



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

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

Техногенные поллютанты в почвах, подверженных
воздействию предприятий города Челябинск

Выпускная квалификационная работа
по направлению 05.03.06 – Экология и природопользование
Направленность программы бакалавриата
«Природопользование»

Проверка на объём заимствований:
81,34 % авторского текста

Работа рекомендована к защите
« 26 » мая 2017 г.
зав. кафедрой Химии, экологии
и методики обучения химии
к. х. н., доцент ЮУрГГПУ
Сычёв В.А. Сычёв В.А.

Выполнила:
Студентка группы ОФ-401/058-4-1
Шакирханова Алина Аязовна

Научный руководитель:
к. х. н., доцент ЮУрГГПУ
Сулягин Андрей Александрович
Сулягин Андрей Александрович

Челябинск

2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ГОРОДА ЧЕЛЯБИНСК.....	6
1.1. Физико – географическая характеристика почв г. Челябинск.....	6
1.2. Воздействие производства и транспорта на экологическое состояние почв.....	12
1.3. Пути поступления загрязнителей в почвы.....	15
1.4. Влияние тяжёлых металлов на биологические системы.....	18
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ.....	22
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	23
2.1. Методика работы с документами.....	23
2.2. Отбор проб и пробоподготовка к анализу.....	24
2.3. Методы исследования количественного содержания некоторых загрязнителей.....	27
ГЛАВА 3. ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ЧЕЛЯБИНСК.....	31
3.1. Основные особенности производства чёрной, цветной металлургии и тепловых электростанций.....	31
3.2. Анализ изменения состояния почв Челябинской области в период с 2005 года по 2015 год.....	33
3.3. Количественное определение содержания меди, цинка и кобальта в почвах Металлургического района г. Челябинск.....	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ.....	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	47
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	51

ВВЕДЕНИЕ

В промышленных городах серьёзную опасность представляет возрастающее загрязнение природных сред, на все компоненты которой оказывают свое воздействие промышленные предприятия. Среди основных загрязнителей можно выделить предприятия металлургической отрасли, топливно-энергетического комплекса и автотранспорт. Важнейшим поглотителем загрязняющих веществ являются почвы, обладающие высокими сорбционными свойствами, в связи с чем загрязнители поступающие из первичных источников, связываются с почвенной матрицей и накапливаются в ней. Основным локальным загрязнителем почвенного покрова являются выбросы промышленных предприятий и транспорта (первичные источники), при этом, впоследствии, загрязнённая почва может воздействовать на приземный воздух, грунтовые и поверхностные воды, а также на корневые системы растений, выступая в качестве вторичного источника загрязнения компонентов окружающей среды.

Почва – важнейший объект окружающей среды, участвующий в формировании около 90% продуктов питания и сырья для их производства. Почвенная система представляет собой сложное физико-химическое образование, в котором происходят разнообразные физико-химические процессы (полихимизм), и в отличие от воды и воздуха, она обладает меньшими свойствами самоочищения, а вещества, накапливающиеся в ней в течении длительного времени, способны претерпевать различные превращения, изменяя свои формы и степень токсичности. Следует отметить, что большинство поллютантов депонируется в верхнем плодородном слое с наибольшим содержанием органического вещества, что может способствовать переходу токсикантов в другие компоненты

среды.

С учетом вышесказанного, исследование загрязнения почвы необходимо при проведении комплексных экологических и природоохранных мероприятий, как мера по сохранению и улучшению общего состояния экосистемы, а также для дальнейшего безопасного хозяйственного использования и выращивания продуктов питания. Изучение почвенного состава поможет правильно установить соответствует ли она качеству санитарно – эпидемиологическим требованиям. Гигиеническая оценка почвы проводится с целью определения её качества и безопасности для человека, а также для разработки рекомендаций по уменьшению антропогенной нагрузки на неё. Для наблюдения и прогнозирования состояния почвенного покрова проводится мониторинг состояния почвы, который предназначен для территорий повышенного риска, в зоне влияния промышленных предприятий и автомобильной нагрузки.

Изучение почв города Челябинска, как промышленного мегаполиса, является достаточно актуальной темой, так как город является экологически неблагоприятным, в связи с деятельностью большого количества промышленных предприятий и автомобильного транспорта. Почвенный покров города требует большого внимания, так как он находится на стадии деградации, что может привести к серьёзным необратимым последствиям.

Цель работы – изучение основных загрязнителей почв на территории г. Челябинск и источников поступления этих загрязнителей.

Для достижения цели определены следующие задачи:

1. изучение литературного материала по проблемам загрязнения почв промышленными объектами;
2. изучение основных предприятий, загрязняющих почвы г. Челябинск;
3. количественный анализ содержания тяжёлых металлов в почвах г.

Челябинск в зоне действия ОАО «Мечел».

Гипотеза: в районах с интенсивной техногенной нагрузкой (развитым металлургическим производством) может наблюдаться значительное превышение содержания тяжелых металлов в почвах по сравнению с нормой.

Для реализации поставленных задач использованы следующие методы:

- 1) анализ литературного материала и Интернет - источников;
- 2) фотометрический метод анализа в варианте градуировочного графика;
- 3) титриметрический метод анализа в варианте комплексонометрии;
- 4) сравнительный анализ.

ГЛАВА 1. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ГОРОДА ЧЕЛЯБИНСК

1.1. Физико-географическая характеристика почв г. Челябинск

Почва – важнейший элемент экологической системы Земли. Являясь одним из элементов биосферы, она определяет гигиеническое состояние внешней среды, оказывая большое влияние на состояние здоровья людей и санитарно – гигиенические условия жизни. Человек постоянно подвергается различным воздействиям почвенных факторов, добывая из почвы воду, производя различные подземные и сельскохозяйственные работы [5].

Почва представляет собой сложную многокомпонентную систему, основными компонентами которой являются минеральные соединения, различные органоминеральные комплексы, органическое вещество, живые организмы, воздух и почвенная влага. Минеральная часть почвы преимущественно представлена песком, глиной, известью и илом с входящими в них солями различных металлов, а органическая составляющая – перегной или гумус, который образуется из продуктов разложения и остатков растительных и животных организмов, содержит огромное количество микроорганизмов [5].

Геологическое строение является характеристикой, по которой различают следующие типы почв: песчаную (80% и более песка), супесчаную, глинистую (свыше 60% глины), суглинистую, солончаковую – богатую хлоридами, черноземную (20% перегноя) и торфяную [5].

Одно из важнейших гигиенических свойств почв – воздухопроницаемость, под которой понимают способность почвы в большей или меньшей мере пропускать воздух, и которая определяется величиной почвенных пор [29]. Так для крупнозернистых почв это свойство выше, чем у мелкозернистых, следовательно, в таких почвах

лучше условия для поступления кислорода и окисления органических веществ, что обуславливает способность почвы к самоочищению от сбросов. Другим немаловажным свойством почв является влагоёмкость, обуславливающая количество влаги, которое единица почвы может поглотить и удержать в себе с помощью сорбционных сил. Эта способность зависит от общего объема и размера пор, чем они мельче, тем больше воды поглощает и удерживает почва.

Постоянное загрязнение почвы продуктами жизнедеятельности человека и животных, а также в результате техногенного воздействия, приводит к изменению всех характеристик почвы. В то же время, почва представляет собой буферную систему, способную поддерживать свой состав на постоянном уровне, что во многом обуславливает процесс самоочищения почвы – её способность превращать опасные органические и неорганические соединения в нетоксичные неорганические – минеральные соли и газы. Началом самоочищения почвы является то, что попавшие в нее органические вещества вместе с содержащимися в них патогенными бактериями фильтруются через нее и адсорбируются ею. Всё это происходит под влиянием биохимических, биологических, геохимических и других процессов, при которых загрязнители, проходя через почву, обесцвечиваются, теряют дурной запах, ядовитость. Эколого-химическая характеристика качества почвы определяется следующими важными данными: общее содержание гумуса, азота, связанной угольной кислоты, питательных веществ, для растений. В почве происходят сложные биологические, физико-химические процессы. Процессом самоочищения почва обладает в незначительной мере в отличие от способности воды и воздуха самоочищаться. Более того, почва для тяжёлых металлов является акцептором, они сорбируются и образуют прочные почти нерастворимые соединения, следовательно, идёт накопление тяжёлых металлов в почве [36].

Город Челябинск – крупнейший промышленный центр с неустойчивой экологической системой, неспособной к самовосстановлению, подвергающейся постоянному негативному воздействию антропогенного характера. Состояние почв напрямую зависит от количества и состава выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и сбросов в водные объекты. По суммарному количеству выбросов и сбросов Челябинск является городом повышенной опасности. Основными источниками загрязнения города являются работа предприятий и автотранспорт. Под действие техногенеза происходит загрязнение почв тяжёлыми металлами, что приводит к деградации почв.

Почвы характерные для города Челябинск – серые лесные в сочетании с осолоделыми и черноземы, выщелоченные и оподзоленные [34].

В промышленных районах города наиболее распространены следующие типы почв, подверженные техногенному воздействию:

Металлургический район – тёмно-серая лесная среднесуглинистая деградированная почва;

Тракторозаводской район – тёмно-серая лесная пестроцветная среднесуглинистая загрязнённая почва;

Ленинский район – лугово-чернозёмная почва с развитым гумусовым составом.

