



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
КАФЕДРА ХИМИИ, ЭКОЛОГИИ И МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

**Загрязнение тяжелыми металлами почв и листьев древесных растений
на территории города Челябинск**

**Выпускная квалификационная работа по направлению
44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)**

Направленность программы бакалавриата

«Биология. Химия»

Форма обучения очная

Проверка на объем заимствований:

76 % авторского текста

Выполнила:

Студентка группы ОФ-501/068-5-1
Меняйло Екатерина Евгеньевна

Работа рекомендована к защите
рекомендована/не рекомендована

« 20 » мск 2020 г.

Зав. кафедрой Химии, экологии
и методики обучения химии

(название кафедры)

Сутягин А.А. Сутягин А.А.

Научный руководитель:

канд. хим. наук, доцент

Сутягин Андрей Александрович

Челябинск

2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ПУТИ ПОСТУПЛЕНИЯ ИХ В ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ И ЛИСТЬЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ.....	6
1.1 Тяжелые металлы и их биологическая роль.....	6
1.2 Тяжелые металлы как загрязнители почв	8
1.3 Накопление тяжелых металлов в растениях.....	14
Вывод по первой главе.....	18
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	20
2.1 Фотометрический метод анализа с помощью градуировочного графика.....	20
2.2 Титриметрический метод анализа в виде комплексонометрии	23
2.3 Отбор проб и подготовка их к анализу.....	25
Вывод по второй главе.....	27
ГЛАВА 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ И ЛИСТЬЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ Г. ЧЕЛЯБИНСК.....	28
3.1 Количественное содержание тяжелых металлов в почве	28
3.2 Количественное содержание тяжелых металлов в листьях древесных растениях.....	33
Выводы по третьей главе	36
ГЛАВА 4. СОДЕРЖАНИЕ, МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ ВНЕУРОЧНОГО ЗАНЯТИЯ У УЧАЩИХСЯ 8 КЛАССА ПО ТЕМЕ «ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ: ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ И НАХОЖДЕНИЕ В ПРИРОДЕ».....	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ.....	42
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	44

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Количественное определение меди с помощью диэтилдитиокарбамата натрия.....	50
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Количественное определение содержания ионов кобальта при помощи нитрозо-R-соли.....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Количественное определение общего железа с помощью сульфосалициловой кислоты.....	54
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 Карты отбора проб.....	56

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Одной из актуальных экологических проблем является проблема загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. Соединения этих элементов в силу высокой токсичности, подвижности и способности к биоаккумуляции представляют опасность не только для человека, но и для всего живого на планете. Кроме того, они могут сохранять свою биологическую активность очень длительное время, а также мигрировать по пищевым цепям от почвы (одного из основных аккумуляторов поллютантов) через растения в организм человека. Вследствие этого, установление количественного содержания тяжелых металлов в различных компонентах окружающей среды является актуальной задачей экологического мониторинга.

Из почвенного компонента экосистем тяжелые металлы могут поступать в растения через корневую систему. Особенно этот процесс может быть характерен для древесных растений, обладающих мощно развитой корневой системой, проникающей в почву на большую глубину. Значительное воздействие на растения могут оказывать поступление тяжелых металлов через устьица или кутикулу листьев с атмосферными аэрозолями. В итоге листья древесных растений могут выступать в качестве интенсивных накопителей тяжелых металлов.

Опадая в осенний период, листья поступают на почвы, перегнивают, в результате чего металлы высвобождаются и снова поступают в почвы. Часть листьев сжигается во время субботников, а также пожаров. С дымовыми аэрозолями тяжелые металлы поступают в атмосферу. Таким образом осуществляется круговорот тяжелых металлов, которые могут длительное время персистировать и мигрировать по компонентам окружающей среды.

Изучение химического состава почвенного покрова и листьев древесных растений города Челябинска, как промышленного центра,

характеризующегося высоким уровнем загрязнения тяжелыми металлами, является важной задачей, так как город является экологически неблагоприятным в связи с деятельностью большого количества промышленных предприятий и автомобильного транспорта.

Предметом исследования является количественное содержание тяжелых металлов в почве и в листве древесных растений некоторых районов г. Челябинск.

Объектом исследования являются почвы и листва древесных растений некоторых районов г. Челябинск.

Цель исследования заключается в определении количественного содержания некоторых металлов в почвах и листьях древесных растений на территории города Челябинск.

Цель была реализована через выполнение следующих задач:

1) проанализировать содержание литературных источников, посвященных вопросу накопления и роли тяжелых металлов в окружающей среде;

2) выполнить количественный анализ содержания тяжелых металлов (меди, железа, кобальта, свинца и цинка) в почвенном покрове районов г. Челябинска;

3) осуществить количественный анализ содержания тяжелых металлов (меди, свинца и цинка) в листьях древесных растений, произрастающих на территории районов г. Челябинска;

4) разработать и апробировать внеурочное мероприятие по теме «Тяжелые металлы: их биологическая роль и нахождение в природе» для учащихся средней школы.

ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ПУТИ ПОСТУПЛЕНИЯ ИХ В ПОЧВУ И ЛИСТЬЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

1.1 Тяжелые металлы и их биологическая роль

Тяжёлые металлы – группа химических элементов со свойствами металлов (в том числе и полуметаллы) и значительным атомным весом либо плотностью. Известно около сорока различных определений термина тяжелые металлы и невозможно указать на одно из них, как наиболее принятое. Соответственно, список тяжелых металлов согласно разным определениям будет включать разные элементы. Используемым критерием может быть атомный вес свыше 50, и тогда в список попадают все металлы, начиная с ванадия, независимо от плотности. Другим частым критерием является плотность, примерно равная или большая плотности железа ($7,874 \text{ г/см}^3$), тогда в список попадают такие элементы как свинец, ртуть, медь, кадмий, кобальт, а, например, более легкое олово выпадает из списка. Существуют классификации, основанные и на других значениях пороговой плотности или атомного веса. Некоторые классификации делают исключения для благородных и редких металлов, не относя их к тяжелым, некоторые исключают нецветные металлы (железо, марганец).

Важную роль в категорировании тяжелых металлов играют следующие условия: их высокая токсичность для живых организмов в относительно низких концентрациях, а также способность к биоаккумуляции и биомагнификации. Практически все металлы, попадающие под это определение, активно участвуют в биологических процессах, входят в состав многих ферментов.

Формально определению тяжелые металлы соответствует большое количество элементов. Однако соединения этих элементов далеко не равнозначны, как загрязняющие вещества. Поэтому во многих работах происходит сужение рамок группы тяжелых металлов, в соответствии с

критериями приоритетности, обусловленными направлением и спецификой работ.

Тяжелые металлы в окружающей среде играют двойную роль. Они являются неотъемлемым компонентом нормальных физиологических процессов, но в то же время они токсичны при повышенных концентрациях, приводящих к нарушению метаболизма и функционирования живых организмов на любой стадии онтогенеза. Во многих случаях эти нарушения являются необратимыми и смертельными. В токсичных концентрациях тяжелые металлы проявляют канцерогенные свойства, отрицательно воздействуют на генетическую мембранную, ферментно-белковую систему клетки, вызывают нарушение концентраций веществ, необходимых для энергетического метаболизма – АТФ, АДФ, изменяют активность ферментов, уровень содержания в клетках кальция и магния, необходимых для нормального функционирования организма.

Среди загрязнителей биосферы, представляющих наибольший интерес для различных служб контроля ее качества, тяжелые металлы относятся к числу важнейших. В значительной мере это связано с биологической активностью многих из них.

Установлено, что одни тяжелые металлы крайне необходимы для жизнеобеспечения человека и животных и относятся к биогенным элементам [40, с. 27-29].

Другие же тяжелые металлы в условиях загрязнения среды обитания, попадая в организм, могут представлять серьезную угрозу для здоровья человека. Наиболее опасными являются лабильные формы тяжелых металлов, характеризующиеся высокой биохимической активностью и способностью накапливаться в биосредах. Металлы по увеличению чувствительности к ним человека и животных можно расположить в следующий ряд:

Hg – Cu – Zn – Ni – Pb – Cd – Cr – Sn – Fe – Mn – Al.

Для каждого металла существует свой механизм токсического действия, но, в основном, в повышенных концентрациях тяжелые металлы являются тиоловыми ядами, воздействующими на отдельные этапы углеводно-фосфатного и аминокислотного обмена. Они способны связывать сульфгидрильные группы, являющиеся активными центрами многих ферментов, при этом происходит ингибирование или полное прекращение окислительно-восстановительных реакций в клетках.

Тяжелые металлы способны оказывать токсическое воздействие и на растения, которое может быть прямым и косвенным. Косвенное воздействие – это ухудшение свойств почвы, снижение плодородия, угнетение почвенной биоты, в результате чего ухудшается качество растительной продукции. Прямое влияние состоит в накоплении тяжелых металлов в растениях, что приводит к их отравлению. Наиболее общие симптомы фитотоксичности, характерные для большинства растений, – это угнетение роста, изменение окраски, хлороз, патология цветков, изменение формы листьев [4, с. 134-135].

1.2 Тяжелые металлы как загрязнители почв

Почва – это специфический компонент ландшафта, поскольку она не только геохимически аккумулирует компоненты загрязнений, но и выступает как природный буфер, контролирующий перенос химических элементов и соединений в приземный слой атмосферы, поверхностные и грунтовые воды и живое вещество. Микроэлементы, поступающие из различных источников, попадают в конечном итоге на поверхность почвы, и их дальнейшее поведение зависит от ее геохимических и физических свойств.

Почва играет важную роль в круговороте тяжелых металлов, они представляют собой гетерогенные смеси разных органических и органоминеральных составляющих глинистых минералов, оксидов железа, алюминия, марганца и других твердых частиц, а также различных

растворимых соединений. Вследствие разнообразия типов почв, их окислительно-восстановительных условий и реакционной способности, механизмы и способы связывания тяжелых металлов в почвах разнообразны. Тяжелые металлы в почвах содержатся в различных формах: в кристаллической решетке минералов в виде изоморфной подмеси, в солевой и окисленной форме, в составе разных органических веществ, в ионообменном состоянии и в растворимой форме в почвенном растворе. Тяжелые металлы, поступая из почвы в растения и затем в организмы животных и человека, обладают способностью постепенно накапливаться. Наиболее токсичны ртуть, кадмий, свинец, мышьяк, отравление ими вызывает тяжелые последствия. Менее токсичны: цинк и медь, однако загрязнение ими почв подавляет микробиологическую деятельность и снижает биологическую продуктивность [46, с. 11-12].

Железо – химический элемент, жизненно необходимый для питания растений. Один из главных компонентов литосферы, второй по содержанию после кремния и алюминия. Является действующим веществом железосодержащих удобрений. Удобрения данного элемента применяют в форме опрыскивания растений. Для внесения в почву применяют органические соединения железа – хелаты.

Хелат железа – это экологически чистое удобрение для растений. Представляет собой порошкообразную массу грязно-оранжевого цвета. Вкуса и запаха не имеет. В почве, как правило, содержится железо в трехвалентной форме, характеризующейся малой миграционной способностью и низкой растворимостью в воде. По этой причине растениями трехвалентная форма усваивается в малых количествах. Хелат железа содержит двухвалентную форму элемента, характеризующуюся намного большей подвижностью, а также быстротой и полноценностью усвоения сельскохозяйственными культурами. В нормальных условиях двухвалентная форма железа быстро окисляется, переходя в трехвалентную форму. Для предотвращения окисления во время применения препарата,

железо связывают в хелатный комплекс с органическими кислотами. В связанном состоянии двухвалентная форма стабилизируется. В качестве примера может выступать хелатированный этилендиаминтетрауксусный (ЭДТА) железный комплекс (рисунок 1).

