

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Институт наук о Земле
кафедра "Экологической геологии"

Выпускная квалификационная работа на тему:
"Эколого-геохимическое зонирование территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области"

Исполнитель:

Студентка IV курса

Ионкина Дарья

Научный руководитель:

старший преподаватель
к.г.-м.н.,

Подлипский И.И.

Зав.кафедрой
экологической геологии:
д.г.-м.н., проф.

Куриленко В.В.

Санкт-Петербург,
2017г

Содержание

Введение.....	3
1. Литературный обзор.....	4
2. Физико-географический очерк Ленинградской области и Санкт-Петербурга.....	8
2.1. Ленинградская область.....	8
2.1.1. <i>Орография</i>	8
2.1.2. <i>Гидрологическая характеристика</i>	9
2.1.3. <i>Климат Ленинградской области</i>	11
2.1.4. <i>Геологическое строение Ленинградской области</i>	12
2.1.5. <i>Гидрогеология Ленинградской области</i>	16
2.2. Санкт-Петербург.....	19
2.2.1. <i>Климат</i>	19
2.2.2. <i>Гидрология</i>	19
2.2.3. <i>Геологическое строение г. Санкт-Петербурга</i>	20
2.2.4. <i>Гидрогеология г. Санкт-Петербурга</i>	21
2.2.5. <i>Экологическая обстановка</i>	22
3. Методика проведения исследования.....	25
3.1. Методика отбора проб и расчет суммарного показателя загрязнения.....	25
3.2. Методика классификации массива данных.....	26
3.3. Методика обработки данных.....	38
4. Результаты.....	43
5. Методы рекультивации загрязненных почв тяжелыми металлами, бенз(а)пиреном и нефтепродуктами.....	59
Заключение.....	63
Список литературы.....	64

Введение

Изучение состояния окружающей среды и прогнозирование ее изменений под антропогенным воздействием, на сегодняшний день, является одной из важнейших задач экологии. Особенно, если речь идет о крупных городах с многомиллионным населением, где естественная миграция загрязняющих веществ серьезно осложнена и нарушена. Главным объектом исследований, как правило, становятся городские почво-грунты, накапливающие в себя большую часть поллютантов. Для того чтобы дать количественную оценку степени загрязнения, необходимо знать фоновые значения исследуемых элементов для территории проведения испытаний.

Целью данной выпускной квалификационной работы является: эколого-геохимическое зонирование г.Санкт-Петербурга и прилежащих территорий Ленинградской области с целью расчета фонового уровня содержаний тяжелых металлов, мышьяка и органических поллютантов в компонентах окружающей среды.

Задачи:

1. Сбор и классификация собранных фондовых данных (по составу работ, по объемам исследований, по глубине буровых работ и т.д.);
2. Соотнесение (географическая привязка) собранных фондовых данных с картой четвертичных отложений, геоморфологической и ландшафтной картой Санкт-Петербурга и Ленинградской области;
3. Разделение территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области на однородные ландшафтно-геохимические части (по геологическому и ландшафтному признакам) и последующее соответствующее разделение совокупности данных на выборки;
4. Подсчёт средних содержаний и варьирования элементов в пределах изучаемой территории, с последующим исключением установленных или предполагаемых аномалий природного или техногенного происхождения;
5. Определение статистической значимости различий выделенных выборок с использованием критерия Стьюдента, Фишера и др.;
6. Расчет параметров моментных характеристик одномерных функций распределения гомогенизированных выборок всех элементов и веществ (среднее, дисперсия, эксцесс, асимметрия, коэффициент вариации и др.), расчет фоновых содержаний и сопоставление полученных результатов с утвержденными ранее фоновыми значениями.

1. Литературный обзор.

Наиболее явно степень загрязнения окружающей среды можно оценить по урбанизированным почвам, в связи с тем, что они являются депонирующей средой и принимают на себя большую долю техногенной нагрузки, благодаря своей матричной структуре накапливая в себе поллютанты (Goulding and Blake, 1998; Luo et al., 2007). В целом, почва является весьма специфическим компонентом ландшафта, т.к. она не только накапливает в себе компоненты загрязнений, но и выступает в роли природного буфера, который контролирует перенос химических элементов и их соединений в приземный слой атмосферы, грунтовые и поверхностные воды и живое вещество (Трифоновна Т.А. и др., 2007). В пределах городских территорий почвы подвергаются биологическому, химическому и радиоактивному загрязнению. Особую роль в этом играют тяжелые металлы и металлоиды, а также нефтепродукты и бенз(а)пирен.

Тяжелые металлы являются приоритетными загрязняющими веществами, накопление которых в почвах города преимущественно связано с деятельностью промышленных предприятий, их отходами, выбросами и сбросами. Тяжелые металлы относятся к особым загрязняющим веществам, наблюдение за которыми обязательно во всех средах (Джувеликян Х.А. и др., 2009). На данный момент к этой категории относятся более сорока элементов периодической системы Д.И.Менделеева с атомной массой свыше 40 атомных единиц. Немаловажную роль в категорировании тяжелых металлов играют: высокая токсичность для живых организмов, способность к биоаккумуляции (Джувеликян Х.А. и др., 2009).

На ряду с тяжелыми металлами, широкое распространение получили поллютанты органического происхождения - нефтепродукты и бенз(а)пирен. Загрязнение нефтепродуктами отличается от множества других антропогенных воздействий тем, что оно, как правило, дает "залповую" нагрузку на среду и вызывает быструю ответную реакцию. Потенциальные источники загрязнения городской среды нефтепродуктами - это работа автотранспорта, предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Бенз(а)пирен является органическим веществом первого класса опасности. Одним из широко распространённых источников бенз(а)пирена является процесс горения практически всех видов горючих материалов. Бенз(а)пирен присутствует в дымовых газах, копоти и саже, оседающих в дымоходах и на поверхностях, имевших контакт с дымом, точнее в смолистых веществах, содержащихся в продуктах сгорания.

Для того чтобы оценить степень загрязнения почво-грунтов мегаполиса, необходимо знать фоновое содержание исследуемых элементов.

Для почвы характерна некоторая естественная концентрация тяжелых металлов, именно ее и называют геохимическим фоном. На момент возникновения данного понятия, его определяли, как среднее содержание элементов на неплодородных участках Земли. (Hawkes and Webb, 1962). Также, некоторые авторы отмечают, что окончательный результат является более реалистичным для просмотра фона как диапазона, а не абсолютного значения (C.Reimann, R.G.Garrett, 2005).

Определение геохимического фона (ГФ) компонентов природной среды является одним из важных аспектов эколого-геохимического анализа территории, т.к. ГФ является "реперной" характеристикой, которая обеспечивает достоверную оценку интенсивности техногенного воздействия (Сорокина Е.П. и др., 2007; M.M.S. Cabral Pinto, E.A. Ferreira da Silva, M.M. Silva², M.M. Inácio¹, A.P. Reis¹, F.J. Rocha¹, P. Melo-Gonçalves⁴, R. Hernandez)

Геохимический фон прежде всего зависит от состава почвообразующих материнских пород (Zahida Karim, Qureshi B.A., Majid Mumtaz, Salman Qureshi, 2014). При его подсчете, помимо состава материнских пород, необходимо учитывать ландшафт местности, на которой производится исследование. Показатели фона рассчитываются для однородных природных объектов, ландшафтно-геохимических единиц. Выделяются фоновые и аномальные области. Геохимическими аномалиями называют участки со значениями, резко повышенные относительно фоновых показателей. Техногенные аномалии соответствуют местам размещения техногенных объектов и зон и влияния, природные аномалии обычно связаны с локальными концентрациями элементов и соединений в природной среде (Сорокина Е.П. и др., 2007).

Городские территории представляют собой сложные искусственные экосистемы, которые опираются на естественную основу и характеризуются конкретным геохимическим статусом. В зависимости от функциональной роли, тенденций развития, социально-экономической структуры города, естественной геохимической ситуации, с годами происходят изменения. Главным образом такие изменения проявляются в искусственных геохимических потоках и накоплении химических элементов, добавляющих загрязнение в различные экологические ниши (L. Sahakyan, K. Melkumyan, I. Gasparyan, I. Gharibyan, 2015).

Ввиду того, что объектом исследования является территория крупного города, необходимо проводить рассмотрение экогеосистем с учетом природных характеристик и типа использования территорий, т.е. необходимо произвести разделение территории города на функциональные зоны. Под функциональным зонированием понимается выделение однородных по техногенной нагрузке и природным особенностям участков

(Толстихин Д.О., Соколова В.И., 1996). Выделение функциональных зон способствует созданию лучших условий для основных форм жизнедеятельности населения города, т.к. каждый из видов деятельности выдвигает специфические требования к размещению и организации городского пространства (Тюкленкова Е.П., Пресняков В.В., Галкина М.С.)

В рамках функционального зонирования территорию города можно разделить на три типа - селитебная, рекреационная и промышленная.

Селитебные зоны представляют собой территории, в пределах которых основной является жилая застройка и, в меньшей степени, распространены общественно-деловые постройки и сооружения. Также, в данном типе зон допускается размещение объектов социально-культурного и культурно-бытового обслуживания населения, стоянок автомобильного транспорта, коммунальных и складских объектов, для которых не нужно установление санитарно-защитных зон. Сюда же относят территории дачных и садоводческих кооперативов, размещенных внутри границ поселения.

Рекреационные зоны - территории, на которых распространены зеленые насаждения, высаженные, в том числе и после освоения территории, т.е. к рекреационным зонам относятся скверы, лесопарки, пляжи, парки и городские сады. В число рекреационных могут включаться особо охраняемые природные территории и объекты (Тюкленкова Е.П., Пресняков В.В., Галкина М.С.).

Промышленные зоны - это территории, в пределах которых преимущественное распространение имеют промышленные предприятия или ведется производственная деятельность, санитарно-защитные зоны промышленных предприятий, транспортная инфраструктура (Толстихин Д.О., Соколова В.И., 1996).

Выбор исследуемых участков каждого вида функциональных зон проводится на основании сходных природных условий (геоморфологических, геологических, гидрогеологических и геоботанических), а также вида и степени антропогенного воздействия.

При проведении эколого-геологических исследований, как правило, геохимическая однородность участков принимается за аксиому, несмотря на существенные различия в их хозяйственном использовании. Все это ведет к возникновению статистических и систематических ошибок, отражающихся на качестве и достоверности результатов работ (Подлипский И.И., 2013).

Таким образом, необходимо разделять территорию исследования на зоны, для каждой из которых свойственны свои геохимические характеристики. Это позволит произвести более детальный анализ и дать качественную эколого-геологическую оценку.

2. Физико-географический очерк Ленинградской области и Санкт-Петербурга

2.1. Ленинградская область

2.1.1. Орография.

Ленинградская область входит в СЗФО и граничит с пятью субъектами Российской Федерации: Санкт-Петербургом, Республикой Карелия, Вологодской, Новгородской и Псковской областями. Ленинградская область имеет государственную границу со странами Европейского Союза: Финляндией и Эстонией. Территория Ленинградской области простирается на 440 км с запада на восток и от 100 до 325 км с севера на юг. Площадь 85900 кв. км.

Поверхность Ленинградской области представляет собой равнину, рельеф которой нельзя назвать монотонным, несмотря на то, что наибольшая высота над уровнем моря не превышает 100 м. На территории области выделяются возвышенности: Олонецкая (на Онежско-Ладожском перешейке), Ижорская (к югу от Финского залива), Тихвинская и Вепсовская (на востоке области). Имеются также и своеобразные горы, такие как Дудергофская (175 м), Щелейки (159 м), Сойкинские (139 м). Наиболее низкое гипсометрическое положение занимают Приневская, Приволховская, Верхневирская низины, а также впадины, занятые Финским заливом¹.

Для территории Ленинградской области характерен молодой ледниковый рельеф, возникший за счет таяния валдайского ледника (50 - 10 тыс. лет назад). Кроме того, территория области разделена на две провинции, первая из которых совпадает с площадью выходов на поверхность скальных пород Балтийского кристаллического щита. Для нее характерен расчлененный холмисто-рядовый рельеф северо-западной ориентировки, которая обусловлена простираем разломов и направлением движения ледника. Эти ориентированные гряды, сложенные кристаллическими породами называются сельгами, высота которых варьируется от 15-20 м до 50-60 м, ширина - от 50 до 200 м, и длина - от 100-150 м до 1-2 км. Сельги имеют крутые склоны, часто отвесные. Между грядами находятся ложбины протяженностью до 10-13 км, шириной до 1,5-2 км, а глубина их достигает 70 м. Зачастую к ним приурочены реки и озера.

Вторая провинция, простирающаяся к югу, характеризуется аккумулятивными формами рельефа, что связано с увеличением мощности четвертичных отложений и

¹ Ленинградская область: климат, рельеф и т.д.: <http://www.x47.ru/index.php>

петрографическими и структурными особенностями коренных пород. Еще более южнее наблюдается преобладание аккумулятивного ледникового рельефа

Наиболее высокие озерно-ледниковые террасы (от 60 до 100—110 м) распространены вдоль западного склона возвышенности центральной части Карельского перешейка в районе поселка Роцино. Они, видимо, сформировались в небольших разобщенных водоемах, возникших первоначально у склонов возвышенностей. Нижележащие поверхности имеют уже региональное распространение и фиксируют стадии сокращения единого бассейна (так называемого Балтийского ледникового озера). Наиболее выразительны береговые образования уровня с отметками 25—28 м в районе Ленинграда и 50—55 м на Карельском перешейке.

Балтийско-Ладожский (Ордовикский) глинт протягивается в 3-15 км от побережий Финского залива и Ладожского озера от р. Нарвы на западе до р. Сяси на востоке, ограничивая с севера Ордовикское плато. Он представляет собой хорошо выраженный в рельефе уступ, сложенный ордовикскими известняками. Максимальные отметки бровки уступа 100-120 м абсолютной высоты (относительная высота до 30-40 м) приурочены к широтной части его между с. Копорье - г. Красное Село. Почти на всем протяжении глинт рассечен оврагами и каньонообразными речными долинами с порожистыми руслами рек в местах пересечения ими уступа².

2.1.2. Гидрологическая характеристика.

Площадь территории Ленинградской области составляет 85,3 тыс. км², из них 53,3 тыс. км² (более 60%) занимает водосборный бассейн Невы (с учетом всего Ладожского озера).

В пределах водосборного бассейна Невы и Ладожского озера наиболее значительными водотоками являются реки: Волхов, Свирь, Вуокса, Сясь, Тихвинка, Оять, Паша, Госна и Ижора (рис.1).

² Ленинградская область: климат, рельеф и т.д.: <http://www.x47.ru/index.php>



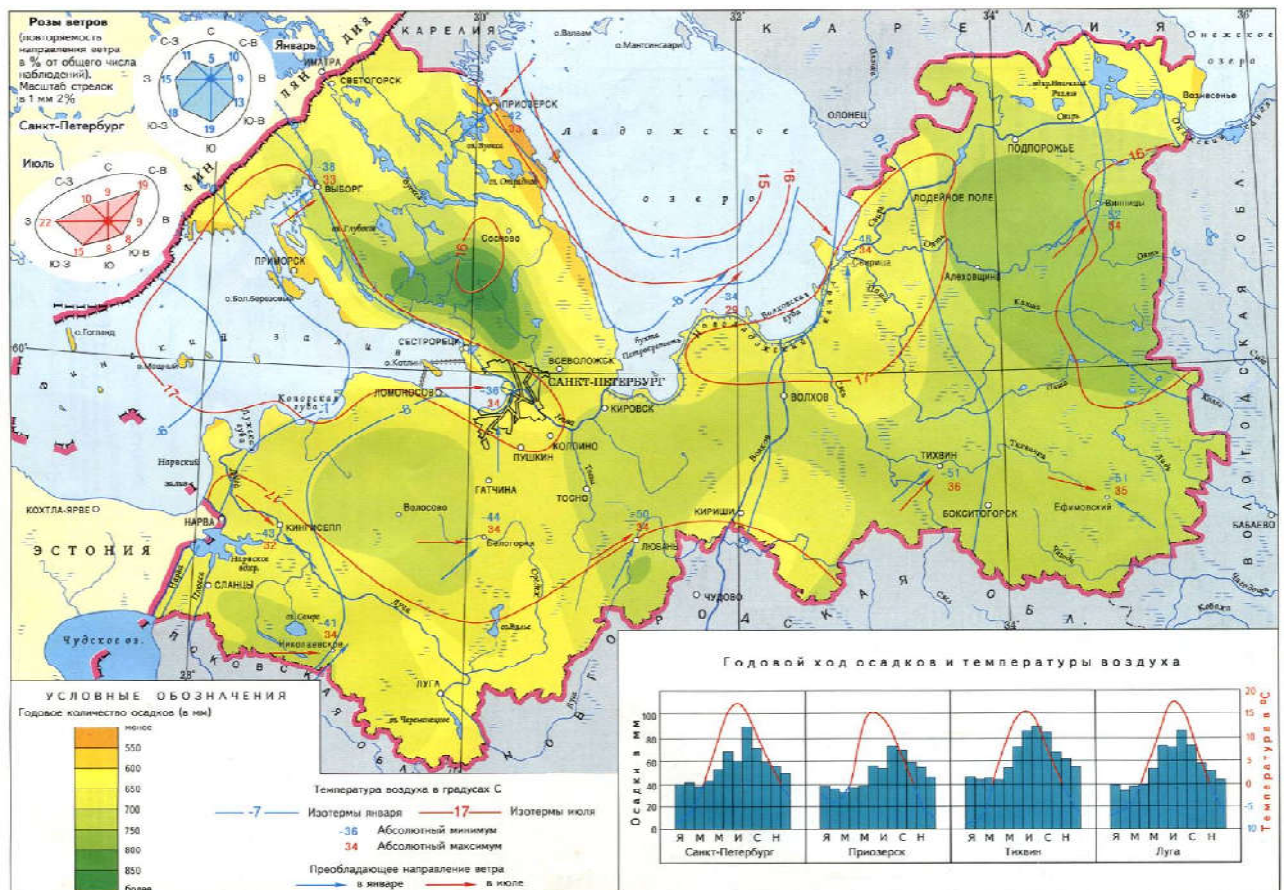
Рисунок 1. Карта-схема водосборного бассейна р.Нева

Почти пятая часть территории (около 17%) представлена болотами³. Более половины общей площади болот являются крупными болотными массивами с площадью свыше 1000 га. Наибольшее количество болот распространено в бассейнах рек Волхов, Свирь и Вуокса.

³ Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2015 году.

2.1.3. Климат Ленинградской области.

Климат Ленинградской области (рис. 2) определяется наличием большого количества водных пространств, влиянием Балтийского моря. В целом климат переходный от континентального к морскому. С запада из Балтийского моря (и Атлантического океана) поступает влажный воздух умеренных широт. Зимой он более теплый и восполняет недостаток солнечного тепла. Летом массы воздушных потоков приносят дожди и прохладную погоду. Континентальный воздух приходит с востока, иногда с юга и юго-востока. Северные ветры приносят холодный арктический воздух со стороны Карского моря. Северо-западные ветры несут влажный морской воздух с Баренцова



Масштаб 1 : 2 000 000

Рисунок 2.. Климатическая карта-схема Ленинградской области.

Солнечная радиация поступает неравномерно в течении года. Вся территория области относится к зоне избыточного увлажнения, поэтому большая часть полученного ею тепла идет на испарение. На прогрев почвы и воздуха расходуется небольшая его доля.

Более важным фактором формирования климата Ленинградской области является циркуляция воздушных масс. В области часто меняются морские (атлантические) и континентальные воздушные массы умеренных широт, арктического воздуха, активна циклоническая деятельность. Это создает неустойчивый характер погоды во все сезоны, ее большую изменчивость⁴.

2.1.4. Геологическое строение Ленинградской области.

Геология Ленинградской области (рис. 3) определяется тем, что Балтийский кристаллический щит входит в пределы рассматриваемой территории своей самой южной окраиной. Это сравнительно небольшой участок, расположенный на севере Карельского перешейка, имеющий свои характерные геологические и структурные особенности, резко отличные от остальной территории Русской платформы. Особое положение занимает он и на геологической карте; здесь с поверхности развиты древние метаморфизованные толщи, представленные биотитовыми, амфиболо-биотитовыми и слюдяными гнейсами и кристаллическими сланцами архейского и нижнепротерозойского возраста с интрузиями кислых и основных пород. В западной половине Карельского перешейка - у побережья Финского залива широко развиты верхнепротерозойские граниты рапакиви, слагающие мощное плитообразное интрузивное тело⁵. Простираются древние толщи с северо-запада на юго-восток и погружаются к югу под осадочные образования. Территория, расположенная в пределах северо-западной части Русской плиты, представляет собой область развития осадочных отложений, начиная от верхнепротерозойских (рифейских) до пермских включительно, общей мощностью до 2500 м. Основной особенностью геологической структуры этой области является пологое моноклинальное залегание слагающих ее образований, с очень слабым падением их к югу и юго-востоку. Соответственно в этом же направлении происходит последовательная смена древних осадочных толщ более молодыми, выходящими на поверхность по восстанию слоев. Отмеченная закономерность отчетливо выражена на геологической карте, где можно видеть, как полосы распространения на севере более древних образований - верхнего протерозоя и кембрия - последовательно сменяются в южном и юго-восточном направлениях ордовикскими, девонскими, каменноугольными и пермскими отложениями.

⁴ Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2015 году.

⁵ Ленинградская область: климат, рельеф и т.д.: <http://www.x47.ru/index.php>

На фоне этой общей закономерности залегания слоев выделяются региональные стратиграфические и структурные несогласия. Наиболее крупным структурным несогласием, хорошо выраженным на геологической карте, является прямо противоположное простирание осадочных толщ и древних архейско-, ниже- и среднепротерозойских кристаллических пород. Последние имеют северо-западное простирание, тогда как отложения осадочного чехла простираются в северо-восточном и широтном направлениях. Имеются несогласия между иотнийскими образованиями (шокшинской свитой), развитыми на Онежско-Ладожском перешейке, и перекрывающими их отложениями валдайской серии (котлинский горизонт), а местами верхнего девона.

Особенно резко выделяется несогласие на геологической карте между ордовикскими отложениями почти широтного простирания и девонскими породами, простирающимися в северо-восточном направлении. При общем погружении как тех, так и других отложений на юг и юго-восток угол падения их различен: ордовикских 10 - 12', девонских 6 - 8'. Стратиграфически несогласно залегают отложения валдайской серии на породах волынской серии. Последние формировались в глубоких прогибах фундамента и представляют собой поэтому иной структурный план по сравнению со всей вышележащей осадочной толщей⁶

Менее значительные, стратиграфические перерывы, получившие очень слабое отражение на геологической карте, фиксируются между нижним и средним кембрием, в основании пакерортского горизонта нижнего ордовика, между девонем и карбоном, карбоном и Пермью (на среднекаменноугольных отложениях залегает татарский ярус верхней перми) и, наконец, между дочетвертичными и четвертичными отложениями.

Таким образом, тектоническая перестройка на описываемой территории происходила на границе нижнего и среднего протерозоя, в начале и конце позднего протерозоя, в доживетский период, в конце позднего девона, а также в послекарбоновое и послепермское время. Характер структуры и вещественный состав погруженной части фундамента в пределах Русской плиты устанавливается в основном по геофизическим данным (плотности и намагниченности пород). Интерпретация их и материалы бурения показали, что кристаллические образования, слагающие фундамент в этом районе, являются непосредственным продолжением региональных складчатых структур осадочно-эффузивных и интрузивных комплексов, развитых в южной части Балтийского кристаллического щита. Здесь выделяются массивы, сложенные гранито-гнейсами и гнейсо-гранитами архейского возраста, и окаймляющие их подвижные зоны свекофенид

⁶ Ленинградская область: климат, рельеф и т.д.: <http://www.x47.ru/index.php>

и карелид, имеющие субмеридиональную и северо-западную ориентировку складчатых структур. Это сложно дислоцированная (с многочисленными разломами со смещениями блоков фундамента) толща гнейсов различного состава с подчиненными амфиболитами, кварцитами архейско-нижнепротерозойского возраста (складчатые сооружения свекофенид) и ладожская серия ниже-среднепротерозойского возраста, представленная биотитовыми и амфиболо-биотитовыми гнейсами с пропластками сланцев, амфиболитов и скарнированных карбонатных пород. В восточной части Онежско-Ладожского водораздела гранито- гнейсы и гнейсо-граниты перекрыты кварцито-песчаниками иотния (шокшинская свита).

Современная поверхность фундамента в рассматриваемом районе осложнена двумя узкими локальными прогибами, выполненными наиболее древними осадочными образованиями (рифейскими и волынскими), песчаниками и кварцито-песчаниками, переслаивающимися с диабазами и эффузивами пластового типа. Один из них, установленный бурением в Валдайско-Крестецком районе (Крестецкий авлакоген), имеет крутой уступообразный склон в сторону Московской синеклизы северо-восточного простирания. Максимальная глубина погружения- фундамента здесь превышает 2500 м. Другой прогиб выявлен на западном и юго-восточном берегах Ладожского озера и, по всей вероятности, охватывает значительную часть акватории (Ладожский прогиб). Разлом, ограничивающий опущенный блок с запада, имеет северо-западное направление, параллельное берегу Ладожского озера. Погружение фундамента здесь более 600 м, ширина грабена около 150 км⁷.

В соответствии с геотектоническим районированием северо-запада Русской платформы в пределах рассматриваемой территории расположены следующие части региональных структур первого порядка (типа синеклиз и антеклиз): юго-восточный подземный склон Балтийского кристаллического щита, северо-западный склон Московской синеклизы, часть восточного склона Балтийской синеклизы, восточная часть Латвийской седловины и северная окраина Белорусско-литовского выступа кристаллического фундамента. Границы между ними условные, так как одна структура служит естественным продолжением другой. Например, юго-восточный склон Балтийского щита является частью или продолжением северо-западного склона Московской синеклизы. Одни исследователи границу между ними условно проводят по абсолютной отметке погружения фундамента 500 м, другие - по разлому в фундаменте в Крестецко-Валдайском районе, т. е. несколько восточнее меридиана Невель - Старая Русса

⁷ Ленинградская область: климат, рельеф и т.д.: <http://www.x47.ru/index.php>

- Тихвин. Южная и юго-восточная части склона Балтийского кристаллического щита, занимающего почти всю северную половину Ленинградской области, характеризуются пологим и относительно неглубоким (500 - 600 м) погружением фундамента к югу и юго-востоку под углом 9 - 14', или 2,5 - 4 м на 1 км. В пределах этого региона породы осадочного чехла имеют широтное и субширотное простирание и залегают почти горизонтально или со слабым наклоном слоев под углом 6 - 12' в том же юго-восточном направлении, что и фундамент.

Северо-западный склон Московской синеклизы охватывает всю восточную и юго-восточную части описываемого региона. Это одна из наиболее крупных и древних структур Русской платформы, заложенная еще в позднепротерозойское время. Склон синеклизы имеет северовосточное простирание и погружение к юго-востоку. На рассматриваемой территории эта часть структуры является областью наиболее глубокого залегания фундамента и развития наибольших мощностей осадочных толщ (свыше 2500 м).

Восточные склоны Балтийской синеклизы и Латвийской седловины, а также северная окраина Белорусско-литовского выступа фундамента расположена на западе и юго-западе территории (в Псковской области). Данные о глубинах залегания фундамента и мощностях осадочного чехла на окраинных частях этих структур весьма скудные и основываются на единичных скважинах. На северо-восточном склоне Балтийской синеклизы, являющейся в то же время южным склоном Балтийского щита, фундамент полого наклонен на юг и погружен на 500 - 600 м. Широкое развитие здесь получили среднедевонские и более древние осадки⁸.

⁸ Ленинградская область: климат, рельеф и т.д.: <http://www.x47.ru/index.php>

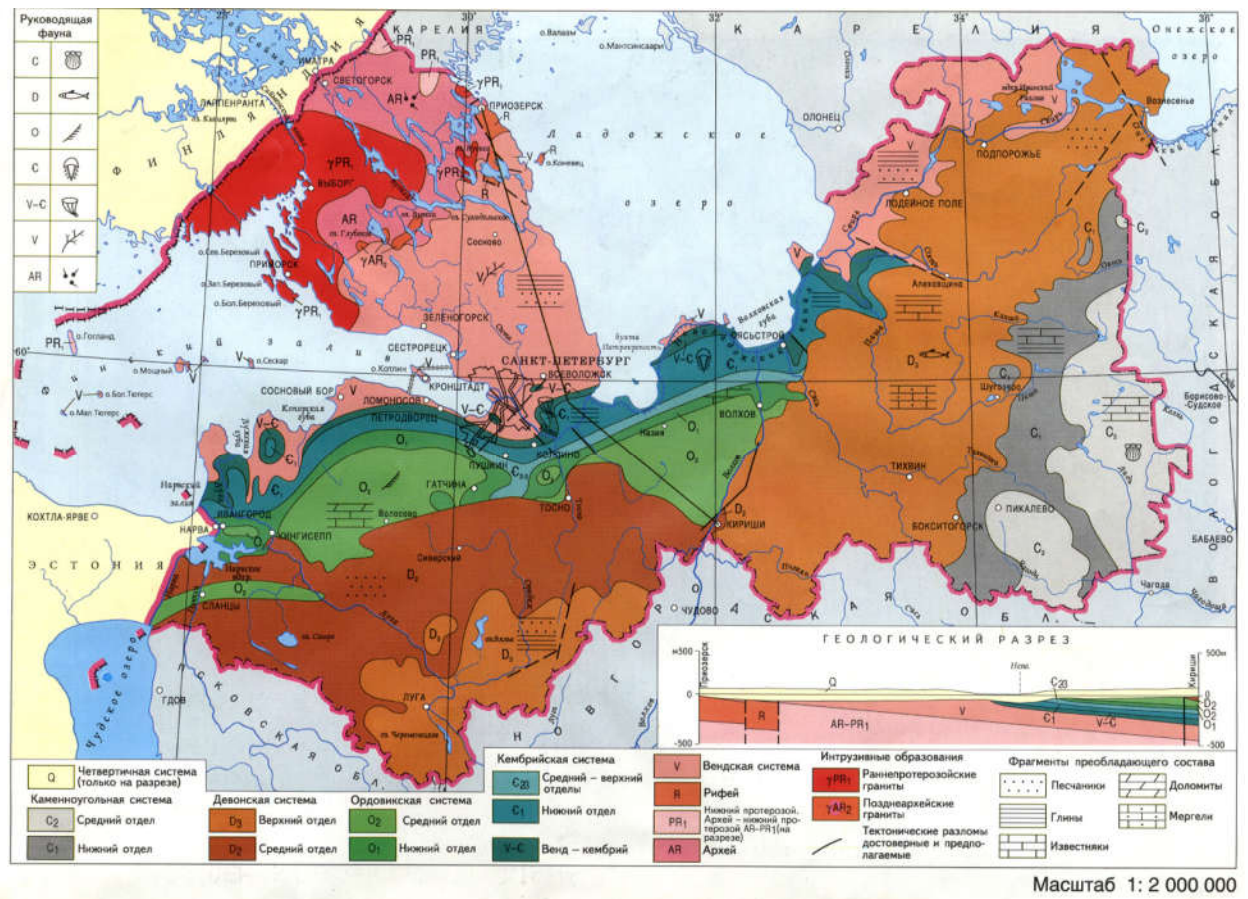


Рисунок 3. Карта-схема геологического строения Ленинградской области с разрезом.

2.1.5. Гидрогеология Ленинградской области.

Территория Ленинградской области располагается в пределах одноименного артезианского бассейна.

Выделяются подземные воды, приуроченные к породам четвертичного возраста, озерно-ледниковым разностям верхнечетвертичного времени, современным отложениям болот и озерно-морским пескам и супесям; а также подземные воды, приуроченные к породам дочетвертичного возраста.

Среди осадочных пород, которые слагают артезианский бассейн выделяется 13 водоносных комплексов и 6 водоносных горизонтов, которые были выделены по типам циркуляции подземных вод, характером водопроницаемости горных пород в зависимости от их петрографических, текстурных и литологических отличий (Гидрогеология СССР. Том III, 1967).

Подземные воды каменноугольных отложений..

Данную толщу рассматривают как единую гидравлическую систему. Водоупоры зачастую содержат прослойки и линзы водопроницаемых пород, так как они не выдержаны по мощности (Гидрогеология СССР. Том III, 1967). В данной толще выделяются три водоносных комплекса:

- 1) Среднекаменноугольный, сложенный карбонатными породами, имеются слои терригенно-глинистых пород, которые выделяются в качестве водоупорной толщи;
- 2) Веневско-протвинский (нижнекаменноугольный) комплекс также сложен карбонатными породами, имеются прослойки песчано-глинистых отложений;
- 3) Лихвинско-михайловский комплекс, сложенный песчано-глинистыми породами с маломощными прослоями известняков.

Подземные воды девонских отложений.

Девонские отложения наиболее распространены на территории описываемой территории - они занимают более половины всей площади (Гидрогеология СССР. Том III, 1967). Отложения представлены главным образом терригенными породами с подчиненными им сериями карбонатных пород. Выделяются следующие комплексы и горизонты:

- 1) верхненадбиловский горизонт;
- 2) смотиноловатско-надбиловский комплекс;
- 3) снежско-надснежский комплекс;
- 4) бургский горизонт;
- 5) снетогорско-ильменский, включающий чудовский гипсоносный горизонт
- 6) снетогорско-бургский комплекс и ильменская водоупорная толща;
- 7) подснетогорско-лужский комплекс;
- 8) наровский горизонт.

Подземные воды ордовикских отложений.

Данный водоносный комплекс сложен карбонатными породами и распространяется южнее от Балтийско-Ладожского глинта (Гидрогеология СССР. Том III, 1967). Данный комплекс объединяет горизонты от волховского до везенбергского, сложенные известняками и доломитами. Воды относятся к типу карстово-трещиноватых. Подземные воды ордовикского комплекса имеют большое практическое значение. По степени водообеспеченности Силурийское плато занимает одно из ведущих мест во всей Ленинградской области.

Подземные воды кембро-ордовикских отложений.

Имеют распространение под ордовикскими отложениями на той же площади, но выходят на поверхность только по глинту. В данном комплексе распространены разновозрастные песчано-глинистые породы: эофитоновые породы нижнего кембрия, ижорские слои среднего кембрия и оболочные песчаники нижнего ордовика, между которыми нет водоупоров (Гидрогеология СССР. Том III, 1967).

Поземные воды нижнекембрийских отложений.

Выделяют надляминаритовый водоносный горизонт, толщу ляминаритовых глин и гдовский водоносный комплекс, расположенный под глинами (Гидрогеология СССР. Том III, 1967):

1) Надляминаритовый водоносный горизонт сложен песчаниками и алевролитами, в которых иногда встречаются прослойки глин. Эти слои связаны постепенными переходами;

2) Ляминаритовые глины имеют прослойки и линзы песчаников и алевролитов, местами слабо обводненные. В целом глина водоупорна, но в линзах песчаников встречаются солоноватые хлоридные натриевые воды.

3) Гдовский водоносный комплекс сложен песчаниками и алевритами, чередующимися с глинами и аргиллитами, а в нижней части раздела нередко встречаются грубозернистые песчаники с гравелитами.

Воды протерозойских отложений.

Верхнепротерозойский водоносный комплекс приурочен к глубокой впадине фундамента на западном побережье Ладожского озера. Комплекс сложен красноцветными песчаниками, имеющими прослойки алевролитов, аргиллитов и доломита в верхней части разреза. Воды трещиновато-пластовые, напорные.

