



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

*ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА*  
(бакалаврская)

На тему Биологическая активность почв урбанизированных ландшафтов

Исполнитель Мухина Дарья Павловна

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат биологических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Рижия Елена Яновна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующему кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

кандидат географических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Дроздов Владимир Владимирович

(фамилия, имя, отчество)

«  »    2022 г.

Санкт–Петербург

2022

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ ПОЧВ.....	5
1.1. Биология почв.....	5
1.2. Биоиндикация и биотестирование .....	8
ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРОДСКИХ ПОЧВ .....	10
2.1. Особенности и классификация городских почв .....	10
2.2. Почвы Санкт-Петербурга.....	13
ГЛАВА 3. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1. Физико-географическое положение г. Санкт-Петербург.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2. Описание точек.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3. Методы определения биологической активности почв .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ГЛАВА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1. Определение показателей биологической активности.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2. Сравнение исследуемых точек.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3. Определение фитотоксичности почв .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	16
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Фотографии точек отбора проб.....	20

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящий момент более половины населения планеты и более 2/3 населения России проживает в городах различного масштаба. Вследствие чего города представляют собой территории с повышенной антропогенной нагрузкой на экосистемы, ведущей к нарушению их функций. Особенно важную роль в городской среде приобретают почвы. Урбанизированные почвы испытывают большое негативное воздействие: такое как загрязнение, захламление и механическое переуплотнение, что ведет к ухудшению их качества. Экологическое состояние в свою очередь определяет возможность выполнения почвой ее экосистемных функций.

Одной из важнейших функций городских почв является санитарная. Так как от способности выполнения данной функции зависит здоровье и качество жизни людей, как напрямую из-за развития болезней, так и косвенно через обеспечение среды городскому фитоценозу. Санитарная функция определяется как возможность обезвреживания патогенных микроорганизмов и минерализации органических соединений данной системой. Косвенно об этом показателе свидетельствует активность и состав микробного пула, который определяется через биологическую активность почв.

Под биологической активностью в данном случае понимают совокупность биологических и биохимических процессов, протекающих в почве под действием живых организмов.

Целью данной выпускной квалификационной работы является оценка биологической активности урбанизированных почв.

Для выполнения поставленной в выпускной квалификационной работе цели были сформулированы следующие задачи:

1. Рассмотреть особенности почвообразования в городе.
2. Определить биологическую активность целлюлозоразлагающих, крахмалоразлагающих и желатиноразлагающих экологических групп микроорганизмов в исследуемых образцах почвы.

3. Определить общее микробное число и трофность в исследуемых образцах почвы.
4. Сравнить исследуемые почвы и объединить их в кластеры.
5. Определить фитотоксичность в исследуемых кластерах.

# ГЛАВА 1. ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ ПОЧВ

## 1.1. Биология почв

Почвенные организмы весьма разнообразны по своим таксономическим и экологическим группам. Отличием таких организмов от родственных им форм, проживающих в других средах является меньший размер особей [1].

Высшие растения напрямую зависят от происходящих в почве процессов. Так помимо получения из почвы питательных веществ, более 20% всего растения локализовано в почве. А в пустынях доля подземных органов может составлять около 90%. Именно опад высших растений образует подстилку. Растения также оказывают значительное влияние на физические и химические свойства почв, изменяя структуру, создавая поры, участвуя в разложении минералов и снабжая почвенную биоту органическим питанием. Так вокруг корней образуется ризосфера, где концентрируются связанный азот, простые углеводы, органические кислоты и спирты.

Другой группой автотрофов являются почвенные водоросли. Они могут быть как наземными, произрастающими тонкой корочкой на поверхности почв, так и водными, произрастающими в наполненных водой капиллярах. Те или иные группы водорослей присутствуют во всех видах почв, но их количество зависит от влажности, освещения и солевого режима. В лесной зоне они локализируются преимущественно в верхнем слое почвы и опаде. Среди них преобладают зелёные и жёлтозелёные. Эти организмы обеспечивают продукцию органического вещества, связывание азота и изменения кислородного режима. Также водоросли являются индикаторами засоления, изменения рН, загрязнения пестицидами и минеральными удобрениями.