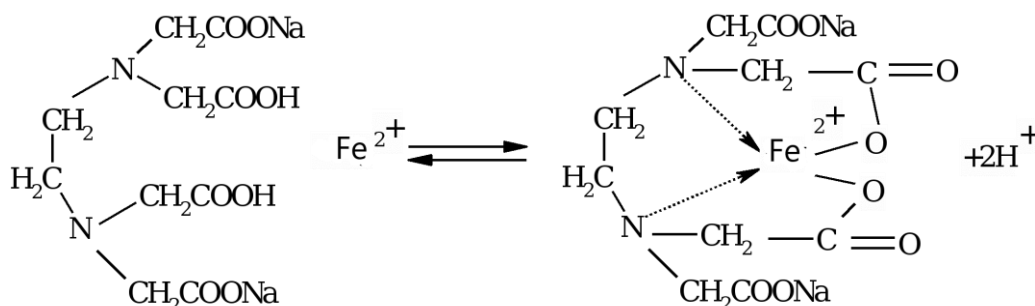


Рисунок 1 – Хелатированный ЭДТА железный комплекс

Среднее содержание железа в почвах составляет 3,8 %. В составе почв в зависимости от кислотно-основных и окислительно-восстановительных условий железо может присутствовать в степени окисления +3 и +2. Возможно количественное определение обеих форм железа в почвах, но, как правило, при проведении валового анализа определяют его общее содержание [10, с. 102].

Много железа поступает в сточные воды и шламы от промышленных производств: металлургического, химического, машиностроительного, металлообрабатывающего, нефтехимического, химико-фармацевтического, лакокрасочного, текстильного. Дым, пыль промышленных производств могут содержать большие количества железа в виде аэрозолей, его оксидов, руд. Пыль железа или его оксидов образуется при заточке металлического инструмента, очистке деталей от ржавчины, прокате железных листов, электросварке и при других производственных процессах, в которые включены сплавы или соединения железа.

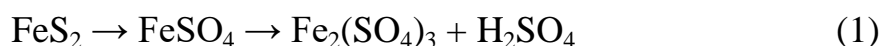
Основные минералы железа, содержащиеся в почвах, подвергаются в природе микробиологическому выщелачиванию, в результате чего, железо из труднорастворимых минералов переходит в водные объекты.

Окисление минералов происходит как прямым, так и косвенным путем. Прямой путь – при адсорбции бактерии на минерале. Косвенный

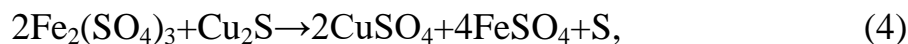
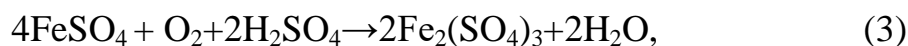
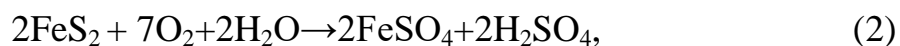
путь – когда бактерии являются производителем окисления в растворе. Создавая для бактерий благоприятную среду, можно обеспечить выщелачиванием этих руд. Примером может служить микробиологическое выщелачивание пирита.

Пирит – распространенный примесный компонент угольных месторождений, его выщелачивание приводит к закислению шахтных вод. По одной из оценок, в 1932 г. в реку Огайо США с шахтными водами поступило около 3 млн. тонн серной кислоты. Микробиологическое выщелачивание железа осуществляется не только за счет окисления, но и при восстановлении окисленных руд. В нем принимают участие микроорганизмы, относящиеся к разным группам.

Бактерии окисляют пиритное железо и серу до высших оксидов с образованием хорошо растворимых в воде соединений сульфата железа (III) и серной кислоты по схеме (1):



Для гидрометаллургии наибольший интерес представляют процессы выщелачивания, в которых используется способность тионовых железобактерий типа *Thiobacillus ferrobacillus* окислять сульфат двухвалентного железа до сульфата трехвалентного железа. Последний, как сильный окислитель, вступает в реакцию с сульфидами меди или цинка, превращая их в сульфаты. Образующийся при этом сульфат железа (II) снова окисляется бактериями до сульфата железа (III). Таким образом, роль бактерий сводится к регенерации сульфата трехвалентного железа. Можно представить процесс бактериального выщелачивания сульфида меди в присутствии пирита и кислорода следующими реакциями (2-5): [43, с. 114-116]



Железо – распространенный в природе элемент, поэтому для него не предусмотрено разделение на классы опасности и не определена вредность.

Медь – один из элементов, образующих халькосферу, которая располагается между литосферой и земным ядром. В связи с выдавливанием халькофилов в литосферу вследствие магматических и гидротермальных процессов подавляющая часть меди (около 80 %) присутствует в земной коре в соединениях с серой, 15 % меди – в виде кислородных соединений: оксидов, карбонатов, силикатов и прочих.

Медь образует до 240 различных минералов, но только около 40 из них имеют промышленное значение.

Важнейшие для промышленности минералы – халькопирит (медный колчедан) CuFeS_2 , халькозин (медный блеск) Cu_2S , ковеллин CuS , борнит $2\text{Cu}_2\text{S}\cdot\text{CuS}\cdot\text{FeS}$, малахит $\text{CuCO}_3\cdot\text{Cu}(\text{OH})_2$, азурит $2\text{CuCO}_3\cdot\text{Cu}(\text{OH})_2$, хризаколла $\text{CuO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ [29, с. 77-78].

Наибольшее распространение имеют простые и сложные сульфиды (первичные минералы). Они довольно легко растворяются при выветривании и высвобождают ионы меди. Кроме того, катионы меди склонны к химическому взаимодействию с органическими и минеральными веществами. Они легко осаждаются различными анионами: сульфидом, карбонатом, гидроксидом по уравнениям (6-8) [25, с. 130-131]:



По этой причине медь в почвах относительно малоподвижна, и ее суммарное содержание в почвенных профилях варьирует незначительно.

Начальным состоянием распределения меди в почвах управляют два фактора: процессы почвообразования и материнская порода. Обычной чертой распределения меди в почвенном профиле является ее аккумуляция в верхних слоях. Это отражает ее биоаккумуляцию и влияние антропогенных факторов.

Очень высоко содержание меди в почвах, образовавшихся на богатых медью породах и в районах концентрации медных месторождений. Значительное обогащение почв медью отмечается при частой обработке растений инсектофунгицидами с содержанием меди. Примером медьсодержащего фунгицида, может служить хлорокись меди (рисунок 2).

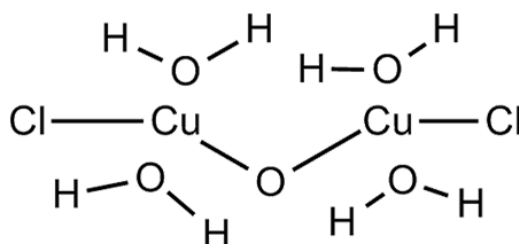


Рисунок 2 – Хлорокись меди

Общее содержание меди различается в зависимости от типа почв. Желтоземы и красноземы наиболее богаты медью. Засоленные почвы и черноземы так же богаты медью, но здесь ее меньше, чем в красноземах. Дерново-подзолистые, серые лесные, сероземы и каштановые почвы содержат более низкие концентрации данного металла. Верховые торфяники и дерново-карбонатные типы почв прибалтийских районов – самые бедные по общему содержанию меди. Почвы тундры так же бедны медью, как и предыдущие типы почв. Торфянисто-болотные и некоторые минеральные почвы песчаного и супесчаного механического состава содержат количество меди, не способное обеспечить нормальный уровень питания растений данным элементом.

По биохимическим свойствам и функциям медь схожа с железом и способна как образовывать стабильные комплексы, так и изменять валентность с двухвалентной на одновалентную. Одновалентная медь нестабильна, в отличие от двухвалентной [1].

1.3 Накопление тяжелых металлов в растениях

Повышение содержания тяжелых металлов в окружающей среде приводит к значительному увеличению их концентрации в растениях. При этом наземные растения способны поглощать токсичные ионы из двух источников – почвы и воздуха. Механизмы поступления металлов в растения из почвы корневым путем включают пассивный (неметаболический) перенос ионов в клетку в соответствии с градиентом их концентрации и активный (метаболический) процесс поглощения клеткой против градиента концентрации.

В поглощении и транспорте тяжелых металлов в растения можно выделить следующие этапы:

- 1) накопление ионов в свободном пространстве корня;
- 2) преодоление ионами мембранного барьера и их проникновение в симпласт;
- 3) радиальное передвижение ионов по тканям корня и сосудистым проводящим пучкам.

Первый этап поглощения тяжелых металлов корневой системой осуществляется посредством физико-химической адсорбции, а также за счет неметаболического связывания ионов металлов активными участками клеточной стенки. Последующие этапы поглощения металлов связаны с затратой энергии с участием ионных каналов и белков-переносчиков. Помимо симпластного пути ионы тяжелых металлов могут передвигаться и по апопласту до поясков Каспари.

Из воздуха тяжелые металлы в составе аэрозолей и пыли попадают на лист, удерживаются на нем в виде поверхностных отложений, часть их может быть вымыта дождевой водой, а часть поступает в растение. Механизм поглощения ионов тяжелых металлов листьями состоит из двух фаз:

1) неметаболического проникновения через кутикулу (которое рассматривается как главный путь поступления);

2) метаболического переноса ионов через плазматические мембраны и протопласт клеток, то есть их накопление против градиента концентрации.

Ионы металлов, поступившие в лист через кутикулу и устьица, транспортируются в корни и/или выше расположенные органы. Доля внекорневого поступления тяжелых металлов в растения зависит от концентрации металла в воздухе и осадках, его физико-химических свойств, а также анатомо-морфологических особенностей листьев растений. В частности, чем сильнее опушенность или шероховатость листовой поверхности, тем интенсивнее поступают в них металлы из воздуха.

Основной путь ионов тяжелых металлов в корнях можно представить следующим образом: двухэтапное поглощение (диффузия и адсорбция), транспорт по апопласту и симпласту до эндодермы и в базальные участки корня. Проникновение их в центральный цилиндр происходит через молодую эндодерму со слабо развитыми поясками Каспари, а также частично через избирательно проницаемые мембраны протопласта в эндодерме. Из корней металлы транспортируются в надземные органы по сосудам ксилемы с транспирационным током. Для большинства ионов тяжелых металлов предполагается общий механизм транспорта по ксилеме. Показано, что ионы могут перемещаться по ксилеме в форме катионов, а также в виде комплексов с аминокислотами (аспарагином, глутамином, гистидином) или органическими кислотами (лимонной, фумаровой, малоновой). Дальний транспорт тяжелых металлов у растений может происходить и по сосудам флоэмы в составе комплексов с цитратами, никотинаминами или металлосвязывающими белками [44, с. 12-16].

Медь в растениях содержится в небольших количествах: от 3 до 15 мг на 1 кг сухого вещества. Зерновые при урожайности 12-25 ц зерна выносят с гектара 15-30 г меди; корнеплоды при урожайности 250-500 ц – от 40 до 80 г, клевер при урожайности сена 25-40 ц – от 25 до 30 г.

Медь играет важную роль в окислительных процессах, углеводном и белковом обмене, а также в образовании хлорофилла. Она стабилизирует действие хлорофилла, задерживает процесс физиологического старения листа и тем самым способствует удлинению периода его жизнедеятельности.

Злаковые растения больше других испытывают медное голодание, особенно на осушенных болотных почвах. При недостатке меди растения становятся бледно-зелеными, начинают усиленно куститься (вследствие отмирания точки роста стебля), кончики листьев белеют. При сильном заболевании (болезнь называют белой чумой) колосья не выходят из листовых влагалищ, стебель постепенно засыхает, зерно становится щуплым, урожайность зерна снижается. Кроме зерновых, подобное заболевание наблюдается у бобовых культур (гороха, вики), капустных (горчицы, рапса) и других растений.

При недостатке меди у плодовых деревьев – яблони, груши, сливы и других – появляется суховершинность. Болезнь сопровождается образованием большого количества молодых побегов, появлением пятнистости и хлороза на верхних листьях, на коре образуются трещины, происходит выделение камеди, верхние побеги отмирают и засыхают. Содержание меди в листьях больных деревьев очень низкое – от 2 до 4 мг на 1 кг сухого вещества (в здоровых листьях оно достигает 10 мг). Внесение медных удобрений в почву или опрыскивание деревьев слабыми растворами медных солей устраняет заболевание и способствует повышению урожая плодов [56].