2.2. Санкт-Петербург

Санкт-Петербург - второй по величине город России, расположен в СЗФО, в пределах Приневской низменности. Координаты центра: 59°57' с. ш. 30°19' в. д. Занимая прилегающее к устью реки Невы побережье Невской губы Финского залива и многочисленные острова Невской дельты, город протянулся с северо-запада на юго-восток на 90 км. Высота города над уровнем моря по районам: центр – 1-5 м, север – 5-30 м, юг и юго-запад – 5-22 м. Самое высокое место в черте города - Дудергофские высоты в районе Красного Села с максимальной высотой 176 м. На территории города находится нулевая отметка системы отсчёта высот и глубин, служащая исходным пунктом для нивелирных сетей нескольких государств⁹.

2.2.1. Климат

Город находится в умеренном климатическом поясе. Климат – морской, с умеренно мягкой зимой и умеренно теплым летом. Среднегодовая температура воздуха –5,8°С. Для Санкт-Петербурга характерно непостоянство погоды, обусловленное частой сменой воздушных масс, подразделяющиеся на континентальные, морские и арктические, в зависимости от района формирования. Повышенная циклоничность, характерная для Русской равнины, объясняется тем, что здесь скрещиваются пути западных и южных циклонов.

Средняя годовая температура воздуха составляет 4,4°С. Самыми холодными месяцами являются январь и февраль, среднемесячная их температура составляет минус 7,8°С. Абсолютный минимум температуры воздуха составляет -36°С (1883 год), абсолютный максимум – + 37°С (2010 год).

Количество осадков – 661 мм, средняя скорость ветра составляет 2,3 м/с, влажность воздуха 78 %¹⁰.

2.2.2. Гидрология.

На территории Санкт-Петербурга расположено 595 водоёмов и 402 водотока. Результатом устойчивого, местами прогрессирующего избыточного переувлажнения территорий в условиях равнинного рельефа, связанного с близким залеганием к поверхности грунтовых вод или водоупорного слоя является образование болот.

⁹ Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2015 году.

¹⁰ Экологический портал Санкт-Петербурга : <http://www.infoeco.ru/index.php?id=1091>

Основным водным объектом в составе гидросети является р. Нева, которая вытекает из Ладожского оз. – крупнейшего пресноводного водоема Европы. Притоки Невы: Большая Невка, Малая Невка, Карповка, Черная речка, Мойка, Фонтанка, Ждановка, Малая Нева, Славянка, Ижора, Обводный канал, Охта).

2.2.3 . Геологическое строение г. Санкт-Петербурга.

Территория Санкт-Петербурга расположена в зоне сочленения Русской плиты, образованной осадочными породами, и Балтийского щита, который сложен кристаллическим фундаментом гранито-гнейсового состава архейско-нижнепротерозойского возраста. В пределах города породы фундамента залегают на глубине 180 – 240 м, реже глубже (рис. 4). За исключением юго-западной части города, где имеются выходы коренных пород, территория города перекрыта четвертичными образованиями. Они характеризуются широким спектром осадочных пород различного генезиса и литологического состава. В разрезе осадочного чехла стоит выделять верхнюю и нижнюю толщи отложений. Верхняя состоит из песчано-глинистых грунтов четвертичного возраста, их происхождение связано с деятельностью ледников. Это самые молодые и "слабые" отложения. Мощность данной толщи зависит от подземного рельефа кровли нижней толщи, которая имеет большой перепад абсолютных отметок за счет размыва пород дочетвертичного возраста палеореками.

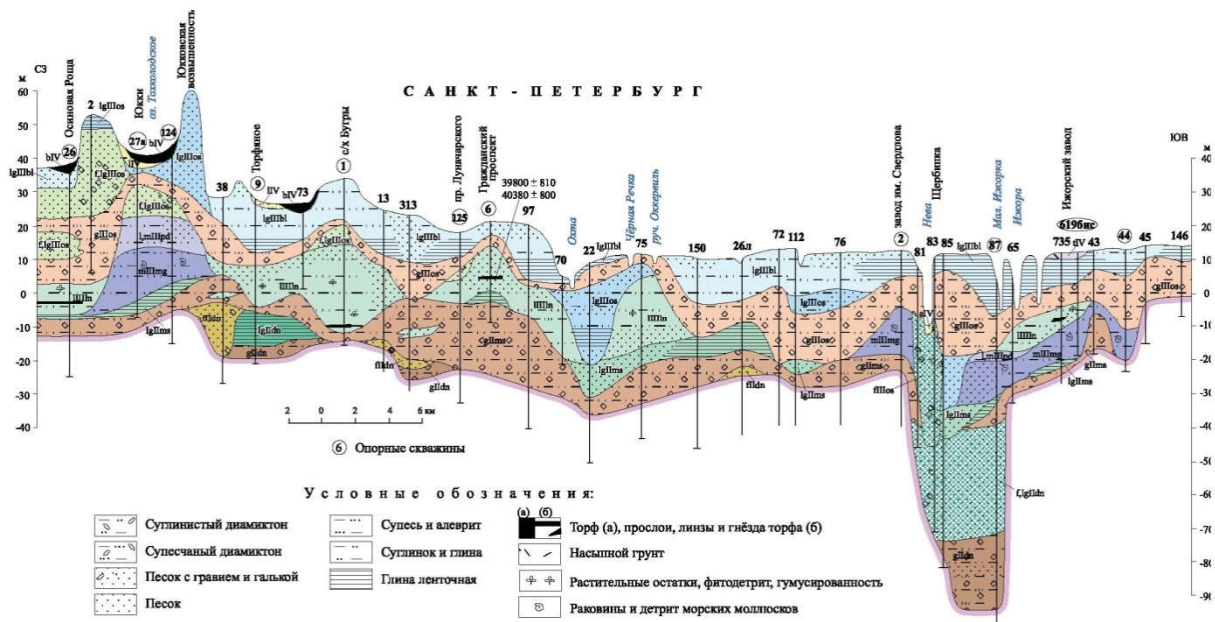


Рисунок 4. Геологический разрез г. Санкт-Петербурга

Разрез нижней толщи представлен коренными породами, имеющими возраст 550 – 650 млн. лет и прошедшими несколько стадий литификации, ввиду чего они имеют высокую степень уплотнения и обезвоживания (Дашко Р.Э., 2011). На юге города в

строении верхней толщи выделяются "синие" глины (Є1sv), а под ними - ломоносовские песчаники с прослоями глин (V2-Є1lm), к которым приурочен напорный водоносный горизонт. В северном и центральном районах города непосредственно под четвертичной толщей, а также в южной части под нижнекембрийскими отложениями залегают верхнекотлинские глины верхнего венда с тонкими прослоями песчаников (V2kt2). Полная мощность этих отложений варьирует от 12 – 20 м до 95 – 126 м, что связано, как уже отмечалось выше, с наличием глубоких эрозионных врезов от древней речной системы, заполненных в четвертичное время слабыми водонасыщенными песчано-глинистыми осадками (погребенные долины). Ниже глин залегают водоносный горизонт, приуроченный к песчаникам нижнекотлинского горизонта (V2kt1, старое название – гдовский горизонт). Этот водоносный горизонт входит в состав вендского водоносного комплекса и имеет в пределах города напоры более 90 м, которые в настоящее время постепенно растут со скоростью 1,5 – 2 метра в год (Дашко Р.Э., 2011).

По данным геолого-разведочных работ известно, что кристаллический фундамент в пределах города и прилегающих районов разбит системой региональных тектонических разломов северо-восточного, северо-западного и субширотного простирания, а также сетью более мелких разрывных нарушений на отдельные блоки, которые образуют в плане структуру типа «битой тарелки». Активная разломная тектоника фундамента определяется его расположением в зоне сочленения двух крупных тектонических структур – Балтийского щита и северо-западной части Русской плиты. В пределах этой зоны зафиксировано движение блоков фундамента относительно друг друга с разной скоростью и интенсивностью в различные периоды геологического времени, в том числе и в четвертичное время (Дашко Р.Э., 2011).

2.2.4 . Гидрогеология г. Санкт-Петербурга

Территория Санкт-Петербурга находится в пределах северо-западной части Московского артезианского бассейна на южном склоне Балтийского щита со стоком подземных вод в Балтийское море. В гидрогеологической стратификации города выделяют несколько водоносных горизонтов (Гидрогеология СССР. Том III, 1967):

1) подземные воды, приуроченные к породам четвертичного возраста, озерно-ледниковым разностям верхнечетвертичного времени, современным отложениям болот и озерно-морским пескам и супесям;

2) верхний межморенный водоносный слой (или "полуостровский") вскрывается в погребенных долинах города, приурочен к межстадиальным песчаным образованиям;

3) нижний межморенный водоносный горизонт, имеющий в пределах города локальное развитие, так как обнаруживается лишь в отдельных глубоких палеодолинах города в его юго-восточной и северной частях;

4) ордовикский и кембро-ордовикский водоносные горизонты, приуроченные к известнякам и песчаникам, соответственно, прослеживаются в юго-западной части города;

5) ломоносовский водоносный горизонт вскрывается в песчаниках, его водоупоры - верхнекотлинские глины венда и "синие" глины нижнего кембрия;

6) нижнекотлинский или гдовский водоупорный горизонт распространен повсеместно и приурочен к песчаникам котлинской свиты венда.

Гидрохимический режим подземных вод, как и гидродинамический, определяется техногенными факторами (исключение составляют периоды наводнений). Значительный уровень загрязнения подземных вод фиксируется практически на всей территории исторического центра, особенно в зонах палеодолин, которые являются ложбинами стока и аккумулируют загрязняющие компоненты. В таких зонах, как правило, формируются наиболее неблагоприятные геоэкологические условия, развиваются различные негативные физико-химические и биохимические процессы (Гидрогеология СССР. Том III, 1967).

2.2.5. Экологическая обстановка

Как и во всех крупных городах экологическая обстановка в Санкт-Петербурге не идеальна. Также, следует отметить, что степень загрязнения окружающей среды различна в разных районах города. Согласно докладу об экологической ситуации в Санкт-Петербурге за 2015 год, загрязнение атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге обуславливается выбросами промышленных предприятий и автотранспорта, наибольший вклад из которых вносит именно автотранспорт - 85 % от всех поступающих в воздух веществ (рис. 5). Суммарный выброс веществ в 2015 году составил 521 тыс.т¹¹.



Рисунок 5. Выбросы в атмосферный воздух от автотранспорта в 2015 г.

¹¹ Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2015 году.

Относительно выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников, наиболее загрязненными считаются такие районы города, как Выборгский, Кировский, Невский, Приморский, Колпинский. Наименее загрязненные – Кронштадский, Адмиралтейский, Петродворцовый и Фрунзенский. Необходимо отметить, что загрязнение атмосферного воздуха названными веществами отмечается в зоне активной жизнедеятельности населения, т.е. на уровне человеческого роста, что оказывает существенное влияние на здоровье населения. Концентрация загрязнений в воздушной среде наблюдается, как правило, в центре города, где сосредоточены памятники истории и архитектуры. Такое положение сказывается на их внешнем виде и сохранности.

Что касается состояния поверхностных вод (рис. 6), в 2015 году в Санкт-Петербурге было зафиксировано восемь значений классифицируемых как экстремально высокое загрязнение, а 27 значений как высокое загрязнение¹².

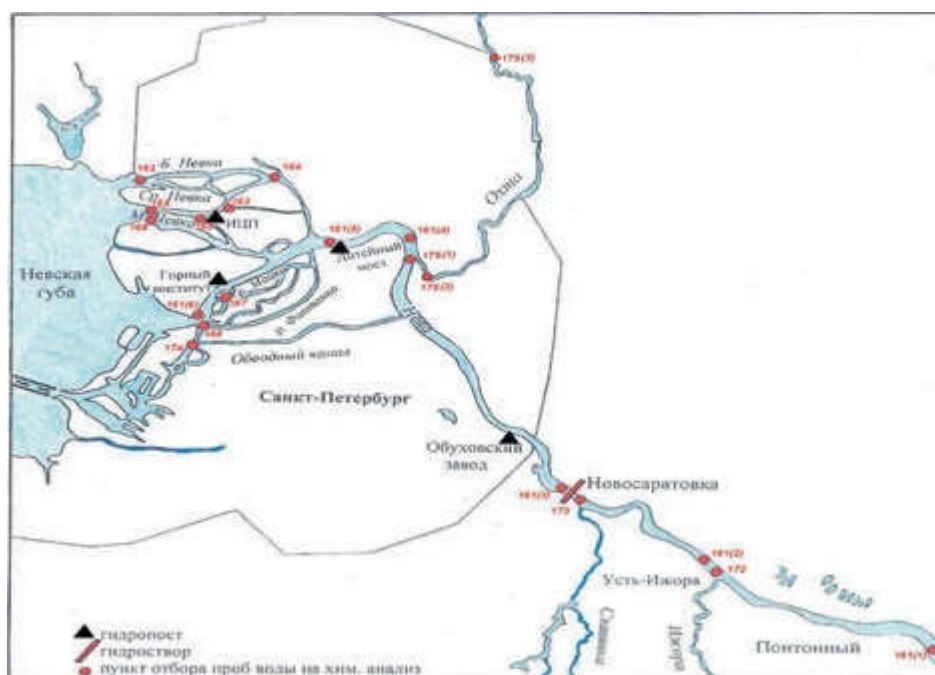


Рисунок 6. Схема расположения створов наблюдений за загрязненностью рек на территории г. Санкт-Петербурга (данные доклада об экологической ситуации за 2015 г)

Сточные воды после очистки содержат 10-15 мг/л взвешенных веществ, 12-17 мг/л азота, 1,5-1,8 мг/л фосфора. После очистки сточные воды поступают в Невскую губу. Содержащиеся в них биогены, попадая в акваторию Невской губы, вызывают эвтрофикацию водоема. Отмечается превышение нормы концентрации нефтепродуктов в 4-6 ПДК.

¹² Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2015 году.

Как и для всех крупных промышленных городов, проблема загрязнения почв для региона весьма актуальна. В течение последних лет в Санкт-Петербурге проводится планомерное обследование почв на предмет загрязнения их тяжелыми металлами. Исследования показывают, что по-прежнему велика значимость свинцового, кадмиевого, цинкового загрязнений. Сейчас можно констатировать, что проблема ртутного загрязнения в городе не стоит столь остро и находится под контролем.

3. Методика проведения исследования

3.1. Методика отбора проб и расчет суммарного показателя загрязнения.

Отбор проб почв на территории г. Санкт-Петербурга и прилегающих районов Ленинградской области производился в рамках инженерно-экологических изысканий под строительство объектов различного назначения, а также в рамках сбора материалов для курсовых и дипломных работ студентами СПбГУ. Порядка 50 проб было отобрано самостоятельно и проанализировано на базе ИЛЦ ООО "ЛенСтройГеология".

Эколого-геохимическое обследование почво-грунтов проводится для определения наличия участков химического загрязнения. В число определяемых показателей вошли тяжелые металлы (Cu, Zn, Cd, Ni, Hg, Pb, Mn, Co, Cr) и металлоидами (As); органические токсиканты (бенз(а)пирен, нефтепродукты).

Для оценки загрязнения почво-грунтов тяжелыми металлами производился послыйный пробоотбор из скважин, глубина которых варьировалась от 2 до 10 м, в зависимости от назначения проектируемого здания или цели исследований (в случае исследований студентами).

Также, для исключения случайной ошибки, с поверхности, отбиралась проба методом "конверта" с площадок 1×1 м или 5×5 м. Материал сводных и объединенных проб тщательно перемешивался и квартовался до получения навески в 700-1000 г. Отбор выполнялся в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.4.02-84 «Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, микробиологического, гельминтологического анализа».

Кроме того, были рассчитаны значения коэффициента концентрации для каждого элемента в почве. В расчетах использовалась формула:

$$K_c = \frac{C_i}{C_{\phi}}$$

- K_c - коэффициент концентрации i -го загрязняющего вещества в почве;
- C_i - концентрация i -го элемента;
- C_{ϕ} - фоновая концентрация элемента.
-

Произвести оценку загрязнения почв комплексом металлов позволяет значение суммарного показателя загрязнения (Z_c), вычисляемого по формуле (Ревич Б.А., 1990):

$$Z_c = \sum \frac{C_i}{C_{\phi}} - (n - 1)$$

- C_i - определяемое содержание i -го токсиканта в почве;
- C_{ϕ} - значение фонового содержания в почве i -го токсиканта;
- n - количество определяемых элементов.

K_c - коэффициент концентрации аномальных элементов, выбирается более 1,5. По значению суммарного показателя загрязнения почво-грунты делятся на четыре категории:

- 1) $Z_c < 16$ - допустимая;
- 2) $16 \leq Z_c < 32$ - умеренно-опасная;
- 3) $32 \leq Z_c \leq 128$ - опасная;
- 4) $Z_c > 128$ - чрезвычайно опасная.

Данная оценочная шкала была разработана на основе изучения состояния здоровья населения, проживающего на территориях с различным уровнем загрязнения почв (Ревич Б.А., 1990).

3.2. Методика классификации массива данных.

Ввиду того, что в работе используется большой массив разнородных данных, необходимо было их классифицировать. Это способствовало упрощению работы при составлении таблицы исходных данных, проведении расчетов, а также при нанесении на карту объектов.

Для того чтобы максимально легко ориентироваться в таблице исходных данных, для каждого объекта был присвоен собственный номер, кроме того, пронумерованы были и районы города и пригородов, в которых располагаются объекты (табл. 1).

Таблица 1. Нумерация районов г.Санкт-Петербурга и его пригородов.

Название района	№
Адмиралтейский	1
Василеостровский	2
Выборгский	3
Калининский	4
Кировский	5
Колпинский	6
Красногвардейский	7
Красносельский	8
Кронштадский	9
Курортный	10
Московский	11
Невский	12
Петроградский	13
Петродворцовый	14
Приморский	15
Пушкинский	16
Фрунзенский	17
Центральный	18

Название района	№
Ломоносовский	19
Гатчинский	20
Тосненский	21
Кировский(Лен.обл.)	22
Всеволожский	23
Выборгский(Лен.обл.)	24

Также, в общей таблице данных, были присвоены цифры и для интервалов глубин, с которых производился отбор проб (табл. 2).

Таблица 2. Нумерация интервалов глубин.

