

Государственное бюджетное нетиповое образовательное
учреждение
Санкт-Петербургский городской Дворец творчества
ЮНЫХ
Эколого-биологический центр «Крестовский остров»

Научно-исследовательская работа

«Физико-химический анализ почв
на побережье реки Охты вблизи поселка Мендсары Всеволожского
района Ленинградской области»

Выполнила:
Волосенко Олеся Александровна,
учащаяся 11 б класса,
ГБОУ гимназия 498 Невского района.

Научный руководитель:
Ширяев Валерий Алексеевич,
педагог дополнительного образования,
ЭБЦ Крестовский остров.

Санкт-Петербург
2023 г.

Оглавление

Оглавление.....	1
Введение.....	2
1. Обзор литературы	3
1.1 Тяжелые металлы	5
1.2 Засоленность	6
1.3 Кислотность почв	7
2. Материалы и методы исследования.....	8
2.1 Первый этап. Отбор проб.....	8
2.2 Второй этап. Определение показателя кислотности	9
2.3 Третий этап. Измерение содержания легкорастворимых солей	9
2.4 Четвертый этап. Общая кислотность	9
2.5 Пятый этап. Измерение концентрации ионов тяжелых металлов	10
3. Результаты и обсуждения.....	11
3.1 Результаты измерения активной кислотности	11
3.2 Результаты измерения солесодержания почв	11
3.3 Результаты измерения общей кислотности почв.....	12
3.4 Результаты измерения содержания в почвах ионов тяжелых металлов на примере кобальта	12
3.5 Результаты измерения содержания иона хлорида аргентометрическим методом по Мору	13
4. Выводы	14
5. Заключение.....	15
6. Список использованной литературы	16

Введение

Почва – это самостоятельное естественно-историческое органоминеральное природное тело, состоящее из твердых минеральных и органических частиц, воды и воздуха почву, важная часть биогеоценозов, ключевое звено циклов миграции веществ. Однако многие из них сейчас находятся не в лучшем состоянии. В последние годы наблюдается увеличение процессов загрязнения, от которых страдают не только сами почвы, но и люди, ведь почва - одно из важнейших богатств, которыми располагает человек, так как является основополагающим фактором для некоторых отраслей промышленности, экономики, влияет на здоровье человека.

В следствии этого, почвы необходимо оберегать и защищать, а уже загрязненные – очищать и восстанавливать. Чтобы выполнить вышеперечисленные меры, сначала необходимо определить, насколько загрязнены и загрязнены ли конкретные изучаемые почвы. Именно на определение почвенного загрязнения и направлена наша работа.

Для изучения были выбраны дерново-подзолистые почвы вблизи поселка Мендсары Всеволожского района Ленинградской области. На территории области зафиксировано 17,8 км² площадей с повышенной степенью загрязнения почв, а Всеволожский район относится к самым загрязнённым [9].

Таким образом, проблема экологического состояния почв актуальна, а около данного поселка никакие исследования влияние выбросов на качество почв не проводились, значит, наша работа будет иметь большое практическое значение. Помимо этого, в Мендсарах и окрестностях располагаются несколько фермерских хозяйств, отходы которых могут сбрасываться в Охту, а оттуда попадать в почву посредством весенних разливов реки и грунтовых вод.

Гипотеза: почвы на побережье реки Охты вблизи поселка Мендсары загрязнены тяжелыми металлами, ионами хлора, и засолены.

Цель проекта: провести анализ почв на разном удалении от реки Охты поселка Мендсары Ленинградской области.

Задачи проекта:

1. Определить значение рН почв.
2. Определить содержание легкорастворимых солей в почвах.
3. Определить общую кислотность титриметрическим методом.
4. Определить концентрацию ионов тяжелых металлов методом спектрофотометрии.
5. Определить содержание хлорид-ионов аргентометрическим методом по Мору.

1. Обзор литературы

Анализ почвы – совокупность операций, осуществляются с целью определения состава, химических, агрохимических, физико-механических, физико-химических, и биологических свойств почвы.

Загрязнители почв подразделяются на несколько видов:

- а) органические;
- б) неорганические;
- в) радиоактивные;
- г) биологические.

Химическое загрязнение почв Ленинградской области формируется за счет эмиссий от промышленных объектов, выбросов автотранспорта и размещения отходов производства и потребления (как санкционированного, так и нет). Небольшой вклад вносит трансграничный перенос. В пятерку наиболее потенциально загрязненных районов входят Выборгский (3490 км²), Всеволожский (2050 км²), Кингисеппский (1580 км²), Тихвинский (1080 км²) и Сланцевский (1050 км²).