Содержание свинца в растениях обычно незначительно: примерно 0,001-0,002 % (от массы золы), или 5 мг/кг. Верхний порог концентрации свинца не установлен. По мере роста растений свинец перераспределяется по их органам: сначала в корнях, а затем поступает в стебель, откуда транспортируется в зерно. В небольших количествах свинец растениям необходим. Его дефицит возникает при содержании в надземной части 1-6

мкг/кг сухого вещества. Избыток свинца ингибирует дыхание, фотосинтез, снижает поступление цинка, кальция, фосфора и серы. Вследствие этого снижается урожайность растений и резко ухудшается качество производимой продукции. Предельно допустимая концентрация (ПДК) свинца для почв в России составляет 30 мг/кг. При содержании в почве 100–500 мг/кг свинца наблюдается скручивание старых листьев. Менее устойчивы к его избытку злаки, более устойчивы – бобовые. Концентрация металла выше 10 мг/кг сухого вещества токсична для большинства культурных растений. Растением-индикатором повышенного содержания свинца является седмичник европейский. Много свинца содержит обычная лебеда. Интенсивно накапливают его грибы, мхи и лишайники. Рекордсменом среди организмов по стойкости к соединениям свинца являются дрожжи.

Цинк – микроэлемент, жизненно необходимый для всех живых организмов, в том числе и для растений. Его физиологическая роль заключается в активации многих ферментативных реакций, – он является кофактором более 300 ферментов. Цинк участвует в образовании предшественников хлорофилла, входит в состав 40 ферментов, влияет на репродуктивные процессы, метаболизм углеводов, фосфатов и протеинов, образование ауксинов, ДНК, рибосом. Путем участия в поддержании целостности биологических мембран отвечает за устойчивость растений к патогенам. Цинк повышает жаро-, засухо- и морозоустойчивость культур путем стабилизации их дыхания, а также способствует утилизации фосфора [45, с. 264-265].

Дефицит цинка считается наиболее распространенным среди микроэлементов у сельскохозяйственных культур в масштабах всего мира. Если учитывать, что около трети населения планеты страдает от недостатка этого элемента в питании, то очень важно создать условия, при которых цинк в продуктах растительного происхождения мог бы восполнять этот дефицит.

При недостатке цинка в почве окраска листьев растений становится желто-зеленой, затем они покрываются бурыми пятнами и отмирают. Молодые листья замедляются в росте, они формируются маленького размера, происходит их деформация: они приобретают асимметричную форму, часто имеют волнообразные края. Кроме того, симптомы дефицита цинка определяют по таким внешним признакам как низкорослость растений по причине задержки верхушечного роста (укорочение высоты междоузлий), хлороз листьев между жилками, появление мелких коричневых пятен на верхних листьях и скручивание их.

Наиболее чувствительны к дефициту цинка такие сельскохозяйственные культуры как кукуруза, рис, лен, картофель, гречиха, свекла, клевер. По сравнению с ними зерновые не столь зависимы от этого микроэлемента [55].

Вывод по первой главе

В нужном количестве тяжелые металлы благоприятно влияют на растения, но переизбыток или недостаток их ведет к гибели растений. Наибольшее количество ионов тяжелых металлов содержится в почве и растениях, находящихся в непосредственной близости от источника загрязнения. По мере удаления от промышленных объектов, объектов топливно-энергетического комплекса и автомобильных дорог содержание ионов тяжелых металлов в окружающей среде уменьшается. Ионы тяжелых металлов влияют на рост и развитие растений. Растения растут медленнее, хуже развиваются, быстрее погибают.

Не рекомендуется собирать и употреблять в пищу растения и грибы, растущие вблизи с источниками загрязнения, так как происходит накопление тяжелых металлов из выхлопных газов автомобильного транспорта и выбросов предприятий черной и цветной металлургии, а также топливно-энергетического комплекса, которые при попадании в организм человека способствуют ухудшению его здоровья.

Необходимо высаживать вдоль источников загрязнения растения, устойчивые к загрязнению окружающей среды для ограничения попадания вредных веществ выхлопных газов автомобилей в окружающую среду.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Фотометрический метод анализа с помощью градуировочного графика

Для определения меди, кобальта и железа в почвах, меди - в листьях древесных растений используется фотометрический метод, представляющий собой метод количественного анализа, особенно для определения микроколичеств веществ. Метод дает возможность определить концентрацию вещества в растворе в тех случаях, когда вещество имеет собственную окраску, либо приобретает окраску путем воздействия на него соответствующего химического реагента.

Сущность фотометрического анализа заключается в определении уменьшения интенсивности потока монохроматического света после прохождения его через слой окрашенного раствора определенной толщины и концентрации растворенного вещества. При этом интенсивность светопоглощения прямо пропорциональна толщине оптического слоя и концентрации раствора в соответствии с формулой (1):

$$D = \epsilon l C \quad (1)$$

где D – оптическая плотность, нм;

ϵ – молярный коэффициент поглощения исследуемого раствора;

l – толщина слоя, см;

C – концентрация исследуемого раствора, мг/мл.

Оптическая плотность раствора (D) измеряется с помощью фотоэлектроколориметра или спектрофотометра. Принцип работы ФЭК заключается в том, что световой поток, прошедший через кювету с раствором, попадает на фотоэлемент, который преобразует энергию света в электрическую энергию, измеряемую микроамперметром.

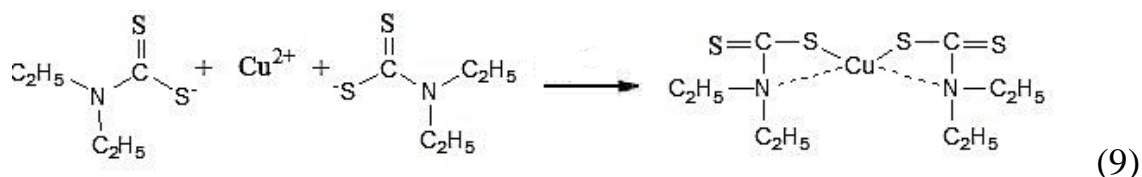
В фотометрическом методе одной из основных задач является построение калибровочного графика, основанного на результатах исследования рабочих стандартных растворов веществ с точно заданной

концентрацией определяемого компонента. По полученным данным строится график в координатах: оптическая плотность – содержание исследуемого вещества.

Для построения калибровочного графика готовят серию стандартных растворов, охватывающих диапазон измеряемых концентраций исследуемого вещества согласно методике. На графике должны быть указаны условия фотометрирования: номер светофильтра или длины волны (нм); размер кюветы (см); время фотометрирования.

Надежность результатов измерений при работе на фотоэлектроколориметрах и спектрофотометрах обеспечивается, правильной установкой и эксплуатацией приборов. Поэтому приступать к измерениям можно только после тщательного ознакомления с описанием устройства прибора и правил его эксплуатации [13, с. 3-16].

Количественное определение меди (приложение 1) в почве и листве производится с помощью диэтилдитиокарбамата натрия в слабо-аммиачном растворе при pH 8-9 с образованием диэтилдитиокарбамата меди желто-коричневого цвета по уравнению (9):

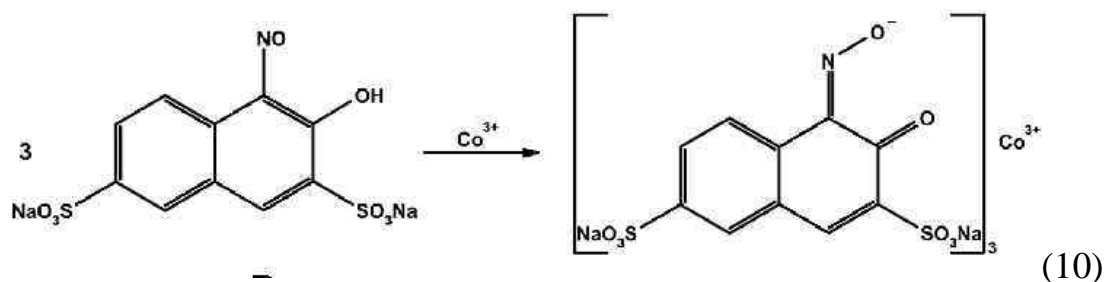


Для проведения анализа необходимо построить калибровочный график, основанный на результатах исследования рабочего стандартного раствора, в координатах: оптическая плотность – содержание меди.

В ходе исследования подготавливаются почвенная и листовая вытяжки с анализируемого участка земли. Далее измеряется оптическая плотность, и содержание меди находят по калибровочному графику. (приложение 1, рисунок 1.1).

Количественное определение кобальта (приложение 2) в почве производится с использованием нитрозо-R-соли (динатриевая соль 1-

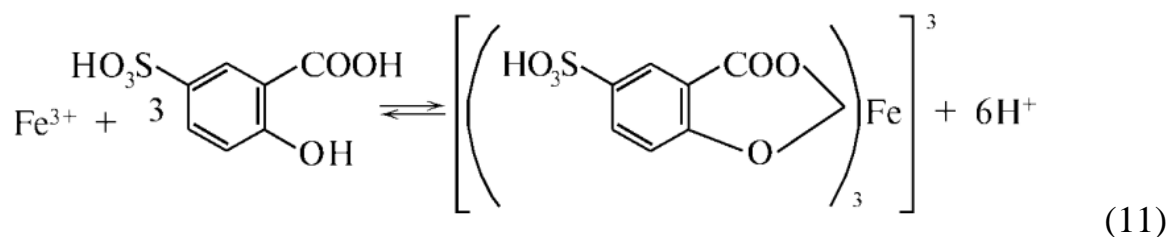
нитрозо-2-нафтол-3,6-дисульфокислоты) с образованием комплексного соединения красного цвета по уравнению (10):



Для проведения анализа необходимо построить калибровочный график, основанный на результатах исследования рабочего стандартного раствора, в координатах: оптическая плотность – содержание меди.

В ходе исследования подготавливается почвенная вытяжка с анализируемого участка земли. Далее измеряется оптическая плотность, и содержание кобальта находят по калибровочному графику (приложение 2, рисунок 2.2).

Количественное определение железа в почве (приложение 3) производится с использованием сульфосалициловой кислоты в слабо-аммиачном растворе при pH = 8-10 с образованием трисульфосалицилата железа желтоватого цвета по уравнению (11):



Для проведения анализа необходимо построить калибровочный график, основанный на результатах исследования рабочего стандартного раствора, в координатах: оптическая плотность – содержание железа.

Подготавливается почвенная вытяжка с анализируемого участка земли, далее измеряется оптическая плотность полученного раствора, и содержание общего железа находят по калибровочному графику. (приложение 3, рисунок 3.1).

2.2 Титриметрический метод анализа в виде комплексонометрии

Определение количественного содержания свинца и цинка в почве и опавшей листве проводится комплексонометрическим титрованием с трилоном Б.

Комплексонометрия (трилонометрия) — титриметрический метод, основанный на реакциях образования комплексных соединений ионов металлов с этилендиаминтетрауксусной кислотой и другими аминополикарбоновыми кислотами (комплексонами). Большинство ионов металлов взаимодействуют с комплексонами практически мгновенно с образованием малодиссоциированных соединений постоянного состава.

Метод позволяет определять практически все катионы и многие анионы, уравнения представлены ниже (12-13):



При проведении комплексонометрического определения необходимо соблюдать определенные условия, важнейшим из которых является рН раствора. В растворах, которые имеют рН <3, образуются малоустойчивые комплексы. При повышении рН устойчивость образовавшихся комплексов возрастает, однако в растворах, среда которых рН >10, происходит образование малоустойчивых оксокомплексов или гидроксидов металла.

Поэтому, как правило, титрование проводят в присутствии соответствующих буферных растворов, поддерживающих рН на определенном уровне.

Титриметрический метод называют количественным анализом, основанным на измерении объема раствора с точно известной концентрацией реактива, требуемого для реакции с данным количеством определяемого вещества.

Метод заключается в том, что к раствору определяемого вещества постепенно прибавляют раствор титранта известной концентрации.

Добавление титранта продолжается до тех пор, пока его количество не станет эквивалентным количеству реагирующего с ним определяемого вещества. Количественные определения в объемном анализе выполняются очень быстро. Это позволяет без особой затраты труда проводить несколько последовательных и параллельных определений. Как правило, делают серию из трех и более растворов для анализа, в дальнейшем находя среднее арифметическое между полученными результатами.