Глубина отбора, м	№
0,0 -0,2	1
0,2 - 1,0	2
1,0 - 2,0	3
2,0 - 5,0	4
> 5,0	5

Что касается карты расположения объектов (рис. 7), также была произведена классификация, для упрощения чтения карты (табл.3).

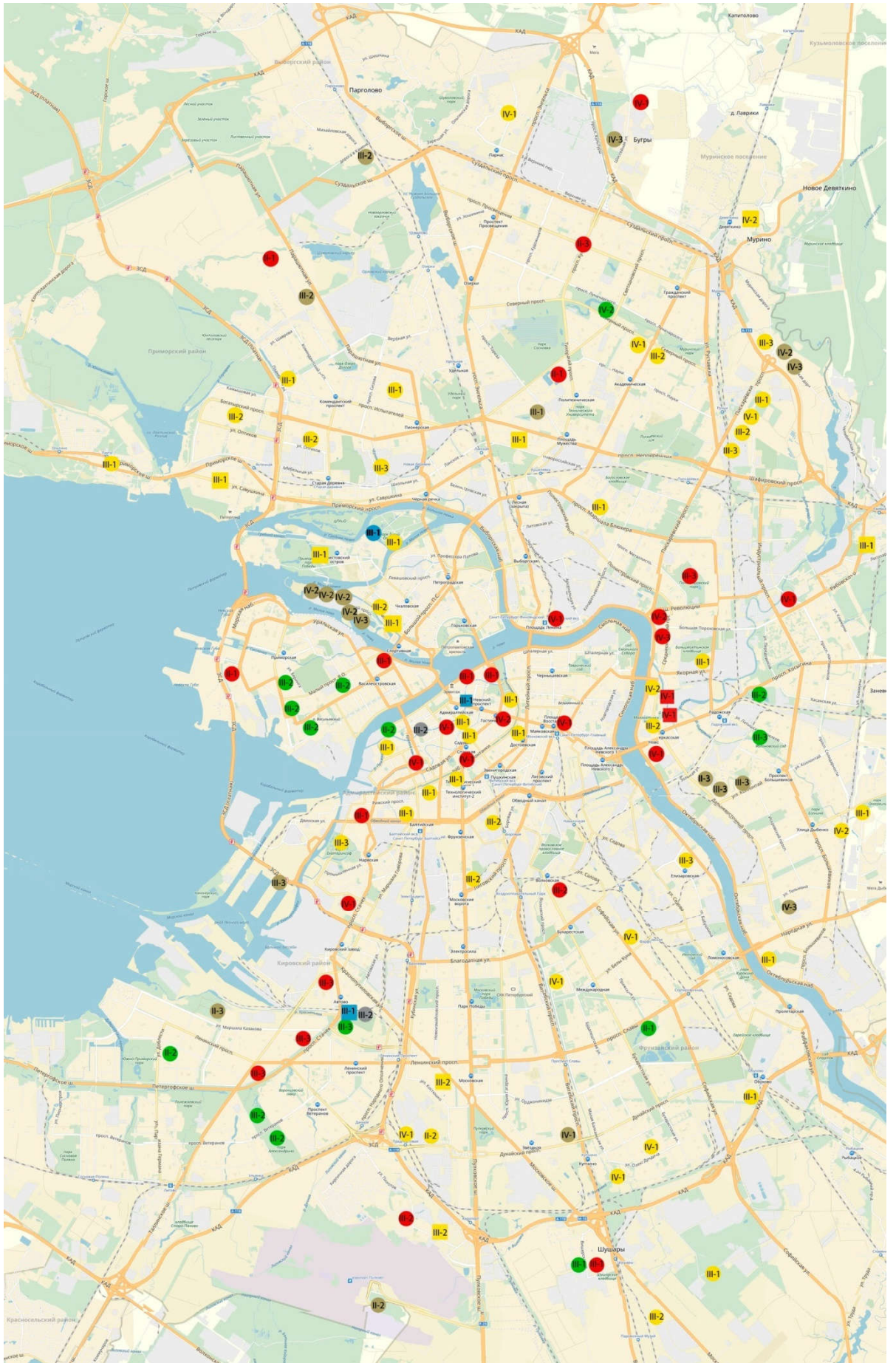


Рисунок 7. Карта-схема расположения объектов

Таблица 3. Принцип классификации объектов.

Тип пробы	Цвет	Глубина отбора, м
природная вода		-
донные отложения		-
грунт		0,0 -0,2
		0,2 - 1,0
		1,0 - 2,0
		2,0 - 5,0
		> 5,0
Тип объекта		
<i>Площадной</i>		<i>Линейный</i>
Круг		Ромб
Годы проведения изысканий		
I		2000 - 2005
II		2006 - 2010
III		2011 - 2015
IV		2016 -
Количество проб		
1		1-10
2		11-30
3		> 30
Функциональная зона		
промышленная (1)		
селитебная (жилая) (2)		
рекреационная (3)		
Тип четвертичных отложений		
H	техногенные, озерно-морские,(1)	
m,l H	озерно-морские (2)	
g III os	ледниковые (Осташковский горизонт) (3)	
Тип ландшафта		
<i>Тип</i>		<i>Группы</i>
равнинный	озерно-ледниковые глинистые (1)	
	озерно-ледниковые песчаные (2)	
холмисто-грядовый	камовые (3)	
Тип почв		
болотные и торфяные (1)		
слабо и среднеподзолистые (2)		

Помимо этого, была составлена карта-схема количества проб по районам города (рис. 8) Цифры на карте показывают номер, который присвоен определенному району, цвет - диапазон, отражающий количество проб, отобранных именно в этом районе. Более точные данные по количеству проб представлены в таблице № 4 :

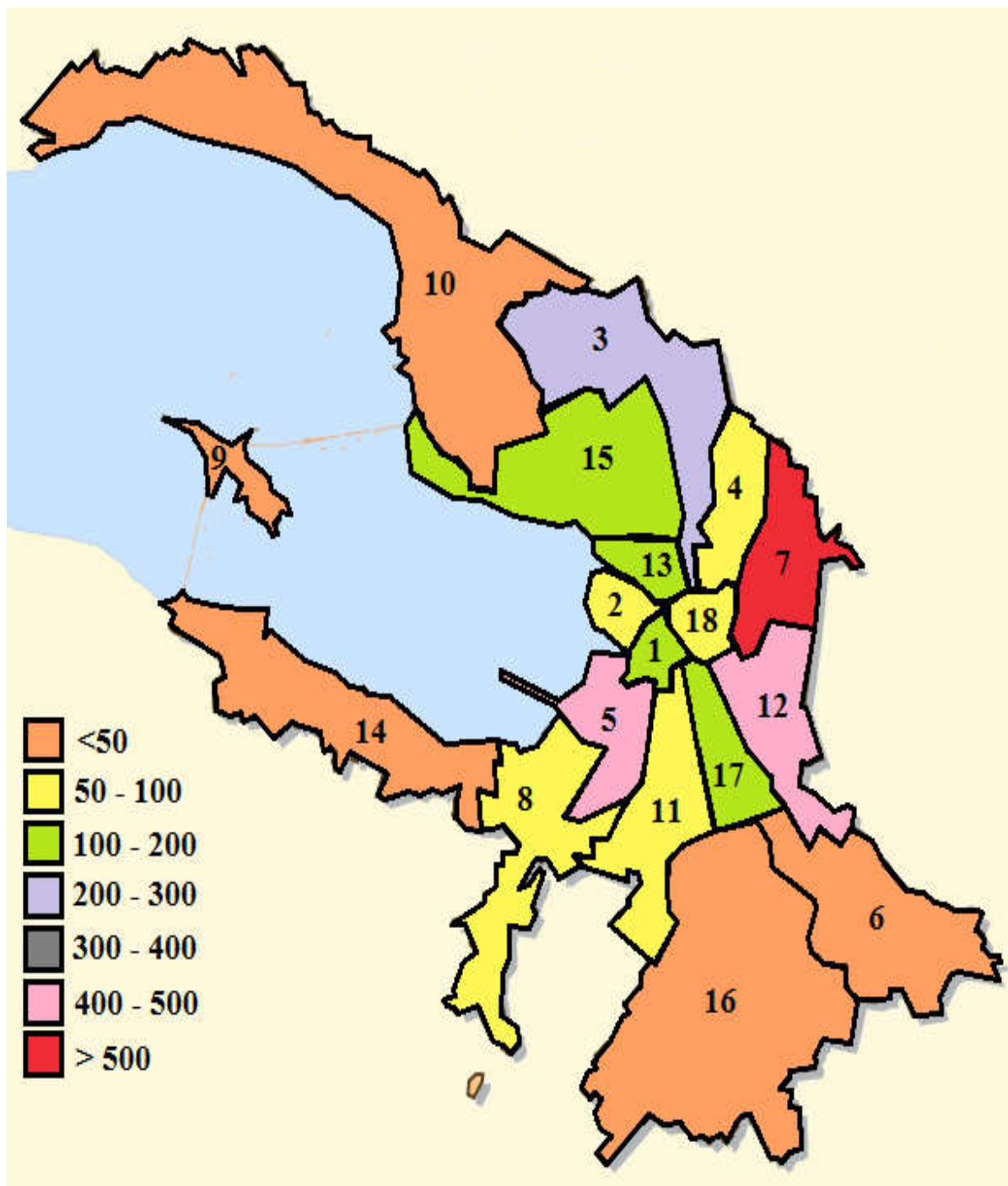


Рисунок 8. Карта-схема количества проб в каждом районе г. Санкт-Петербурга

Таблица 4. Номера районов и количество проб.

№ на карте	Название района	Количество проб
1	Адмиралтейский	102
2	Василеостровский	73
3	Выборгский	227
4	Калининский	82
5	Кировский	481
6	Колпинский	39
7	Красногвардейский	513
8	Красносельский	60
9	Кронштадский	8
10	Курортный	6
11	Московский	64
12	Невский	480
13	Петроградский	134
14	Петродворцовый	33
15	Приморский	153
16	Пушкинский	48
17	Фрунзенский	113
18	Центральный	57
Не указаны на карте		
19	Ломоносовский	56
20	Всеволожский	163

После того как точки, показывающие расположение объектов на территории города, были перенесены на карту четвертичных отложений (рис. 9), стало очевидно их распределение по типам отложений данного периода.

Большая часть объектов расположена в зоне распространения техногенных озерно-морских отложений голоцена, которые представляют собой мелкозернистые пески или

разнозернистые пески с галькой и гравийным материалом. Местами встречаются торфа, к ним в основном приурочены объекты, располагающиеся на правом берегу р.Нева.

На данных отложениях расположены 30 объектов с глубиной бурения 5 м, 17 объектов - 2 м, 6 объектов, на которых производился только отбор поверхностных проб и 3 объекта с глубиной бурения свыше 5 м. Кроме того, к этому типу отложений приурочены места пробоотбора донных отложений (2 объекта) и воды (3 объекта). Таким образом, выходит, что на данном типе четвертичных отложений располагается около половины всех имеющихся объектов - 65 шт.

Немалое количество точек приурочено к озёрно-морским отложениям голоценового возраста, сложенных песками, супесями, суглинками и глинами, нередко в данных отложениях встречаются валуны.

К озерно морскому типу четвертичных отложений относится 68 объектов, среди которых 8 объектов с отбором поверхностных проб, 19 объектов с глубиной бурения 2 м, 39 объектов - до 5 м, и лишь 2 объекта, на которых производилось бурение на глубину свыше 5 метров.

Лишь два объекта на юге города относятся к плейстоценовым ледниковым отложениям Осташковского горизонта, который представлен суглинками, супесями, а также слоистыми и ленточными глинами. На обоих объектах осуществлялось бурение до 2 м.

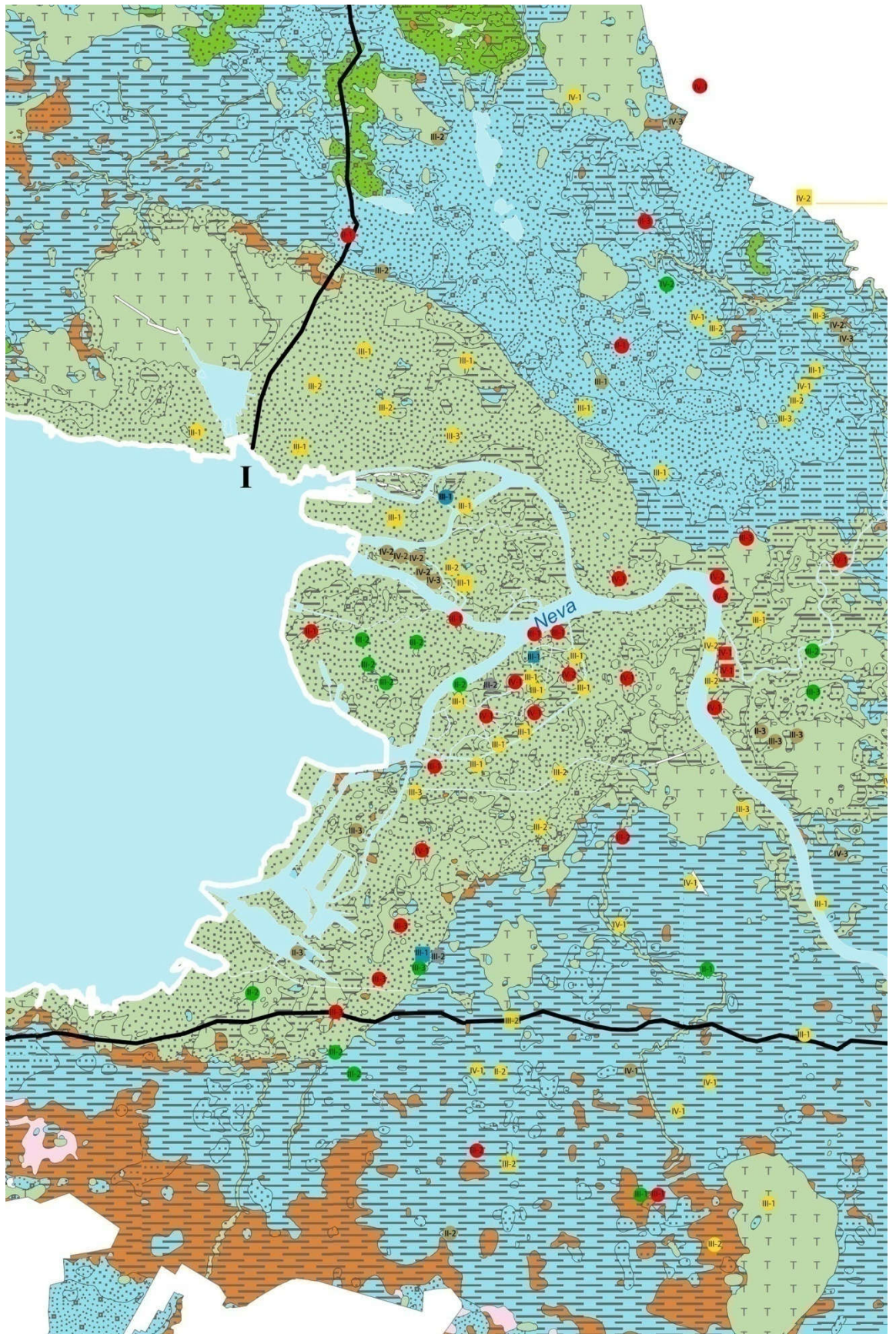





Рисунок 9. Карта-схема расположения объектов исследования на типах четвертичных отложений

Условные обозначения

-  Н - Голоцен. Техногенные, озерно-морские отложения
-  м.л.н. - Голоцен. Озерно-морские отложения
-  г.ш.н. - Плейстоцен. Осташковский горизонт. Ледниковые отложения

Литология

- | | |
|---|---|
|  - торф |  - супесь |
|  - валунно-гравийные отложения |  - супесь с валунами |
|  - разнородные пески с гравием и галькой |  - глины, суглинки, супеси, слоистые и ленточные глины |
|  - мелкозернистые пески |  - суглинки и глины с валунами |
|  - средне- и крупнозернистые пески | |

Согласно карте ландшафтов Ленинградской области (рис. 10), территория исследования приурочена к Приневскому району. Выделяются два типа ландшафта – равнинный и холмисто-грядовый. У равнинного типа выделяется две группы озерно-ледниковых отложений:

- озерно-ледниковая глинистая (светло-зеленый участок карты внутри квадрата) - местами встречаются песчаные камы, но в целом преобладают болотные и торфяные почвы. Преобладают смешанные хвойно-лиственные и березово-осиновые леса. К данному типу ландшафта приурочено 88 объектов;
- озерно-ледниковая песчаная (темно-зеленый участок карты внутри квадрата) - пески и супеси приморской полосы, на которой произрастают сосновые, еловые и мелколиственные леса, наблюдаются верховые болота. На территории распространения этого типа расположено 38 объектов исследования.

Холмисто-грядовый тип ландшафта (светло-коричневый участок карты внутри квадрата) на данной территории представлен камовой группой, для которой характерно наличие песчаных холмов покрытых сухими сосняками. К нему приурочено 9 объектов.

В целом, Приневский район представляет собой плоскую равнину с высотами 10-20 м над уровнем моря. На востоке над равниной возвышается камовая Колтушская высота, а на севере - гряды Осиновой Рожи и Юкковская. Огромное влияние на ландшафт оказывает постоянно разрастающийся город.

Наибольшее количество объектов располагается в зоне распространения озерно-ледниковой глинистой группы, т.к. она покрывает почти весь город, за исключением восточной и юго-западной окраин.