Почвенные гетеротрофы представлены разнообразными группами, одноклеточными и многоклеточными формами. Их функции весьма разнообразны. Так возможность изменения структуры почвы зависит от подвижности организма и его размера.

Для представителей нанофауны (до 0,16 мм) почва представляет собой водную среду, так как они обитают в заполненных растворами порах. Микрофауна представлена многоклеточными организмами размером до 1,28 мм.. Такие организмы также обитают в растворах или влажных порах. Эти две группы не способны активно механически воздействовать на почву.

Для представителей мезофауны почвенная среда представлена сетью пор и каналов, по которым они и перемещаются. Представители макро и мегафауны активно преобразовывают среду вокруг себя, они способны рыть норы и ходы, тем самым изменяя структуру почвы и производя перераспределение органического вещества по профилю [2].

Почвенные гетеротрофные микроорганизмы представлены различными систематическими группами: бактериями, актиномицетами и грибами. В экосистемах данные группы могут выполнять сходные функции, что затрудняет возможность их определения.

Для микроорганизмов почва представлена совокупностью жидкой, твёрдой и газообразной фазы. Причём местообитание конкретной колонии часто ограничено несколькими связанными между собой порами, так как твёрдая часть почвы для них практически непреодолима. Также микроорганизмы часто локализируются вдоль твердой фазы, что создает еще большие проблемы с перемещением. Однако именно это прикрепление, называемое адгезией, препятствует вымыванию клеток с грунтовыми водами и обеспечивает доступ к минеральным веществам твёрдой фазы. При появлении в растворе легкорастворимых веществ клетки переходят в свободное состояние, эта же стадия используется для расселения.

Это создаёт условия изолированных друг от друга микросред, режимы в которых могут очень сильно изменяться по концентрации кислорода, количеству и составу органических веществ. В таких часто меняющихся условиях микроорганизмы существуют в так называемом микробном пуле.

Микробный пул представляет собой особую организацию сообщества, в которой большинство организмов находится в покоящемся состоянии. В

активном состоянии находится небольшое количество организмов, условия среды для которых в данный момент благоприятны. При изменении каких-либо факторов уже эти организмы переходят в покоящееся состояние, а в активное состояние выходят другие. Таким образом, активность почв сохраняется даже при резком колебании условий. Благодаря этому в почве перерабатывается практически всё попадающее в неё органическое вещество. Так в одном грамме почвы может присутствовать до 10 млрд клеток микроорганизмов.

Численность микробного пула увеличивается в почвах с часто изменяющимися условиями. Больших значений он достигает в высоких широтах, где короткое лето сопровождается частым изменением гидрометеорологических условий. Подобный эффект наблюдается и в чернозёмах, где частые засухи чередуются с морозами.

Отличие микроорганизмов от высших животных и растений проявляется в том, что их влияние на экосистему не пропорционально их количеству. Можно сделать предположение о том, что экосистемы с высоким потенциалом биологической активности могут быть более устойчивы.

На численность микроорганизмов влияет множество факторов. Так фактор влажности зависит не от абсолютного значения, а от относительного, такой показатель называют активностью воды, и он в свою очередь зависит от гранулометрического состава. Здесь также важным фактором является ширина капилляров. Например, бактериальные клетки лучше развиваются в узких капиллярах, тогда как грибные в широких.

Условия разных участков сильно различаются по концентрации кислорода. Так в соседних не связанных порах этот показатель может значительно варьироваться. Он зависит от расположения поры, влажности, количества органического вещества и многих других факторов. В целом почвенный воздух содержит в 10-100 раз больше углекислоты и в несколько раз больше микрогазов и летучих органических соединений, чем атмосферный.

Температурные колебания имеют сглаженный вид их функции в почве в сравнении с нижними слоями в атмосфере. Вне зависимости от оптимальных для

роста температур большинство микроорганизмов в покое состоянии выдерживают промерзание почвы. Микроорганизмы также могут переживать достаточно высокие значения данного фактора в состоянии спор, цист, однако такие температуры редко достигаются в естественных условиях.

Важной функцией почвенных микроорганизмов является минерализация органических соединений. Это является первой стадией процесса гумусообразования, от которого напрямую зависит плодородие почв. Однако для урбанизированных почв минерализация избыточного органического вещества, производимого городом является скорее санитарной функцией. В которую так же входит способность почвенных микроорганизмов подавлять развитие патогенных организмов. Таким образом, от микробного сообщества урбанизированных почв напрямую зависят санитарные условия городской среды [3].