Концентрацию растворов в объемном анализе выражают обычно числом грамм-эквивалентов вещества в 1 л раствора. Это число называется молярной концентрацией эквивалента ($M_{\text{экв}}$) или молярностью раствора.

В объемном анализе всякий раствор с точно известной концентрацией называют титрованным, стандартным или рабочим раствором. Раствор определяемого вещества называется титруемым. Вещество, при помощи которого устанавливают точность концентрации титрованного раствора, называют установочным. Зная концентрацию и объем стандартного раствора, израсходованного на реакцию с анализируемым раствором, можно вычислить содержание определяемого вещества в исследуемом растворе.

Кроме главного достоинства объемного анализа – быстроты определения, объемный анализ характеризуется и широкой возможностью использования различных типов химических реакций для определения [12, с. 33-34].

Анализ содержания цинка производится благодаря щелочной вытяжки из почвенной и лиственной зол при помощи комплексометрического титрования трилоном Б. После получения анализируемых проб в коническую колбу для титрования вносится аликвота (10 мл) исследуемого раствора, 5 мл аммонийного буфера для поддержания $\text{pH} \sim 9-10$. Далее глазной лопаточкой вносят 20-30 мкг сухой смеси хромогена черного с хлоридом натрия. Раствор титруется до перехода красно-фиолетовой окраски в синюю от одной капли титранта.

Для количественного определения свинца в исследуемых образцах почвы и листвы подготавливают почвенную вытяжку из почвенной золы и листовенную вытяжку из лиственной золы при помощи кислоты. После получения анализируемых проб для определения количественного содержания свинца в коническую колбу для титрования вносится аликвота (10 мл) исследуемого раствора, 5 мл ацетатного буфера для поддержания рН ~ 5 и несколько капель индикатора ксиленолового оранжевого. Раствор титруется до перехода красной окраски в желтую от одной капли титранта.

2.3 Отбор проб и подготовка их к анализу

Для анализа почвы и листьев древесных растений на тяжелые металлы было определено 3 точки отбора проб (приложение 4), располагающихся на территории города Челябинск: Metallургический район (приложение 4, рисунок 4.3), Тракторозаводский район (приложение 4, рисунок 4.2) и Центральный район (приложение 4, рисунок 4.1). Metallургический район включает в себя предприятия: ОАО «ЧМК» (Мечел) и ОАО «Челябинский электролитно-цинковый завод», Тракторозаводский район – ОАО «Челябинский тракторный завод». Данные промышленные комплексы могут оказывать негативное воздействие на экологическую обстановку данных районов, также активно развита транспортная сфера. Центральный район был определен для исследования, как один из трех благоприятных для проживания районов по результатам опроса жителей города Челябинск.

Для отбора проб были выбраны территории с минимальной степенью человеческого вмешательства: отсутствие склада мусора, а также различных автостоянок, минимальная посещаемость людей на данных территориях.

Отбор проб производился в период с 10 по 25 октября 2017-19 гг.

Для анализа почвы отбирают пробы на глубине 20-25 см. С каждого сантиметра почвенного среза берут определенное количество по массе исследуемой почвы и складывают в мешок. Отобранная почва весом 400-500 г освобождается от корней, растений и других различных инородных

тел, рассыпается равномерным слоем на ровной поверхности и высушивается при комнатной температуре без доступа прямого солнечного света. Далее исследуемая почва просеивается через специальное сито диаметром отверстий 1 мм, после чего хранится до времени проведения анализа.

Целью высушивания почвы является достижение постоянного состава, который необходим для количественного определения тяжелых металлов исследуемого почвенного покрова. Кроме этого, освобождение от почвенной влаги позволяет замедлить деятельность микроорганизмов, которая может приводить к изменению химического состава и показателей почвы.

Целью измельчения почвы является придание ей единого гранулометрического состава и степени дисперсности, оптимальной для экстракции анализируемых компонентов [5].

Отбор проб листьев древесных растений был произведен с территорий отбора проб почвы. Для исследования отбирались листья древесных растений пород: береза пушистая и береза повислая.

Установлено, что среди представителей лиственных древесных пород: береза, липа, рябина и тополь, – наиболее часто используемых для озеленения городов, хорошо выраженной способностью к аккумуляции тяжелых металлов обладает берёза, для которых характерно накопление самых токсичных элементов: свинца, кадмия, никеля, цинка, а также марганца [7, с. 68-73].

При изучении литературных источников также выявлено, что определенных различий у видов берёз по накоплению тяжелых металлов в листья по всем исследованиям не выявлено [31, с. 86-94].

Листья собирались в мешки с поверхности земли и непосредственно с самих деревьев, а затем при комнатной температуре высушивается и сохраняется до определенного времени проведения количественного анализа на содержание тяжелых металлов.

Целью высушивания листьев является освобождение от крахмала, белков, органических кислот и витаминов, а также микроорганизмов, деятельность которых может приводить к изменению химического состава и показателей листьев [5].

Вывод по второй главе

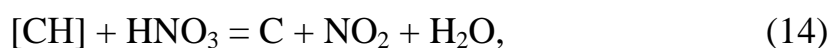
Для количественного определения тяжелых металлов, в частности: меди, свинца, цинка, кобальта и железа в почве, меди, цинка и свинца- в листе, - были выбраны такие методы анализа, как фотометрический и титриметрический. Данные методы выбраны потому, что они являются надежными, простыми в исполнении, точными и быстрыми по времени.

Отбор проб был произведен в соответствии со всеми правилами проведения и хранения для наиболее точного результата исследования в таких районах города Челябинск, как Metallургический, Тракторозаводский и Центральный. Тракторозаводский и Metallургический районы выбраны в связи с тем, что большинство промышленных предприятий располагаются на их территории. Центральный район выбран в качестве контроля по отношению к двум другим районам, так как он входит в тройку экологически благоприятный районов города Челябинск, по мнению экспертов.

ГЛАВА 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ И ЛИСТЬЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ ГОРОДА ЧЕЛЯБИНСК

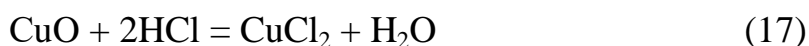
3.1 Количественное определение содержания тяжелых металлов в почве

Определение содержания тяжелых металлов проводилось из почвенной золы путем сжигания органического вещества почвы с концентрированной азотной кислотой, с последующим выжиганием образующегося углерода по уравнениям (14-16):



Эта операция необходима, так как в почве присутствует органическое вещество, которое способно сорбировать на себе металлы, прочно связывая их и препятствуя переходу в экстракт. Кроме этого, органическое вещество придает вытяжке окраску, которая мешает дальнейшему определению металла. Данный метод позволяет определить валовое содержание металлов, экстрагируя из системы, так и не растворимые в воде формы. С одной стороны, это дает более полную картину о загрязнении почвы металлами, но, с другой стороны, не позволяет определить подвижные формы металла.

При озолении почвы все формы металлов переходят в форму оксидов, которые нерастворимы в воде. Поэтому экстракция металла из золы выполняется при использовании кислоты или щелочи по уравнению (17):



Кислая среда, образующаяся при экстракции, должна быть учтена в дальнейшем при проведении анализа. Например, титриметрическое определение цинка выполняется в щелочной среде, что требует предварительной нейтрализации вытяжки.

По результатам лабораторного анализа кислотной вытяжки на содержание меди получены данные, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Количественное содержание меди в исследуемых почвах

Район отбора	Количественное содержание меди, мг/кг	
	2018 г.	2019 г.
Металлургический	37,00±0,63	37,53±1,13
Центральный	8,25±1,49	9,02±1,05
Тракторозаводский	24,63±0,89	24,95±1,51

В почве валовое содержание меди не должно превышать 55 мг/кг. Результаты анализа не выявили превышенных содержаний меди на исследуемых территориях. Наибольшее содержание меди в почве обнаружено на территории Metallургического района. Это может быть связано с деятельностью металлургического комбината: используемая для производства чугуна железная руда всегда содержит медь в качестве сопутствующего элемента. Аэральные аэрозольные выбросы могут распространяться на достаточно большое (до 25 км) расстояние от источника эмиссии, осаждаясь по мере удаления на почвы.

Наименьшее содержание меди выявлено на территории Центрального района, что соответствует официальной аналитической информации.

При определении валового содержания кобальта в почвах установлена тенденция, отличная от загрязнения медью (таблица 2).

Таблица 2 – Количественное содержание кобальта в исследуемых почвах

Район отбора	Количественное содержание кобальта, мг/кг	
	2018 г.	2019 г.
Металлургический	10,67±1,57	10,32±1,05
Центральный	10,13±0,65	11,56±1,49
Тракторозаводский	6,66±0,87	7,32±1,00

Так, наибольшие (примерно равные) содержания кобальта отмечены для почв на территории Metallургического и Центрального районов. Наименьшим содержанием поллютанта характеризуются почвы Тракторозаводского района.

Внесение поллютантов в данном случае можно объяснить активным транспортным потоком на территории Центрального района, а также ветровыми разносами от ТЭЦ. Определенный вклад в загрязнение на территории Центрального района может внести деятельность Челябинского радиозавода, а на территории Metallургического района – деятельность цинкового завода. Возможно и другое объяснение высокого содержания поллютанта на территории Центрального района (по отношению к Тракторозаводскому району). Для Уральского региона в среднем отмечается варьирование содержания в почвах в широких пределах: от 28 до 79 мг/кг. Эти показатели превышают кларковые значения кобальта для почвообразующих пород литосферы, а также среднее содержание кобальта в почвах других регионов. В данном случае повышенное содержание элемента объясняется геохимическими особенностями территории Урала.

На всех исследуемых территориях не отмечается превышения содержания поллютанта по отношению к валовому содержанию кобальта в почвах, которое составляет 15 мг/кг.

Полученные данные количественного содержания общего железа на разных территориях Челябинска и Челябинской области приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Количественное содержание общего железа в исследуемых почвах

Район отбора	Количественное содержание общего железа, мг/кг	
	2018 г.	2019 г.
Metallургический	120,00±1,14	127,00±1,51
Центральный	90,00±0,25	92,00±0,64
Тракторозаводский	122,00±0,35	133,00±1,02

Результаты анализа кислотных вытяжек показывают, что максимальное содержание железа характерно, так же, как и по содержанию меди, для почв Metallургического и Тракторозаводского районов. Повышение содержания металла в этих зонах может быть обусловлено высоким концентрированием промышленных предприятий, большинство из которых может выступать в качестве источника эмиссии. Ведущая роль в выбросах принадлежит ОАО «ЧМК» на территории Metallургического района. Значительный вклад может вносить деятельность ОАО «ЧЭМК», расположенного на границе с Тракторозаводским районом. Аэральные выбросы данных предприятий в виде устойчивых аэрозолей выносят большое количество окисного железа, которое оседает и сорбируется на почвах.

Суммарные концентрации железа в поверхностном слое почв, считающиеся предельными в отношении фитотоксичности, у разных авторов варьируется в пределах от 200 до 1000 мг/кг сухой массы: В связи с этим, для всех исследуемых почв не выявлено токсичное содержание металла.

По данным статистических отчетов Министерства экологии цинк входит в число приоритетных металлов – загрязнителей почв на территории Челябинской области. Данные, полученные в результате анализа щелочных почвенных вытяжек, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Количественное содержание цинка в исследуемых почвах

Район отбора	Количественное содержание цинка, мг/кг 2019 г.
Metallургический	28,30±0,52
Центральный район	13,08±0,44
Тракторозаводский	17,25±0,74

Наибольшее количественное содержание цинка выявлено для почв Metallургического района, что может быть связано с выбросами цинкового завода, расположенного на данной территории. Наименьшее содержание металла определено в почвах на территории Центрального района.

Для всех исследуемых почв не обнаружено превышение средних валовых содержаний металла в почвах, которое составляет 100 мг/кг.

Другой распространенный загрязнитель, являющийся до недавнего времени приоритетным для почв урбанизированных территорий – свинец. На настоящий момент он потерял свои лидирующие позиции среди загрязнителей, но остается обязательным компонентом при мониторинге содержания тяжелых металлов.