Выделяется 6 зон наибольшего риска, окружающие Санкт-Петербург и основные промышленные центры области.

Наблюдается значительная разница в уровнях загрязнений различных городов. Она связана с многочисленными факторами, наиболее значимые – расположение промышленных зон (с учетом направлений преобладающих ветров), вид и интенсивность промышленного производства, численность населения, а также близость крупных автомагистралей и железных дорог.

Всего на начало 2005 года на территории Ленинградской области выявлено 17,8 км² с опасным уровнем загрязнения тяжелыми металлами и 1,8 км² с чрезвычайно-опасным [9].

Степень загрязнения того или иного района Ленинградской области зависит от:

- а) местонахождения промышленных зон;
- б) типа промышленного производства и объёмов его выработки;
- в) приближенности или, напротив, удалённости автомобильных и железных дорог.

Локальные экологические проблемы Всеволожского района:

1) Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами, такое загрязнение было обнаружено в радиусе 40—50 км от Санкт-Петербурга, около населенных пунктов Кузьмолковский, Новосаратовка, Манушкино, им. Морозова. Основные элементы-загрязнители: Pb, Zn, Ni, Co, Cu. Почвы в полосе шириной 50 м в каждую сторону от автомобильных дорог с интенсивным движением загрязнены свинцом.

2) Наиболее загрязненные реки района – Охта, Черная, Оккервиль, Морье, Лубья, Авлога, Вьюн, Дубровка и др.

3) Основные источники загрязнения: сток с пашен, неисправные очистные сооружения, населенные пункты, автомагистрали, промышленные предприятия.

Место исследования находится вблизи поселка Мендсары, поэтому расскажем о нем чуть подробнее. Мендсары – деревня в Бугровском сельском поселении Всеволожского района Ленинградской области в семи километрах от КАД. Ландшафт местности около Мендсар достаточно холмистый; вокруг комплекса располагаются сосновые лесные массивы. Недалеко от поселка находится несколько железнодорожных платформ, промышленных предприятий в поселке нет, однако в 2014 на территории поселка имела место свалка отходов, в том числе 1 класса опасности [11].

Визуальные признаки нарушения функционирования экосистемы на исследуемом участке отсутствуют.

1.1 Тяжелые металлы

Тяжелые металлы – элементы, выделенные в отдельную группу из-за оказываемого токсического действия (преимущественно на растения) при их высокой концентрации.

Однако это лишь одно из определений тяжелых металлов, которых существует достаточно большое количество, а вот единого официального до сих пор нет. Толковый словарь по почвоведению и Словник по общей и почвенной экологии, географии и классификации почв [1] статьи об этом экологическом понятии не содержат. Еще одно из наиболее популярных определений тяжелых металлов – это элементы с атомной массой больше 50.

Существует несколько видов загрязнения почв тяжелыми металлами:

- А) Глобальное;
- Б) Региональное;
- В) Импактное (локальное).

Наибольшую опасность несет импактное загрязнение почв, так как в ряде случаев оно формирует геохимическую техногенную аномалию.

Основные источники загрязнения почв опасными тяжелыми элементами:

- 1) аэральные выпадения из средств передвижения и стационарных источников;
- 2) отвалы золы, шлака, руд, шламов и т.п.;
- 3) осадки сточных вод;
- 4) разливы нефти и солевых растворов в местах нефтедобычи;
- 5) водородное загрязнение (происходящее в результате попадания промышленных сточных вод в водоемы, а оттуда в прибрежные почвы) [2].

Почвы в Ленинградской области загрязнены тяжелыми металлами и некоторыми другими токсичными элементами под воздействием как природно-геологических, так и антропогенных факторов. Загрязнение почв обусловлено Чернобыльским следом, сельскохозяйственным и промышленным загрязнениями (согласно Справке об экологической обстановке в Санкт-Петербурге и Ленинградской области, подготовленной отделом охраны труда и экологии Совета Ленинградской Федерации профсоюзов).

1.2 Засоленность

Ученые-почвоведы уделяют большое внимание исследованию засоленности почв.