## 1.2. Биоиндикация и биотестирование

Биоиндикация – это изучение окружающей среды на основе сведений, характеризующих состояние обитающих в ней организмов, их численности и состава биоты. Суть описанного выше процесса заключается в определении качества окружающей среды через состояние организмов-биоиндикаторов. Биоиндикаторы – это живые организмы или их сообщества, численность, особенности строения или характер жизнедеятельности, которых может являться индикатором загрязнения окружающей среды.

В отличие от биоиндикации, биотестирование заключается в определении влияния системы на тест-организмы в лабораторных условиях. Основными преимуществами этого метода являются простота исполнения. Здесь не требуется дорогостоящего оборудования и длительного подготовительного этапа. И в отличие от других методов биотестирование даёт возможность оценить влияние именно загрязняющих веществ с учётом их синергизма и антагонизма, а не просто их количества [4].

Биотестирование почв также представляет определенную сложность, что связано со сложностью и многофазностью данной среды. Так почва состоит из твёрдой, жидкой и газообразной фазы. Также в почве присутствует множество геофизических барьеров, вследствие чего условия среды могут изменяться в значительных пределах внутри небольшой площади.

Биологические показатели дают информацию о трансформировании почвенной экосистемы, о состоянии организмов и степени приемлемости воздействий для сохранения разнообразия форм жизни и их сбалансированного развития [5].

Вследствие этого наиболее корректный результат достигается при использовании нескольких тест-объектов из разных систематических групп. В нормативных документах рекомендовано использовать минимум два тест-организма [6].

## ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРОДСКИХ ПОЧВ

### 2.1. Особенности и классификация городских почв

Городские почвы сильно отличаются от естественных как строением, так и функциями. Роль почв города заключается в обеспечении ими рекреационных и санитарных функций.

Санитарные функции выражены в основном в возможности почвы уничтожать патогенные организмы и минерализовать органическое вещество. В данном случае, почва рассматривается как биогеомембрана, основной особенностью которой является возможность изменения проходящих через неё веществ. Так с помощью поглощения, накопления, трансформирования и генерирования происходит как обезвреживание опасных, так и производство необходимых растениям веществ. Эффективность этой функции связана в первую очередь с наличием геохимических и геофизических барьеров в профиле, характеристикой ППК, водопроницаемости и уровня грунтовых вод.

Рекреационные функции заключаются в возможности обеспечивать нормальные условия произрастания зелёных насаждений и жизнедеятельности человека. Также почва играет важную роль в терморегуляции городской среды, тем самым препятствуя её перегреву.

Важное значение как для растений, так и для самих почв играет газообмен, эффективность выполнения которого зависит от плодородия почв.

На формирование городских почв ведущее влияние оказывает антропогенный фактор. Так почвообразовательный процесс в городе может протекать как на уже образовавшихся естественных почвах, так и на привнесённых или искусственных грунтах, которые характеризуются большей гетерогенностью состава и строения. Это обеспечивается за счёт большого количества включений. В таких почвах также часто имеется чётко выраженный геохимический барьер и резкий градиент водопроницаемости и теплопроводности.

Другие факторы почвообразования также сильно изменяются. Так почвы городских территорий чаще всего имеют четкие пространственные границы, которые определяются мозаичностью растительного покрова. Растительные сообщества городов имеют существенные видовые различия относительно исходных, за счёт как естественного изменения, вследствие, изменения условий среды, так и за счёт целенаправленной интродукции. Вслед за изменением фитоценозов изменяются и другие компоненты биоценоза.

Климатический фактор в городах имеет тенденцию к повышению температур к центру относительно фоновой. Так самыми теплыми чаще всего являются центральные части города, часто там так же сглажен ветровой режим. Снегоуборочные работы либо высвобождают почву от снега в самые холодные месяцы, либо ведут к накоплению и переуплотнению снега на участках зелёных насаждений. Оба этих фактора негативно влияют на почвенный покров. Городская застройка ведет к увеличению шероховатости рельефа, а, следовательно, и к перераспределению влаги [7].