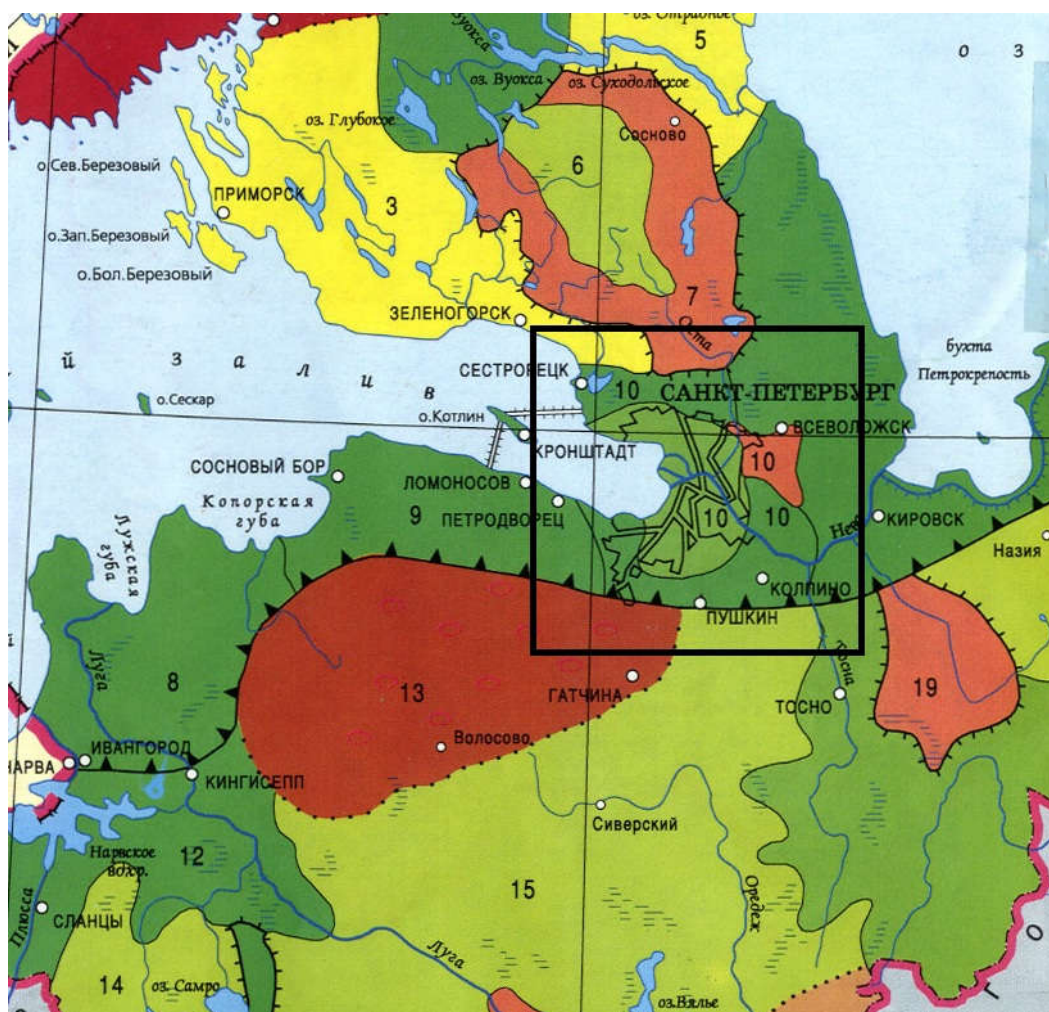


Рисунок 10. Ландшафтная карта Ленинградской области

Карта почв Ленинградской области (рис. 11) показывает, что большая часть территории города относится к болотным и торфяным почвам (голубой участок карты внутри квадрата), а окраины Санкт-Петербурга приурочены к зоне распространения слабо и среднеподзолистых почв (розовый участок карты внутри квадрата).

К почвам слабо и среднеподзолистого типа приурочены 49 объектов, расположенные на севере города (Приморский, Выборгский, Калининский, Красногвардейский, Курортный районы). Большая часть объектов, в количестве 86 шт, располагаются в зоне болотных и торфяных почв. Разумеется, под антропогенным влиянием данные типы почв претерпели изменения.

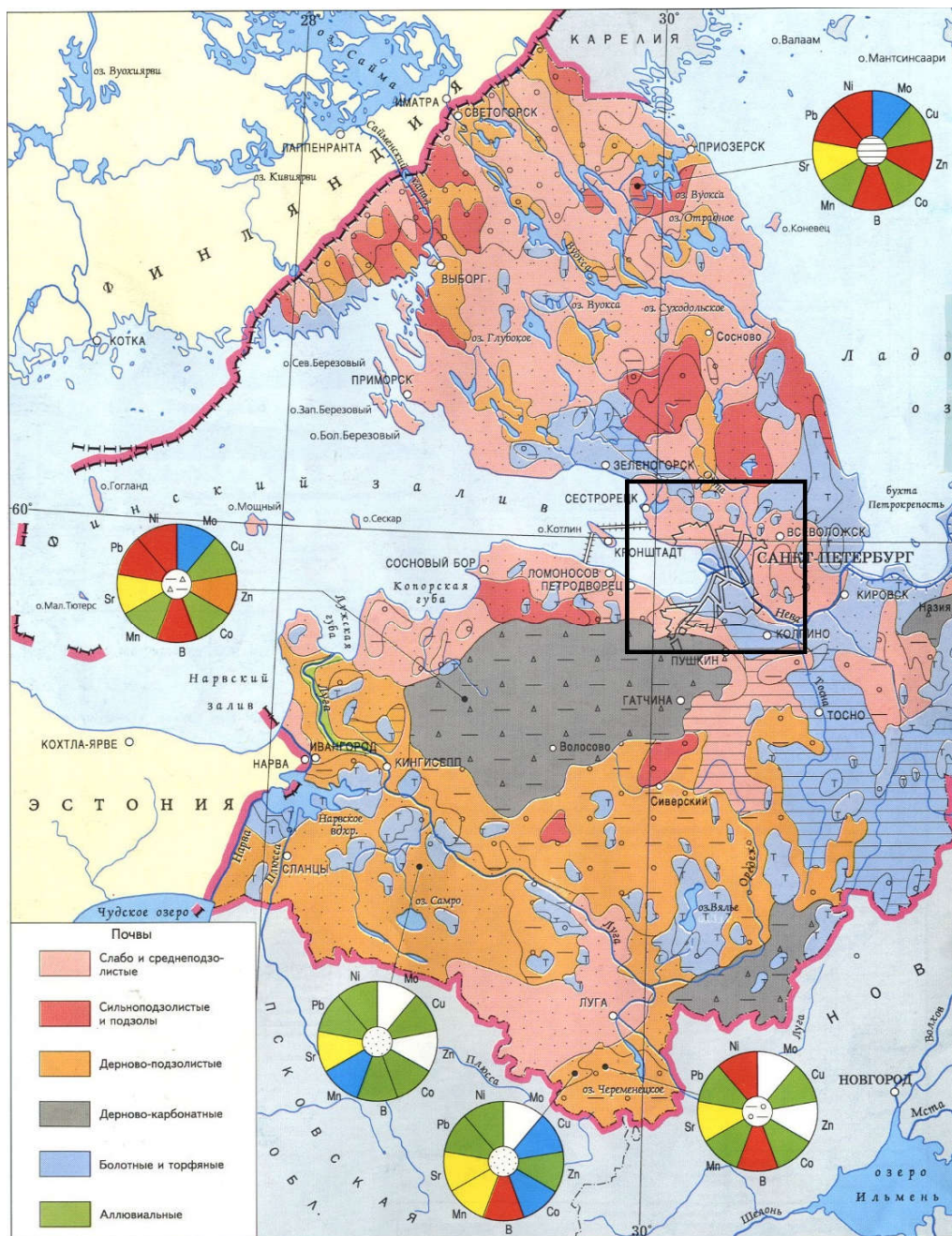
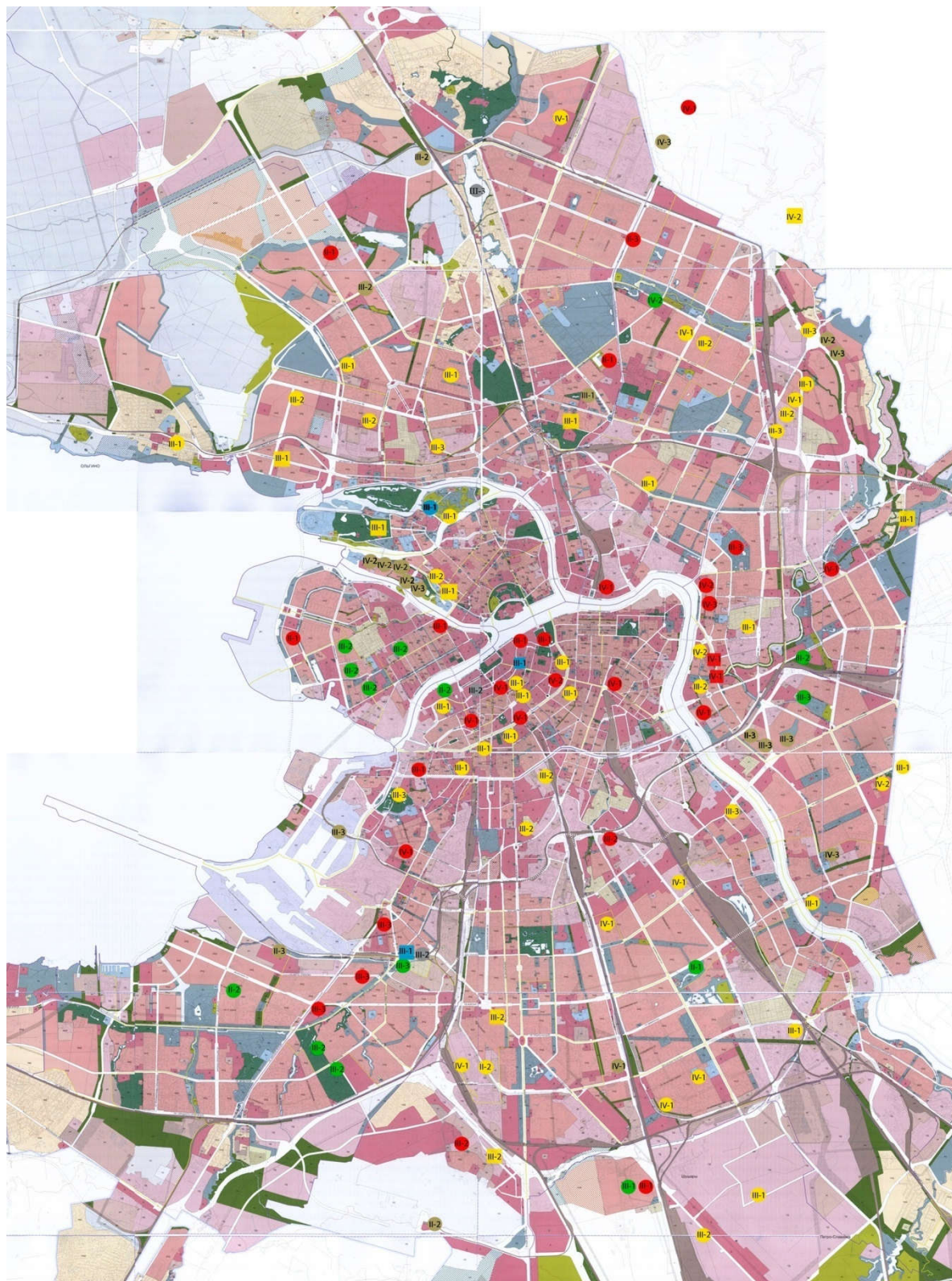


Рисунок 11. Карта почв Ленинградской области

Что касается распределения объектов по функциональным зонам (рис. 12), их подавляющее большинство - 88 шт- относится к селитебной зоне, 17 объектов приурочено к рекреационной зоне, в основном это конечно же парки: Екатерингоф, Приморский парк Победы, Тихий Отдых, Муринский, Полостровский, парк Интернационалистов. Касательно промышленных объектов, к ним необходимо отнести такие объекты как Морской порт, производственная база под деревоперерабатывающее производство (пос. Бугры), объекты в пос.Шушары и др. Всего объектов промышленного назначения - 30 шт. Необходимо отметить, что к категории "селитебная" были отнесены как жилые, так и деловые постройки, а в число промышленных объектов были внесены свалки ТБО.



Селитебная зона		Промышленная зона		Рекреационная зона	
ИЖД	Д	ПД	Р0	Р3	
СЖД	ДИ	К2	Р1	Р4	
ЗЖД			Р2	Р5	

Рисунок 12. Карта-схема распределения объектов исследования по типам функциональных зон и условные обозначения

3.3. Методика обработки данных.

В ходе выполнения работы были рассчитаны показатели описательной статистики, такие как среднее, доверительный интервал, среднее геометрическое, мода, медиана, стандартное отклонение, дисперсия, эксцесс, минимум и максимум. Для наибольшей ясности рассмотрим каждый из них.

Среднее, или среднее арифметическое, является наиболее известным статистическим показателем. Это интегральная характеристика набора числовых данных, которая подвержена влиянию выбросов, т.е. значений, которые сильно отличаются от остальных значений переменной величины. Физический смысл среднего можно понять, представив два числа (черные кружки) и их среднее (желтый кружок) на числовой оси (рис. 13). Это своего рода весы, находящиеся в равновесии, таким образом, по правилу рычага моменты сил равны: $M_1 = M_2$.

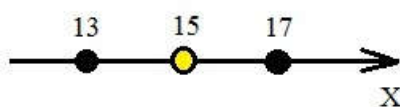


Рисунок 13

Значение среднего дает координату точки опоры весов в состоянии равновесия¹³.

Доверительный интервал для среднего является интервалом значений вокруг оценки, где с данным уровнем доверия, находится "истинное" среднее выборки. Просто же доверительный интервал - интервал, в который случайная величина попадает с заданной вероятностью, которая, в свою очередь, называется доверительной вероятностью (p). Вероятность выхода за пределы интервала называют уровнем значимости (α). С доверительной вероятностью они связаны соотношением $p = 1 - \alpha$. Доверительный интервал может быть ограничен как с одной, так и с двух сторон. Границу одностороннего доверительного интервала, которая соответствует заданной доверительной вероятности, называют квантилем (Иванюкович Г.А., 2010).

Существуют три типа квантилей:

- 1) верхняя - ограничивает область, которая вмещает в себе 75% всех значений случайной величины, $\alpha = 0,25$;
- 2) нижняя - ограничивает область, в которую попадает 25% значений случайной величины, $\alpha = 0,75$;

¹³ Среднее арифметическое: физический смысл и визуализация: <https://habrahabr.ru/post/319168/>

3) медиана - делит распределение пополам.

Средним геометрическим нескольких чисел называется такое число, которым можно заменить каждое из них так, чтобы произведение этих чисел не изменилось: Применяется в при несимметричном распределении данных, т.к. в этом случае среднее арифметическое не является обобщающим показателем распределения.

Следующий показатель - мода. Она представляет собой значение признака, имеющее наибольшую частоту в статистическом ряду распределения. Некоторые наборы данных не имеют моды, потому что каждое значение встречается только 1 раз. Иногда бывает более одной моды; это происходит тогда, когда 2 значения или больше встречаются одинаковое число раз и встречаемость каждого из этих значений больше, чем любого другого значения¹⁴.

Медиана - это значение, разделяющее ранжированный ряд распределения на две равные части - со значениями меньше медианы и со значениями больше медианы. Мода и медиана могут быть определены посредством обычного просмотра столбца частот. В нем находят число, характеризующее наибольшую частоту. Ей и соответствует мода.

Случайную величину характеризуют начальными и центральными моментами. Первый начальный момент - математическое ожидание или среднее арифметическое. Второй центральный момент характеризует рассеяние значений случайной величины относительно математического ожидания (Иванюкович Г.А., 2010). Данный показатель называется дисперсией. Наряду с дисперсией применяют стандартное отклонение. Дисперсия независимых случайных величин имеет свойства: дисперсия постоянной величины равна нулю; дисперсия суммы или разности случайных величин, равна сумме их дисперсий. Среднеквадратическое отклонение— это положительный квадратный корень из дисперсии. Стандартное отклонение - корень из выборочной дисперсии: Если разделить стандартное отклонение на среднее и выразить результат в процентах, получится коэффициент вариации, который является мерой рассеяния (Иванюкович Г.А., 2010).

С третьим центральным моментов связывают такую характеристику как асимметрия распределения случайной величины. С четвертым центральным моментом связан эксцесс, который характеризует "островершинность" распределения. Чем больше эксцесс, тем больше разброс точек на хвостах распределения (Иванюкович Г.А., 2010):

¹⁴ Электронный учебник по статистике StstSoft.: <http://statsoft.ru/home/textbook/default.htm>

Минимумом из ряда чисел является число, которое не больше всех остальных. Соответственно, максимум - это число, которое не меньше всех остальных чисел, имеющегося ряда.

Кроме показателей описательной статистики, был рассчитан коэффициент корреляции г-Пирсона, характеризующий существование линейной зависимости между двумя величинами.

Пусть даны две выборки $x^m = (x_1, \dots, x_m)$, $y^m = (y_1, \dots, y_m)$, коэффициент корреляции г-Пирсона рассчитывается по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{cov(x, y)}{\sqrt{s_x^2 s_y^2}}$$

где \bar{x}, \bar{y} – выборочные средние x^m и y^m , $s_x^2 s_y^2$ – выборочные дисперсии, $r_{xy} \in [-1, 1]$. Коэффициент корреляции Пирсона называют также теснотой линейной связи:

$|r_{xy}| = 1$ – x, y линейно зависимы, $r_{xy} = 0$ – x, y линейно независимы.

Слабыми сторонами линейного коэффициента корреляции г-Пирсона являются:

- неустойчивость к выбросам;
- с помощью коэффициента корреляции г-Пирсона можно определить только силу линейной взаимосвязи между переменными, другие виды взаимосвязи выявляются при помощи других анализов¹⁵.

Кроме того, был рассчитан t-критерий Стьюдента с целью проверки гипотезы о существенности и несущественности выборочных средних. Так как мы имеем дело с не связанными выборками, для вычисления t-критерия Стьюдента использовалась следующая формула:

$$t = \frac{|M_1 - M_2|}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}, \text{ где}$$

M – среднее значение по выборке, $m = \frac{SDx}{\sqrt{(n-1)}}$, а SDx – стандартное отклонение.

