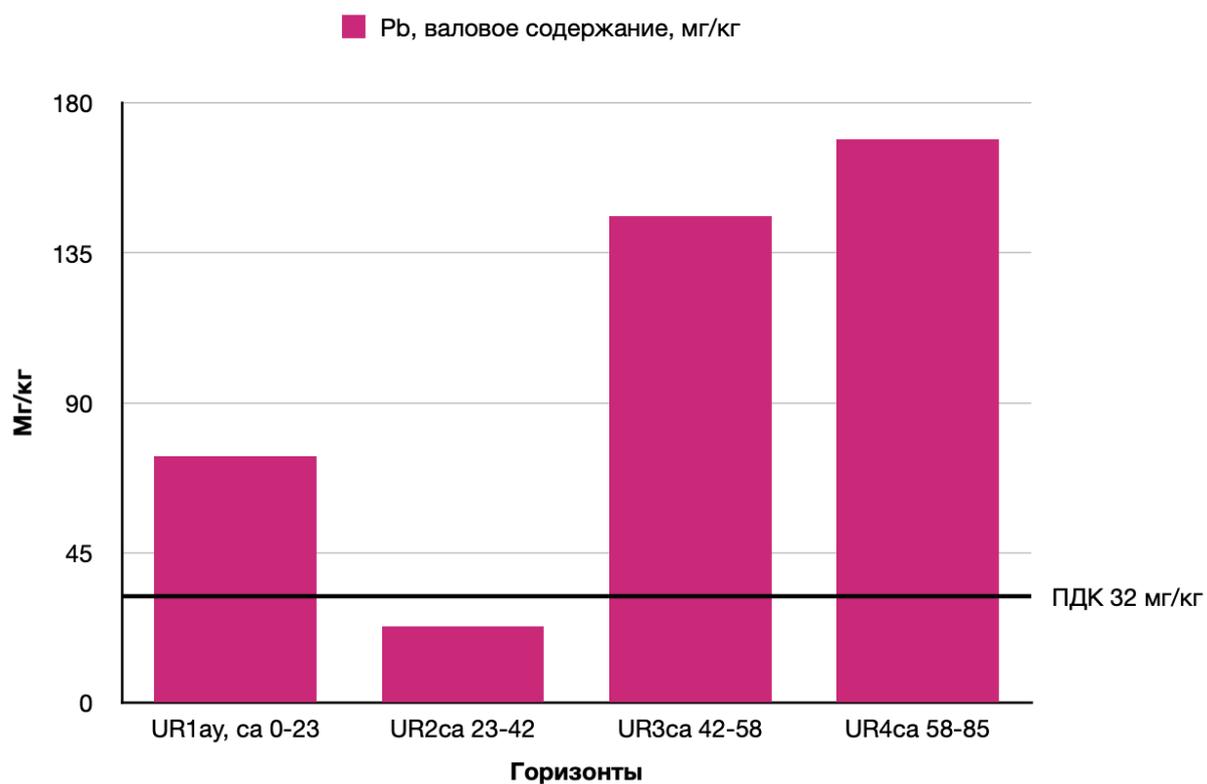
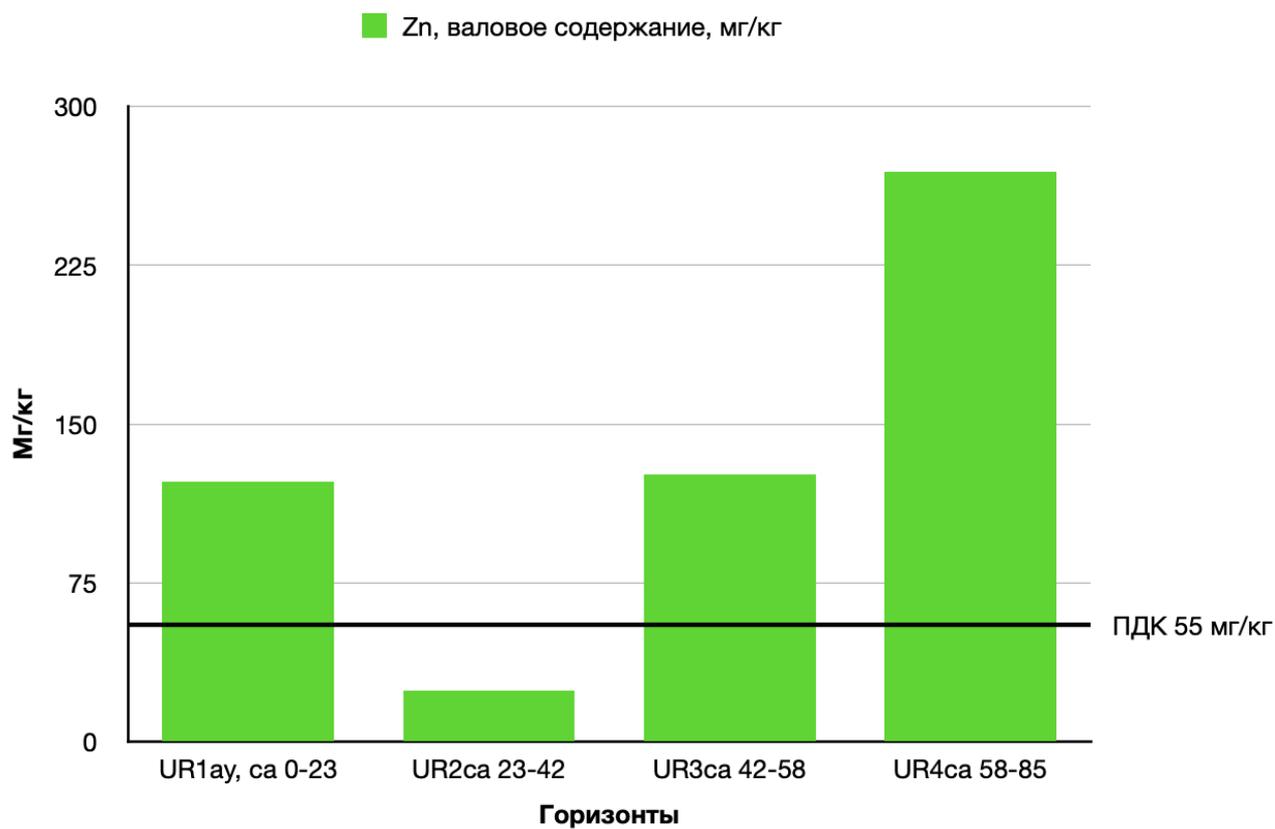
Результаты силикатного анализа (таблица 12) показывают серию разнородных насыпных горизонтов. Повышенные содержания Fe₂O₃ и CaO в нижних горизонтах скорее всего связаны с наличием металлической арматуры и строительного мусора в них. В горизонте UR2 са отмечается повышенное содержание Na₂O, а в горизонте UR3са - P₂O₅.