Пути поступления загрязняющих веществ в почвы от источника эмиссии могут быть самыми разнообразными. Наиболее распространён атмосферный перенос атмосферы в виде грубодисперсных фракций аэрозолей, которые входят в состав выбросов предприятий промышленного значения. Из них происходит сорбция загрязнителей, прежде всего, тяжёлых металлов и токсичных газов. Значительный вклад в поступление поллютантов вносят дождевые воды и талые снеговые воды, в составе которых загрязнители поступают в почвы в растворенной и коллоидной формах [36].

Основными источниками загрязнения почвы являются промышленные и бытовые отходы, а также автотранспорт [19]. В результате анализа за 2015 год, в почвах Челябинска обнаружено превышение нормативов по цинку (18,2%), мышьяку (11%), свинцу (4,1%), кадмию (2,4%), марганцу (2%) и меди (1,1%) [22].

По степени загрязнения почвенного покрова всеми ингредиентами градостроительные зоны Челябинска распределяются следующим образом: 20% - удовлетворительное состояние, 26% - критическое, 50% - экологическое бедствие. В ряде почв наблюдается превышение ПДК по цинку в 15–25 раз, по свинцу в 12–78 раз [22].

По суммарному количеству выбросов и сбросов Челябинск занимает одно из лидирующих положений среди наиболее загрязненных и экологически опасных городов России. Основными источниками загрязнения в том числе почв являются атмосферные выбросы промышленных объектов и автотранспорта, составляющие около 800 г/м^2 в год [24]. В результате почвы города, выступающие в качестве активных сорбентов поллютантов, представляют серьезную экологическую опасность. По результатам исследований почв города установлено, что в результате загрязнения тяжелыми металлами практически вся территория города характеризуется чрезвычайной экологической ситуацией, а уровень загрязнения земель опасный и чрезвычайно опасный. Под действием тяжелых металлов происходит снижение общей численности микроорганизмов и уменьшение их видового состава, падает интенсивность основных микробиологических процессов, происходит деградация гумусового горизонта, резко изменяется его структурный и микроагрегатный состав, кислотность почвы [33]. Так, большинство почв садоводческих товариществ города, находящихся в зоне влияния промышленных предприятий, особенно металлургической отрасли, находятся в деградированном состоянии, а реакция среды щелочная, либо изменяющаяся от нейтральной до щелочной по глубине. Техногенное

загрязнение тяжелыми металлами приводит к закреплению фосфатов в труднодоступных для растений формах, уменьшению содержания доступного калия, уплотнению почвы, повышению способности к распылению. Среди основных тяжелых металлов, загрязняющих почвы, можно выделить цинк, свинец, кобальт, кадмий, медь [13]. Следует отметить, что темно-серые лесные средне – суглинистые почвы, наиболее характерные для территории Челябинска, обладают более низкой способностью к самоочищению [34]. Следствием этого является интенсификация процессов деградации (уплотнение, разрушение структуры, обеднение питательными элементами). Для почв садоводческих товариществ Ленинского района с преобладанием лугово-черноземных почва с хорошо развитым гумусовым слоем характерна слабокислая реакция среды с низким содержанием кальция, также вызванным деградацией почв. Такие почвы активно накапливают свинец, кобальт и кадмий, при этом происходит уменьшение поглощающей способности к основным питательным элементам.

Для надпойменных территорий террасы р. Миасс характерны луговые выщелоченные средне – гумусные маломощные тяжелосуглинистые загрязненные почвы. Она имеет слабо развитый гумусовый слой со средним содержанием гумуса, реакция среды по глубине изменяется от нейтральной до щелочной и сильно-щелочной, почвы с очень низким содержанием подвижного фосфора и средним содержанием обменного калия. Почвы загрязнены свинцом, кобальтом, кадмием, в поглощающем слое преобладает магний, а содержание кальция низкое.

Черноземные почвы садоводческих участков, расположенных в южной части города обладают хорошо развитым гумусовым слоем, высоким содержанием гумуса, реакция почвенной среды нейтральная, для почв характерно среднее содержание подвижного фосфора и очень высокое содержание обменного калия. Лучшие характеристики этих почв

связаны с тем, что черноземы обладают большей устойчивостью к воздействию тяжелых металлов, чем другие типы почв [5].

В зоне влияния ЧЭЦЗ и ЧМК встречаются луговые карбонатные средне – гумусные легкосуглинистые загрязненные деградированные почвы. Они обладают мощным гумусовым слоем со средним содержанием гумуса, но реакция почвенной среды по всему профилю щелочная, что является следствием деградации почвы в результате техногенного воздействия и орошения загрязненной водой р. Миасс. На этой почве, обладающей повышенным плодородием, токсический эффект токсичных металлов, таких как цинк, свинец и кобальт, проявляется в несколько раз слабее, чем на обедненных почвах. Для участков, расположенных в непосредственной близости от ЧМК, характерен самый высокий уровень загрязнения тяжелыми металлами. Также стоит отметить, что подщелачивание почв наблюдается, для объектов, расположенных не только вокруг металлургических комбинатов, но и ТЭС, на расстоянии 10 – 12 километров от источника эмиссии [14].

Рядом с предприятиями и автомобильными дорогами, которые являются загрязнителями воздуха и почвы, находятся жилые дома, которые расположены в нескольких километрах и даже метрах от источников загрязнения. Следовательно, население находится в опасности, подвергая своё здоровье критическому состоянию, так как максимальное содержание металлов в почвах наблюдается на расстоянии 1-5 километров от источника загрязнения. Глубина проникновения тяжёлых металлов в почву, как правило, не превышает 20 сантиметров, но при постоянном поступлении поллютантов они могут проникать на глубину до 1,5 метров, что может стать следствием проникновения токсичных веществ в грунтовые воды [9, 10].

Качественные и количественные изменения почвы при длительном пребывании в ней поллютантов (различных химических веществ, которые вызывают ухудшение здоровья человека и живых организмов при

накоплении в атмосфере в высоких концентрациях) и механизмы их перераспределения в почве почти по настоящее время почти не изучены [7].

1.2. Воздействие производства и транспорта на экологическое состояние почв

Изучение загрязнения почвы должно начинаться с исследования технологического процесса источника загрязнения, состава используемых руд, топлива, а также технологии производства с образованием промежуточных и побочных продуктов. Это позволяет определить, в первую очередь, группу веществ, поступающих в атмосферу. Например, предприятия цветной металлургии являются источниками загрязнения почв цинком, кадмием, свинцом, никелем, ртутью, медью, железом, молибденом, оловом. Рядом с предприятием чёрной металлургии почву загрязняют никель, марганец, хром, кадмий, кобальт, медь, молибден, олово, свинец и цинк. Высокие концентрации бензопирена содержатся в выбросах ТЭС. Выбросами от воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду являются такие как окись углерода, окислы азота, углеводороды, бензапирен, двуокись серы, выхлопные системы автомобиля поставляют в атмосферу соединения свинца, используемые для приспособления обычного дешёвого бензина к современным моторам, которые имеют высокую степень сжатия [1, 2].

Чёрная металлургия является одной из важнейших отраслей тяжёлой промышленности, снабжая строение машин и металлообработку основным сырьём, а строительство – конструкционным материалом. Основные виды предприятий изготовления продукции чёрной металлургии – комбинаты, заводы полного цикла, заводы малой металлургии (литейные цеха машиностроения). В г. Челябинск металлургическая отрасль представлена крупными предприятиями черной и цветной металлургии [3]:

- 1) ОАО «Мечел» – доменное производство чугуна и электро-сталеплавильное производство, коксохимическое производство [25];
- 2) ОАО «Челябинский электрометаллургический комбинат» – производство ферросплавов, обжиг известняка, шлакопереработка [26];
- 3) ОАО «Челябинский электролитно – цинковый завод» – электролитическое производство цинка и его сплавов, кадмия, индия, серной кислоты, сульфата цинка [27].

Технологический процесс доменного производства включает в себя операции подготовки руды (дробление на дробилках и измельчение на специальных шаровых мельницах), обжиг в специальных печах при температуре 800°C для удаления из руды химически связанной воды, углекислоты, серы, фосфора, обогащение руды (гравитационное, промывка водой, магнитная, метод флотации) для повышения содержания действующего компонента, агломерация (процесс спекания рудной мелочи, окускование порошкообразной руды в специальных печах при высоких температурах) для образования агломерата, окатывание (упрочнительный обжиг рудного сырья. Экологическое воздействие на окружающую среду на данных стадиях происходит в результате атмосферных выбросов, Основными источниками которых являются агломерационные машины, машины для обжига окатышей; дробильно-размольное оборудование, места разгрузки, погрузки и пересыпки материалов. Черная металлургия, занимая второе место по общему количеству выбросов в атмосферу среди отраслей промышленности, поставляет в нее около 15,5% твердых веществ [28].

Основной стадией металлургического производства является восстановление металла. В черной металлургии это высокотемпературный процесс, сопровождающийся выбросами в среду аэрозолей, содержащих рудные компоненты, в том числе тяжелые металлы, такие как хром, марганец, медь. Вместе с тем в атмосферу поступаю В основном

поступают оксид углерода (67,5% суммарного выброса в атмосферу), диоксид серы (10,8%); оксид азота (5,4%) [28].

Чёрная металлургия является крупнейшим загрязнителем окружающей природной среды. По экспертным оценкам удельный выход твёрдых, газообразных, жидкообразных веществ (отходов) на 1 т конечной готовой продукции приходится: вскрышные и вмещающие породы 1500-2000 т; шлаки 500 тыс. кг; шламы 800-120 кг; сухая пыль 80-120 кг [4].