Фактор времени изменен в связи с отсутствием у большинства искусственных почв генетических горизонтов. Так человек создает только корнеобитаемый плодородный слой, остальная часть почв может естественно сформироваться, но на это нужно значительное время.

Помимо среднеголетних характеристик факторов почвообразования, также важно учитывать и градиент изменения фактора по территории, так как для городов характерна большая мозаичность, и межгодовые изменения, которые под влиянием человека приобретает значительную амплитуду.

Качество городских земель в первую очередь зависит от наличия, интенсивности и периодичности неблагоприятных процессов [8].

Основными факторами, оказывающими негативное воздействие на городские почвы, являются механическое захламление и химическое загрязнение. По химическому составу городские почвы характеризуются большей, относительно естественной щелочностью, которая обеспечивается за счёт смыва посыпаемых зимой солей и высвобождения кальция из обломков

строительного материала. Количество органических веществ в почве так же существенно выше фоновых. Большую проблему представляет загрязнение тяжелыми металлами, вызванное работой промышленных предприятий и автомобильного транспорта. Помимо них в почвах также много бытового мусора, который зачастую не менее токсичен [9].

Городские почвы очень разнообразны. Условно их подразделяют на естественные, антропогенно-преобразованные и антропогенные почвы. Естественные почвы можно встретить только на территориях крупных парков и лесопарков.

Единой общепринятой классификации урбанизированных почв не существует. В актуальной российской классификации почв, принятой в 1977 году, вопрос городских почв не рассматривался, так как широкий интерес к этой проблеме возник несколько позже. Но уже в классификации 2004 года городским почвам уделено большее внимание.

Так выделяют естественные почвы, к ним относятся ненарушенные почвы окраин городов и лесопарков. Отдельным подтипом здесь выделяют турбированные почвы. Это почвы, в которых в результате сведения растительности был поврежден только верхний горизонт.

На окраинах городов, также могут встречаться агрозёмы, оставшиеся после сельскохозяйственного использования этих территорий. Такие почвы имеют специфический агрогоризонт резко сменяющийся срединным или материнской породой.

Абрадированные почвы образуются при срезании одного или двух горизонтов. Если же на поверхности оказывается срединный слой то, такие почвы называют абразёмами. Такие почвы очень неустойчивы и практически сразу начинают эволюционировать в слаборазвитые, а после чаще всего в органо-аккумулятивные.

При погребении естественных почв под слоем искусственного материала более 40 см образуются гумусово-, арти-, урби-, токси-стратифицированные почвы, где первый корень слова зависит от характера материала.

Так же в отдельную категорию выделяют погребённые почвы. Это почвы, отделённые от атмосферы мощным непроницаемым слоем, к примеру асфальтом. Такие почвы хотя и могут оставаться практически не нарушенными перестают выполнять свои функции [10].

## 2.2. Почвы Санкт-Петербурга

На момент августа 2020 года земельные ресурсы Санкт-Петербурга различных форм собственности оценивались в 144 631,82 га. Из которых 26% земель находится в собственности граждан и юридических лиц, 20% в собственности Санкт-Петербурга и 9% в государственной собственности. 4% земель указаны как зеленые насаждения общего пользования, включая внутриквартальное озеленение, а 11% как земли городских лесов. Данные по распределению собственности земельного фонда Санкт-Петербурга представлены на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1. – Распределение собственности земельного фонда города Санкт-Петербурга

По сравнению с 2019 годом увеличивается площадь земель жилой и общественно-деловой застройки, за счет сокращения земель сельскохозяйственного использования, рекреационного назначения, а также

вовлечения в оборот земель, не вовлеченных в градостроительную или иную деятельность [11].

Как и для любого мегаполиса, для Санкт-Петербурга остро встает проблема количества и качества зелёных насаждений. Так по данным за 2020 год территория, занятая зелеными насаждениями и водными поверхностями, составила 21% от площади города. Однако, большая их часть сконцентрирована в лесопарках на окраинах. Следовательно, распределение растительности в городе очень неравномерно.

Рост зелёных насаждений, их устойчивость к болезням и вредителям сильно зависит от качества почв, на которых они произрастают.