Таблица 13. Микроэлементы в почве

Горизонт	Cu , валовое содержание, мг/кг	Cu , подвижные формы, мг/кг	Zn , валовое содержание, мг/кг	Zn , подвижные формы, мг/кг	Pb , валовое содержание, мг/кг	Pb , подвижные формы, мг/кг
UR1ay, са 0-23 см	34	2,4	123	36	74	25
UR2са 23-42 см	9,1	1,1	24	4,3	23	12
UR3са 42-58 см	44	4,9	126	35	146	39
UR4са 58-85 см	113	19	269	125	169	37

В горизонтах: UR1ay, са; UR3са и UR4са наблюдается повышение содержания валовых форм меди, цинка и свинца. Также, в горизонтах UR3са и UR4са наблюдается повышение подвижных форм свинца, а в горизонте UR4са и подвижных форм цинка (при нормах ПДК: Cu= 33 мг/кг; Zn= 55 мг/кг и Pb= 32 мг/кг). Подвижные формы меди составляют примерно 1/9 от валов форм; подвижные формы цинка примерно 1/4 от валовых форм, а подвижные формы свинца примерно 1/4 от валовых форм.





Состав почвенного крупнозема (>1 мм):

На рисунках представлены фотографии и химический состав частиц из почвенного крупнозема, полученные с помощью бинокля Leica и сканирующего электронного микроскопа Hitachi (использовано оборудование ресурсного центра Микроскопии и микроанализа СПбГУ)