Огромное воздействие на окружающую среду оказывает коксохимическое производство, сопряженное с черной металлургией. Оно является источником выбросов в атмосферу аммиака, сероводорода, угарного газа, циановодорода, ароматических одно- и многоядерных углеводородов, фенолов, бензапирена, сажи и пыли [4].

Цветная металлургия включает большое количество предприятий, которые заняты добычей соответствующих руд, первичной обработкой, производством цветных металлов, их сплавов и соединений, а также их переработкой. Содержание цветных металлов в руде очень мало, расход сырья на единицу продукции очень большой, так, например, для получения 1 тонны цинка необходимо 20 тонн руды. Процесс обогащения руды является самым важным процессом. Он включает в себя дробление и измельчение, разделение на хвосты и концентраты, обжиг концентрата. В данном случае основной проблемой является то, что для производства применяется сульфидное сырьё, обжиг которого приводит к значительным выбросам в атмосферу диоксида серы. На настоящий момент в промышленности не разработаны эффективные технологии очистки выходящих газов от этого компонента, что приводит к существенным загрязнениям атмосферы, а через нее и почв, на которые соединения серы поступают в виде кислотных дождей. Следует отметить, что металлургическое производство на Челябинском цинковом заводе сопряжено с производством серной кислоты, что представляет собой вариант экологической защиты среды от поступления в нее диоксида серы.

Одним из мощнейших источников поступления в окружающую среду загрязнителей на территории Челябинска являются тепловые электростанции – основной источник производимой энергии. Тепловые электростанции – совокупность установок, у которых основным технологическим процессом является преобразование химической энергии сжигаемого топлива в тепловую, а тепловую в электрическую. В данном случае происходит преобразование тепловой энергии сжигаемого угля в электрическую энергию. Тепловые электростанции и котельные дают наиболее весомый вклад в загрязнение окружающей среды пылью, сернистым газом, окислами азота. Например, при сжигании антрацита на ТЭС мощностью 2400 МВт из топок удаляется в атмосферу $107 \text{ м}^3/\text{ч}$ дымовых газов, содержащих 2350 т/ч двуокиси углерода, 251 т/ч паров воды, 34 т/ч двуокиси серы, 9.34 т/ч окислов азота и 2 т/ч летучей золы. Содержащиеся в угольной золе ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{232}Th , ^{210}Po , ^{210}Pb , ^{40}K рассеиваются в окружающей среде, что приводит к внешнему и внутреннему облучению населения, живущего вблизи ТЭС. Хотя дозовая нагрузка на население от угольной ТЭС не превышает нескольких процентов естественного радиационного фона, она, как правило, в 5 - 40 раз выше дозовой нагрузки от АЭС такой же мощности. А с учетом выбросов химических компонентов проживание вблизи АЭС менее опасно, чем вблизи ТЭС в 36000 раз. Вместе с твердыми частицами в атмосферу выбрасываются и соединения тяжелых металлов, которые входят в состав исходного угольного топлива [2, 3, 30].

1.3. Пути поступления загрязнителей в почвы

Загрязнение почвы – постоянный и неизбежный процесс, затрагивающий абсолютно все почвы. Он может быть вызван как естественными, так и антропогенными причинами. В итоге, для любых почв существует своя величина степени загрязнения, отличающаяся лишь интенсивностью и характером загрязняющих веществ.

Загрязняющие вещества поступают в почву, как естественным путём, в процессе функционирования биогеоценоза, так и с отходами промышленного производства и техники. Эти вещества можно разделить на несколько основных категорий:

- химические элементы и соединения (в особенности тяжёлые металлы);
- пестициды;
- нефть и нефтепродукты;
- минеральные и органические удобрения;
- бытовые отходы и различные виды мусора;
- выхлопы автомобильной и другой техники;
- радиоактивные вещества;
- сточные воды и биологические элементы, которые выбрасываются в окружающую среду животноводческой отраслью.

Как видно из представленного списка, существует ряд загрязнителей, направленно вносимых в окружающую среду человеком с целью улучшения качественных показателей почвы (плодородие, механический состав, влагопроницаемость и т.д.). Так, например, удобрения вносят в почву с целью повышения ее плодородия за счет увеличения количества питательных элементов. Пестициды (ядохимикаты) вносятся с целью снижения количества сорняков (гербициды), насекомых – вредителей (инсектициды), грибков и бактерий (фунгициды), грызунов (зооциды). В то же время, направленное внесение этих компонентов происходит изначально в избыточных количествах. В итоге, данные компоненты накапливаются почвенным ценозом и начинают выступать в качестве загрязнителей, а воздействие, направленное на повышение качества почвы, начинает ухудшать не только ее качество, но и качество смежных компонентов экосистемы [35].

Одним из основных загрязнений почвы является чрезмерное накопление в ней тяжёлыми металлами. Из атмосферы они попадают чаще всего в форме оксидов, где постепенно растворяются, переходя в гидроксиды, карбонаты или в форму обменных катионов. Главные антропогенные источники поступления тяжёлых металлов – ТЭС, предприятия по добычи и переработке цветных металлов, транспорт, химическая промышленность.

В почву тяжелые металлы могут поступать различными путями. Так, большое количество этих поллютантов попадает на поверхность при воздушном переносе от объектов, сжигающих различные виды топлива, особенно уголь. Тяжелые металлы, сорбируясь на поверхности пылевых частиц и конденсата воды, могут переноситься на значительные расстояния от источника [17, 35].

В дальнейшем металлы могут адсорбироваться на поверхности грунтовых коллоидных частиц путем неспецифического связывания благодаря электростатическим силам, или вследствие образования между ними специфических химических связей. Интенсивность сорбции зависит от многих факторов, но ведущими из них являются механический состав почв (степень дисперсности), увлажнение почвы и pH среды, содержание и фракционный состав органического вещества. Так, например, почвы, обогащенные органическим веществом, способны более интенсивно связывать тяжелые металлы, за счет образования устойчивых комплексных соединений. В кислой среде абсорбция ускоряется за счет образования растворимых форм, способных легче перемещаться от верхнего почвенного слоя как за счет вертикальной, так и за счет горизонтальной почвенной миграции, а также при переходе в растительные системы за счет корневого питания. Почвы, характеризующиеся высоким содержанием глинистых фракций, обладают повышенной абсорбционной способностью, при этом глины выступают как естественный барьер, удерживая поллютанты в верхних слоях. Песчаные почвы абсорбируют

загрязнители в меньшей степени, а также выступают в роли «сит», не препятствуя выносу веществ, в глубинные слои. В дальнейшем, в процессе выветривания возможен обратный вынос тяжелых металлов из почвы в атмосферу с пылевыми частицами.

Другой распространенный путь поступления тяжелых металлов – водный. Так, из аэрозольных выбросов тяжелые металлы могут выпадать на поверхность почвы с кислотными дождями. Как уже указывалось ранее, кислая среда способствует переходу тяжелых металлов в растворенную форму, что значительно облегчает перенос в системе «атмосфера – почва». Кроме того, большое количество токсикантов попадает в почвы со сточными водами, особенно с низким значением pH.

Конечные уровни содержания тяжёлых металлов в почвах формируется под воздействием антропогенных и природных факторов. Твёрдые металлы накапливаются в почвенном покрове, где они распределяются между твёрдой и жидкой фазой почвы. Тяжёлые металлы концентрируются в приповерхностном слое почвы, их накопление нарушает физико-химическое равновесие природной системы, что даёт толчок ряду процессов, которые воздействуют на почвенные свойства (изменяется величина pH, разрушается почвенный поглощающий комплекс, нарушаются микробиологические процессы, деградирует почвенный гумус и в итоге является то, что почва теряет плодородные свойства) [17].

1.4. Влияние тяжёлых металлов на биологические системы

В последние годы все сильнее подтверждается биологическая роль большинства металлов. Исследованиями установлено, что влияние металлов разнообразно и зависит от содержания в окружающей среде и степени нуждаемости в них живых организмов. Фитотоксичное действие тяжелых металлов проявляется, как правило, при высоком уровне техногенного загрязнения ими почв и во многом зависит от свойств и

особенностей поведения металла. Но в природе ионы металлов редко встречаются изолированно друг от друга, поэтому разнообразные комбинативные сочетания и концентрации металлов приводят к изменениям свойств отдельных элементов в результате их синергического или антагонистического воздействия на живые организмы [12]. Например, смесь цинка и меди в пять раз токсичнее, чем сумма их токсичности, что обусловлено синергизмом при совместном влиянии [7, 11, 15]. Таким образом, влияние тяжелых металлов на живые организмы весьма разнообразно. Это обусловлено химическими особенностями металлов, отношением к ним организмов и условиями окружающей среды. Приведем краткую характеристику влияния рассмотренных в работе тяжелых металлов на живые организмы [9, 16, 18].