Естественные почвы в Санкт-Петербурге частично сохранились на территориях лесопарков, ООПТ и небольших лесных массивах по берегам Финского залива. Такие почвы достаточно разнообразны и формируются под действием естественных почвообразующих факторов.

В прибрежных районах города преобладают намывные наносы, схожие по своим характеристикам с аллювием.

Для большинства лесопарков в городе характерны поверхностно- и скрытоподзолистые почвы. Такие почвы характеризуются пониженной кислотностью, слабым насыщением основаниями ППК и слабой обеспеченностью питательными веществами. В естественных условиях такие почвы формируются под светлохвойными и лиственно-хвойными ассоциациями на песчаных или супесчаных субстратах.

В центральной части города естественные почвы практически не сохранились. В некоторых местах культурный слой достигает 4 метров.

Для исторического центра города характерны дерновые связнопесчаные слабооглеенные антропогенно-трансформированные почвы. А для селитебных территорий - дерново-подзолистые тяжелосуглинистые полугидроморфные. Такие почвы представлены на большей части террасы Приневской равнины [12].

Большинство почв города сильно нарушены, уплотнены, загрязнены хлоридами, мало обеспечены основными питательными веществами. Также у

них отсутствует морфологическое строение. Значительную проблему составляет загрязнение городских почв. А более 40% почв имеют превышение ПДК по тяжёлым металлам [13].

По данным мониторинга 2008 года, загрязнение тяжёлыми металлами убывало по мере отдаления от центральных районов города. Средний уровень загрязнения соответствовал категории «умеренно-опасное». По результатам исследований 2019-2020 по индексу загрязнения почв выстраивается следующий ряд по мере уменьшения опасности: Центральный и Фрунзенский (северная часть) > Петроградский > Московский > Василеостровский > Адмиралтейский > Невский > Выборгский > Приморский > Красносельский > Фрунзенский (южная часть) районы.

Большее влияние чем тяжёлые металлы вносит только бенз(а)перен. По сравнению с началом века содержание нефтепродуктов в почвах уменьшилось. Основным же источником загрязнения является автомобильный и железнодорожный транспорт [14].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для определения состояния почв урбанизированных ландшафтов было использовано метод биотестирования. В рамках проведённых исследований были определены способность микробоценозов разлагать содержащиеся в почве соединения (целлюлоза, крахмал, желатин) и общие характеристики микробного пула (ОМЧ, трофность).

При рассмотрении показателей биологической активности была выявлена прямо пропорциональная зависимость целлюлозоразлагающей активности от увлажнения территории. Что, вероятно, связано с методом определения этого показателя в полевых условиях.

Для остальных показателей значительной связи с антропогенным влиянием на данный момент не обнаружено. Вероятно, эти показатели зависят от пока неопределённых естественных факторов.

По результатам определения биологической активности точки были разделены на кластеры, отражающие схожесть условий среды для микробного сообщества. Всего было выделено 5 кластеров, величиной от одной до трёх точек. Данные кластеры позволили отделить влияние естественных факторов среды (значения рН, увлажнения) от антропогенных (загрязнения).

За основной показатель загрязнённости почв было принято значение фитотоксичности. Наиболее высокие значения фитотоксичности наблюдались на втором кластере и были связаны с естественным заболачиванием территории.

Влияние естественных причин на точки первого кластера определялось реакцией среды. Так фитотоксичность на данных точках уменьшалась с возрастанием рН водной вытяжки.

Кластеры три и четыре включали в себя антропогенно преобразованные почвы и состояли из единичных точек, а потому были исключены из данного анализа.

Антропогенная фитотоксичность вероятно наблюдалась на пятом кластере, где значения данного показателя были наибольшее для точек,

испытывающих максимальное антропогенное влияние, и не зависели от pH, структуры и гранулометрического состава.