Засоленные почвы – почвы, имеющие в своем составе легкорастворимые соли в количествах, превышающих допустимую концентрацию и отрицательно влияющих на развитие растений (все легкорастворимые соли токсичны для растений). Засоленными считаются почвы, содержащие как минимум в одном из горизонтов почвенного профиля легкорастворимые соли в количествах, превышающих порог токсичности. Данные соли повышают осмотическое давление почвенной влаги, тем самым снижая ее доступность для растений, и, значит, отрицательно воздействуют на свойства почв. Помимо этого, эти соли иногда специфически токсично воздействуют на растения, нарушая таким образом нормальное соотношение элементов минерального питания.

Засоленность почв определяют, как правило, анализируя почвенные растворы, фильтраты и водные вытяжки из почв. Анализ почвенных растворов и фильтратов дает представление о концентрации солей в жидких фазах реальных почв, а метод водной вытяжки помогает оценивать общее содержание легкорастворимых солей в почвах. Чаще всего при оценке засоленности определяют анионы и катионы легкорастворимых солей [7].

1.3 Кислотность почв

Кислотность почв проявляется в разных формах, зависит от большого набора различных элементов и соединений.

Специалисты подразделяют кислотность на 2 формы:

1. Актуальная (общая) кислотность;
2. Потенциальная кислотность (в свою очередь, подразделяется на обменную и гидролитическую кислотность).

Общая кислотность - кислотность почвенного раствора, зависящая от содержащихся в растворе компонентов, проявляющих кислотные свойства (некоторые органические соединения, содержащих кислые функциональные группы, свободные минеральные кислоты, ионы Al^{3+} и Fe^{3+} , и другие [8]. Компоненты в разной степени влияют на формирование актуальной кислотности почв, их вклад зависит от содержания компонента и константы кислотности.

Для определения общей кислотности редко измеряют рН почвенного раствора, чаще применяют метод титрования: анализируют водные вытяжки или водные суспензии почв и по содержанию титруемых щелочью веществ, обладающих кислотными свойствами, определяют количество кислотности.

В кислых почвенных растворах дерново-подзолистых почв содержатся:

- 1) свободные нелетучие органические кислоты;
- 2) свободный CO_2 и соли угольной кислоты;
- 3) аммонийные соли слабых органических кислот;
- 4) соли сильных оснований и слабых органических кислот.

Сочетание вышеперечисленных составляющих в почвенных растворах определяет значение рН в интервале от 4,2 до 6,8.

Одно из важнейших веществ, влияющих на актуальную кислотность - угольную кислоту. Вследствие этого в качестве показателя степени кислотности используют отношение активностей ионов водорода к катионам, преобладающим в поглощающем комплексе и наиболее сильно влияющим на реакции диссоциации и обмена ионов H^+ . Например, это катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} . [8].

Потенциальная кислотность

При взаимодействии почвы с растворами солей или оснований проявляется потенциальная кислотность. Она влияет и на уровень актуальной кислотности, однако, к сожалению, конкретная функциональная зависимость, позволяющие по одной кислотности вычислять другую, не установлена. Чаще всего специалисты выявляют прямую зависимость (чем выше потенциальная кислотность, тем больше кислотность актуальная).

Обменная кислотность определяется вытеснением ионов H^+ нейтральным раствором нейтральной соли. Обычно для этой цели используют раствор КС1. Степень кислотности оценивают по величине рН солевой вытяжки или суспензии, а для нахождения количества кислотности вытяжку титруют раствором щелочи [8].

2. Материалы и методы исследования

Работа была выполнена методом химического и физико-химического анализа.

Как уже было сказано во введении, работу мы выполняли методами потенциометрии, спектрофотометрии, титриметрическим методом. В этом разделе мы поговорим о них и о ходе нашей работы подробнее.

2.1 Первый этап. Отбор проб

Пробы были отобраны с побережья реки Охты, на разном расстоянии от уреза воды. На участке было отобрано шесть проб методом конверта, все они пронумерованы в соответствии с номером участка и удалением от воды. Проба 1.1 отобрана на наименьшем удалении от реки, 1.6 – на наибольшем. Глубина отбора проб – около 40 см, растительность – хвойный лес, видимые загрязнения отсутствуют. Почвы темно-коричневые с рыжеватым отливом, рыхлые, рассыпчатые.