Результаты определения валового содержания свинца в кислотных вытяжках почв приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Количественное содержание свинца в исследуемых почвах

Район отбора	Количественное содержание свинца, мг/кг, 2019 г.
Металлургический	10,36±0,49
Центральный	9,07±0,06
Тракторозаводский	5,30±1,05

Установлено, что уровень загрязнения почв поллютантом максимален для почв Metallургического района, а также Центрального района. Ранее данные загрязнения относили к аэральным выбросам, образующимся при сжигании топлива в зонах активного транспортного движения. Но на настоящий момент для всех видов бензина запрещено использование свинецсодержащих антидетонирующих присадок, что и привело к существенному снижению содержания поллютанта в объектах окружающей среды. В то же время, свинец является длительно персистирующим экотоксикантом, и его высокие содержания, особенно на территории Центрального района, можно объяснить предыдущими выбросами от автотранспорта. Территория Metallургического района также характеризуется большим количеством пробок, особенно в утренние и вечерние часы, что могло привести в предыдущие годы к накоплению токсиканта, который сохранился в среде в течении длительного времени.

Тем не менее, для всех исследуемых почв не отмечается превышений концентраций относительно среднего валового содержания свинца в почве (30 мг/кг).

Таким образом, наибольшая степень загрязнения всеми исследуемыми металлами выявлена для почв, расположенных на территории Metallургического района. Данное загрязнение может быть объяснено как деятельностью предприятий металлургической отрасли (ЧМК, ЧЦЗ), так и интенсивным развитием автотранспорта и большим количеством пробок в утренние и вечерние часы.

Территория Тракторозаводского района приближена к Metallургическому по степени загрязнения медью, железом и цинком, что может быть объяснено розой ветров (ветровой разнос от предприятий металлургической отрасли, расположенных в других районах), а также деятельностью ТЭЦ и Челябинского тракторного завода.

По содержанию кобальта и свинца к почвам Metallургического района приближены территории Центрального района, что можно объяснить активной деятельностью транспортной сферы. Ни для одной из исследованных территорий не выявлено превышения содержания исследуемых металлов по степени токсичности.

3.2 Количественное содержание тяжелых металлов в листьях древесных растений

Как уже отмечалось ранее, накапливаясь в листьях растений, тяжелые металлы могут вступать в биологический круговорот, возвращаясь в почвы и в атмосферу. В связи с этим можно ожидать, что количественное содержание металлов в почвах может коррелировать с количественным содержанием этих металлов в листьях древесных растений.

Для анализа собранные листья также были подвергнуты процедуре озоления с целью разрушения комплексных соединений и устранения мешающего влияния органического вещества.

Полученные данные о количественном содержании меди в листьях древесных растений, отобранных на исследуемых территориях Челябинска, приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Количественное содержание меди в исследуемых образцах

Район отбора	Количественное содержание меди, мг/кг	
	2017 г.	2019 г.
Металлургический	3,52±0,16	8,96±0,49
Центральный	1,26±1,26	2,45±1,89
Тракторозаводский	2,60±1,32	4,65±1,89

Максимальное содержание меди в листьях характерно для растений, произрастающих на территории Metallургического района, наименьшее – на территории Центрального района, что соответствует распределению поллютанта в исследованных почвах. Во всех случаях содержание поллютанта значительно ниже среднего количественного содержания меди в растительном материале (30 мг/ кг).

Стоит отметить, что для всех исследуемых территорий в 2019 г. наблюдается двукратное возрастание содержания меди, что может свидетельствовать о возрастании аэральных выбросов поллютанта.

Результаты проведенного исследования количественного содержания свинца в листьях древесных растений представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Количественное содержание свинца в исследуемых образцах

Район отбора	Количественное содержание свинца, мг/кг	
	2017 г.	2019 г.
Металлургический	11,64±0,85	11,52±0,98
Центральный	2,59±1,81	2,58±0,95
Тракторозаводский	7,12±0,74	6,95±0,95

Для исследованных объектов, в частности на территории Metallургического и Тракторозаводского районов, выявлено превышение содержания в листьях свинца по сравнению с его средним содержанием в растительном материале (5 мг/кг). Максимальное содержание характерно

для территорий Metallургического района, минимальное – для Центрального.

Повышение содержания поллютанта в листьях, как уже указывалось ранее, может быть результатом более раннего вноса от автотранспорта, вызвавшего накопление в окружающей среде. Попадая в атмосферу с выхлопными газами автомобилей, свинец поступал в листья через устьица или кутикулу. После опадания листвы свинец переходил в почву, а далее заново транспортировался в растение при корневом питании. Это доказывает способность тяжелых металлов к биоаккумуляции. Об отсутствии свежего внесения поллютанта может свидетельствовать и тот факт, что содержание свинца в листьях практически не изменилось в 2019 г. по сравнению с 2017 г.

Данные анализа количественного содержания цинка представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Количественное содержание цинка в исследуемых образцах

Район отбора	Количественное содержание цинка, мг/кг	
	2017 г.	2019 г.
Металлургический	20,30±0,85	25,83±1,62
Центральный	8,12±1,02	8,32±0,98
Тракторозаводский	28,43±1,52	27,25±1,05

Максимальным содержанием цинка характеризуется листва, отобранная на территории Metallургического и Тракторозаводского районов, что также соотносится с характером загрязнения почв изученных территорий. По годам содержание металла остается неизменным и не превышает среднего содержания цинка в растительном материале (50 мг/кг).

Источником загрязнения может являться Челябинский цинковый завод, в котором представлен полный технологический цикл производства металлического цинка. По розе ветров воздушные массы от территории

Металлургического района передвигаются к Тракторозаводскому району, обеспечивая азральное внесение поллютанта.

Выводы по третьей главе

При выполнении работы по определению химического состава почв некоторых районов г. Челябинска и сравнительного анализа полученных результатов с литературными данными и между собой можно сделать вывод о том, что превышения допустимых норм тяжелых металлов, в частности, свинца, цинка, меди, железа, кобальта, не выявлено. Наибольшее содержание тяжелых металлов выявлено на территории Metallургического района в связи с деятельностью предприятий: ОАО «ЧМК» и ОАО «Челябинский цинковый завод», наименьшее содержание – Центрального района.

При выполнении работы по количественному содержанию тяжелых металлов в листве древесных растений и сравнительного анализа полученных результатов с литературными данными и между собой можно сделать вывод: количественное содержание меди и цинка не превышает допустимых норм, количественное содержание свинца превышено в несколько раз на территориях Metallургического и Тракторозаводского районов.

Наибольшее содержание тяжелых металлов выявлено на территории Metallургического района, наименьшее содержание – на территории Центрального района.

Содержание тяжелых металлов в листьях древесных растений остается постоянным, что может говорить о биологическом накоплении поллютантов и об их включении в биологический круговорот.

В итоге листья растений могут выступать в качестве вторичного источника загрязнения металлами.

**ГЛАВА 4. СОДЕРЖАНИЕ, МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ И
ПРОВЕДЕНИЯ ВНЕУРОЧНОГО ЗАНЯТИЯ У УЧАЩИХСЯ
8 КЛАССА ПО ТЕМЕ «ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ:
ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ И НАХОЖДЕНИЕ В ПРИРОДЕ»**

Место данного занятия в системе курса химии: материалы внеурочного занятия изучаются в рамках 4 главы «Металлы».

Цель урока: формирование различных видов универсальных учебных действий (УУД) через создание предметной среды, обеспечивающей реализацию системно-деятельностного подхода при изучении нового материала, а также обобщении и закреплении изученного.

Задачи:

1. Обучающие: создать условия для формирования знаний о понятии тяжелые металлы: биологическая роль и нахождение в природе.

2. Развивающие: создать условия для развития у обучающихся исследовательских качеств: логического мышления, умений прогнозировать, сравнивать, анализировать, обобщать и делать выводы. На примерах практической значимости знаний о понятии тяжелые металлы: биологическая роль и нахождение в природе показать обучающимся использование этой информации в различных сферах жизни общества.

3. Воспитывающие: воспитание культуры труда (аккуратное ведение рабочей тетради), терпеливости, ценности научных открытий и их значимости в мире.

Планируемые результаты учебного занятия:

– регулятивные: умение планировать и регулировать свою деятельность, самостоятельно планировать пути достижения цели, владение основами самоконтроля и самооценки;

– коммуникативные: готовность получать необходимую информацию, отстаивать свою точку зрения в диалоге, выдвигать гипотезу,

доказательства, продуктивно взаимодействовать со своими партнерами, владеть письменной речью;

– познавательные: умение определять понятия, устанавливать аналогии, строить логические рассуждения и делать выводы, производить поиск информации, анализировать и оценивать её достоверность;

– личностные: принятие социальной роли обучающегося, развитие мотивов учебной деятельности и формирование личностного смысла обучения, социальных и межличностных отношений.

Используемая технология: ИКТ, кейс-технология.

Новые понятия: тяжелые металлы.

Дидактический материал: карточки с заданиями.

Оборудование: исследуемые образцы: почвенные вытяжки; растворы роданида калия 10 %; азотная кислота (1:1); колба 25 мл 2 шт.; колба 50 мл 1 шт.; 0,1 %-ный раствор нитрозо-R-соли; 40 %-ный раствор ацетата натрия; раствор соляной кислоты (1:1); 0,1 % раствора сегнетовой соли; раствор гидроксида аммония (1:4); 0,25 % раствора крахмала; 0,1 % раствор диэтилдитиокарбомата натрия.

I. Организационный момент (2 минуты). Приветствие с классом.

Учитель: «Здравствуйте, ребята! Давайте приступим к нашему занятию».

Обучающиеся приветствуют учителя.

Ведущие УУД: регулятивные универсальные учебные действия (РУУД), коммуникативные универсальные учебные действия (КУУД).

II. Актуализация знаний (3 минуты).

Учитель: «Перед вами на экране отображены различные элементы. Подскажите, пожалуйста, к какой группе элементов они относятся?»

Обучающиеся: «Данные элементы относятся к группе металлов».

Учитель: «Все верно, а какими свойствами обладают металлы?»

Обучающиеся: «Металлы обладают пластичностью, ковкостью, металлическим блеском, электронной проводимостью. Также они обладают

восстановительными свойствами, а в реакциях могут только окисляться. В соединениях они могут иметь только положительные степени окисления».

Ведущие УУД: познавательные универсальные учебные действия (ПУУД), РУУД, КУУД.

III. Изучение нового материала (25 минут).

Учитель: «Все правильно. Смотрите, на следующем слайде я разделила металлы на две группы, как вы думаете, по какому принципу?»

Если возникли трудности с ответами, то предлагается таблица плотностей металлов.

Учитель: «В одну группу входят легкие металлы, в другую – тяжелые.

На самом деле, сегодня не существует единого мнения относительно количества элементов, относящихся к тяжелым либо легким металлам. Тем не менее, выделяют некоторые критерии тяжёлых металлов:

1. Атомный вес. Если вы обратитесь к таблице Менделеева, то увидите, что тяжелые металлы обладают атомной массой свыше 50 а.е.м. (г/моль).

2. Плотность. Как вы видите по таблице, плотность тяжелым металлов в два раза больше, чем легких.

3. Биологическая токсичность объединяет тяжёлые металлы, негативно влияющие на жизнедеятельность человека и живых организмов.

Теперь я вам предлагаю выполнить несколько заданий. Вам будет предложена лабораторная работа по количественному определению ионов тяжелых металлов, в частности, железо и медь. Определять мы будем количественное содержание ионов таким методом, как фотометрия.

Фотометрия – это широко используемый метод в лабораторной работе. С помощью него можно определить не только ионы тяжелых металлов, но и, например, нитрат-ионы, фосфат-ионы и многое другое. Прибор, который используется в данном методе, называется фотометр.

В простейшем случае световой поток от источника света «налетает» на исследуемый раствор. После прохождения через раствор ослабленный

световой поток попадает на фотодетектор. Измерения основываются на интенсивности окраски исследуемого раствора.