Помимо этого, был применена поправка Бонферрони - метод контроля групповой вероятности ошибки, утверждающий, что для достижения уровня α достаточно, чтобы отвергались гипотезы, для которых уровни значимости, соответствующие им, меньше или

¹⁵ Электронный учебник по статистике StstSoft.: <http://statsoft.ru/home/textbook/default.htm>

равны отношению α/m , где m - количество гипотез. Данный метод обладает существенным недостатком - мощность метода значительно снижается при возрастании числа проверяемых гипотез. При этом, метод Бонферрони очень прост в реализации.

Помимо всего вышеописанного, был проведен факторный анализ данных. В его основе лежит предположение, что переменные, описывающие процесс, связаны между собой (Иванюкович Г.А., 2010):. Таким образом, основное влияние на процесс оказывает небольшое число скрытых факторов, а главной задачей факторного анализа является их выделение и оценка влияния каждого из них.

В начале анализа необходимо выявить количество информативных факторов. Для этого существует два критерия:

- критерий "осыпи", согласно которому "количество факторов должно соответствовать резкому изменению градиента собственных значений фактора в зависимости от его номера"(Иванюкович Г.А., 2010);;
- критерий Кайзера, по которому не нужно строить фактор, если его вклад в объяснение общей дисперсии меньше вклада одной переменной.

При выполнении данной работы использовался критерий "осыпи".

Далее, для облегчения интерпретации факторов используется метод улучшения результата - вращение факторов, т.е. подбирается такое расположение факторных осей, при котором распределение факторных нагрузок на переменные было наиболее контрастно. Таким образом, происходит выделение нескольких факторов, оказывающих влияние на переменные.

Все вышеописанные манипуляции были произведены прежде всего с генеральной совокупностью, разделенной по глубинам, после чего массив данных делился по критериям - тип почв, ландшафта, материнских пород и функциональной зоны (п.3.2.1.) и все расчеты повторялись для каждой из получившейся выборок.

В данной работе факторный анализ проводился с целью выявления ассоциаций загрязнителей характерных для каждой из вышеописанных выборок.

В итоге, в качестве фоновых значений были использованы медианы исследуемых показателей, разделенных по критериям (почвы, ландшафт и др.) и по глубинам. Медиана выбрана в связи с тем, что данная статистика наиболее верно отражает центральную тенденцию в имеющихся выборках: во-первых, медиана намного более устойчива к

выбросам; во-вторых, она является более точной характеристикой для выборок, в которых отрицается гипотеза о нормальном распределении.

Зонирование территории Санкт-Петербурга производилось путем интеграции районов в группы, характеризующиеся определенным сочетанием выделяемых нами характеристик (типы почв, материнских пород и т.д.). В связи с этим, для каждой зоны фоновые значения рассчитывались отдельно, исходя из полученных совокупностей ранее выделенных медиан.

Для сравнения и проверки полученных результатов с утвержденными ранее (1999 г), были рассчитаны и усреднены значения суммарного показателя загрязнения (Z_c) для районов, входящих в черту города, с использованием и ранее принятых фоновых значений, и рассчитанных в ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы. В расчетах использовались только поверхностные пробы.

4. Результаты

Всего в работе было задействовано 2892 образца, среди которых основную массу составляют почво-грунты, присутствует также небольшое количество данных о содержании поллютантов в поверхностной воде и донных отложениях.

Прежде чем приступить к обработке данных, значения содержания поллютантов были вынесены в общую таблицу. После было выяснено количество и процентное содержание пробелов в получившейся таблице (табл. 5).

Таблица 5. Количество пробелов в общем массиве данных

	pH	НП*	БП**	As	Zn	Pb	Cd	Ni	Co	Mn	Cu	Cr	Hg
Кол-во пробелов, шт	658	596	695	356	23	26	524	44	1618	1382	43	1144	509
Кол-во пробелов, %	23	21	24	12	1	1	18	2	56	48	1	40	18

*НП - нефтепродукты; **БП - бенз(а)пирен.

Пробелы в таблицы были закрыты значениями пределов обнаружения каждого из загрязнителей.

В связи с большим разбросом значений, к выборке было применено правило трех сигм. Для повышения надежности оценки данных, из выборки были удалены значения, выбивавшиеся из доверительного интервала

Как было отмечено ранее, для всего объема данных был осуществлен подсчет основных показателей описательной статистики (табл. 6).

Из таблицы видно, что с глубиной содержание большинства показателей уменьшается, в связи со снижением антропогенной нагрузки. Исключение составляют нефтепродукты и бенз(а)пирен, содержание которых возрастает на глубине 0,2-1,0 м. Это связано с тем, что данные поллютанты испаряются или сносятся с поверхностного слоя почвы.

Таблица 6. Показатели описательной статистики для всего массива данных

	pH	НП	БП	As	Zn	Pb	Cd	Ni	Co	Mn	Cu	Cr	Hg
Глубина 0 - 0,2 м													
Среднее	6,0	173,0	0,033	1,9	132,7	52,6	0,64	18,6	2,2	142,9	56,9	29,6	0,116
Медиана	5,2	13	0,005	0,98	95,8	35	0,1	15	0,5	0,5	35,8	10	0,042
Мода	5,08	5	0,005	0,05	0,7	70	0,05	20	0,5	0,5	20	0,5	0,005
Стандартное отклонение	1,1	445,9	0,1	2,5	132,8	53,7	3,1	15,9	3,5	278,7	67,0	51,8	0,3
Глубина 0,2-1,0 м													
Среднее	6,7	251,2	0,041	1,1	78,6	35,8	0,55	7,9	1,6	111,	32,0	5,8	0,136
Медиана	6,8	67,5	0,005	0,81	58	18	0,17	6,7	0,5	75	18,6	1,6	0,1
Мода	6,8	5	0,005	0,05	75	3	0,1	1,2	0,5	0,5	15	0,5	0,1
Стандартное отклонение	1,0	553,8	0,2	1,6	75,4	48,0	3,7	6,6	2,1	161	42,8	15,6	0,4
Глубина 1,0 - 2,0 м													
Среднее	6,6	103,6	0,033	0,7	52,9	24,1	0,19	6,6	1,3	76,7	22,4	2,6	0,084
Медиана	6,7	15	0,005	0,5	39	11,8	0,1	5,4	0,5	51,3	14,6	0,60	0,07
Мода	6,6	5	0,005	0,2	20,4	0,5	0,1	0,5	0,5	0,5	15	0,5	0,1
Стандартное отклонение	0,9	279,0	0,2	0,8	46,6	36,0	0,3	6,5	1,6	97,3	31,4	4,4	0,1
Глубина 2,0 - 5,0 м													
Среднее	6,2	110,7	0,018	0,8	44,0	15,7	0,16	7,5	1,0	68,6	19,0	3,2	0,102
Медиана	6,55	14	0,005	0,5	29	7,6	0,1	6,7	0,5	0,5	12,6	0,5	0,025
Мода	6,7	5	0,005	1	19	0,5	0,1	0,5	0,5	0,5	15	0,5	0,005
Стандартное отклонение	1,1	346,0	0,1	1,3	58,6	23,9	0,2	6,2	1,4	120	25,3	8,6	0,2
Глубина > 5,0 м													
Среднее	5,3	220,4	0,010	0,7	30,5	11,0	0,22	7,0	0,8	70,4	11,3	4,7	0,038
Медиана	5,08	21	0,005	0,5	28,2	4,8	0,11	3,45	0,69	38	6,3	0,5	0,006
Мода	5,08	5	0,005	0,05	0,5	3	0,05	16	0,5	0,5	0,5	0,5	0,005
Стандартное отклонение	1,2	637,5	0,01	1,9	28,7	44,9	0,3	9,1	0,4	136,3	19,8	20,5	0,1

Для удобства, часть информации по сглаженной выборке (медиана, квантили, а также минимальное и максимальное значения) представлена в виде графиков ящик с усами (рис. 13)

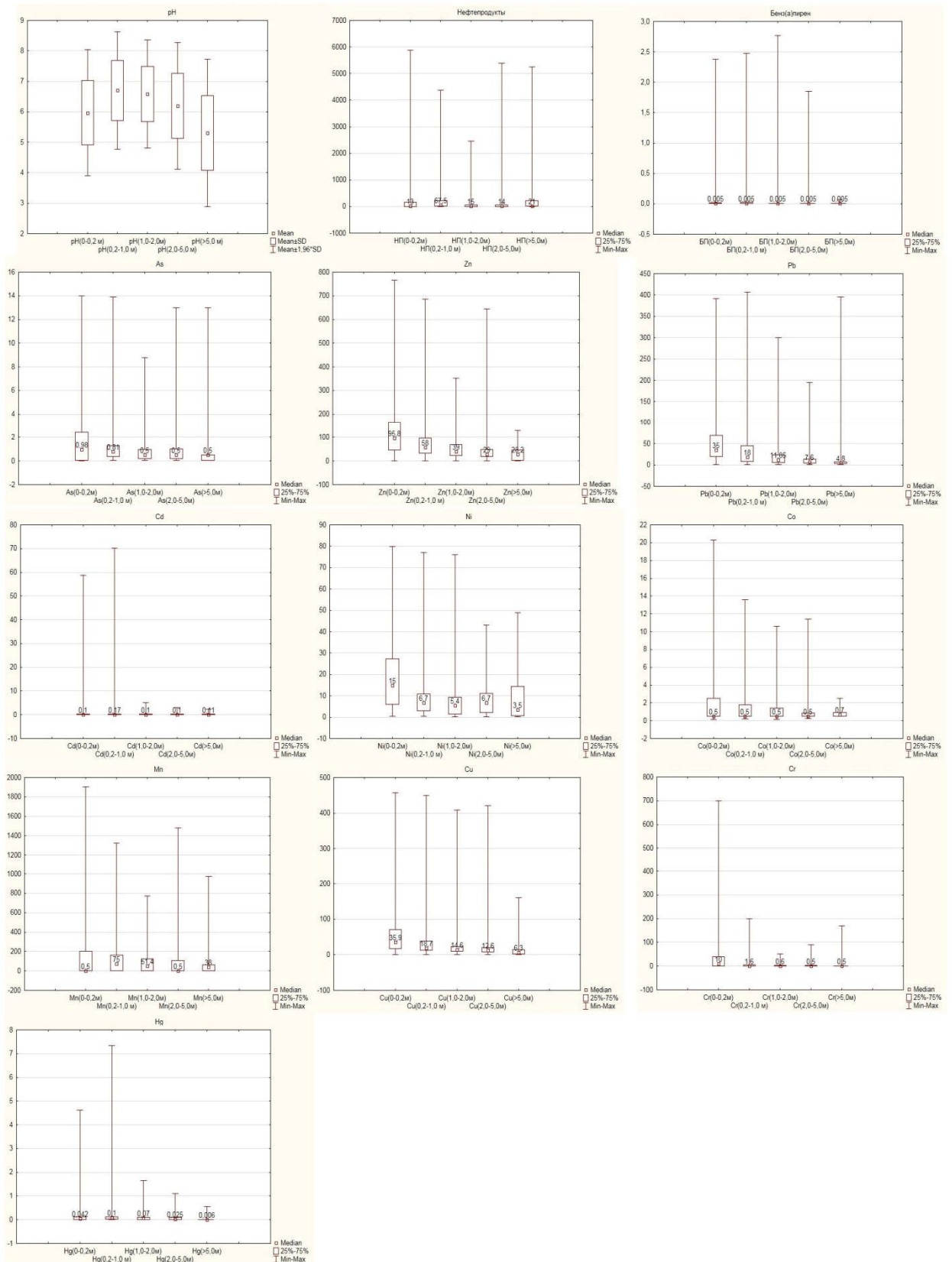


Рисунок 143. "Ящики с усами" для всех элементов выборки, разделенных по глубинам

Далее для каждой из получившихся выборок был рассчитан коэффициент корреляции Пирсона. Результат показал, что пропорциональная изменчивость по всей глубине характерна для таких пар элементов, как Pb-Zn, Cu-Zn, Cu-Pb. Для поверхностных проб характерна изменчивость Ni-Cr, для 0,2-1,0 м - Hg-Pb; 1,0-2,0 м - Co-Cr; 2,0-5,0 - Cr-Mn, и для глубины более 5 м - As-Cd-Hg, Ni-Cd, Cu-Ni и Hg-Cr-Mn.

Для всего массива данных был произведен факторный анализ. Сначала было необходимо определиться с количеством значимых факторов. Для этого был выбран критерий "осыпи". На глубинт от 0.2 до 1,0 м распределение поллютантов контролируют два фактора, на глубинах от 0 до 0,2 и более 1,0 м - три.

В таблице №7 показано распределение факторных нагрузок на глубине 0-0.2 м. Как видно, основная нагрузка первого фактора приходится на Zn, Pb, Ni, Cu, Cr. Данный фактор контролирует 23% изменчивости переменных. Второй фактор оказывает наибольшую нагрузку на Hg, бенз(а)пирен и нефтепродукты. Он контролирует 14% изменчивости переменных. Влияние третьего фактора который контролирует 14% изменчивости переменных, направлено на Co и Mn.

Таблица 7. Нагрузки факторов поверхностных проб

Переменная	Фактор №1	Фактор №2	Фактор №3
Нефтепродукты	0,05	0,66	0,01
Бенз(а)пирен	0,03	0,63	0,06
As	0,39	0,03	0,54
Zn	0,80	0,13	0,06
Pb	0,67	0,31	0,17
Cd	0,07	0,13	0,37
Ni	0,69	0,34	0,08
Co	0,03	0,07	0,80
Mn	0,05	0,08	0,64
Cu	0,84	0,05	0,16
Cr	0,59	0,41	0,36
Hg	0,11	0,61	0,23
Собственные значения факторов	2,8	1,64	1,75
Доля изменчивости, предсказываемая факторами	0,23	0,14	0,14

В связи с тем, что в работе рассматривается территория крупного города, можно сделать вывод, что первый фактор, контролирующий Zn, Pb, Ni, Cu, и Cr, представляет

собой выбросы с промышленными и бытовыми стоками, с дымом и пылью металлургических, металлообрабатывающих, химических и других промышленных предприятий. Выбросы нефтепродуктов, бенз(а)пирена и ртути (фактор №2) можно связать с выхлопными газами транспортных средств. Третий фактор, контролирующий Co и Mn, вероятно, связан с особенностями миграции данных элементов в почвенном покрове Санкт-Петербурга и типом подстилающих материнских пород. В почвах болотного типа преобладает слабокислая или нейтральная среда, в которой марганец принимает слабо подвижную форму. Кобальт, в свою очередь, изначально малоподвижен и, к тому же, его фиксируют глиняные частицы, а суглинки и глины широко распространены на территории города. Таким образом, данные элементы фиксируются в почво-грунтах Санкт-Петербурга.

Из таблицы №8 мы можем видеть, что на данной глубине влияние оказывают два фактора. Нагрузка первого фактора приходится на As, Zn, Pb, Ni, Cu, Hg. Нагрузка второго - Co, Mn, Cr.

Таблица 8. Факторные нагрузки (0,2-1,0 м)

Переменная	Фактор №1	Фактор №2
Нефтепродукты	0,45	0,27
Бенз(а)пирен	0,47	0,02
As	0,61	0,23
Zn	0,73	0,33
Pb	0,81	0,10
Cd	0,19	0,32
Ni	0,50	0,03
Co	0,17	0,66
Mn	0,01	0,83
Cu	0,70	0,06
Cr	0,17	0,81
Hg	0,75	0,01
Собственные значения факторов	3,37	2,15
Доля изменчивости, предсказываемая факторами	0,28	0,18

Элементы, контролируемые первым фактором, как и в предыдущем случае, вероятно являются следствием выбросов промышленных предприятий. Кроме того, данные элементы обладают довольно высокой способностью миграции в слабокислой

среде. Второй фактор, контролирующий распределение Co, Mn и Cr, также связан с особенностью миграции данных элементов (все три - слабоподвижные).

В таблице 9 представлены результаты факторного анализа по оставшимся глубинам.

Таблица 9. Элементы со значимыми факторными нагрузками на глубинах от 1,0 м.

Глубина	F1	F2	F3
1,0 -2,0 м	НП, БП, Zn, Pb, Cu, Hg	Co, Mn, Cr	As, Ni
2,0 -5,0 м	БП, Zn, Pb, Co, Cu	НП, As, Mn, Cr, Hg	Cd, Ni
> 5,0 м	Pb, Ni, Cu, Cr, Hg	НП, БП, Zn, Co	As, Cd, Mn

Как видно, с глубиной происходит своего рода перераспределение элементов между факторами.

На следующем этапе работы выборка была разделена на части согласно классификации (глава 3, п.3.2) по типам почв, ландшафтов, материнских пород и функциональным зонам. Всего мы получили 11 выборок, каждая из которых также была разделена на несколько совокупностей по глубинам - от 0 до 0,2 м, от 0,2 до 1,0 м и более 1,0 м. Все они были подвергнуты всем ранее описанным процедурам: сглаживание по правилу "трех сигм", расчет основных показателей описательной статистики, коэффициентов корреляции Пирсона и проведение анализа выборок по t-критерию Стьюдента с целью установления существенности их различия. Далее был произведен факторный анализ для установления ассоциаций элементов и соединений характерных для каждого типа почв, ландшафта, материнских пород и функциональных зон.

Согласно проведенному анализу по критерию Стьюдента, все имеющиеся выборки (33 шт) имеют значимые различия между собой, таким образом, невозможно объединение некоторых из них и дальнейший факторный анализ проводился для каждой выборки отдельно. Наиболее значимые различия в содержании поллютантов наблюдаются при делении по типам функциональных зон.

Результаты проведенного анализа представлен в таблице 10 . Для каждой выборки выделялись по два фактора. Ассоциации поллютантов, относимые к тому или иному фактору, представлены в соответствующих полях таблицы в виде F1/F2.