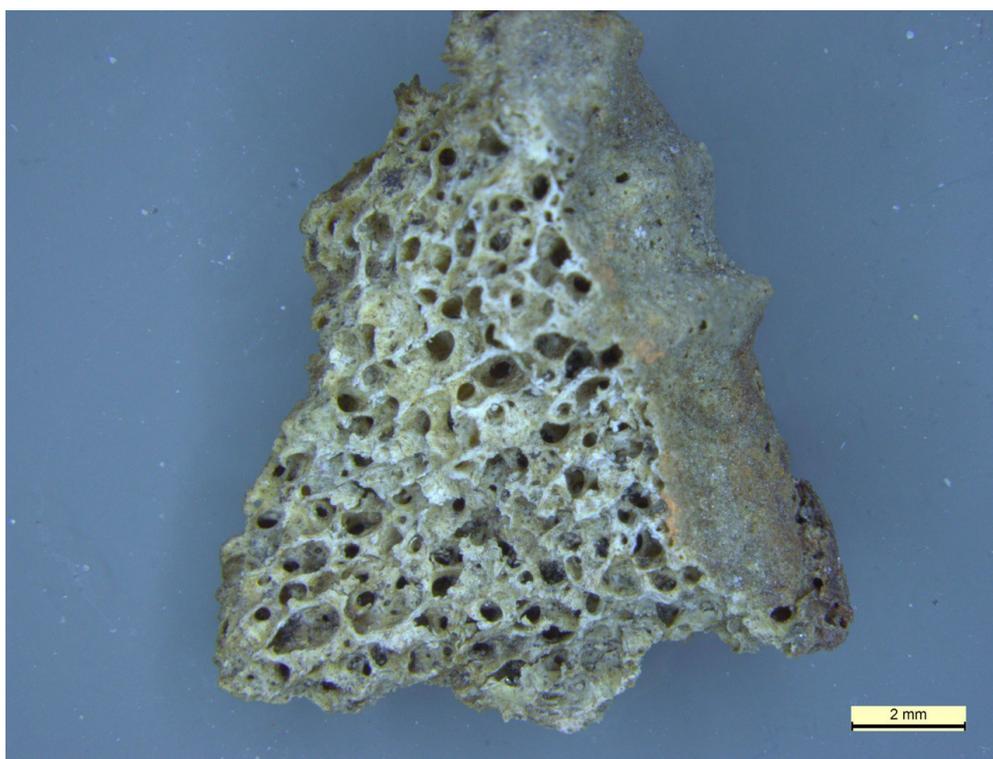


Рис. 24. Фото кости из горизонта UR3ca

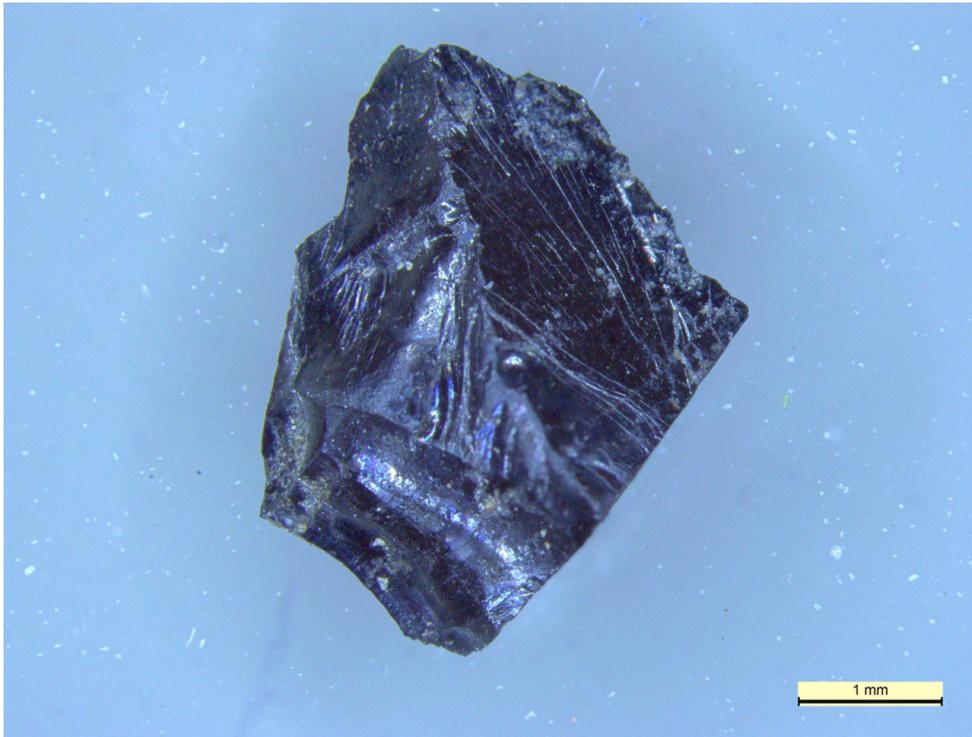


Рис. 25. Фото угля из горизонта UR1ау, са

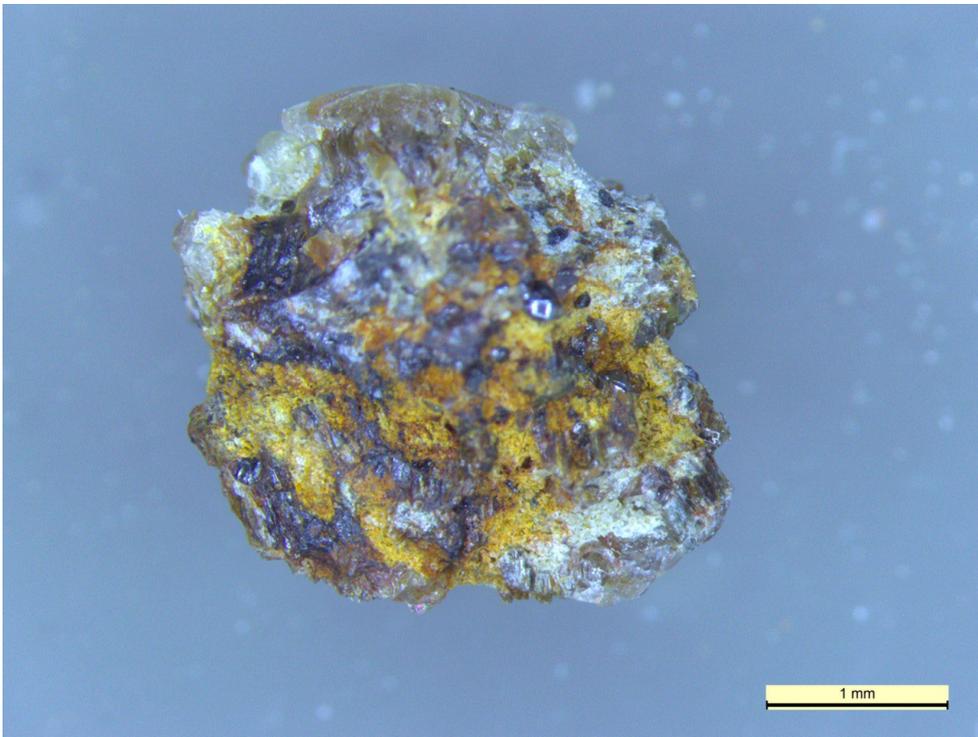


Рис. 25. Фото облупленного строительного мусора из горизонта UR2са

Разрез 7-18 Е:

Собственный сад

N59°58'43.0'' E 30°16'12.8''



а



б

Рис. 26. Место заложения разреза (а); профиль почвы (б).

Поляна среди деревьев: лиственница, ель, дуб, яблоня, клен. Травянистый покров (изреженный): клевер, луговик, подорожник, сныть, манжетка.

Почва: стратозем темногумусовый урбистратифицированный постагрогенный карбонатсодержащий маломощный легкосуглинистый, на погребенной серогумусовой глееватой урбистратифицированной почве на литориновых отложениях.

Почва хорошо окультуренная садовая, сильно гумусированная, с большим количеством червей и следов их жизнедеятельности и невысоким содержанием антропогенных включений.

RU1ur, pa, ca 0-14 см Темно-серый с коричневым оттенком, в верхней части рыхлая дернина около 3 см. Пылевато-комковатый, легкосуглинистый, свежий. Уплотненный. Пронизан корнями. Много осколков стекла, куски ржавого железа, уголь, Антропогенных включений около 5%. Бурно вскипает от кислоты, хотя крупные куски извести отсутствуют. Переход заметный по цвету и плотности.

RU2ur, pa, ca 14-41 см Плотнее предыдущего, более влажный, темно-серый, но светлее предыдущего, структура ореховато-комковатая, легкий суглинок, древесные корни (но их меньше, чем в предыдущем), много червей, осколки стекла и кирпича (но меньше, чем в предыдущем горизонте). Бурно вскипает. Переход в следующий горизонт постепенный.