Медь

Медь - один из важнейших незаменимых элементов, необходимых для живых организмов. В растениях она активно участвует в процессах фотосинтеза, дыхания, восстановления и фиксации азота. Медь входит в состав ряда ферментов – оксидаз (цитохромоксидазы, церулоплазмина, супероксидадисмутазы, уратоксидазы), участвуя в биохимических процессах, осуществляющих реакции окисления субстратов молекулярным кислородом. Данные по токсичности элемента для растений немногочисленны. В настоящее время основной проблемой считается недостаток меди в почвах или ее дисбаланс с кобальтом. Основные признаки дефицита меди для растений – замедление и прекращение формирования репродуктивных органов, появление щуплого зерна, пустозернистых колосьев, снижение устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды. Наиболее чувствительные к ее недостатку пшеница, овес, ячмень, люцерна, столовая свекла, лук и подсолнечник [18]. В организме взрослого человека половина от общего количества меди содержится в мышцах и костях, 10% - в печени. Основные процессы всасывания этого элемента происходят в желудке и тонкой кишке. Ее

усвоение и обмен тесно связаны с содержанием в пище других макро- и микроэлементов и органических соединений. Существует физиологический антагонизм меди с молибденом и сульфатной серой, с марганцем, цинком, свинцом, стронцием, кадмием, кальцием, серебром. Избыток этих элементов, наряду с низким содержанием меди в кормах и продуктах питания, может обусловить дефицит последней в организмах человека и животных, что приводит к анемии, снижению интенсивности роста, потере живой массы, а при острой нехватке металла (менее 2-3 мг в сутки) возможно возникновение ревматического артрита и эндемического зоба. Чрезмерное поглощение меди человеком приводит к болезни Вильсона, при которой избыток элемента откладывается в мозговой ткани, коже, печени, поджелудочной железе и миокарде [11].

Цинк

Особый интерес к цинку связан с его ролью в нуклеиновом обмене, процессах транскрипции, стабилизации нуклеиновых кислот, белков, компонентов биологических мембран, а также в обмене витамина А. Цинк присутствует во всех нуклеотидилтрансферазах, а его открытие в обратных транскриптазах позволило установить тесную взаимосвязь с процессами канцерогенеза. Элемент необходим для стабилизации структуры ДНК, РНК, рибосом, играет важную роль в процессе трансляции и незаменим на ключевых этапах экспрессии гена. Цинк обнаружен в составе более 200 ферментов, включая гидролазы, трансферазы, оксидоредуктазы, лиазы, лигазы и изомеразы [31]. Уникальность цинка заключается в том, что ни один элемент не входит в состав такого количества ферментов и не выполняет таких разнообразных физиологических функций [9]. Повышенные концентрации цинка оказывают токсическое влияние на живые организмы. У человека они вызывают тошноту, рвоту, дыхательную недостаточность, фиброз легких, является канцерогеном [11]. Избыток цинка в растениях возникает в зонах промышленного загрязнения почв, а также при неправильном применении цинксодержащих удобрений.

Большинство видов растений обладают высокой толерантностью к его избытку в почвах. При очень высоком содержании металла в почвах симптомом цинкового токсикоза является хлороз молодых листьев. При избыточном его поступлении в растения снижается усвоение меди и железа и проявляются симптомы их недостаточности. В организмах животных и человека цинк оказывает влияние на деление и дыхание клеток, развитие скелета, формирование мозга и поведенческих рефлексов, заживление ран, воспроизводительную функцию, иммунный ответ, взаимодействует с инсулином. При дефиците элемента возникает ряд кожных заболеваний. Токсичность цинка для животных и человека невелика, т.к. при избыточном поступлении он не кумулируется. В литературе имеются сообщения о токсическом влиянии этого металла: у животных снижается прирост живой массы, появляется депрессия в поведении, возможны аборты [7, 11]. В целом же наибольшую проблему для растений, животных и человека в большинстве случаев представляет дефицит цинка, нежели его токсичные количества.

Кобальт

Кобальт используют в сталелитейной промышленности, в производстве полимеров. При попадании внутрь больших количеств он отрицательно влияет на содержание гемоглобина в крови и может вызвать заболевания крови. Предполагают, что кобальт вызывает базедову болезнь. Этот элемент относится к I классу опасности ввиду его чрезвычайно высокой реакционной способности [11]. Свободный кобальт не имеет доказанной биологической роли, но он входит в состав витамина B12 – кобаламина, который принимает участие в ферментативных реакциях по переносу водорода и метильной группы между веществами, является кофактором ферментов. При дефиците кобальта может возникать, анемия, расстройство ЦНС, мышечные расстройства, депрессии в пожилом и замедленное развитие в детском возрасте. Избыток кобальта может

вызвать нарушение кроветворения, поражение органов дыхания, расстройства ЦНС, нарушение обоняния.

В приложении 1,2 приведены некоторые последствия влияния токсических концентраций некоторых тяжелых металлов на растительные организмы, а также здоровье человека и животных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ

Таким образом, в ходе изучения общих характеристик почв было выявлено, что они являются прекрасными акцепторами для загрязнителей, особенно, тяжёлых металлов, что приводит к серьёзной деградации всей почвенной системы, которая влечёт за собой негативные последствия, например, такие как ухудшение состояния здоровья населения.

Рассмотрев общие особенности почв на территории города Челябинск, можно говорить о том, что степень загрязнения почв зависит от территориального расположения в черте города. Так, почвы северо-западного района являются менее подверженными антропогенному воздействию из-за отсутствия на территории крупных предприятий, и нагрузки со стороны автомобильного транспорта. Metallургический район города Челябинск, помимо дорожной сети с большим количеством автотранспорта, концентрирует крупнейшие предприятия, такие как ЧМК и ЧЭЦЗ, деятельность которых наносит значительное неблагоприятное воздействие, как на атмосферный воздух, так и на почвы.

Характерные почвы для города Челябинск – серые лесные в сочетании с солодами и чернозёмы выщелоченные и оподзоленные. Основная часть почв находится в антропогенно нарушенном состоянии и доведена до степени экологического бедствия. Основными источниками загрязнения атмосферы и почвы являются производство чёрной и цветной металлургии, работа топливных электростанций и нагрузка автомобильного транспорта. Общая масса металлов, поступающих от

природных источников значительно ниже, чем от антропогенных: свинца – в 17,2 раза; кадмия – 8,8; цинка – 7,2; меди – 3; никеля – 1,9.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Методика работы с документами

Одним из методов, используемых в работе для получения информации о современной степени загрязнения почв г. Челябинск, явился анализ официальных документов.

Официальные документы – это документы, исходящие от определённого официального учреждения. Методы анализа документов многообразны и непрерывно пополняются и совершенствуются. Можно выделить два основных типа анализа: традиционный (классический) и формализованный (качественно-количественный анализ).

По определению В.А. Ядова под традиционным (классическим) анализом понимается все многообразие умственных операций, которые направлены на интерпретацию сведений, содержащихся в документе, с определенной точки зрения принятой исследователем в каждом конкретном случае [21].

Информация, которая заложена в документе, обычно присутствует, там, в скрытом виде. Проведение традиционного анализа означает преобразование первоначальной формы этой информации в необходимую исследовательскую форму. По сути это интерпретация содержания документа, его толкование. Традиционный классический анализ охватывает глубинные, скрытые стороны содержания документа. Основным недостатком этого метода является субъективность.

Как замечает В.А.Ядов: "Желание избавиться от субъективности традиционного анализа породило разработку принципиально иных, формализованных, или, как часто их называют, количественных методов анализа документов. Принцип этого метода заключается в том, чтобы

найти легко подсчитываемые признаки, черты, свойства документа (например, частота употребления определенных терминов), которые с необходимостью отражали бы определенные существенные стороны содержания. Тогда содержание делается измеримым, доступным точным вычислительным операциям. Данный анализ также применяют для изучения писем, которые поступают в различные организации и органы управления. Качественно-количественный анализ опирается на доступные базы данных [21].

Одним из важных условий для реализации данного метода является полнота охвата материала и его систематическое накопление. Основной трудностью этого метода служит определение взаимоотношения качественного и количественного подхода.

В данной работе использовался метод классического анализа, основанный на выборе значимой информации, ее анализе и интерпретации. В итоге, на основе документов Министерства экологии, в частности, «Комплексного доклада об экологической ситуации на территории Челябинской области» была получена информация о состоянии почв г. Челябинск, основных источниках и видах загрязнения почв.

2.2. Отбор проб и пробоподготовка к анализу

Для выполнения количественного анализа содержания загрязнителей в почве отобраны образцы почв на территории Metallургического района г. Челябинск в зоне воздействия предприятий металлургической отрасли, а также с активно развитой транспортной сферой. Отбор проб проводился в октябре 2016 года. Для отбора выбраны три точки на территории Metallургического района г. Челябинска: проба №1 – парк им. О.И.Тищенко (ул.60 лет Октября,11); проба №2 – на территории MAOY лицея № 82 (ул. 50 лет ВЛКСМ,7 б); проба №3– ПАО «МЕЧЕЛ», центральная проходная (ул. 2-я Павелецкая,32).

Программа исследования почвы определяет цели и задачи проводимых работ с учётом санитарно – эпидемиологического состояния района, уровня и характера нагрузки. В первую очередь обследуются почвы территорий повышенного риска воздействия на здоровье человека. Отбор, транспортировка, хранение, подготовка к анализу и непосредственно сам анализ осуществляется в соответствии с нормативными документами.

При исследовании почв важным пунктом является отбор проб, который проводится в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.4.02-84. Стандарт предназначен для контроля общего и локального загрязнения почвы в техногенных районах [20].