Таблица 10. Результаты факторного анализа

Глубина, м	Почвы		Ландшафт			Материнские породы			Функциональные зоны		
	Болотно-торфяные	Слабо- и среднеподзолистые	Озерно-ледн. глинистый	Озерно-ледн. песчаный	Камовый	Техногенные озерно-морские	Озерно-морские	Ледниковые	Промышленная	Селитебная	Рекреационная
0,0 - 0,2	As, Pb, Co, Cr / Zn, Cd, Ni, Cu, Hg	As, Pb, Ni, Mn, Cu, Cr / НП, Zn, Cd, Hg	НП, БП, Pb, Cd, Co, Mn, Hg / As, Zn, Ni, Cu, Cr	БП, As, Zn, Pb, Cd, Ni, C, Cu, Cr, Hg / Mn, НП	As, Cd, Ni, Co, Mn, Cu, Cr / НП, БП, Pb, Hg	As, Pb, Co, Cr / Zn, Cd, Ni, Cu, Hg	БП, As, Ni, Co, Mn, Cu, Cr / НП, Zn, Pb, Hg	НП, Pb, Ni, Hg / БП, As, Zn, Cd, Cu	As, Zn, Pb, Ni, Cu, Cr / НП, БП, Cd, Co, Mn, Hg	НП, БП, Cd, Co, Mn, Hg / As, Zn, Pb, Ni, Cu, Cr	As, Pb, Co, Cr / НП, Zn, Cd, Ni, Cu, Hg
0,2 - 1,0	НП, As, Zn, Pb, Cd, Ni, Cu, Cr, Hg / БП, Co, Mn	НП, Zn, Pb, Cd, Co, Mn, Cu, Cr, Hg / БП, As, Ni	НП, БП, As, Zn, Pb, Hg / Cd, Ni, Co, Mn, Cu, Cr	НП, As, Zn, Pb, Cd, Ni, Cu, Hg / БП, Co, Mn, Cr	НП, БП, Zn, Cd, Ni, Cu / Pb, Co, Mn, Cr	НП, As, Zn, Pb, Ni, Cd, Mn, Cu, Cr, Hg / БП, Co	НП, As, Zn, Pb, Ni, Hg / Cd, Co, Mn, Cu, Cr		НП, As, Zn, Pb, Cd, Ni, Mn, Cu, Cr, Hg / БП, Co	НП, БП, As, Zn, Pb, Cd, Ni, Cu, Hg / Co, Mn, Cr	НП, As, Zn, Pb, Cd, Ni, Co, Cu, Cr / БП, Mn, Hg
> 1,0	НП, БП, As, Zn, Pb, Cd, Ni, Cu / Co, Mn, Cr, Hg	As, Zn, Pb, Co, Mn, Cr, Hg / НП, Cd, Ni, Cu	НП, БП, Zn, Pb, Cd, C, Cu, Cr / As, Ni, Mn, Hg	As, Zn, C, Mn, Cr, Hg, Pb / НП, БП, Cd, Ni, Cu	НП, БП, As, Pb, Cd, Co, Mn, Cr / Zn, Ni, Cu, Hg	НП, БП, As, Zn, Pb, Ni, Cu / Cd, Co, Mn, Cr, Hg	As, Zn, Pb, Co, Mn, Cr, Hg / НП, БП, Cd, Ni, Cu		Co, Mn, Cu, Cr, Hg / НП, БП, As, Zn, Pb, Cd, Ni	НП, БП, As, Zn, Pb, Cd, Cu / Ni, Co, Mn, Cr, Hg	НП, As, Pb, Cd, Ni, Co / Zn, Mn, Cu, Cr

Три выборки по типу ледниковых материнских пород были объединены в одну в связи с небольшим количеством проб и, как следствие, невозможностью проведения факторного анализа по каждой глубине отдельно.

Согласно описанной методике обработки данных (п.3.3) в качестве фоновых значений были приняты медианы исследуемых показателей.

В таблице №11 представлены фоновые значения характерные для каждой из выделенных зон. Далее, производилось зонирование территории Санкт-Петербурга. Все районы были разбиты на пять зон, для каждой из которых характерно собственное сочетание ранее выделенных нами критериев (тип почв, материнских пород и т.д.):

- **Зона I** - техногенные озерно-морские отложения, озерно-ледниковый глинистый тип ландшафта, болотно-торфяные почвы, селитебные зоны;
- **Зона II** - техногенные озерно-морские отложения, озерно-ледниковый глинистый тип ландшафта, болотно-торфяные почвы, селитебные и промышленные зоны;
- **Зона III** - озерно-морские отложения, озерно-ледниковый песчаный тип ландшафта, болотно-торфяные почвы, селитебные, рекреационные и промышленные зоны;
- **Зона IV** - озерно-морские отложения, озерно-ледниковый песчаный тип ландшафта, слабо- и среднеподзолистый тип почв, селитебные, рекреационные и промышленные зоны;
- **Зона V** - техногенные озерно-морские отложения, озерно-ледниковый песчаный тип ландшафта, слабо- и среднеподзолистый тип почв, селитебные, рекреационные и промышленные зоны.

Результат разделения территории города на данные зоны представлен на рисунке №

Таблица 11. Фоновые значения исследуемых показателей

Критерий	Тип	Глубина , м	Фоновые значения исследуемых показателей											
			НП	БП	As	Zn	Pb	Cd	Ni	Co	Mn	Cu	Cr	Hg
Почва	Болотно-торфяной	0,0-0,2	5	0,005	1,1	98,5	34,95	0,11	16,45	0,5	50	40	11,5	0,0495
		0,2-1,0	147,1	0,006	0,82	70,2	24,1	0,25	7,2	0,72	101,9	25,7	3,1	0,1
		> 1.0	29	0,005	0,5	43,35	11,05	0,13	5,4	0,685	70,55	16,6	1,2	0,098
	Слабо- и среднеподзолистый	0,0-0,2	25	0,005	0,84	98,9	38	0,1	10,5	0,5	0,5	30	5	0,031
		0,2-1,0	25	0,005	0,65	47,5	14,8	0,1	6	0,5	0,5	15,1	0,5	0,041
		> 1.0	6	0,005	0,58	26,1	7,4	0,1	6,4	0,5	0,5	10,9	0,5	0,014
Ландшафт	Озерно-ледн.глинистый	0,0-0,2	5	0,005	2,5	133	61,75	0,115	15	2,675	175,35	52,955	20,3	0,095
		0,2-1,0	91	0,005	0,79	79,4	44,1	0,26	5,4	2,2	155	35,6	6	0,1
		> 1.0	30	0,005	0,5	39,85	10,4	0,11	3,85	0,73	92,15	15,9	1,8	0,1
	Озерно-ледн. песчаный	0,0-0,2	25	0,005	0,695	103,5	40	0,09	13,2	0,5	0,5	33,2	8,4	0,014
		0,2-1,0	25	0,005	0,65	54,8	16,2	0,1	6,195	0,5	0,5	15,1	0,5	0,048
		> 1.0	5	0,005	1	26,1	7,5	0,1	6,7	0,5	0,5	10,6	0,5	0,011
	Камовый	0,0-0,2	25	0,005	0,42	46	6,9	0,38	5,3	0,5	37,5	17	0,78	0,025
		0,2-1,0	25	0,005	0,36	38,2	7,1	0,37	8,5	0,5	39	14,8	0,81	0,025
		> 1.0	17	0,005	0,1	43,6	7	0,37	13	0,69	37	15	0,74	0,005
Материнские породы	Техногенные озено- морские	0,0-0,2	5	0,005	0,8	88,4	34,1	0,11	14	0,5	125	38,1	12,7	0,048
		0,2-1,0	151	0,005	0,845	72,1	23,4	0,23	6,9	0,71	110,4	25	4,1	0,1
		> 1.0	28	0,005	0,5	40,3	10,3	0,1	4,3	0,58	80,6	15,8	1,6	0,1
	Озерно-морские	0,0-0,2	27,35	0,005	1,155	108,5	39,75	0,1	16	0,5	0,5	35,75	4,95	0,03
		0,2-1,0	26	0,005	0,745	50,85	15,5	0,11	6,65	0,5	0,5	16	0,5	0,041
		> 1.0	8,95	0,005	0,5	30,3	8,15	0,1	7,355	0,5	0,5	12,3	0,5	0,014
	Ледниковые	0,0-0,2	150	0,031	0,68	53	24,1	0,11	9,9	0,5	0,5	16,3	0,5	0,089
		0,2-1,0	11	0,005	0,29	37,1	12,8	0,07	13,3	0,5	0,5	14,9	0,5	0,032
		> 1.0	10	0,021	0,28	29,5	11,3	0,07	13,1	0,5	0,5	13,2	0,5	0,033
Функциональная зона	Промышленная	0,0-0,2	24	0,005	2,9	130,2	58	0,12	15	0,5	0,5	48,3	21	0,046
		0,2-1,0	226	0,005	1,1	70	21	0,25	9	0,5	115	22,4	5,5	0,05
		> 1.0	34	0,005	0,5	30	8,2	0,1	4	0,5	0,5	12	0,5	0,055
	Селитебная	0,0-0,2	42,5	0,005	0,625	98,65	32,4	0,1	10	0,5	0,5	38,91	3,65	0,033
		0,2-1,0	49	0,008	0,7	58	17,2	0,12	6,9	0,5	36	17,3	0,81	0,086
		> 1.0	15	0,005	0,5	34,2	8,9	0,1	6,42	0,5	24	13	0,5	0,025
	Рекреационная	0,0-0,2	5	0,005	1,1	89,2	39	0,073	20	0,5	150	30	30	0,064
		0,2-1,0	48,75	0,005	0,49	54,5	33	0,185	1,5	1,1	124,85	25,65	2,15	0,1
		> 1.0	5	0,005	0,2	31,4	5,4	0,05	0,59	0,5	114,3	16,3	0,92	0,1



Рисунок 15. Карта-схема зонирования территории Санкт-Петербурга

Так как каждая из зон отличается от других по своим характеристикам, фоновые содержания элементов были рассчитаны для каждой из зон отдельно (табл.12).

Таблица 12. Полученные фоновые значения для исследуемых показателей

№ зоны	Фоновые значения исследуемых показателей, мг/кг											
	НП	БП	As	Zn	Pb	Cd	Ni	Co	Mn	Cu	Cr	Hg
I	150	0,030	2,40	34,5	17,0	0,14	13,3	2,67	114,3	16,6	11,5	0,05
II	175	0,035	2,51	35,0	16,2	0,15	13,7	3,10	116,2	17,6	11,7	0,06
III	150	0,030	2,46	29,4	16,0	0,12	14,2	2,50	115,1	17,2	10,5	0,05
IV	130	0,025	2,10	31,2	15,7	0,11	13,4	2,70	114,3	16,3	11,2	0,03
V	130	0,025	2,10	26,1	16,9	0,10	13,4	3,20	114,2	16,5	11,5	0,03

Для сравнения приведены утвержденные фоновые значения (табл. 13). Примечательно, что фоновых содержаний нефтепродуктов и бенз(а)пирена нет:

Таблица 13. Утвержденные фоновые значения.

Фоновые значения, мг/кг ("Правила охраны почв в СПб")											
НП	БП	As	Zn	Pb	Cd	Ni	Co	Mn	Cu	Cr	Hg
-	-	2,62	43,1	19,1	0,17	15,3	4,10	117,7	18,0	12,5	0,03

Как видно из таблиц, все фоновые значения, полученные в результате выполнения работы, за исключением ртути, несколько понижены относительно ранее утвержденных. Это говорит о том, что данные показатели мигрируют и рассеиваются под действием изменений в почво-грунтах, происходящих с течением времени. Что касается ртути, диаграмма (рис. 15) показывает, что ее максимальные содержания приходятся на типы почв, ландшафтов и материнских пород, для которых характерно наличие торфа, который, вероятно, абсорбирует ее на себе, тем самым, играя роль геохимического барьера.

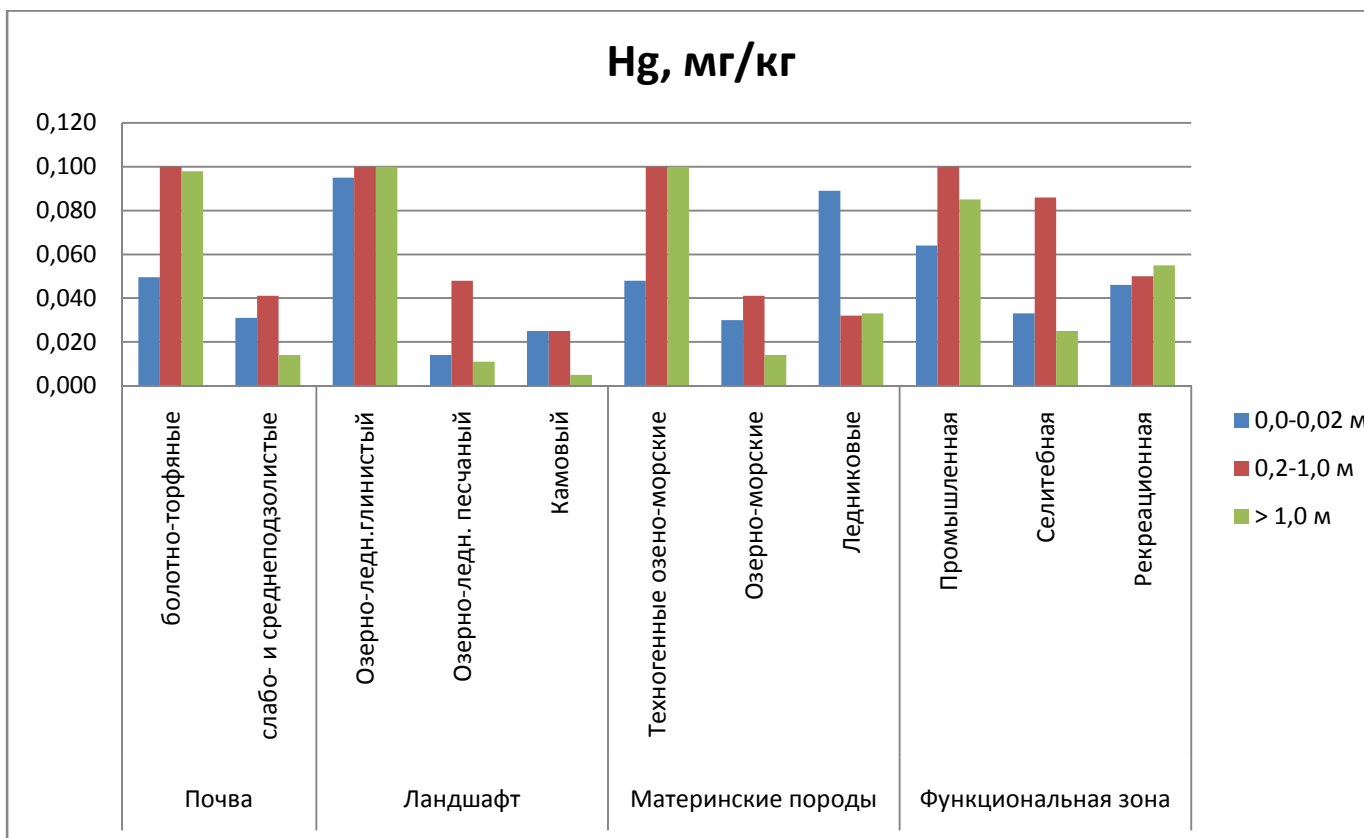


Рисунок 16. Диаграмма распределения фоновых значений ртути.

Для большей наглядности был рассчитан суммарный показатель загрязнения для районов города с использованием имевшихся и рассчитанных фоновых значений. Содержания нефтепродуктов и бенз(а)пирена при расчете не учитывались. Данный показатель рассчитывался только для поверхностных проб, после чего значения усреднялись, и, для сравнения, была построена диаграмма (рис. 16).

Как видно из диаграммы, при использовании фоновых значений, полученных в ходе выполнения данной работы, суммарный показатель загрязнения имеет большие значения, чем при использовании утвержденных фонов. В целом, показатели отличаются незначительно, но данный факт может играть большую роль при граничных значениях Z_c при установлении уровня загрязнения. Таким образом, использование рассчитанных фоновых значений приводит к более строгой оценке категории загрязнения.

Также, исходя из диаграммы, можно установить, что более других загрязнены такие районы, как Адмиралтейский, Центральный, Кировский, Красногвардейский и Московский. Загрязнение Адмиралтейского, Центрального и Московского районов, вероятно, связано с их высокой транспортной нагрузкой. Загрязнения в Кировском и Красногвардейском районах обусловлено наличием в них старых промышленных зон.