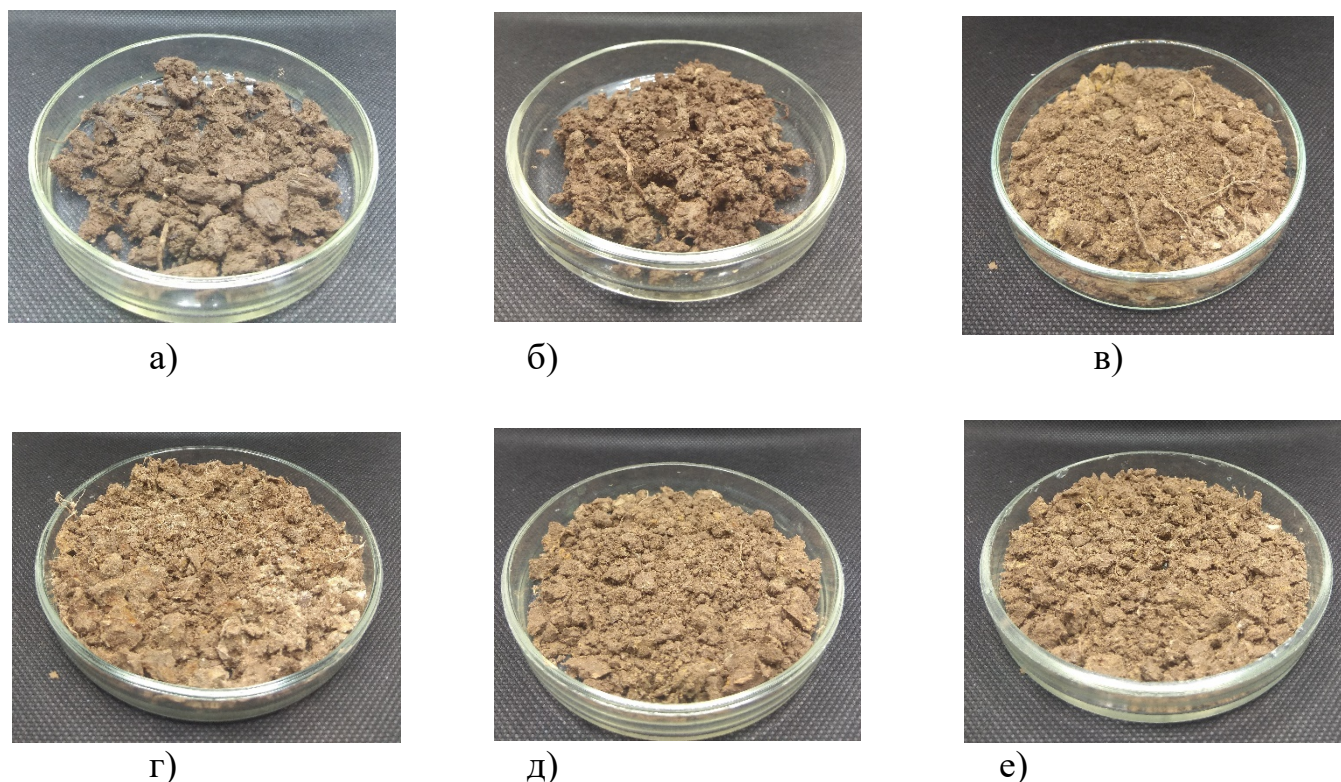


Рис.1 – Пробы почв, где а – образец 1.1, б – образец 1.2, в – образец 1.3, г – образец 1.4, д – образец 1.5, е -образец 1.6.

2.2 Второй этап. Определение показателя кислотности

Показатель кислотности мы определяли с помощью потенциометрии. *Потенциометрия* — метод определения различных физико-химических величин, основанный на измерении электродвижущих сил обратимых гальванических элементов. Потенциометрия опирается на измерение потенциала электрода, опускаемого в изучаемый раствор, после чего находится зависимость между концентрацией определяемого иона и величиной потенциала. Метод потенциометрии для определения значения рН рекомендован ГОСТ 26483-85.

Анализ проб на наличие водородного показателя мы проводили следующим образом: отмеряли пробу почвы массой 30 г (погрешность не более 0,1 г), пересыпают в технологические емкости. К пробе добавляли 75 см³ экстрагирующего раствора. Одновременно проводят холостой опыт без пробы почвы. Почву с раствором перемешивали в течение 1 мин. Затем проводили настройку рН-метра, а после этого погружали электроды в суспензии и измеряют величину рН. Показания прибора считывали примерно через 3-5 минут после погружения электродов в суспензию. Во время работы настройку прибора периодически проверяли. После измерения рН суспензии оставляли на 24 ч, затем перемешивали в течение 1 мин и снова измеряли водородный показатель [3]. Для каждой пробы повторность показателя – 3 раза.