Пробы почвы извлекают с помощью лопаты (совка) глубиной примерно 20 сантиметров и складывают в тканые мешочки. Отобранная почва весом 400-500 г, освобождённая от корней, растений и других различных инородных тел, рассыпается равномерным слоем на ровной поверхности и высушивается при комнатной температуре без доступа прямого солнечного света. Воздушно-сухая почва просеивается через сито с диаметром отверстий 1 мм, после чего упаковывается в пакеты из плотной бумаги.

Материалы и реактивы по ГОСТу 17.4.4.02-84.

Лопаты, ножи почвенные, весы лабораторные общего назначения с предельной нагрузкой 200 и 1000 г., кюветы эмалированные, сита почвенные с сеткой 0,25; 0,5; 1; 3 мм, электроплитка, мешочки матерчатые, пакеты и пленка полиэтиленовые, пергамент, тампоны ватно-марлевые стерильные, коробки картонные, кислота соляная, натрий гидроксид, спирт этиловый ректификационный технический, натрий хлористый, изотонический раствор с массовой долей 0,85%.

Отбор проб проводился с нескольких участков площадью 10 м². Для отбора выбиралась территория с минимальной степенью антропогенного воздействия: отсутствие свалок мусора, минимальная степень

вытаптывания, отсутствие стоянок машин, разливов масла, бензина и т.д. С выбранной площадки отбирались несколько проб почвы на глубине до 20 см. Отобранные образцы перемешивались, и готовилась одна смешанная проба для усреднения состава.

Целью высушивания почвы является достижение постоянного состава, позволяющего выполнять расчеты содержания исследуемого компонента на сухую почву. Кроме того, освобождение от почвенной влаги позволяет замедлить деятельность почвенных 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. Измельчение проводили механическим путем перетиранием в ступках. Измельченная почва просеивалась через сита диаметром 1 мм.

Отбор проб листового опада проводили на тех же точках, в которых проводился отбор проб почв. Из нескольких образцов готовилась смешанная проба.

Для обеспечения полноты извлечения металлов из почвы при экстракции образцы почв и листового опада подвергали предварительному озолению. Целью данной операции является удаление из почвы органического вещества, корой не только придает окраску почвенной вытяжке, но и мешает экстракции за счет абсорбции металла на органической фракции. Для этого навеску пробы массой 3 г измельчали и растирали механическим путем, обрабатывали концентрированной азотной кислотой и нагревали до испарения кислоты и удаления выделяющихся оксидов азота. Образующуюся черную массу выдерживали в муфельной печи при температуре 450-500⁰С в течение 8 часов.

2.3. Методы исследования количественного содержания некоторых загрязнителей

Отобранная почва, прошедшая пробоподготовку, использовалась для анализа поллютантов, являющихся наиболее распространенными загрязнителями почв территории г. Челябинск: цинк, медь, кобальт.

1. Титриметрический метод анализа.

Определение цинка проводили с использованием метода титриметрического анализа, который основан на точном измерении объема раствора с известной концентрацией реактива, который требуется для реакции с анализируемым компонентом до появления аналитического сигнала.

Реакции, применяемые в титриметрическом анализе, должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- 1) реакция должна протекать количественно и необратимо;
- 2) реакция должна протекать с большой скоростью;
- 3) реакция не должна осложняться протеканием побочных процессов;
- 4) должен существовать способ определения окончания реакции (аналитический сигнал).

Если реакция не удовлетворяет хотя бы одному из этих требований, она не может быть использована в титриметрическом анализе.

В основе расчетов в титриметрическом анализе лежит закон эквивалентов, описываемый в данном случае уравнением: $C_1V_1 = C_2V_2$, где C_1 и C_2 – концентрации раствора титранта и определяемого компонента; V_1 – объем раствора титранта, затраченный на титрование до аналитического сигнала; V_2 – объем анализируемой пробы.

Для того чтобы определить конец реакции, который протекает между титрантом и исследуемым компонентом в анализируемом растворе (точка эквивалентности), для её определения необходимо небольшими

порциями добавлять титрант к раствору определяемого вещества. Экспериментально конец титрования считают тогда, когда происходит изменение цвета индикатора или какого – либо свойства раствора (рН, оптической плотности или образуется осадок) [32].

Для определения цинка в растворе может быть использован титриметрический метод анализа в варианте комплексонометрии, основанный на образовании окрашенного комплексного соединения цинка с трилоном Б (комплексон I). Измерение проводится в щелочной среде (рН 8) в присутствии индикатора эриохрома

Извлечение цинка из почвенной золы проводили кипячением с концентрированным раствором щелочи. Полученную щелочную вытяжку отфильтровывали и использовали для анализа.

Анализируемый раствор разбавляли дистиллированной водой до метки в мерной колбе вместимостью 100 мл. После перемешивания отбирали пипеткой 10 мл раствора в коническую колбу вместимостью 250 мл, прибавляли цилиндром 20 мл дистиллированной воды, 5 мл ацетатного буферного раствора с рН 4,8–5,0, на кончике шпателя 20-30 мг индикаторной смеси (смесь эриохромового черного Т с хлоридом натрия в соотношении 1:100), растворяли ее и титровали раствором 0,05 М трилона Б до изменения окраски раствора из винно-красной в синюю. Титрование повторяли три раза, по полученным данным находили средний объем титранта и проводили расчет массы цинка по закону эквивалентов.

2. Фотометрический метод.

Фотометрической реакцией называют химическую реакцию с участием определяемого элемента, которая приводит к количественному переходу элемента в соединение, обладающими хромофорными свойствами (цветоносные свойства). Соединение используется для определения фотометрической концентрации элемента в растворе.

Для определения количественного содержания меди и кобальта использовался фотометрический метод анализа, основанный на изменении

оптической плотности раствора в зависимости от концентрации исследуемого компонента по уравнению Бугера – Ламберта – Бера:

$$D = \epsilon l c,$$

где D - оптическая плотность раствора; ϵ - удельный коэффициент светопоглощения, характеризующий природу вещества; l – толщина оптического слоя, через который проходит свет заданной интенсивности; c – концентрация раствора исследуемого компонента.

Для проведения анализа строились градуировочные графики зависимости оптической плотности раствора исследуемого компонента от его концентрации. Для этого готовили рабочие растворы с заданной концентрацией меди и кобальта, к которым прибавлялся раствор окрашивающего реагента и измеряли оптическую плотность растворов при одинаковой длине волны света и толщине оптического слоя. Затем в аналогичных условиях обрабатывалась исследуемая проба, измерялась оптическая плотность и по графику определялось содержание исследуемого компонента [32].

Для определения меди использовали карбоматный метод, основанный на взаимодействии диэтилдитиокарбомата натрия с катионами меди с образованием комплексных соединений желтого цвета.

Для устранения мешающего влияния железа и жесткости воды добавляют раствор тартрата калия – натрия (сегнетовой соли).

Предел обнаружения 0,02 мг/л. Диапазон измеряемых количеств меди в пробе 1-30 мкг.

Для построения графика готовили рабочий раствор сульфата меди с содержанием меди 1 мкг/мл. Для его приготовления использовали стандартный раствор меди его разбавлением в 100 раз. Отбирали 0-1-2-5-10-20-30 мл рабочего раствора, разбавляли дистиллированной водой до 50 мл, подкисляли 1-2 каплями соляной кислоты, прибавляли 1 мл сегнетовой соли, 5 мл NH_3 , 1 мл крахмала и 5 мл диэтилдитиокарбомата натрия. Измеряли оптическую плотность в кюветах 3 см при длине волны,

430 нм. По полученным результатам строили градуировочный график зависимости оптической плотности раствора от концентрации меди.

Экстракцию меди из почвенной золы проводили с помощью 0,1N раствора соляной кислоты (100 мл кислоты на 40 г золы). Для выполнения анализа брали 50 мл кислотной вытяжки и обрабатывали как растворы для построения градуировочного графика. Измеряли оптическую плотность раствора и по графику находили содержание меди в пересчете на 100 г почвы.

Определение кобальта проводили при помощи нитрозо-R-соли, образующей с кобальтом соединение, окрашенное в красный цвет. Данным методом можно обнаружить 1 мкг кобальта в присутствии 100 мкг меди и 1000 мкг железа. При большем содержании меди и железа необходимо их предварительно удалять. Чувствительность метода составляет 0,5 мкг/ 25 мл объема [32].

Для построения градуировочного графика готовят рабочий раствор разбавлением основного дистиллированной водой в 10 раз (в 1 мл содержится 10 мкг кобальта). В мерные колбы объемом 25 мл вносят 0; 0,10; 0,20; 0,30; 0,5; 0,6; 0,9; 1,5; 2,0; 3,0; 4,5 мл рабочего раствора; 2 мл раствора нитрозо-R- соли, 1,5 мл раствора ацетата натрия. К смеси прибавляют 0,3 мл соляной кислоты, 1-2 капли азотной кислоты и кипятят раствор одну минуту. Прибавляют 1 мл азотной кислоты и продолжают кипячение еще одну минуту. Колбу с раствором охлаждают под краном, доводят объем раствора дистиллированной водой до метки, перемешивают и измеряют оптическую плотность раствора при 500-530 нм и толщине оптического слоя 3 см. По полученным результатам строят градуировочный график зависимости оптической плотности раствора от концентрации кобальта.

Для определения кобальта в кислотой вытяжке почвенной золы ее помещают в мерную колбу на 25мл и обрабатывают также, как при построении градуировочного графика. Измеряют оптическую плотность

раствора в тех же условиях, по графику определяют значение концентрации и проводят пересчет на 100 г листьев.