[ACur] 41-65 см Неоднородно окрашен: бежевый с серыми гумусовыми пятнами, пылеватая супесь. Единичный осколок керамики, осколки кирпича. Уплотненный, влажный, структура крупно-ореховатая, червороины, черви.

Cg 65 см+ Пылеватая тиксотропная супесь. Окраска бежево-сизая с тонкими серыми гумусовыми прослоями.

Таблица 14. Физико-химические свойства

Горизонт	pH, H ₂ O	CaCO ₃ , %	C, %	C (P), мг/кг	ГВ	ППП, %
RU1ur, pa, ca 0-14 см	7,5	2,18	1,30	43,00	2,04	9,52
RU2ur, pa, ca 14-41 см	7,6	1,68	1,50	17,03	0,96	3,31
[ACur] 41-65 см	7,3	1,11	0,69	2,60	0,45	2,16
Cg 65+ см	7,1	1,07	0,15	14,14	0,32	0,55

Реакция среды от слабощелочной до нейтральной. Карбонатные включения присутствуют во всех горизонтах. Максимально содержание фосфора в горизонте RU1ur, pa, ca, минимальное в горизонте [ACur]. Максимальное содержание углерода в горизонте RU2ur, pa, ca, минимальное в горизонте [ACur].

Таблица 15. Гранулометрический состав стратозема темногомусового урбистратифицированного постагрогенного карбонатсодержащего маломощного легкосуглинистого, на погребенной серогумусовой глееватой урбистратифицированной почве на литориновых отложениях.

Фракции	>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	Грансост ав
Название	Содержание, %						

RU1ur, па, са 0-14 см	28,95	35,22	27,24	4,48	3,52	0,60	Песок связный
RU2ur, па, са 14-41 см	14,76	46,42	26,09	5,59	5,74	1,40	Супесь
[ACur] 41-65 см	19,37	49,20	21,08	4,46	5,31	0,58	Супесь
Cg 65+ см	13,76	68,01	15,75	1,12	0,99	0,37	Песок рыхлый

В данном почвенном разрезе преобладают фракции физического песка.