2.3 Третий этап. Измерение содержания легкорастворимых солей

Измерение проводилось в соответствии с ГОСТ 26423-85.

Для измерения мы отмеряли пробу массой 30г, добавляли к ней 150 см³ дистиллированной воды, перемешивали 3 минуты. Полученную смесь оставляли на 5 минут для отстаивания, затем отфильтровывали с помощью вакуумного фильтра. После этого отбирали пипеткой 13 см³ фильтрата, помещали в высушенную и взвешенную фарфоровую чашку (погрешность не более 0,001 г) и ставили на песчаную баню для выпаривания фильтрата. По окончании выпаривания чашку помещали в термостат, выдерживали в нем в течение 3 ч при температуре 105°С, охлаждали в эксикаторе и взвешивали (погрешность не более 0,001 г) [4].

2.4 Четвертый этап. Общая кислотность

Общую кислотность мы определяли титриметрическим методом.

Титриметрия – химический количественный метод анализа, основывается на измерении объема стандартного раствора (титранта), реагирующим с определяемым веществом.

Стандартный раствор - раствор реагента, у которого известна точная концентрация. Процесс титрования заключается в том, что с помощью бюретки стандартный раствор добавляют по каплям к определенному объему анализируемого раствора.

Точка эквивалентности – момент титрования, когда достигнуто эквивалентное соотношение реагирующих веществ. После достижения точки эквивалентности, титрование заканчивают, и исходя из объема стандартного раствора, потраченного на реакцию, определяют концентрацию нужных элементов.

Классификация по типу реакций:

а) Кислотно-основное титрование. В основе лежит реакция нейтрализации, т.е. реакция между кислотой и основанием.

б) Осадительное титрование основано на образовании труднорастворимых веществ.

в) Комплексометрическое титрование основано на реакциях комплексообразования как с неорганическими, так и с органическими лигандами, например, с комплексонами (комплексометрия).

Поскольку титрованием мы определяли общую кислотность, а значит, ионы H^+ , мы выбрали кислотно-основное титрование.

2.5 Пятый этап. Измерение концентрации ионов тяжелых металлов

Тяжелые металлы мы определяли на примере кобальта (был использован метод спектрофотометрии).

Спектрофотометрический метод анализа – один из наиболее распространенных методов анализа в современной химии. Использование спектрофотометров очень удобно, так как позволяет определять состав примесей, содержащихся в анализируемой пробе. Основой метода является способность химических соединений взаимодействовать с излучением, поглощая его. В процессе спектрофотометрического исследования находит применение излучение ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областей спектра.

Полученные данные сравнивали с нормами содержания кобальта в почвах [10].

3. Результаты и обсуждения

3.1 Результаты измерения активной кислотности

Таблица 1- Результаты измерения активной кислотности

Номер пробы	Значение рН
1.1	4,93
1.2	4,90
1.3	4,24
1.4	3,94
1.5	4,23
1.6	4,50

Из таблицы 1 можно сделать следующий вывод:

Почвы обладают высокой кислотностью, так как значение рН значительно ниже 7 – значения рН для нейтральных почв.

Таким образом, почвы около поселка Мендсары на побережье р.Охты являются сильнокислыми. Повышенная кислотность почв является их особенностью, влияющей на возможности их использования, а также на флору и фауну данного участка, но не является аномалией и экологической проблемой.

3.2 Результаты измерения солесодержания почв

В ходе определения солесодержания почв мы взвешивали фарфоровую чашку, затем выпаривали в ней водную вытяжку почвы и снова взвешивали, высчитывали разницу, т.е. массу сухого остатка. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2- Результаты измерения солесодержания почв

Номер пробы	Разница взвешивания до и после выпаривания водной вытяжки почв (г)
1.1	0,1
1.2	0
1.3	0,1
1.4	0
1.5	0
1.6	0

На основании этих данных мы можем сделать вывод, что солесодержание исследуемых почв стремится к нулю, следовательно, почвы засоленными не являются.