ГЛАВА 3. ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ЧЕЛЯБИНСК

3.1. Основные особенности производства чёрной, цветной металлургии и тепловых электростанций

Челябинск – один из крупнейших промышленных городов России. Промышленность представлена металлургическим, машиностроительным, химическими предприятиями, производство электроники и измерительной техники.

Важнейшими предприятиями – загрязнителями города Челябинск являются: ЧМК (Мечел), цинковый завод, ТЭЦ – 2 и 3.

Челябинский металлургический комбинат (Мечел) – крупнейшее в России предприятие полного металлургического цикла. Перечень применения продукции: подшипниковые и трубопрокатные заводы, тяжёлое химическое, энергетическое, автомобильное и сельскохозяйственное машиностроение, строительство, атомная энергетика, медицинское оборудование. В качестве основной продукции ЧМК производит широкий профильный сортамент (совокупность сортов, видов и размеров каких – либо однородных изделий). Предприятие чёрной металлургии. Коксохимическое производство, выбрасывающее вредные вещества второго класса опасности (медь, бор, кобальт, никель, молибден, сурьма, хром) [25].

Цинковый завод – предприятие цветной металлургии, который является одним из крупнейших производителей цинка в России, производство высокочистого цинка марки Special High Grade благодаря введению автоматизированного комплекса электролиза цинка. Сырьевой комплекс цинкового завода представлен Акжальским свинцово –

цинковым месторождением, который расположен в республике Казахстан в Карагандинской области.

Технологический цикл производства металлического цинка: добыча – обогащение – выпуск готовой продукции в виде рафинированного цинка и сплавов на его основе. Продукция ЧЭЦЗ используется в следующих отраслях промышленности (в химической промышленности, при оцинковании стального листа для металлоконструкций и автомобилестроения, машиностроения). Загрязняющими веществами данного производства при выбросах являются оксид углерода и серная кислота [27].

ТЭЦ – 2 – для производства энергии (тепловой и электрической) основным топливом служит бурый уголь, также энергетические котлы могут работать на природном газе. Вещества, образующиеся при сжигании топлива на ТЭЦ – 2: диоксид азота, серы, оксид углерода, зола от сжигания углей.

Основным загрязнителем атмосферы Земли является транспорт. Ежегодно один легковой автомобиль поглощает 4 тонны молекулярного кислорода, при этом выделяя в атмосферу 0,8 тонн оксида углерода, до 40 килограмм оксидов азота, до 200 килограмм углеводородов, а также сажу, тетраэтилсвинец, альдегиды. В выхлопных газах содержатся вещества, способствующие развитию раковых заболеваний (например, бензапирен). Негативное влияние транспорта на окружающую среду заключается в том, что для его работы нужно топливо, которое является токсичным. Нерациональное использование веществ также загрязняет природную среду. Работа транспорта обуславливается шумом, вибрациями, электромагнитным излучением, тепловым загрязнением среды обитания.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха в городе Челябинск на данный момент остается высоким, испытывая негативное воздействие под влиянием выбросов предприятий черной и цветной металлургии, энергетики, машиностроения, строительной индустрии и автотранспорта [9, 10].

В городе Челябинск состояние атмосферного воздуха соответствует очень высокому уровню загрязнения.

Критический уровень загрязнения атмосферного воздуха наблюдается в периоды неблагоприятных метеорологических условий, которые способствуют скоплению вредных примесей в приземном слое, в районах, подверженных влиянию крупных промышленных предприятий.

Автомобильный транспорт по – прежнему является одним из самых крупных загрязнителей окружающей среды города Челябинск. Воздействие автомобильного транспорта многообразно и проявляется в загрязнении атмосферного воздуха и почвы токсичными веществами отработавших газов транспортных двигателей [17].

Транспортная ситуация с каждым годом усложняется, так как темпы роста численности автотранспорта опережают темпы развития уличной дорожной сети города.

Общая протяженность сети автомобильных дорог на территории города Челябинска составляет 1291 км, в том числе улиц с усовершенствованным покрытием, рассчитанных на движение современных транспортных средств 772 км (60 %) [24].

3.2. Анализ изменения состояния почв Челябинской области в период с 2005 года по 2015 год

Почва является основным накопителем химических элементов техногенной природы, оказывая губительное воздействие на окружающую природную среду и здоровье населения. Основными загрязнителями почвы являются промышленные, бытовые и сельскохозяйственные отходы, автотранспорт.

На первом этапе работы нами был проведен анализ изменения степени загрязнения почв на территории г. Челябинск в период с 2005 – 2015 г.г. с целью выявления основных техногенных загрязнителей почвы и тенденций изменения их количества. Для проведения анализа были

использованы материалы комплексных докладов о состоянии окружающей среды Челябинской области, опубликованные на официальном сайте Министерства экологии [22].

Анализ представленных материалов показывает, что главными источниками загрязнения почв химическими элементами являются предприятия чёрной и цветной металлургии, теплоэнергетики и автотранспорт. К числу приоритетных тяжелых металлов, загрязняющих почву, относятся свинец, кадмий, медь, мышьяк, цинк, марганец, ртуть.

Содержание тяжёлых металлов в почве населённых мест не соответствует нормативам и значительно превышает предельно допустимые показатели. Так, доля проб, превышающих нормативы по содержанию тяжёлых металлов, на 2005 год составила 40%. Доля проб, не отвечающих гигиеническим нормативам по содержанию свинца, в селитебной зоне составила 17,3%, а по содержанию кадмия – 5%. Аналогичные показатели в 2006 г. составили 18%, 6,6% и 5,5% соответственно.

По результатам 2007 г. ситуация с превышением гигиенических нормативов по содержанию тяжелых металлов в почве продолжает оставаться стабильно неблагоприятной. Доля проб, не отвечающих гигиеническим нормативам по содержанию тяжелых металлов в селитебной зоне, составляет 23,8%. Наблюдается превышение гигиенических нормативов по содержанию в почве свинца, мышьяка, никеля, кадмия и ртути, причиной которого является аккумуляция солей тяжелых металлов в почве селитебных территорий, расположенных вблизи источников промышленных выбросов и транспортных артерий. Сократилась доля проб почвы, не отвечающей гигиеническим нормативам, по содержанию свинца до 2,16%, при этом, в качестве основной причины, способствующей уменьшению данного показателя, считается введение в действие Закона Российской Федерации «О запрете производства и оборота этилированного бензина в Российской Федерации» от 22.03.2003

№ 34-ФЗ. В данный период произошло резкое снижение доли проб почвы, не отвечающей гигиеническим нормативам по содержанию кадмия до 0,6 %.

В сравнении с 2007 годом в период 2008 г. произошло увеличение общего объема почв, загрязненных тяжелыми металлами до 27,1%, значительно увеличилась доля почв превышающих гигиенические нормативы по содержанию свинца с 2,16% до 8,1%, общее удельное содержание элемента в почве составило 24,863 мг/м³. Произошло снижение содержания в почве кадмия с 0,6% до 0,4%. При этом, на данный период на территории города не зарегистрировано участков с загрязнением ртутью, которые были зафиксированы в 2006 и 2007 г.

В 2009 году наблюдался спад процентного содержания тяжёлых металлов до уровня 24,6%. При этом происходит незначительное увеличение доли почв, не соответствующих гигиеническим показателям по содержанию свинца до 8,7% (25,001 мг/м³), а состояние почв по загрязнению кадмием вернулось на уровень 2007 г. Загрязнений почвы ртутью на период 2009 г. не выявлено.

2010 год характеризуется заметным уменьшением доли почв с превышенным содержанием тяжёлых металлов до 20,2%. Несмотря на положительную динамику по сокращению доли проб почвы, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию солей тяжелых металлов в почве селитебной зоны населенных мест, ситуация с превышением гигиенических нормативов по содержанию тяжелых металлов продолжается оставаться стабильно неблагоприятной, доля почв, не соответствующих гигиеническим показателям по содержанию свинца, составляет 8,1% (24,863 мг/м³) при уменьшающейся доле почв, загрязненных кадмием – 0,26%. Остается стабильно нормальной ситуация по загрязнению почв соединениями ртути.

Анализ гигиенического состояния почв на 2011 год показывает, что доля проб почв, не соответствующих гигиеническим нормативам по

содержанию тяжелых металлов, превысила средний показатель и составляет 33,4%. В то же время, сократилась доля проб почвы, не соответствующей гигиеническим нормативам по содержанию свинца: с 8,1% до 3,9% (23,897 мг/м³). При этом наблюдается увеличение доли почв, не соответствующих гигиеническим показателям по содержанию кадмия до 1%. Наблюдается увеличение доли почв с повышенным содержанием ртути до 0,15%.

В 2012 г сохраняется доля почв, не удовлетворяющих гигиеническим нормативам по содержанию тяжелых металлов, значительно больше среднего показателя, которая составляет 35,1%, при этом наблюдается резкое превышение в селитебной зоне нормативов по содержанию свинца до 12,08% (25,944 мг/м³) при снижении доли почв, загрязненных кадмием до 0,24%. Происходит увеличение доли почв с повышенным содержанием ртути до 0,29%.

В 2013 году отмечается улучшение некоторых показателей загрязнения почвы. Уменьшились доли проб почвы, не соответствующих санитарным требованиям, по содержанию тяжелых металлов – до 22,4%; а свинца – до 5,28% (24,214 мг/м³). При этом снижение уровня содержания тяжелых металлов в этот период во многом связывают с реализацией природоохранных целевых программ, законов и актов, особенно по обращению с отходами.