В качестве фотометра мы с вами будем сегодня использовать мобильные приложения на смартфонах и фотокамеру, которая спокойно может улавливать интенсивность исследуемого раствора.

После того, как вы выполнили последовательность лабораторной работы, я вместе с вами с помощью телефона определяю количественное содержание ионов в исследуемой воде.

Также вам необходимо будет немного поработать с текстом и ответить на вопросы, которые вам выданы.

Перед началом работы я бы хотела вам напомнить, что со всеми веществами вы работаете аккуратно, не пробуете их на вкус и запах, если что-то попало на ваши руки, то быстро смываете это обильным потоком воды. Девочкам необходимо будет убрать волосы. Также в вашей работе используются растворы азотной и соляной кислоты, с которыми вы не будете работать самостоятельно, а вам их добавит в систему учитель.

Можете приступать к заданиям, предлагаю начать вам с лабораторной работы. У вас есть 20-25 минут на выполнение лабораторной работы и ответы на вопросы».

Задания для 1 группы (определение содержания ионов железа).

1. Найдите информацию о металле и его влиянии на живые организмы. (Источники металла: предприятия Челябинской области. Пути попадания в организмы: растений, животных, человека. Влияние металла на организм человека).

2. Выполните лабораторную работу «Количественное содержание ионов в почве». На основе полученных данных сделайте вывод о степени загрязнения исследуемого образца почвы тяжелым металлом.

3. Подготовьте отчет по найденной информации по заданному плану.

Задания для 2 группы (определение содержания ионов меди).

1. Найдите информацию о металле и его влиянии на живые организмы. (Источники металла: предприятия Челябинской области. Пути попадания в организмы: растений, животных, человека. Влияние металла на организм человека).

2. Выполните лабораторную работу «Количественное содержание ионов в почве». На основе полученных данных сделайте вывод о степени загрязнения исследуемого образца почвы тяжелым металлом.

3. Подготовьте отчет по найденной информации по заданному плану.

Обучающиеся выполняют задания.

Ведущие УУД: личностные универсальные учебные действия (ЛУУД), ПУУД, КУУД, РУУД.

IV. Закрепление знаний (10 минут).

Учитель: «Ребята, сейчас я вам предлагаю предоставить результаты вашей работы».

Обучающиеся предоставляют отчеты по заданиям и отвечают на поставленные вопросы.

Учитель: «Ребята, спасибо большое вам за проделанную работу! Какие выводы вы можете сделать по результатам лабораторной работы каждой команды?»

Ведущие УУД: ПУУД, РУУД, КУУД.

Апробация данного внеурочного мероприятия проводилась на базе МБОУ «СОШ №121 г. Челябинска» среди учащихся 8-х классов в ходе конкурса «Мой метапредметный урок». Работа заняла 4 место.

В ходе внеурочного занятия были достигнуты все цели в полном объеме, обучающиеся с легкостью выполняли поставленные перед ними задачи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Таким образом, при выполнении работы по определению химического состава почв и листьев древесных растений некоторых районов г. Челябинск проанализировано содержание литературных источников по исследуемой теме, проведено количественное определение содержания меди, кобальта, свинца, цинка и железа в почвенном покрове и в листьях древесных растений и проведено сравнение полученных результатов с литературными данными. С использованием материалов работы разработано и апробировано внеурочное занятие для учащихся 8-х классов на базе школы МБОУ «СОШ № 121 г. Челябинска» по теме «Тяжелые металлы: их биологическая роль и нахождение в природе». Данная работа была представлена на конкурсе «Мой метапредметный урок».

По результатам выполненных исследований можно сделать ряд выводов:

1. Наибольшим содержанием тяжелых металлов характеризуются почвы, расположенные на территории Metallургического района г. Челябинска, наименьшим – на территории Центрального района. Ни для одной из исследованных территорий не выявлено превышения содержания исследуемых металлов по степени токсичности.

2. Территория Тракторозаводского района приближена к Metallургическому по степени загрязнения почв медью, железом и цинком, а территория Центрального района – по содержанию кобальта и свинца.

3. Наибольшим содержанием тяжелых металлов в листьях древесных растений характеризуются территории Metallургического района, наименьшим – территория Центрального района. В целом накопление металлов в листьях коррелирует с содержанием металлов в почвах.

4. Для всех исследованных территорий наблюдается превышение содержания свинца в листьях по сравнению со средним содержанием в

растительном сырье, что может быть связано с предыдущим вносом длительно персистирующего поллютанта от автомобильных выбросов;

5. Разработано и апробировано внеурочное мероприятие по теме «Тяжелые металлы: их биологическая роль и нахождение в природе» для учащихся средней школы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агрохимия [Электронный ресурс] : сайт. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://agrohimija24.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия [Текст] / Наиль Ахметов. – Москва : «Академия», 2001. – 743с.
3. Бабаев, Э. Р. Биологическая утилизация тяжелых металлов [Текст] / Э. Р. Бабаев, П. Ш. Мамедова, В. М. Фарзалиев // НефтеГазоХимия. – 2011. – № 1. – С. 49–51.
4. Батовская, Е. К. Уровни содержания тяжелых металлов в почвах Прикаспийской низменности [Текст] / Е. К. Батовская, А. А. Жилкин, И. В. Халяпина // Вестник РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2003. – № 8. – С. 134–139.
5. Бесплатная библиотека стандартов и нормативов [Электронный ресурс] : сайт. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.docload.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
6. Буренков, Э. К. Комплексная эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения окружающей среды [Текст] / Э. К. Буренков, Е. П. Янин. – Москва : ИМГРЭ, 2001. – 24с.
7. Ветчинникова, Л. В. Особенности накопления тяжелых металлов в листьях древесных растений на урбанизированных территориях в условиях севера [Текст] / Л. В. Ветчинникова, Т. Ю. Кузнецова, А. Ф. Титов // Труды Карельского научного центра РАН. – 2013. – № 3. – С. 68–73.
8. Водиницкий, Ю. Н. Об опасных тяжелых металлах/металлоидах в почвах [Текст] / Юрий Водиницкий // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2011. – Вып. 68. – С. 56–83.
9. Водиницкий, Ю. Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах [Текст] / Юрий Водиницкий. – Москва : ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2009. – 95 с.

10. Воробьева, Л. А. Химический анализ почв [Текст] : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению и специальности «Почвоведение» / Людмила Воробьева. – Москва : Издательство Московского университета, 1998. – 271 с.
11. Габриелян, О. С. Химия. 8 класс: учеб. пособие для общеобразоват. Организации [Текст] / О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов, С. А. Сладков. – Москва : Просвещение, 2018. – 175 с.
12. Герасимова, Н. С. Титриметрический анализ [Текст] : методические указания к выполнению домашних заданий по аналитической химии / Н. С. Герасимова, А. Ю. Логинова. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. – 88 с.
13. Герасимова, Н. С. Фотоколориметрические методы анализа [Текст] : методические указания к выполнению домашних заданий по аналитической химии / Н. С. Герасимова, Н. И. Савиткин. – Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 40 с.
14. Гиниятуллин, Р. Х. Содержание некоторых металлов в надземных органах березы повислой в условиях промышленного загрязнения [Текст] / Р. Х. Гиниятуллин, А. Ю. Кулагин, А. А. Баталов // Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы Международного совещания. – 26-29 августа 1996 г. Екатеринбург. – С. 54–67.
15. Головкин, Т. К. Тяжелые металлы в окружающей среде и растительных организмах [Текст] / Т. К. Головкин, Е. В. Гармаш, С. Г. Скугорева // Вестник ИБ Коми НЦ УрО РАН. – 2008. – № 7. – С. 2–7.
16. Грачев, М. А. Определение тяжелых металлов в почве [Текст] / Михаил Грачев // Интеллектуальный потенциал 21 века: ступени познания. – 2016. – № 32. – С. 31–34.
17. Груздков, Д. Ю. Оценка миграции тяжелых металлов в почве [Текст] / Д. Ю. Груздков, Л. А. Ширкин, Т. А. Трифонова // Вестник Моск. Ун-та. – Сер. 17. Почвоведение. – 2009. – № 4. – С. 40–45.

18. Давыдова, С. Л. Тяжелые металлы как суперэкоотоксиканты XXI века [Текст] / Светлана Давыдова. – Москва : Изд-во РУДН, 2002. – 140 с.
19. Добровольский, В. В. Основы биогеохимии [Текст] / Всеволод Добровольский. – Москва : Издательский центр «Академия», 2003. – 400 с.
20. Другов, Ю. С. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов: практическое руководство [Текст] / Ю. С. Другов, А. А. Родин. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 469 с.
21. Есенжолова, А. Ж. Биоиндикационный потенциал листьев древесных и кустарниковых растений г. Темиртау [Текст] / А. Ж. Есенжолова, М. С. Панин // Вестник Томского гос. ун-та. – Биология. – 2012. – № 3.(19). – С.160–168.
22. Жиров, В. К. Структурно-функциональные изменения растительности в условиях техногенного загрязнения [Текст] / В. К. Жиров, Е. И. Голубева, А. Ф. Говорова. – Москва : Наука, 2007. – 166 с.
23. Зинченко, В. А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность [Текст] / В. А. Зинченко, А. С. Максимова. – Москва : КолосС, 2012. – 247 с.: ил.
24. Золотов, Ю. А. Основы аналитической химии. В 2 т. [Текст] / Под ред. Юрия Золотова. – Москва : «Академия», 2012. – 384с.
25. Зуев, В. Н. Почвоведение и земельные ресурсы: курс лекций для студентов географического факультета [Текст] / Владимир Зуев. – Барановичи : Барановичский государственный университет, 2018. – 303 с.
26. Иванова, Р. Р. Оценка состояния окружающей среды по содержанию тяжелых металлов в почве и растительности города [Текст] / Руфина Иванова // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 81(07). – С. 1–10.
27. Казакова, Н. А. Загрязнение почвы тяжелыми металлами [Текст] / Наталья Казакова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 1(8). – С. 29–31.
28. Кашулина, Г. М. Химический состав растений в экстремальных условиях локальной зоны комбината «Североникель» [Текст] / Г. М.

Кашулина, Н. В. Салтан. – Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2008. – 239 с.

29. Кнунянц, И. Л. Краткая химическая энциклопедия [Текст] / Иван Кнунянц. – Москва : Советская энциклопедия, 1964. – 555 с.

30. Коношина, С. Н. Накопление ионов тяжелых металлов в листовом опаде различных видов древесных растений на урбанизированных территориях [Текст] / С. Н. Коношина, Н. Л. Хилкова // Вестник ОрелГАУ. – 2015. – № 2(53). – С. 29–35.

31. Кузнецова, Т. Ю. Аккумуляция тяжелых металлов в различных органах и тканях березы в зависимости от условий произрастания [Текст] / Т. Ю. Кузнецова, Л. В. Ветчинникова, А. Ф. Титов // Труды Карельского научного центра РАН. – 2015. – № 1. – С. 86–94.

32. Кулагин, А. А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей [Текст] / А. А. Кулагин, Ю. А. Шагиева. – Москва : Наука, 2005. – 190 с.

33. Лайдинен, Г. Ф. Состояние травянистой растительности в условиях промышленного загрязнения [Текст] / Г. Ф. Лайдинен, Н. М. Казнина, Ю. В. Батова // Растительные ресурсы. – 2011. – Т. 47, вып. 3. – С. 51–62.

34. Левкин, Н. Д. Фитоэкстракция тяжелых металлов из почвы [Текст] / Н. Д. Левкин, С. М. Богданов, Е. В. Козьменко // Известия ТулГУ. Наука о Земле. – 2011. – Вып. 1. – С. 58–62.

35. Мальков, И. В. Тяжелые металлы в сточных водах [Текст] / И. В. Мальков, А. В. Павловский // Наука и техника Казахстана. – 2015. – № 5. – С. 47–50.

36. Медведев, С. С. Физиология растений [Текст] / Сергей Медведев. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГУ, 2004. – 336 с.