3.3 Результаты измерения общей кислотности почв

Таблица 3- Результаты измерения общей кислотности почв

Номер пробы	Гидролитическая кислотность, ммоль в 100г почвы
1.1	52,6
1.2	60,2
1.3	63,3
1.4	63,3
1.5	56,3
1.6	51,4

Значения в таблице 3 подтверждает вывод из таблицы 1 о том, что почвы являются сильнокислыми, что для дерново-подзолистых почв характерно и свидетельствует об их нормальном состоянии. Помимо этого, полученные данные могут быть полезны при принятии решения об известковании почв, так как объем известкования определяется именно данными об общей кислотности почв.

3.4 Результаты измерения содержания в почвах ионов тяжелых металлов на примере кобальта

Таблица 4- Измерение содержания ионов кобальта

Номер пробы	Концентрация кобальта, мг/кг почвы
1.1	0,0296
1.2	0,0588
1.3	0,0276
1.4	0,0188
1.5	0,0384
1.6	0,0216

Полученные данные показывают, что содержания кобальта в почвах значительно ниже нормы.

3.5 Результаты измерения содержания иона хлорида аргентометрическим методом по Мору

Таблица 5 – Измерение содержания хлорид-иона аргентометрическим методом по Мору

Номер пробы	Содержание хлорид-иона, мг/кг почвы
1.1	6
1.2	4,5
1.3	4,85
1.4	4,5
1.5	5
1.6	4,65

ПДК хлорид-иона в почвах - 171,5 мг/кг. Таким образом, содержание хлорид-иона в почвах норму не превышает.

4. Выводы

1. Почвы на берегу реки Охты около поселка Мендсары Всеволожского района являются сильнокислыми, для дерново-подзолистых почв, к которым относятся исследуемые, это характерно. Следовательно, состояние почв соответствует норме.

2. Содержание в пробах легкорастворимых солей стремится к нулю, проблема засоленности почвам не угрожает.

3. Гидролитическая кислотность не превышает активную и имеет значения, характерные для данного вида почв.

4. Содержание кобальта не превышает ПДК и не входит в интервал фоновых значений. Мы предполагаем, что это связано с избытком органических веществ в почвах. При избытке таких соединений подвижный кобальт хелатируется, образуя с ними комплексы. Избыток органических веществ может являться следствием выбросов в окружающую среду отходов фермерских хозяйств.

5. Содержание хлорид-иона не превышает ПДК, проблема хлоридного засоления, несущая угрозу для растений и других живых организмов, для данных почв не актуальна.

Итог: состояние почв удовлетворительное, однако есть вероятность загрязнения почв органическими отходами фермерских хозяйств.

5. Заключение

Несмотря на то, что по большинству показателей состояние почв соответствует норме, мы планируем продолжать работу, в первую очередь будет проведен анализ содержания в почвах органических веществ. При обнаружении превышения допустимых значений и загрязнения почв планируется информирование местных жителей и соответствующих государственных органов о выявленных проблемах.

Также планируется измерение содержания в почвах свинца и железа, поскольку около Мендсар проходит автомобильная дорога, возможный источник этих тяжелых металлов.

6. Список использованной литературы

1. Большаков В.А., Белобров В.П., Шишов Л.Л. Словник. Термины, их краткое, определение, справочные материалы по общей и почвенной экологии, географии и классификации почв. М., 2004. 139 с.
2. Водяницкий Ю. Н., Ладонин Д. В., Савичев А. Т. Загрязнение почв тяжелыми металлами. – 2012.
3. ГОСТ 26483-85 Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. М.: Издательство стандартов, 1985
4. ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. М.: Стандартинформ, 2011
5. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. Учение об экологических функциях почв. Учебник / 2-е изд., уточн. и доп. — М.: Издательство МГУ, 2012. — 412 с.
6. Жарикова Е. А. Тяжелые металлы в городских почвах: оценка содержания и экологического риска //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – №. 1. – С. 164-73.
7. Йонко О. А., Королев В. А., Стахурлова Л. Д. Химический анализ почв //Учебно-методическое пособие.-Воронеж: Изд-во Воронежского государственного университета. – 2010. – С. 59.
8. Орлов Д. С. Химия почв: учебник, 2-е издание, переработанное и дополненное. – 1992.
9. Доклад «О состоянии окружающей среды в Ленинградской области». — СПб., 2012. — 320 с.
10. Каталымов М.В. Микроэлементы и микроудобрения.– М.: Издательство «Химия», 1965.– 332 с.
11. URL: <https://greenfront.su/post/1433> (12/10/2022)
12. URL: https://www.pesticidy.ru/active_nutrient/cobalt (18/12/2022)