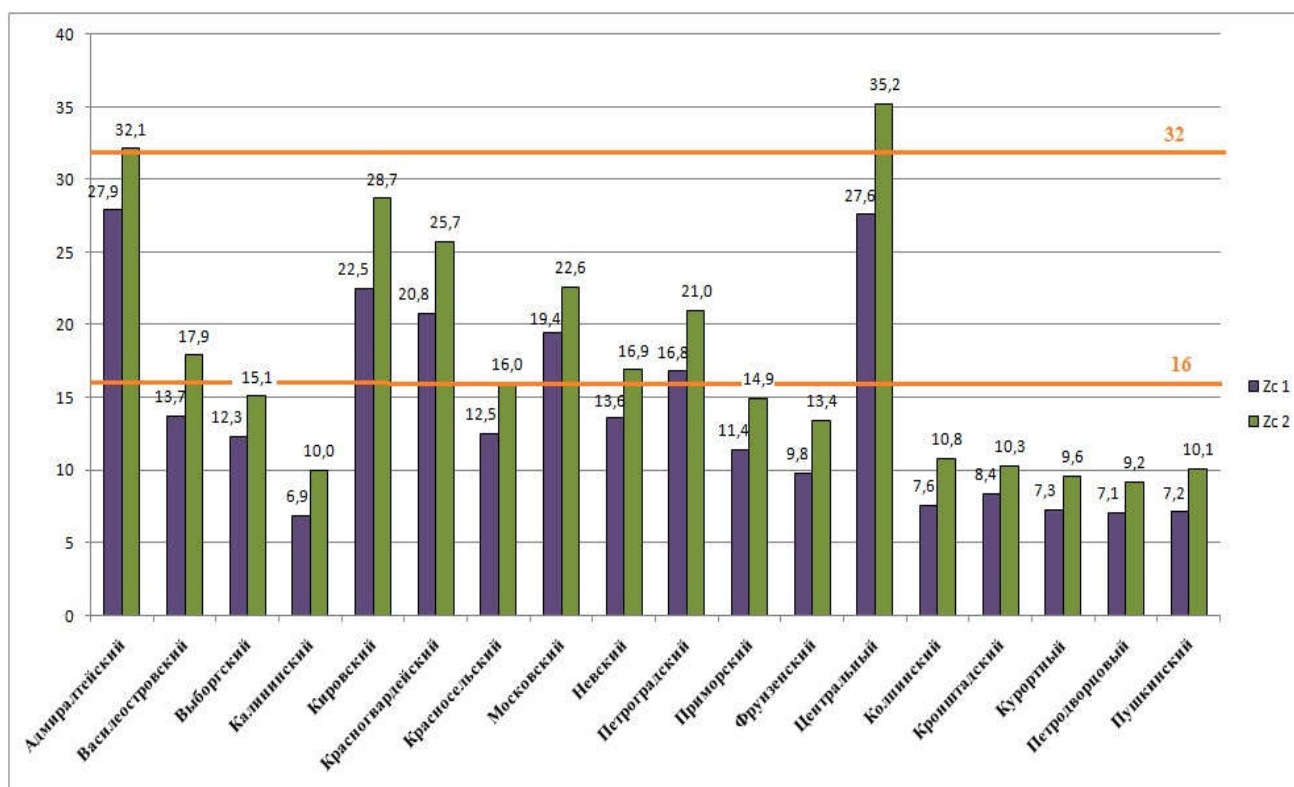


Рисунок 17. Значения Z_c , рассчитанные с использованием утвержденных фонов ($Z_c 1$) и рассчитанных ($Z_c 2$)

Для наглядности были сделаны две карты-схемы суммарного показателя загрязнения по районам города (рис.).



Рисунок 18. Карта-схема распределения Z_c , рассчитанного с использованием утвержденных фоновых значений.



Рисунок 19. Карта-схема распределения Z_c , рассчитанного с использованием полученных фоновых значений.

5. Методы рекультивации загрязненных почв тяжелыми металлами, бенз(а)пиреном и нефтепродуктами.

Рекультивация загрязненных земель занимает важное место в общей проблеме охраны природы и рационального использования природных ресурсов.

На данный момент существует множество способов рекультивации загрязненных земель. Выбор того или иного метода реабилитации зависит от того, сколь сильно было техногенное воздействие на почву. Но необходимо учитывать, что, перед тем как начать рекультивацию таких земель нужно установить источник и причины загрязнения, провести мероприятия по снижению выбросов, локализации или ликвидации источника загрязнения. Только при таких условиях может быть достигнута высокая эффективность реабилитационных работ. Кроме того, если речь идет о проведении рекультивации на месте стройки, необходимо прежде всего утилизировать строительный и бытовой мусор.

Как известно, все методы рекультивации загрязненных почво-грунтов делятся на четыре группы:

1. физические;
2. физико-химические;
3. химические;
4. биологические.

К физическим методам относится механическое воздействие на загрязненные почво-грунты, т.е. их снятие, перемешивание. Если речь идет о загрязнении нефтепродуктами, то возможно произвести их сбор с помощью гидронасоса (Hinchel и др., 1988), смешать загрязненные почво-грунты с чистыми для уменьшения содержания нефти и нефтепродуктов.

Также, к физическим методам относится глубокое аэрирование в местах локализации загрязнений путем глубокой вспашки, дискованием, рыхлением и боронованием (Андерсон, Пропадушая, 1979). Следует дать пояснения, что глубокой вспашкой считается обработка почвы на глубину более 20 см, но не более 30 см (это считается райольной вспашкой). Дискование - это использование дисковых орудий (в частности, борон и лушильников) для рыхления верхнего слоя почвы. Диски могут быть поставлены по отношению к линии тяги под разным углом, который называется «углом атаки» — от его значения зависит глубина рыхления и качество перемешивания и обрабатываемости почвы. Боронованием называется процесс рыхления поверхностного слоя почвы боронами и вращающимися мотыгами.

Некоторые авторы рекомендуют интенсивно собирать загрязненную почву в покрытые кучи высотой 4—5 м и шириной до 40 м, в основании которых располагается сеть перфорированных труб для подачи горячего воздуха. В результате диффундирования нагретый воздух захватывает углеводороды и летучие органические соединения.

Физико-химические методы предполагают применение специально подобранных поверхностно-активных веществ (диспергаторов, дезмульгаторов и т.д.) вспомогательных веществ, влияющих на изменение состояния и коллоидно-дисперсной структуры взвешенных частиц в нефтяной и водной фазах[6].

Для очистки больших территорий, загрязненных вредными техногенными соединениями, можно использовать широко распространенные природные сорбенты органического происхождения, такие как торф, мох, чернозем, уголь, а также глины и глинистые материалы с высокой емкостью поглощения по отношению к загрязнителям.

Что касается физико-химических способов реабилитации почв, загрязненных тяжелыми металлами, для этого используют разные варианты, одним из которых является применение природных цеолитов или сорбентмелиорантов с его участием. Цеолиты обладают высокой селективностью по отношению ко многим тяжелым металлам. Выявлена эффективность этих минералов и цеолитсодержащих пород для связывания тяжелых металлов в почвах и снижения их поступления в растения. Как правило, почвы содержат цеолиты в незначительном количестве, однако в многих странах мира месторождения природных цеолитов широко распространены, и использование их для детоксикации почв может быть экономически не затратным и экологически эффективным, вследствие улучшения агрохимических свойств почв. При рекультивации земель, загрязненных тяжелыми металлами, значительное внимание уделяется поддержанию и образованию в почве труднорастворимых соединений [6]. Для этого в дополнение к приведенным способам используют искусственные и природные адсорбенты. К природным относятся торф, мох, черноземные почвы, сапрпель, бентонитовые и бентонитоподобные глины, глауконитовые пески, клиноптилолиты, опоки, трепелы, диатомиты. Искусственные адсорбенты создаются в результате активации или смешения природных адсорбентов, например, активированный уголь, алюмосиликатные и железо-алюмосиликатные адсорбенты, углеалюмогели, адсорбент «СОРБЭКС», ионообменные смолы, полистирол. Избирательная способность адсорбентов может быть ориентирована на определенные металлы, например, при использовании адсорбента «МЕРКАПТО-8-ТРИАЗИН» кадмий, свинец, ртуть и никель переходят в недоступные для растений соединения (опыт Японии, Франции, Германии и других стран), применение

клинтололита значительно снижает поступление свинца, хрома, кадмия, меди, цинка в растения и т.д. [6].

Для химической очистки почв от нефтяных загрязнений возможно осуществить экстракцию загрязняющих почву нефтепродуктов перегнанной фракцией природного конденсата и гексана. Или же применяется химическое насыщение почвы кислородом для восстановления ее биологической активности [12].

Большая роль в ускорении разложения нефти и нефтепродуктов в почве принадлежит минеральным и органическим удобрениям. Особенно важно применение азотных удобрений, т.к. в почве при нефтяном загрязнении вносится большое количество С, резко изменяя соотношение С:N. Для нормального развития микроорганизмов требуется на 1 часть азота 10 частей углерода, в грязных до 400—420 (Odu, 1978).

Химическая рекультивация загрязненных тяжелыми металлами почво-грунтов может осуществляться различными способами.

- Регулирование подвижности тяжелых металлов в почве. Поглощение тяжелых металлов растениями зависит от содержания их подвижных форм в почве. Существование подвижных форм определяется свойствами и плодородием почв, биогеохимическими процессами, интенсивностью и объемами поступления тяжелых металлов в почву, выносом растениями [6]. Для регулирования подвижности соединений тяжелых металлов в почве используют известкование, гипсование, внесение органических и минеральных удобрений, землевание (внесение глины или песка).

- Регулирование соотношений химических элементов в почве. В основе этого способа лежит антагонизм и синергизм химических элементов, т.е. когда один элемент препятствует или способствует поступлению другого в растение, например, цинк препятствует поступлению ртути, а избыток фосфора приводит к снижению токсичности цинка, кадмия, свинца и меди, присутствие кальция может создать для одних металлов антагонистические, а для других синергические условия, в плодородной почве цинк и кадмий противостоят закреплению меди и свинца, а в малоплодородной почве процесс может развиваться в обратном направлении [6].

Существуют также и биологические методы очистки загрязненной геологической среды. Наиболее перспективным и доступным методом для очистки загрязнений является фиторемедиация - очистка почвы с помощью растений. Выявлено, что растения семейства Brassicaceae (капустные) способны адсорбировать металлы в корневой системе, а затем переводить их в стебельную часть, таким образом, извлекая загрязнители из почвы (В.Е.Лотош, 2000). Для очистки почв от цинка, свинца и кадмия необходимо выращивать

большой горец, от свинца и хрома – горчицу, от никеля - гречиху и т.д. Различное накопление тяжелых металлов в растениях вызвано существованием биологических барьеров в системе: почва - корень – стебель (листья) – регенеративный орган. Обычно наибольшее накопление тяжелых металлов наблюдается в вегетативных органах, наименьшее – в регенеративных.

Биологический метод, к тому же, является наиболее эффективным и экологическим методом рекультивации нефтезагрязненных почв [12]. Они включают в себя использование биопрепаратов и биостимуляторов для деградации нефти и нефтепродуктов.

В разложении нефти в почве главное и решающее значение имеет функциональная активность комплекса почвенных микроорганизмов, обеспечивающих полную минерализацию нефти и нефтепродуктов до углекислого газа и воды. Основную вклад в этот процесс вносят микроорганизмы, способные использовать углеводороды в качестве единственного источника органического вещества и энергии. Тип почвы, ее минеральный и органический состав, влажность, аэрированность, температура также влияют на скорость деградации углеводородов нефти. На основании способности микроорганизмов использовать углеводороды нефти и других ксенобиотиков предложен метод биокоррекции загрязнений, который включает следующие подходы [12]:

- активацию деградирующей способности микрофлоры, естественно содержащейся в загрязненной почве, путем внесения биогенных элементов, ко-метаболизируемых субстратов, кислорода — биостимуляция;
- интродукцию в загрязненную почву специализированных микроорганизмов, предварительно выделенных из различных загрязненных источников или генетически модифицированных — биодополнение.

Видовое разнообразие нефтеокисляющих бактерий велико. На основе штаммов различных бактерий и их ассоциаций созданы весьма эффективные биопрепараты — Родотрин, Экойл, Путидойл и т.д.

Заключение

Данная выпускная квалификационная работа является результатом исследования большого количества данных о концентрациях тяжелых металлов, мышьяка, нефтепродуктов и бенз(а)пирена в почво-грунтах г.Санкт-Петербурга. Исходные данные были получены в результате проведения инженерно-экологических изысканий под строительство объектов различного назначения, а также в рамках сбора материалов для курсовых и дипломных работ студентами СПбГУ. Самостоятельно было отобрано и исследовано порядка пятидесяти проб на базе ИЛЦ ООО "ЛенСтройГеология".

При выполнении данной работы по эколого-геохимическому зонированию г. Санкт-Петербурга и близлежащих территорий Ленинградской области удалось выполнить все поставленные задачи, в том числе разделить территорию города на зоны по нескольким критериям: тип почв, ландшафта, материнских пород и функциональных зон. Стало очевидно, что наиболее значимые различия в содержании поллютантов наблюдаются при делении по типам функциональных зон.

В результате удалось получить несколько значений фоновых содержаний исследуемых поллютантов, характерных для каждой из выделенных зон. Данные значения в последствии усреднялись для упрощения. Таким образом, были получены фона для каждого из исследуемых показателей. Было замечено, что они несколько отличаются от утвержденных - почти все расчетные значения, кроме Hg, меньше, чем принятые ранее. Данный факт говорит о том, что большая часть исследуемых показателей довольно активно мигрирует, в то время как ртуть, наоборот, концентрируется в почво-грунтах Санкт-Петербурга, из-за наличия геохимического барьера, роль которого, вероятно, играют торфа, сорбирующие ртуть.

В связи с уменьшением значений большинства показателей суммарный показатель загрязнения наоборот увеличивается, поэтому в некоторых случаях возникает вероятность изменения категории загрязнения на более высокую. То есть, использование рассчитанных фоновых значений приводит к более строгим результатам эколого-геологических исследований, что в целом неплохо, учитывая, что речь идет о городе с многомиллионным населением.

Список литературы

1. Андерсон, Р.К. Изучение факторов, влияющих на биоразложение нефти в почве / Андерсон Р.К., Пропадущая А.А. // Коррозия и защита в нефтегазодобывающей промышленности. М., 1979 - № 3. - С. 30-32.
2. Гидрогеология СССР. Том III. Ленинградская, Псковская и Новгородская области/ Том 3 Недра, Москва, 1967 г., 325 стр.
3. ГОСТ 17.4.4.02-84 «Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, микробиологического, гельминтологического анализа»
4. Дашко Р.Э. Особенности инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. - Электрон.дан. - Санкт-Петербург, 2011. Режим доступа: <http://urban-development.ru/2011/2.pdf>
5. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2015 году. [Электронный ресурс]. - Электрон.дан. - Санкт-Петербург. Режим доступа: http://www.infoeco.ru/assets/files/Doklad/doklad_2015.pdf
6. Джувеликян Х.А., Щеглов Д.И., Горбунова Н.С. Загрязнение почв тяжелыми металлами. Способы контроля и нормирования загрязненных почв. - Воронежский государственный университет, 2009. - 22 с.
7. Иванюкович Г.А. Статистический анализ экогеологических данных. / Под ред. И.М. Хайковича, В.В. Куриленко. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2010, 204 с.
8. Ленинградская область: климат, рельеф и т.д. [Электронный ресурс]. - Электрон.дан. - Санкт-Петербург, 2011. Режим доступа: <http://www.x47.ru/index.php>
9. Подлипский И.И. Эколого-геологическая оценка парагенетических геохимических ассоциаций функциональных зон Санкт-Петербурга. // Инженерные изыскания. М., № 12, 2013, с. 46-52
10. Правила охраны почв в Санкт-Петербурге (Вторая редакция) разработаны: Российским геоэкологическим центром - филиалом ФГУГП "Урангео" (Горький А.В., Потифоров А.И.); ФГУЗ "Центр эпидемиологии и гигиены в г.Санкт-Петербурге" (Бек И.М., Ямсон В.А.).
11. Свод правил СП47.13330.2012 Инженерные изыскания: М. -2012; 173 с
12. Солнцева Н.П. Проблемы загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами: геохимия, экология, рекультивация / Солнцева Н.П., Пиковский
13. Сорокина Е.П., Дмитриева Н.К., Карпов Л.К., Трихалина Н.Ю. Дифференциация геохимического фона на основе ландшафтно-геохимического районирования территории, 2007- 10 с.

14. Среднее арифметическое: физический смысл и визуализация. [Электронный ресурс].
Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/319168/>
15. Толстихин Д.О., Соколова В.И. Функциональное зонирование городской территории. Геоэкологическое обоснование. Геоэкология урбанизированных территорий. Сб. тр. Центра Практической Геоэкологии // Под ред. В.В.Панькова, С.М.Орлова - М.: ЦПГ, 1996.-108с
16. Трифонова Т.А., Ширкин Л.А., Селиванова Н.В. Эколого-геохимический анализ загрязнения ландшафтов. – Владимир: ООО «Владимир Полиграф», 2007. – 170 с.
17. Тюкленкова Е.П., Пресняков В.В., Галкина М.С. Влияние функционального зонирования территорий на кадастровую оценку земель на примере рабочего поселка Башмаково Пензенской области.// Научное обозрение. Технические науки. – 2014. – № 2. – С. 186-186.
18. Экологический портал Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. - Электрон.дан..
Режим доступа: <http://www.infoeco.ru/index.php?id=1091>
19. Экологический портал "Экомир" [Электронный ресурс]. - Электрон.дан. - 2011. Режим доступа: <http://a-portal.moreprom.ru/pages%2Bview%2B73.html>
20. Электронный учебник по статистике StstSoft. [Электронный ресурс]. - Электрон.дан..
Режим доступа: <http://statsoft.ru/home/textbook/default.htm> -
21. Clemens Reimann, Robert G. Garrett. Geochemical background - concept and reality. Science of the Total Enviromental, 2005.
22. Goulding, K. W. T., Blake, L. 1998. Land use, liming and the mobilization of potentially toxic metals. Agriculture, Ecosystems and Environment, No. 67, p. 135–144.
23. Hawkes, H. E.; Webb, J. S. Geochemistry in Mineral Exploration. Published by Harper & Row, New York (1962)
24. L. Sahakyan, K. Melkumyan, I. Gasparyan, I. Gharibyan. The baseline geochemical survey of soils of city of Stepanakert. National Academy of Sciences of RA. Electronic Journal of NATURAL SCIENCES, 2015.
25. Luo W., Lu Y.L., Giesy J.P.J.P., Wang T., Shi Y., Wang G., Xing Y., 2007. Effects of land use on concentrations of metals in surface soils and ecological risk around Guanting reservoir, China. Environ. Geochem. Health 29, 459–471.
26. M.M.S. Cabral Pinto , E.A. Ferreira da Silva, M.M. Silva , M.M. Inácio,, A.P. Reis, F.J. Rocha, P. Melo-Gonçalves, R. Hernandez. Geochemical Background and Baseline Values of Heavy Metals in Soils of Santiago Island, Cape Verde.

27. Zahida Karim, Qureshi B.A., Majid Mumtaz, Salman Qureshi. Heavy metal content in urban soils as an indicator of anthropogenic and natural influences on landscape of Karachi - A multivariate spatio-temporal analysis // *Ecological Indicators*, article in press
28. Odu C.T.: PH. D Thesis. 1997. Centrum voor Terrestrische Ecologie Nederland's Instituut voor Oecologisch Onderzoek. 113 p.