В 2014 г. отмечена тенденция, снижения загрязнения почвы селитебных территорий Челябинской области по содержанию тяжелых металлов – на 4,6% (до 17,8%); по содержанию свинца – на 2,3% (до 2,98%) (23,685 мг/м³), по содержанию кадмия – на 1%.

2015 год становится годом, когда показатели процентного содержания загрязняющих веществ в почве увеличивается. Так, тяжёлые металлы превышают гигиенические нормативы с 17,8% до 22,3%, а показатели свинца выросли с 2,98% до 8,28% (24,904 мг/м³). При этом

наиболее значительно возросла доля почв, с превышенным содержанием кадмия – до 11,3%.

Изменение доли загрязненных почв в период 2005-2015 гг. представляет собой обобщение, демонстрирующее динамику изменения доли загрязненных почв в период с 2005 по 2015 годы. Из представленных данных следует, что для почв территории г. Челябинск отсутствует устойчивая динамика уменьшения загрязнения почв тяжелыми металлами. Урбанизированные и техногенные почвы остаются загрязненными, при этом доля загрязненных почв практически сохраняется. При этом следует отметить, что характер загрязнения может изменяться: при падении общей доли загрязнения тяжелыми металлами может наблюдаться возрастание доли почв, загрязненных каким-либо отдельным компонентом.

3.3. Количественное определение содержания меди, цинка и кобальта в почвах Metallургического района г. Челябинск

Анализ «Комплексных докладов о состоянии окружающей среды Челябинской области» за 2005-2015 годы, представленный в предыдущем разделе, показал, что при оценке загрязнения почв тяжелыми металлами особое внимание уделяется доле почв, имеющих загрязнение по тяжелым металлам в целом, а также загрязненных такими элементами, как свинец и кадмий, а также ртуть при ее наличии. Такое внимание обусловлено как наибольшей степенью распространения, так и высокой опасностью свинца и кадмия. Вместе с тем, как уже отмечалось ранее, наблюдаются периоды, в которые происходит возрастание доли почв, загрязненных тяжелыми металлами, при уменьшении доли почв, загрязненных свинцом и кадмием. Следовательно, существуют другие поллютанты – тяжелые металлы, которые могут вносить значительный вклад в загрязнение почв. В представленных докладах отмечается, что к таким металлам на территории г. Челябинск могут относиться медь, мышьяк, цинк, марганец, кобальт [22]. В связи с этим, нами проведен анализ количественного содержания

некоторых тяжелых металлов, не указанных в Комплексном докладе (медь, цинк, кобальт), в образцах почв, отобранных с трех точек Metallургического района города, как района с максимальной степенью концентрации металлургических предприятий.

На территории Metallургического района расположены ОАО «ЧМК» (Мечел) и ОАО «Челябинский электролитно-цинковый завод» - предприятия, вносящие существенный вклад в формирование экологической среды города. Так, по данным Министерства экологии Челябинской области объем валовых выбросов в атмосферу от ЧМК в 2015 г составлял 65,8 тыс. тонн в год (первое место среди предприятий города и третье среди предприятий области). К этому можно прибавить выбросы от ООО «Мечел – кокс» (28,1 тыс. тонн в год) – предприятия, обеспечивающего сырьевой ресурс металлургического процесса. Аналогичные значения для ОАО «ЧЭЦЗ» находятся на значительно меньшем уровне – 3,9 тыс. тонн в год (пятое место среди предприятий города), но и это предприятие вносит определенный вклад в загрязнение среды [25, 27].

Отбор проб почв проводился в октябре 2016 г. Точки отбора проб выбраны с учетом пространственного расположения относительно источников эмиссии, а также степени антропогенного использования территорий. Точка №1 представляет собой участок на территории парка им. Тищенко (ул. 60 лет Октября, 11), представляющего собой место отдыха жителей Metallургического района. Парк озеленен, в связи с чем можно ожидать, что исследуемые почвы, представляющие агроземные системы, будут загрязнены в наименьшей степени, так как древесная и кустарниковая растительность, обладая поглощающей способностью по отношению к тяжелым металлам, будет предотвращать их попадание в почву.

Точка №2 представляет собой участок на территории МАОУ лицея № 82 (ул. 50 лет ВЛКСМ, 7 б) в центре Metallургического района в

одинаковой близости от двух источников загрязнения – «ЧМК» и «ЧЭЦЗ». Роза ветров, преобладающая в течении года в данном районе города, направлена преимущественно от ОАО «Мечел» в направлении исследуемого объекта, что может обеспечить высокую степень загрязнения почв.

Точка №3 расположена в непосредственной близости от центральной проходной ОАО «ЧМК» (ул. 2-я Павелецкая,32), т.е. в непосредственной близости от источника эмиссии. Несмотря на это, для данного участка не предполагается высокая степень загрязнения, так как аэрозольные и пылевые выбросы от предприятия могут воздушным переносом распространяться на достаточно большие расстояния, и на данном участке могут отсутствовать значительные выпадения тяжелого металла.

Определение содержания тяжелых металлов проводили из почвенной золы путем сжигания почвы с концентрированной азотной кислотой, с последующим выжиганием в присутствии кислорода. Необходимость данной операции обусловлена присутствием в почве органического вещества, способного сорбировать на себе металлы, прочно связывая их и препятствуя переходу в экстракт. Кроме того, органическое вещество придает вытяжке окраску, которая мешает дальнейшему определению металла. При этом следует отметить, что данный метод является способом определения валового содержания металлов. С одной стороны, это дает более полную картину о загрязнении почвы металлами, но, с другой стороны, не позволяет определить подвижные формы металла, что является более актуальным для практического использования [31].

При озолении все формы металлов, присутствующие в почвенной системе, переходят в форму оксидов, которые являются нерастворимыми в воде. Поэтому экстракция металла из золы выполняется при использовании кислоты или щелочи. В некоторых случаях это облегчает аналитический процесс. Например, определение меди и кобальта необходимо осуществлять в кислой среде, и кислотная экстракция не

только обеспечивает нормальный переход меди в раствор, но и создает необходимые значения рН. Экстракцию цинка проводят концентрированным раствором щелочи. Применение данного реагента обусловлено присутствием в почвенной системе ряда других металлов, способных переходить в раствор вместе с цинком и искажать результаты определения при использовании комплексонометрического титрования. Цинк является амфотерным металлом, поэтому, экстракция щелочи позволяет переводить его в раствор в присутствии других металлов без растворения последних. При этом одновременно обеспечивается щелочная среда, необходимая для нормального селективного связывания ионов цинка трилоном Б.

Для определения меди в почвенной системе смешанную пробу после предварительной пробоподготовки и растворения провели через стадии фотометрического анализа с использованием диэтилдитиокарбаматного метода. Данные градуировочного графика приведены в приложении 5. Полученные результаты анализа показали, что все пробы загрязнены соединениями меди. На территории парка Тищенко почва практически не имеет загрязнения, превышение ПДК наблюдается лишь в 1,05 раз. Наибольшая степень загрязнения характерна для почв на территории МОУ №82, наблюдается превышение ПДК в 4,5 раза. Для территории около проходной ЧМК превышение ПДК составляет 2,2 (табл. 1).

Таблица 1

Содержание меди в исследуемых образцах почв

№ пробы	1	2	№3	ПДК
Содержание меди, мг/кг почвы	58,3	250,12	120,2	55

Определение кобальта проводили из кислотной вытяжки золы фотометрическим методом с использованием нитрозо-R-соли. Данные градуировочного графика приведены в приложении 6. Полученные результаты показывают, что исследуемые почвы парка Тищенко не имеют

загрязнения по кобальту, в то время, как для почв, отобранных вблизи ЧМК и на территории МОУ №82 характерны незначительные (в 1,05 и 1,2 раза, соответственно) превышения ПДК для почв территории МОУ №82 (табл. 2).

Таблица 2

Содержание кобальта в исследуемых образцах почв

№ пробы	1	2	3	ПДК
Содержание кобальта, мг/кг почвы	3,5	6,1	5,25	5

Анализ содержания цинка из щелочной вытяжки золы с использованием комплексонометрического титрования трилоном Б показал, что все исследуемые почвы характеризуются превышением ПДК по цинку. Наибольшая степень загрязнения, как и в предыдущих случаях, характерна для почв, расположенных на территории МОУ №82. В данной точке наблюдается превышение ПДК в 4 раза. Для почв, отобранных в районе проходной ЧМК, эта величина составила 2,5, а на территории парка Тищенко 1,5. Таким образом, повторяется картина загрязнения, проявляющаяся в двух предыдущих случаях (табл. 3)

Таблица 3

Содержание цинка в исследуемых образцах почв

№ пробы	1	2	3	ПДК
Содержание цинка, мг/кг почвы	150,2	402,6	250,4	100

Таким образом, наибольшей степенью загрязнения тяжелыми металлами по полученным результатам характеризуются почвы, расположенные на определенном удалении от источника эмиссии, но в зоне ветрового разноса поллютантов. Парк Тищенко, характеризующийся высокой степенью озеленения, характеризуется наименьшей степенью загрязненности почв, что можно связать с высокой поглотительной способностью листьев древесных и кустарниковых растений. Наибольшую

степень загрязнения почв территории МОУ лицея №82 можно объяснить ветровым разносом с территории предприятий и преобладающим направлением розы ветров.