Таблица 16. Результаты силикатного анализа почвенного мелкозёма, % на воздушно-сухую навеску

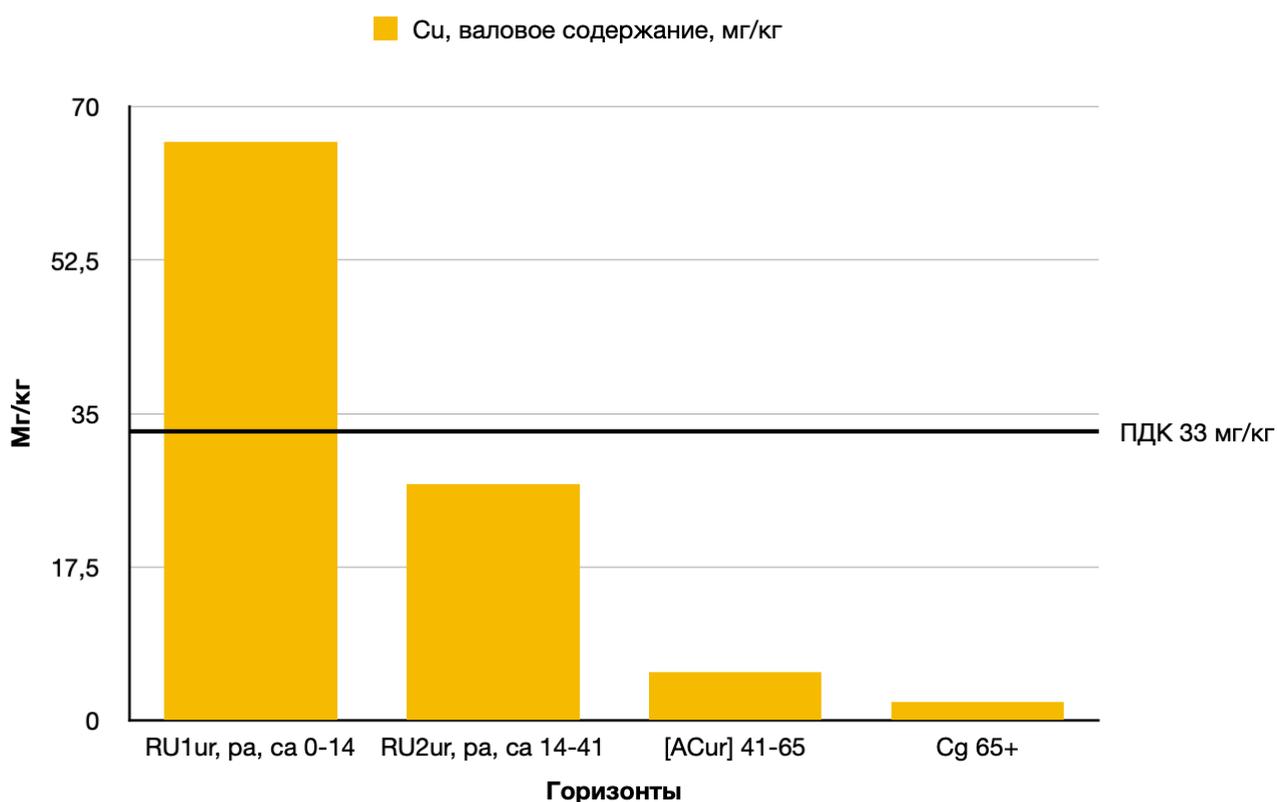
Гори зонт	SiO2	Al2O3	Fe2O3	K2O	CaO	MgO	TiO2	ZnO	P2O5	ZrO2	SrO	MnO	Na2O
RU1ur	59,334	16,493	9,489	3,037	7,077	0,922	0,766	0,269	1,223	0,083	0,059	0,249	0,241
RU2ur, па, са	73,167	16,625	2,807	2,872	2,267	0,995	0,547	0,030	0,183	0,075	0,033	0,056	0,241
[ACur]	74,810	16,869	2,117	2,702	1,662	1,091	0,457	0,025	0,069	0,067	0,031	0,065	0,241
Cg	77,821	15,629	1,290	2,663	1,362	0,852	0,300	0,025	0,069	0,045	0,028	0,065	0,241