37. Мечел [Электронный ресурс] : сайт. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://www.mechel.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

38. Миркин, Б. М. Краткий курс общей экологии [Текст] / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова. – Уфа : Изд-во БГПУ, 2011. – 206 с.
39. Никонов, В. В. Рассеянные элементы в бореальных лесах [Текст] / В. В. Никонов, Н. В. Лукина, В. С. Безель. – Москва : Наука, 2004. – 616 с.
40. Новиков, А. В. Исследование воздействия антропогенного загрязнения среды с помощью растительных тест-объектов [Текст] / А. В. Новиков, М. Ф. Козак, Ю. С. Чуйков, Е. В. Щепетова, Ю. Дубровин, Г. Екимова, А. Матвеева // Астраханский вестник экологического образования. – 2008. – №1-2. – С. 24–31.
41. Попова, Л. М. Химические средства защиты растений [Текст] : учебное пособие / Лариса Попова. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГТУРП, 2009. – 96 с.
42. Селюкова, С. В. Тяжелые металлы в органических удобрениях [Текст] / С. В. Селюкова, С. В. Лукин // Агрехимический вестник. – 2016. – № 5. – С. 47–51.
43. Теляков, Н. М. Перспективы применения биотехнологий в металлургии и обогащении [Текст] / Н. М. Теляков, А. А. Дарьин, В. А. Луганов // Записки Горного института. – 2016. – Т. 217. – С. 113–124.
44. Титов, А. Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам [Текст] / А. Ф. Титов, В. В. Таланова, Н. М. Казнина. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2007. – 172 с.
45. Ткаченко, А. В. Элемент здоровья – цинк и его определение в различных компонентах [Текст] / А. В. Ткаченко, Д. В. Маковкина, О. М. Дробышева // Здоровье и образование в XXI веке. – 2017. – № 10. – С. 264–266.
46. Трифонова, Т. А. Эколого-географический анализ загрязнения ландшафтов [Текст] / Т. А. Трифонова, Л. А. Ширкина, Н. В. Селиванова. – Владимир : ООО «Владимир Полиграф», 2007. – 170 с.

47. Узаков, З. З. Тяжелые металлы и их влияние на растения [Текст] / З. З. Узаков, Б. Н. Раупов // Международный научный журнал «Символ науки». – 2011. – № 1. – С. 46–48.
48. Федорец, Н. Г. Методика исследования почв урбанизированных территорий [Текст] / Н. Г. Федорец, М. В. Медведев. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2009. – 84 с.
49. Федорец, Н. Г. Фоновый мониторинг лесных почв в среднетаежной подзоне Карелии [Текст] / Наталья Федорец // Биоэкологические аспекты мониторинга лесных экосистем Северо-Запада России. – Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2001. – С. 20–37.
50. Фуксман, И. Л. Влияние природных и антропогенных на метаболизм веществ вторичного происхождения у древесных растений [Текст] / Илья Фуксман. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2002. – 191 с.
51. Черненкова, Т. В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение [Текст] / Татьяна Черненкова. – Москва : Наука, 2002. – 191 с.
52. Черных, Н. А. Тяжелые металлы и здоровье человека [Текст] / Н. А. Черных, Ю. И. Баева // Вестник РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2014. – №1 (10). – С. 125–134.
53. Ягодин, Б. А. Агрохимия [Текст] / Борис Ягодин. – Москва : Колос, 2002. – 584 с.
54. Яндекс. Карты [Электронный ресурс] : сайт. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://yandex.ru/maps/>, свободный. – Загл. с экрана.
55. Agro story [Электронный ресурс] : сайт. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://agrostory.com/>, свободный. – Загл. с экрана.
56. Voleznisada. ru [Электронный ресурс] : сайт. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://voleznisada.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Количественное определение содержания меди с помощью диэтилдитиокарбамата натрия

Количественное определение меди производится с помощью диэтилдитиокарбамата натрия в слабо-аммиачном растворе при рН 8-9 с образованием диэтилдитиокарбамата меди желто-коричневого цвета.

Для проведения анализа необходимо построить калибровочный график, основанный на результатах исследования рабочего стандартного раствора, в координатах: оптическая плотность – содержание меди.

Далее делается почвенная вытяжка с анализируемого участка земли в соотношении 10 г почвенной золы к 40 мл соляной кислоты.

10 мл почвенной вытяжки поместить в мерную колбу на 50 мл, довести объем до метки дистиллированной водой. Прилить 5 мл 5 % раствора цитрата аммония, прибавить 10 мл 10 % раствора комплексона III, добавить каплю фенолфталеина, нейтрализовать смесь аммиаком до слабо-розовой окраски. Прилить 5 мл свежеприготовленного 0,2 % раствора диэтилдитиокарбамината натрия.

Измеряется оптическая плотность в кюветах толщиной 5 см при длине волны, равной 430 нм, по отношению к почвенной вытяжке без добавления реактивов, проведенной через весь анализ.

Содержание меди находят по калибровочному графику (рисунок 1.1), и рассчитывают концентрацию меди (мг/кг).

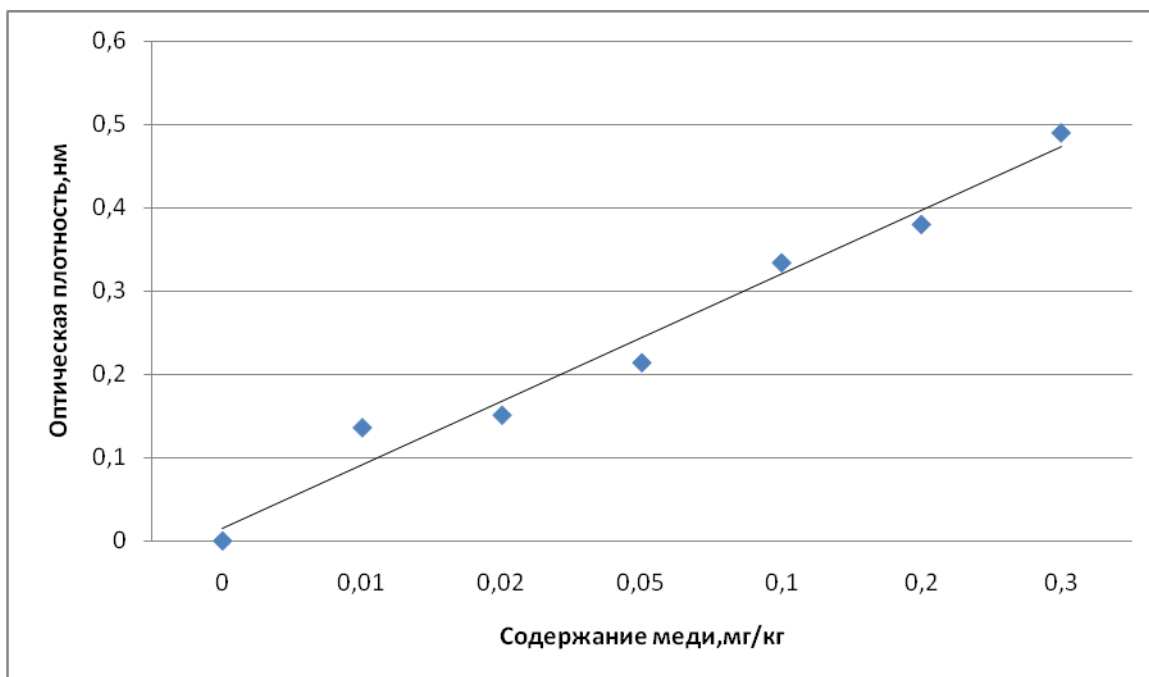


Рисунок 1.1 – Зависимость оптической плотности раствора от концентрации меди

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Количественное определение содержания ионов кобальта при помощи нитрозо-R-соли

Количественное определение кобальта производится с использованием нитрозо-R-соли (динатриевая соль 1-нитрозо-2-нафтол-3,6-дисульфокислоты) с образованием комплексного соединения красного цвета.

Для проведения анализа необходимо построить калибровочный график, основанный на результатах исследования рабочего стандартного раствора, в координатах: оптическая плотность – содержание кобальта.

Далее делается почвенная вытяжка с анализируемого участка земли в соотношении 10 г почвенной золы к 40 мл соляной кислоты.

Исследуемый раствор, содержащий от 0,5 до 20 мкг кобальта в 15 мл, помещают в мерную колбу на 25 мл и прибавляют 2 мл 0,1 % раствора нитрозо-R-соли; 1,5 мл 40 % раствора ацетата натрия; 0,3 мл соляной кислоты (1:1); 1-2 капли азотной кислоты (1:1). Раствор кипятят 1 минуту, затем прибавляют 1 мл азотной кислоты (1:1) и продолжают кипячение еще 1 минуту. Колбу с раствором охлаждают под краном, доводят объем почвенного раствора водой до метки.

Фотометрируют растворы при $\lambda = 500$ нм, используя кювету с толщиной поглощающего слоя 3 см, по отношению к почвенному раствору без добавления реактивов, проведенному через весь анализ.

Содержание кобальта находят по калибровочному графику (рисунок 2.1) и рассчитывают концентрацию кобальта (мг/кг).

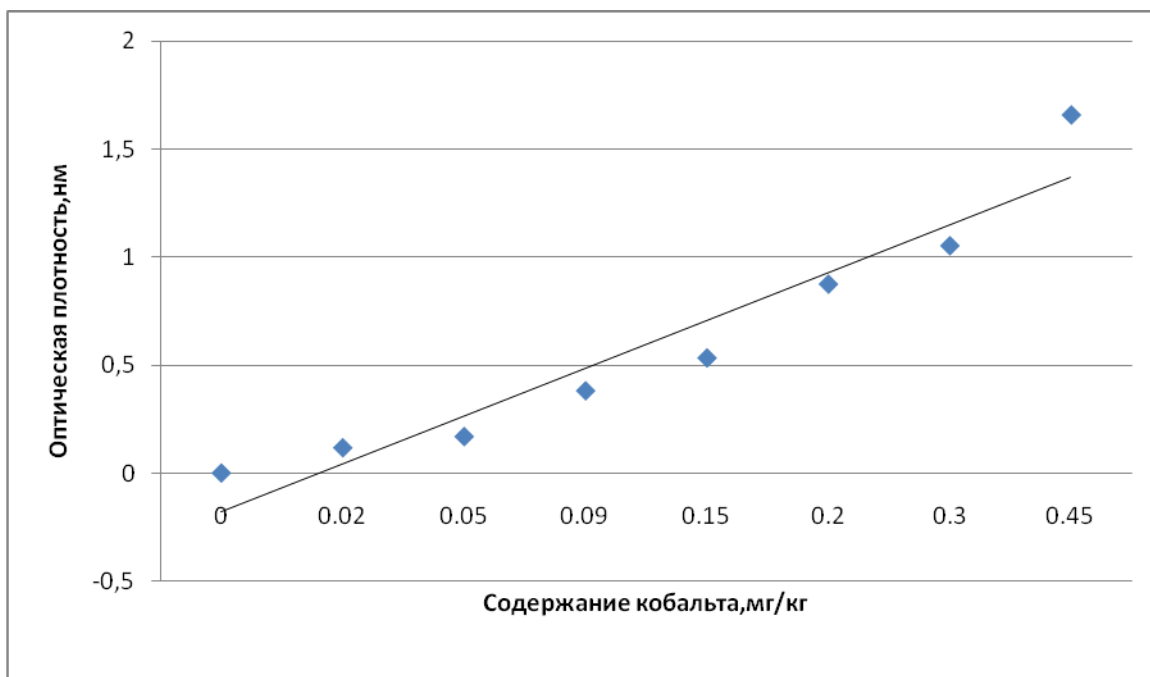


Рисунок 2.1 – Зависимость оптической плотности раствора от концентрации кобальта

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Количественное определение общего железа с помощью сульфосалициловой кислоты

Количественное определение железа производится с использованием сульфосалициловой кислотой в слабо-аммиачном растворе при $pH = 8-10$ с образованием трисульфосалицилата железа желтоватого цвета.

Для проведения анализа необходимо построить калибровочный график, основанный на результатах исследования рабочего стандартного раствора, в координатах: оптическая плотность – содержание железа.

Готовится почвенная вытяжка с анализируемого участка земли в соотношении 10 г почвенной золы к 40 мл соляной кислоты.