Таким образом, использование показателя фитотоксичности в качестве индикатора загрязнения почв весьма ограничено, в связи с его сильной зависимостью от влияния естественных условий. Однако, в случае схожести данного фактора на всех исследуемых точках данный метод может использоваться без ограничений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зинченко М.К., Зинченко С.И., Федулова И.Д. Численность и активность целлюлозолитической микрофлоры в агроценозах серой лесной почвы. Коллективная монография. под редакцией В.В. Окоркова. Иваново, 2019. -102 с.
2. Звягинцев Д.Г. Биология почв / Д.Г. Звягинцев, И.П. Бабьева, Г.М. Зенова. - М.: МГУ, 2005. - 445 с.
3. Ковязин В.Ф., Мартынов А.Н. Состояние почв в урбоэкосистемах Санкт-Петербурга [Статья] / В. Ф. Ковязин, Н.А. Мартынов Аграрный научный журнал, № 09, 2014
4. Цаценко Л.В. Биологическое тестирование почвы : метод указания к изучению дисциплины / сост. Л. В. Цаценко. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 39 с.
5. Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. Почвенный покров Санкт-Петербурга: «из тьмы лесов и топи блат» к современному мегаполису [Статья] / Б.Ф. Апарин, Е.Ю. Сухачева Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера», 2013, т. 5, № 3
6. ГОСТ Р ИСО 22030-2009 Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений
7. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв – М.: Академический проект, 2007. 237 с.
8. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2020 году/ Под редакцией Д.С. Беляева, И.А. Серебрицкого – Ижевск.: ООО «ПРИНТ», 2021. - 253с.
9. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности: <http://www.infoeco.ru>
10. Официальный сайт МЧС России: <https://78.mchs.gov.ru/glavnoe-upravlenie/harakteristika-subekta/landshafty-goroda-i-okrestnostey>

11. Цаценко Л.В. Биологическое тестирование почвы : метод указания к изучению дисциплины / сост. Л. В. Цаценко. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 39 с.
12. Горбунова, Ю.В. Инвентаризация и мониторинг земель населенных пунктов: курс лекций [Электронный ресурс] / Ю.В. Горбунова, А.Я. Сафонов; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2018. – 210 с.
13. Сизов А.П. С 349 Мониторинг и охрана городских земель: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. –М.: Изд-во МИИГАиК, 2009. – 264 с.
14. Тригуб В.И. Городские почвы как особый вид почв/ В.И. Тригуб// учёный записки ТНУ им. В.И. Вернадского – 2011 г. – том №24 – с 321 – 325.
15. Ковязин В.Ф., Мартынов А.Н. Состояние почв в урбоэкосистемах Санкт-Петербурга [Статья] / В. Ф. Ковязин, Н.А. Мартынов Аграрный научный журнал, № 09, 2014
16. Доклад о состоянии и использовании земель в Ленинградской области // Официальный сайт Администрации Ленинградской области. URL: <http://www.lenobl.ru> .
17. ГОСТ 26423-85 Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки
18. ГОСТ 33850-2016 Определение химического состава методом рентгенофлуоресцентной спектрометрии
19. СанПиН 2.1.7.1287-03 Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы

ПРИЛОЖЕНИЕ А – Фотографии точек отбора проб



Рисунок 1 – Точка 1  
(Парк академика  
Сахарова)

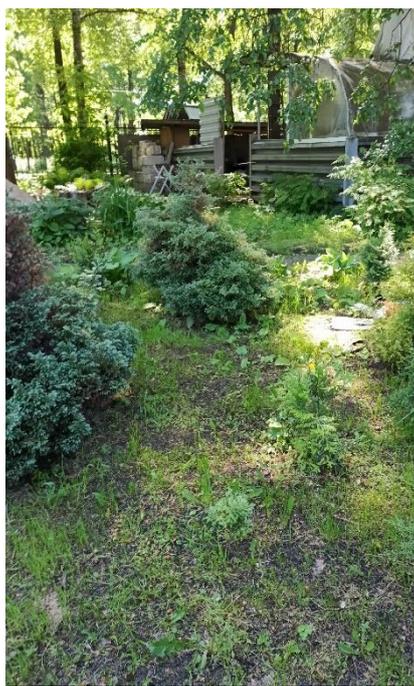


Рисунок 3 – Точка 3  
(Клумба)



Рисунок 5 – Точка 5  
(Парк Авиаторов)



Рисунок 2 – Точка 2  
(Берег реки Охта)



Рисунок 4 – Точка 4  
(Парк Сосновка)



Рисунок 6 – Точка 6  
(Придомовая  
территория)



Рисунок 7 – Точка 7  
(Парк Сергиевку)



Рисунок 8 – Точка 8  
(Лес)



Рисунок 9 – Точка 9  
(Пустырь)