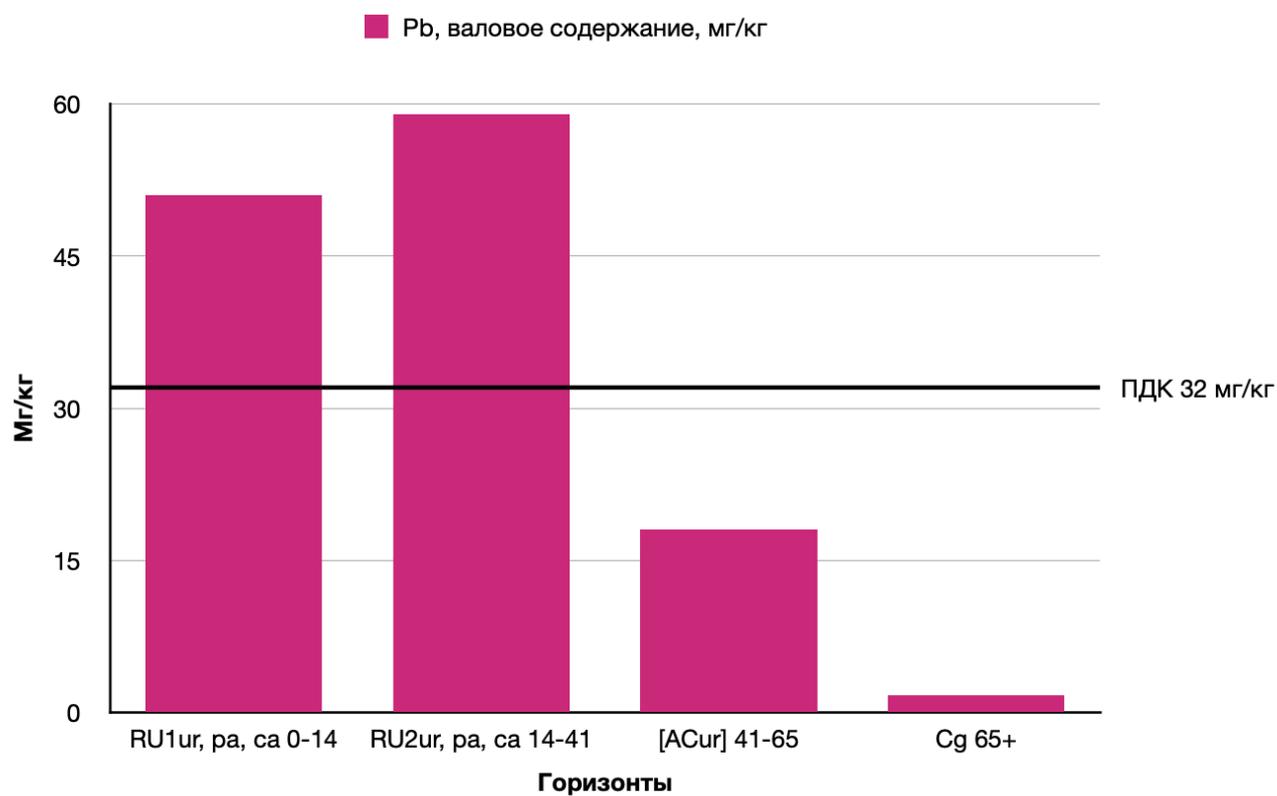
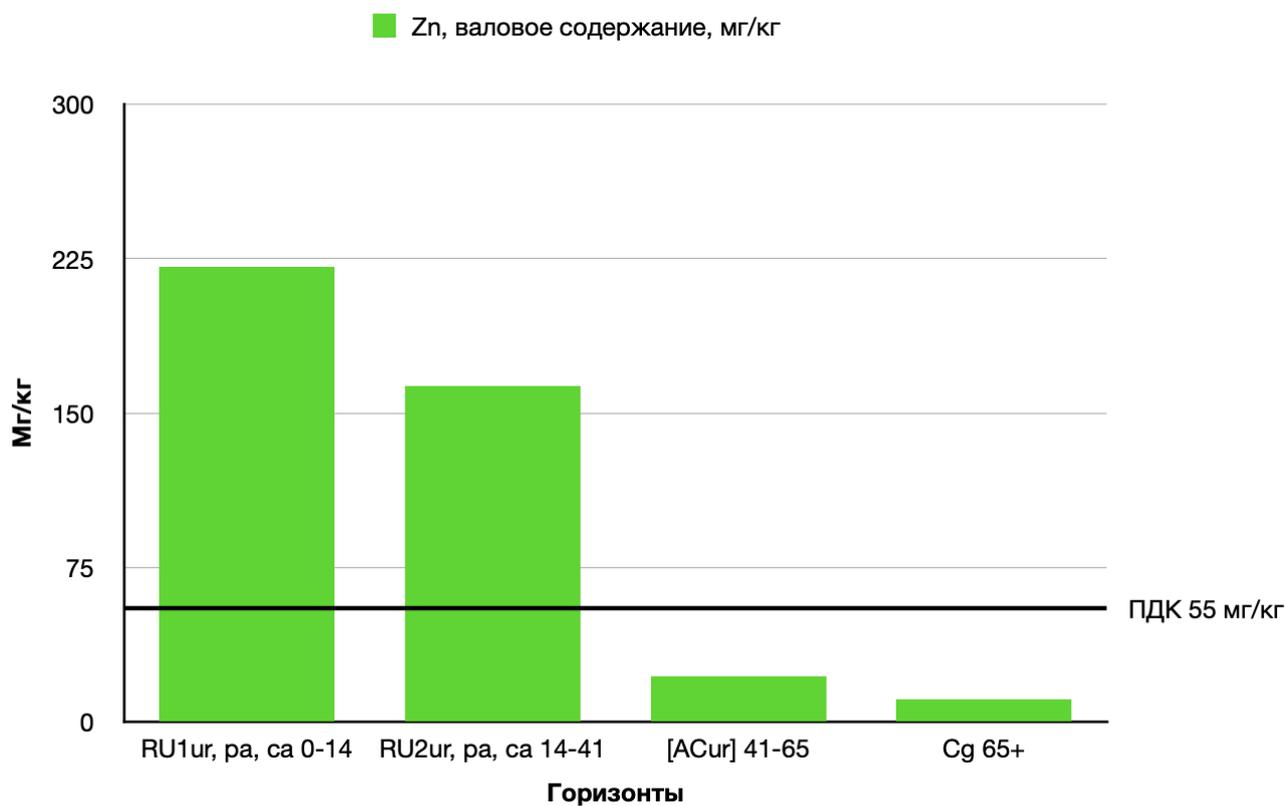
Результаты силикатного анализа (таблица 16) четко отделяют верхнюю насыпную почву от исходной погребенной природной почвы. Для верхнего почвенного горизонта отмечается повышенные содержания Fe2O3, K2O, CaO, P2O5.