Исследуемый почвенный раствор смешивают с 5 мл 10 % раствора сульфосалициловой кислоты, 5 мл аммиачного буферного раствора. Далее доводят объем почвенного раствора с помощью дистиллированной воды до 25 мл.

Фотометрируют растворы при $\lambda = 490$ нм, используя кювету с толщиной поглощающего слоя 3 см, через 10 минут по отношению к почвенному раствору без добавления реактивов, проведенному через весь анализ.

Содержание общего железа находят по калибровочному графику (рисунок 3.1) и рассчитывают концентрацию общего железа (мг/кг).

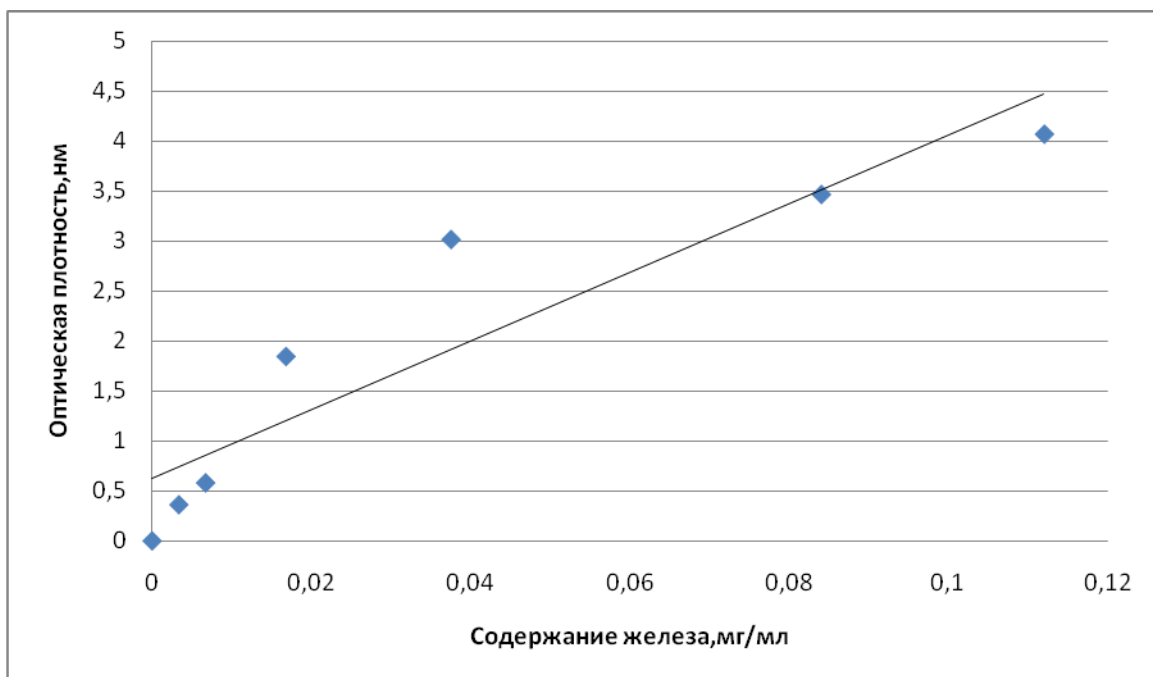


Рисунок 3.1 – Зависимость оптической плотности раствора от концентрации железа

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Карты отбора проб

Карты отбора проб созданы при использовании электронного ресурса Яндекс.Карты в масштабе 1:100 м [24].

Ниже представлены места отбора проб почвы и листьев древесных растений в районах г. Челябинск: Центральный район (рисунок 4.1), Тракторозаводский район (рисунок 4.2), Metallургический район (рисунок 4.3).

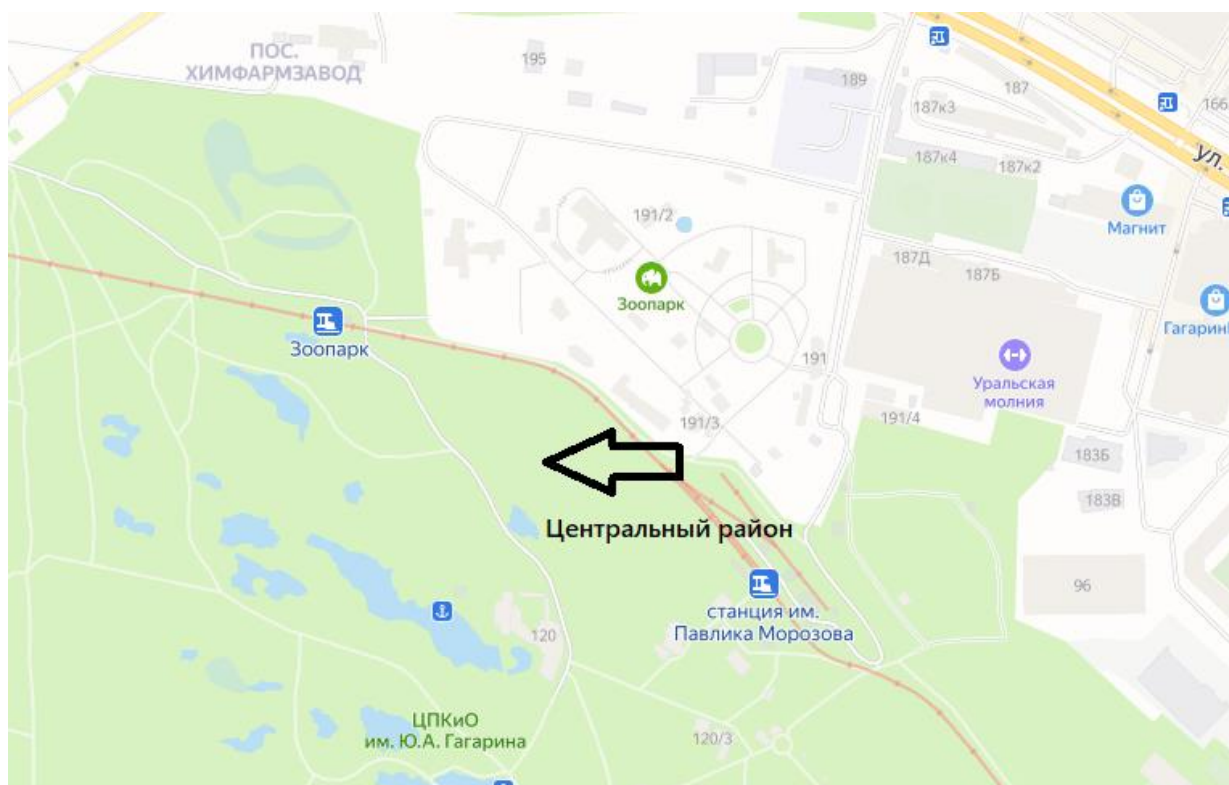


Рисунок 4.1 – Место отбора проб Центрального района

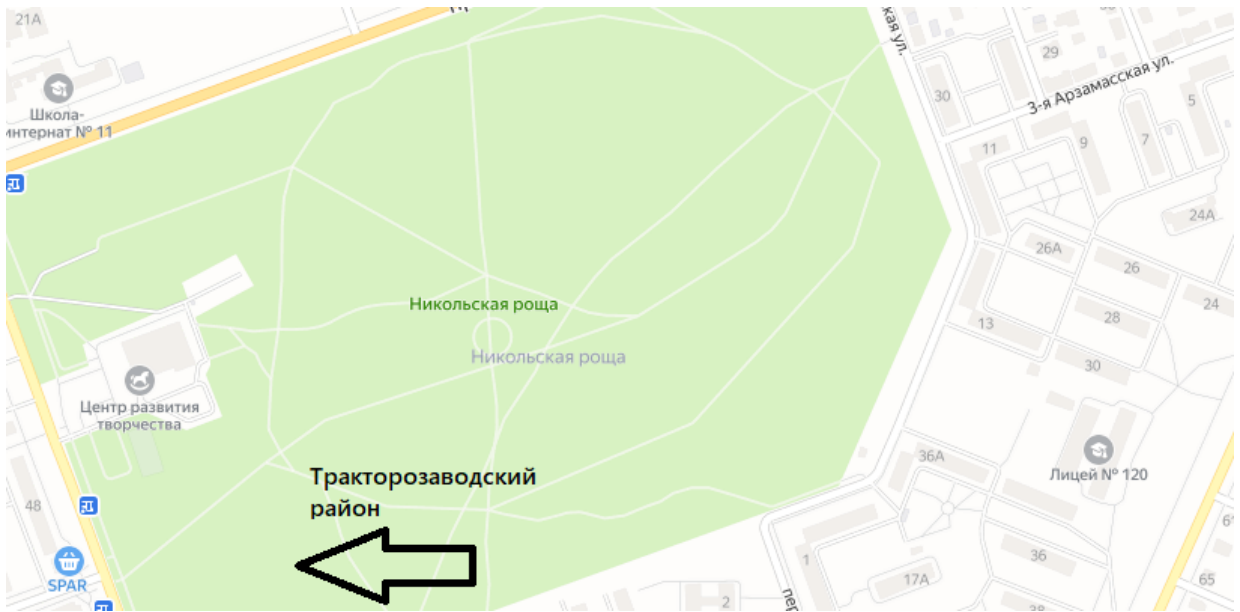


Рисунок 4.2 – Место отбора проб Тракторозаводского района

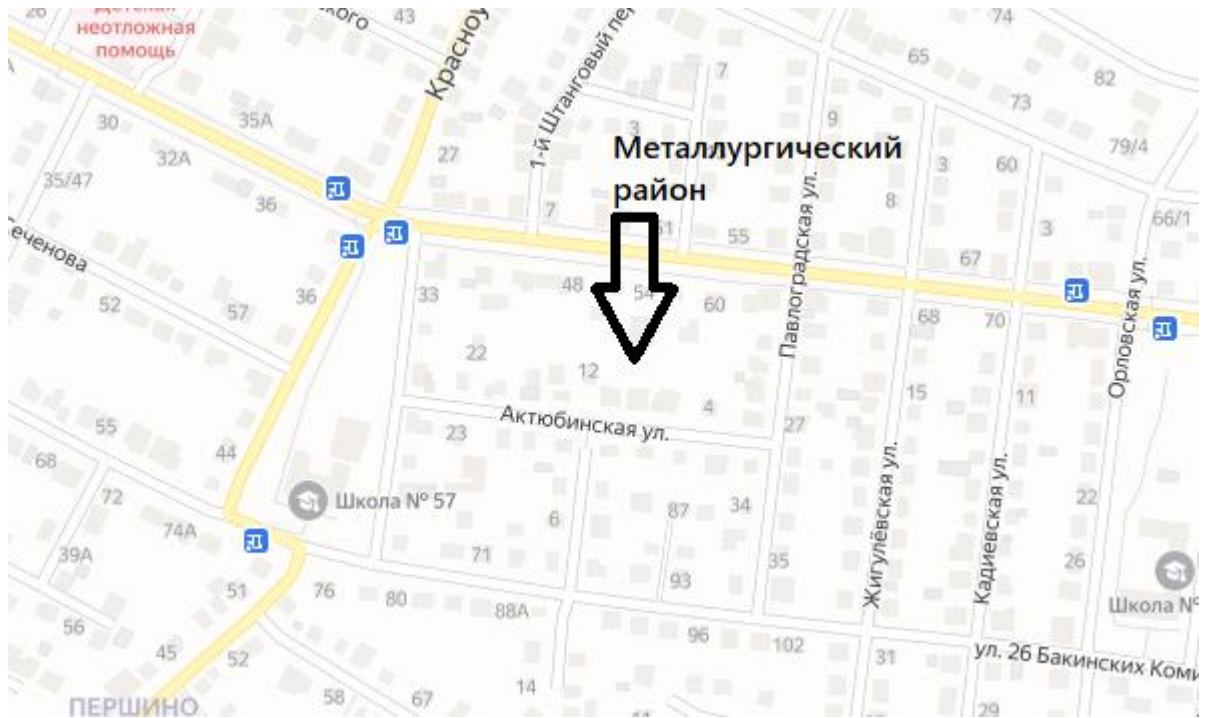


Рисунок 4.3 – Место отбора проб Metallургического района