Таблица 17. Микроэлементы в почве

Горизонт	Cu , валовое содержание, мг/кг	Cu , подвижные формы, мг/кг	Zn , валовое содержание, мг/кг	Zn , подвижные формы, мг/кг	Pb , валовое содержание, мг/кг	Pb , подвижные формы, мг/кг
RU1ur, па, са 0-14 см	66	11	221	124	51	16
RU2ur, па, са 14-41 см	27	2,4	163	20	59	14
[ACur] 41-65 см	5,5	0,42	22	0,9	18	5,2
Cg 65+ см	2,1	0,26	11	0,0	1,7	0,394

Превышение концентрации валовых форм меди в горизонте RU1ur, па, са. Также, превышение содержания валовых форм цинка горизонтах RU1ur, па, са и RU2ur, па, са и превышение содержания подвижных форм цинка в горизонте RU1ur, па, са. Концентрации валовых форм свинца повышены в горизонтах RU1ur, па, са и RU2ur, па, са (при нормах ПДК: Cu= 33 мг/кг; Zn= 55 мг/кг; Pb= 32 мг/кг). Подвижные формы меди составляют примерно 1/6 от валовых форм; подвижные формы цинка примерно 1/9 от валовых форм, а подвижные формы свинца примерно 1/4 от валовых форм.





Состав почвенного крупнозема (>1 мм):

На рисунках представлены фотографии и химический состав частиц из почвенного крупнозема, полученные с помощью бинокля Leica и сканирующего электронного микроскопа Hitachi (использовано оборудование ресурсного центра Микроскопии и микроанализа СПбГУ)



Рис. 27. Фото кости из горизонта RU1_г, ра, са

Заключение

Городские почвы совершенно особые объекты исследования – их состав и свойства зависят как от природных, так и от антропогенных факторов. Проведенные нами исследования позволяют однозначно сказать, что тип хозяйственной деятельности человека влияет на физико-химические и экологические свойства почв.

Так морфологическое строение профиля темногумусовой глееватой легкосуглинистой почвы на литориновых супесях (р.16-19 Е) практически идентично строению природной почвы и при полевом описании производит впечатление мало измененной человеком. Однако, результаты гранулометрического и силикатного анализов позволяют четко разделить почвенную толщу на верхнюю насыпную часть - горизонты AU, AC и нижнюю природную часть - горизонты C и Cg. Кроме того, в составе крупнозема верхней части почвы кроме кварца и полевых шпатов, характерных для всего почвенного профиля, отмечаются единичные включения оплавленного шлака и частиц каменного угля. Судя по расположению рядом с дренажными канавами эта почва претерпела изменения в результате мелиоративных работ. При проведении работ использовался местный материал, т.к. верхняя и нижняя части хоть и отличаются, но по многим характеристикам достаточно близки друг к другу. Содержащиеся единичные антропогенные включения в верхней части почвенного профиля не повлияли на содержание тяжелых металлов в почве – их значения не превышают норм ПДК.

Морфологическое строение разреза 32-18 Е (стратозем серогумусовый урбистратифицированный глееватый карбонатсодержащий маломощный супесчаный, подстилаемый литориновыми супесями) сразу в полевых условиях позволяет понять, что почва претерпела сильное механическое воздействие. Мощность насыпной толщи доходит до 54 см. Эта почва сформировалась в результате ландшафтных работ при создании 2-го Южного пруда. Насыпная толща содержит карбонатные включения антропогенного происхождения, что обуславливает нейтральную реакцию среды почвенного профиля. Кроме того по сравнению с предыдущей почвой в ней диагностируется большее количество артефактов разного происхождения – шлак, кусочки керамики, металлические фрагменты. Это отражается и на химическом составе почвы – в ней появляются повышенные содержания цинка и свинца.

Строение разреза 28-18 Е указывает на полностью искусственное происхождение этой почвы – она сформирована на техногенных отложениях и состоит из серии насыпных

слоев. Высокое содержание карбонатов в нижнем горизонте позволяет предположить, что техногенные отложения являются строительным мусором. Скорее всего здания, находящиеся рядом с почвенным разрезом когда-то перестраивались. Значительное содержание техногенных продуктов в почвенном профиле вызывает загрязнение этих почв – в них превышены значения ПДК по меди, цинку и свинцу. В верхних горизонтах этой почвы основными артефактами являются стеклянные осколки разных цветов. Скорее всего их наличием объясняется содержание натрия в верхних почвенных горизонтах.

Разрез 16-18 Е - урбостратозем серогумусированный карбонатсодержащий мощный супесчаный, подстилаемый литориновыми отложениями, заложен на насыпном валу, укрепляющем набережную острова к р. Большая Невка и состоит из серии слоев супесчаного состава. В нижней части почвенного профиля находится строительная арматура, армирующая инженерные конструкции набережной. Видимо ее наличие обусловило повышенное количество железа в этой части почвенного профиля. Высокое содержание кальция здесь же мы связываем с присутствием строительного мусора. В горизонте UR3ca были встречены многочисленные фрагменты костей, что объясняет повышенное содержание фосфора в этом горизонте, а значительное содержание натрия в вышележащем горизонте может быть объяснено большим количеством осколков стекла в нем. В целом весь почвенный профиль загрязнен тяжелыми металлами.

Разрез 7-18 Е (стратозем темногумусовый урбистратифицированный постагрогенный карбонатсодержащий маломощный легкосуглинистый, на погребенной серогумусовой глееватой урбистратифицированной почве на литориновых отложениях) расположен в «собственном саду» и особо выделяется в ряду изученных нами почв, т.к. является постагрогенной почвой. Именно с этим обстоятельством мы связываем небольшое утяжеление исходно легкого гранулометрического состава в горизонте RU2ur, pa, ca. По результатам силикатного анализа мы предполагаем, что после того как эта почва перестала использоваться под посадки, то была перекрыта сверху еще одним горизонтом - RU1ur, это подтверждается еще и тем фактом, что в этот горизонт максимально загрязнен тяжелыми металлами.

Таким образом, сравнительная характеристика городских почв, испытывающих разные виды антропогенного влияния позволила сделать следующие выводы:

1. Тип хозяйственной деятельности человека отражается в химическом составе почвы и влияет на ее физико-химические свойства.

2. Любой тип хозяйственной деятельности оставляет в почве характерные для него артефакты, по обилию и составу которых можно судить об истории формирования почвы.
3. Используемые в работе общепринятые методы анализа физико-химического состава почв позволяют оценить генезис того или иного почвенного горизонта городской почвы.

В заключении своей работы хочется добавить, что городские почвы в целом и содержащиеся в них артефакты нуждаются в дальнейших более углубленных исследованиях.

Список литературы

Геологический риск урбанизированных территорий: монография / В.И. Осипов, А.В. Аникеев, В.Н. Булова [и др.]; под ред. акад. В.И. Осипова. – Москва: РУДН, 2020. – 316 с. :ил.

Mulder de E.F. J., Pereira J.J. Earth Science for the city. In: Culshaw, M.G., Reeves H.J., Jefferson, I., & Spink, T.W. (eds.) Engineering geology for tomorrow's cities. Geological Society, London, Engineering geology Special Publications, 22, 2009, pp.25-31.

Gu D. Exposure and vulnerability to natural disasters for world's cities // UN Department of Economic and Social Affairs. Population Division Technical Paper No. 2019/4 December 2019.

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.И. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение. 2014. №10. С. 1155-1164.

Метс А.Р. Елагин остров в период 1941-2006 гг. // Природа Елагина острова. СПб., 2007. С. 10-18.

Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

Химический анализ почв: Учеб. пособие / Растворова О.Г., Андреев Д.П., Гагарина Э.И., Касаткина Г.А., Федорова Н.Н. – СПб, Издательство С.-Петербургского университета. 1995. 264 с.

Каздым А.А. Техногенные отложения древних и современных урбанизированных территорий: палеоэкологический аспект/А.А. Казжым [отв. Ред. С.А. Несмеянов]; Ин-т геоэкологии РАН. – М.: Наука, 2006. – 158 с.

Howard J., Anthropogenic Soils, 2017

Bockheim, Nature and Properties of Highly Distributed Urban Soils, 1974

Blume H.P. Classification of soils in urban agglomerations, 1989

Burghardt W., Arbeitskreis Stadtböden. Substrate und Substratmerkmale von Böden der Stadt- und Industriegebiete, 1988

Строганова М.Н., Почвы Москвы, 1996 год

Прокофьева, Городские почвы, запечатанные дорожными покрытиями (на примере г. Москвы): автореферат 1998 год

Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. «Антропогенные почвы», 2019 год

Кепсу С. «Петербург до Петербурга», Санкт-Петербург, 2000 год

Природа Елагина острова. Ред. Е.А. Волкова, Г.А. Исаченко, В.Н. Храмцов, Санкт-Петербург, 2007 год

Даринский А.В., География Ленинграда, Лениздат, 1982 год

Геологический атлас Санкт-Петербурга/ Отв. Ред. Н.Б. Филиппов, Санкт-Петербург, 2009 год

Атлас особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга/ Отв.Ред. В.Н. Храмцов, Т.В. Ковалева, Н.Ю. Нацваладзе, Санкт-Петербург, 2013 год

<http://elaginpark.org/>

Практикум по агрохимическому анализу почв: Учеб. Пособие / Крейер К.Г, Банкина Т.А., Орлова Н.Е., Юрьева Г.М. - СПб, Издательство С.-Петербургского Университета. 2005.- 88 с.