Как уже указывалось, листья растений могут выступать в качестве поглотителя тяжелых металлов. В итоге, лиственный опад, попадая на поверхность почвы и трансформируясь на ней, может выступать в качестве вторичного источника загрязнения почв тяжелыми металлами. При этом, процесс высвобождения поллютантов может быть достаточно длительным и зависит от набора факторов, таких как температура, увлажнение почвы, скорость протекания биологических процессов и активность почвенной биоты. В итоге, загрязнение почв тяжелыми металлами может происходить через отдаленный период после выброса поллютанта от источника эмиссии. В связи с этим, нами был проведен анализ количественного содержания определяемых тяжелых металлов в листовом опаде, отобранном на тех же участках, где осуществлялся отбор проб почв для анализа [8, 18].

Видовой состав исследуемой листовой фитомассы (смесь листьев): берёза повислая (*Bétula péndula*), вяз гладкий (*Úlmus laévis*), рябина обыкновенная (*Sórbus aucupária*), сирень обыкновенная (*Syrínga vulgáris*), тополь бальзамический (*Populus balsamifera*), ясень обыкновенный (*Fráxinus excélsior*) [6].

Анализ содержания меди в золе опавших листьев показал, что наибольшим содержанием меди характеризуется лиственный опад территории МОУ №82 (в 6 раз превышено содержание металла по отношению к предельной норме в листьях растений). Превышение данной величины на территории около проходной ЧМК, и практически не наблюдается превышения (в 1,12 раза) на территории парка Тищенко (табл. 4)

Таблица 4

Содержание меди в исследуемых образцах опавших листьев

№ пробы	1	2	3	Норма
Содержание меди, мг/100 г листьев	1,68	9,2	5,71	1,5

Кобальт относится к элементам, содержание которого в фитомассе растений ничтожно мало. Результаты анализа количественного содержания этого элемента показали, что в двух из отобранных образцов наблюдается его превышенное содержание. Как и в случае меди, наибольшее превышение (в 2 раза) наблюдается в пробах, отобранных на территории лица №82 (табл. 5).

Таблица 5

Содержание кобальта в исследуемых образцах опавших листьев

№ пробы	1	2	3	Норма
Содержание кобальта, мг/100 г листьев	0,02	0,13	0,08	0,06

Для всех исследованных образцов обнаружено превышение нормального содержания по цинку: в 4 раза – территория МОУ №82, в 3,4 раза – около проходной ЧМК и в 1,7 раз – в районе парка Тищенко (табл. 6).

Таблица 6

Содержание цинка в исследуемых образцах опавших листьев

№ пробы	1	2	3	Норма
Содержание цинка, мг/100 г листьев	25	58,2	50,3	15

Таким образом, полученные результаты о загрязнении листового опада тяжелыми металлами Zn, Co и Cu согласуются с результатами, полученными при анализе содержания этих металлов в почвах. Аналогично, наблюдается наибольшая степень загрязнения на территории

МОУ №82, средние значения характерны для территории около проходной ЧМК и минимальные значения для территории парка Тищенко.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ

По результатам третьей главы можно сделать следующее заключение. По данным Министерства экологии Челябинской области почвы г. Челябинск находятся в неудовлетворительном состоянии по содержанию тяжелых металлов. На протяжении последних 10 лет доля почв с превышенным уровнем содержания данных поллютантов поддерживается на уровне 25%. Несмотря на принятие Закона Российской Федерации «О запрете производства и оборота этилированного бензина в Российской Федерации» доля почв, загрязненных свинцом, составляет до 8,5%, а доля почв, загрязненных кадмием достигает 11%. К числу приоритетных загрязнителей почвы селитебных территорий относятся также никель, мышьяк, марганец, медь.

Основными источниками загрязнения почвы города являются промышленные и бытовые отходы и, автотранспорт, деятельность предприятий металлургической отрасли, работа ТЭС. Опасность загрязнения почв газообразными выбросами, твердыми и жидкими отходами определяется уровнем накопления в ней вредных веществ и возможностью вторичного загрязнения ими воды, атмосферного воздуха, воздуха жилых и общественных зданий, продуктов питания, а также влиянием на биологическую активность почвы и процессы ее самоочищения.

Полученные результаты аналитических исследований показывают, что наблюдается превышение ПДК в почвах по меди и цинку, а также для некоторых участков – по кобальту. Максимальное загрязнение характерно для участков, расположенных в зоне ветрового разноса поллютантов от источника эмиссии. Минимальная степень загрязнения характерна для

почв, находящихся на территории с активно развитой древесной растительностью.

Показано, что лиственный опад древесных и кустарниковых растений также характеризуется высоким содержанием тяжелых металлов и может служить источником вторичного загрязнения почв, при этом характер загрязнения совпадает со степенью загрязнения почв.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проделанной работы можно сделать ряд выводов.

1) Анализ литературного материала показал, что в качестве важнейших загрязнителей почв выступают тяжелые металлы, поступающие в почву воздушным путем от предприятий металлургической отрасли, автотранспорта и тепловых электростанций, а также водным путем от источников твердых промышленных и бытовых отходов.

2) Основными загрязнителями почв техногенными поллютантами, в том числе, на территории г. Челябинск являются предприятия металлургической отрасли ПАО «ЧМК», ОАО «ЧЭЦЗ», ОАО «ЧЭМК», а также транспортная сфера и деятельность тепловых электростанций.

3) На протяжении последних 10 лет на территории г. Челябинск поддерживается высокая (до 25%) доля почв, с превышенным содержанием тяжелых металлов, особенно, свинца и кадмия.

4) Для всех образцов исследуемых почв, отобранных в различных точках Металлургического района г. Челябинск характерно превышение по содержанию цинка и меди, а для ряда почв – по кобальту.

5) Наибольшая степень загрязнения характерна для урбоземов, расположенных на территории МОУ – лицея №82 в зоне ветрового разноса тяжелых металлов от металлургических предприятий. Наименьшая степень характерна для почв территории парка Тищенко с наибольшей степенью зеленых насаждений.

6) Отмечено превышенное содержание тяжелых металлов в листовом опаде, отобранном с поверхности исследуемых почв. При этом, картина загрязнения совпадает с картиной загрязнения почв.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абросимова, О.В. Оценка экологического состояния почвенного покрова г. Саратова [Текст] / О. В. Абросимова, Е.С. Трояновская, М.Ю. Меркулова, Е.И. Тихомирова // Поволжский экологический журнал. – 2012. – № 4. – С. 376 – 384.
2. Битюкова, В.Р. Принципы и методы комплексной оценки экологического состояния городской среды. Проблемы урбанизации на рубеже веков [Текст] / В.Р. Битюкова. – Смоленск: Ойкумена, 2002. – 328 с.
3. Давыдова, С.Л. Тяжелые металлы как суперэкоотоксиканты XXI века [Текст] / С.Л. Давыдов. – М.: Изд-во РУДН, 2002. – 140 с.
4. Дончева, А.В. Прогнозирование изменения природы горно-металлургическим производством [Текст] / А.В.Дончева, В.Н. Калущков. – Вестн. Моск. ун-та Сер. География – 1976. – № 5. – С. 10-13.
5. Другов, Ю.С. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов: практическое руководство [Текст]/ Ю.С. Другов, А.А. Родин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 469 с.
6. 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.
7. Иванова, Р.Р. Оценка состояния окружающей среды по содержанию тяжелых металлов в почве и растительности города [Текст] / Р.Р. Иванова. // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 81(07). – С. 1-10.

8. Зокиров, Р.С. Оценка аккумулирующей способности древесных растений в отношении тяжелых металлов в примагистральных зонах г. Худжанда [Электронный ресурс] / Р.С. Зокиров, О.А. Неверова. // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5.
9. Илькун, Г.М. Загрязнители атмосферы и растения [Текст] / Г.М. Илькун. – Киев: Наукова думка, 1978. – 246с.
10. Калинин, Б.Д. Экологический контроль тяжёлых металлов в объектах окружающей среды [Текст] / Б.Д. Калинин // Экология и природопользование. – 2001. – № 5. – С. 32-34.
11. Коношина, С.Н., Хилкова Н.Л. 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.
12. Копылова, Л.В. Содержание тяжелых металлов в почвах и растениях урбанизированных территорий (Восточное Забайкалье) [Текст] / Л.В. Копылова. – Чита : ЗабГУ, 2013. – 153с.
13. Корягина, Н.В. Экологический мониторинг урбанизированных территорий [Текст] / Н.В. Корягина, А.Н. Поршакова. – Пенза : ПГУАС, 2014. – 127с.
14. Котов, Ю.С. Эколого-токсикологическая оценка урбанизированных и сопредельных территорий [Текст] / Ю.С. Котов. – Казань: Казанский университет, 1990. – 146с.
15. Кретович, В. Л. Биохимия растений [Текст] / В.Л. Кретович. – М.: Высшая школа, 1980. – 445с.
16. Медведев, С.С. Физиология растений [Текст] / С.С. Медведев. – СПб: Изд-во СпбГУ, 2004. – 336 с.
17. Насибулина, Б.М. Региональные экологические проблемы урбанизированных территорий в условиях техногенного воздействия [Текст] / Б. М. Насибулина. – Астрахань : Астраханский университет, 2008. – 137с.

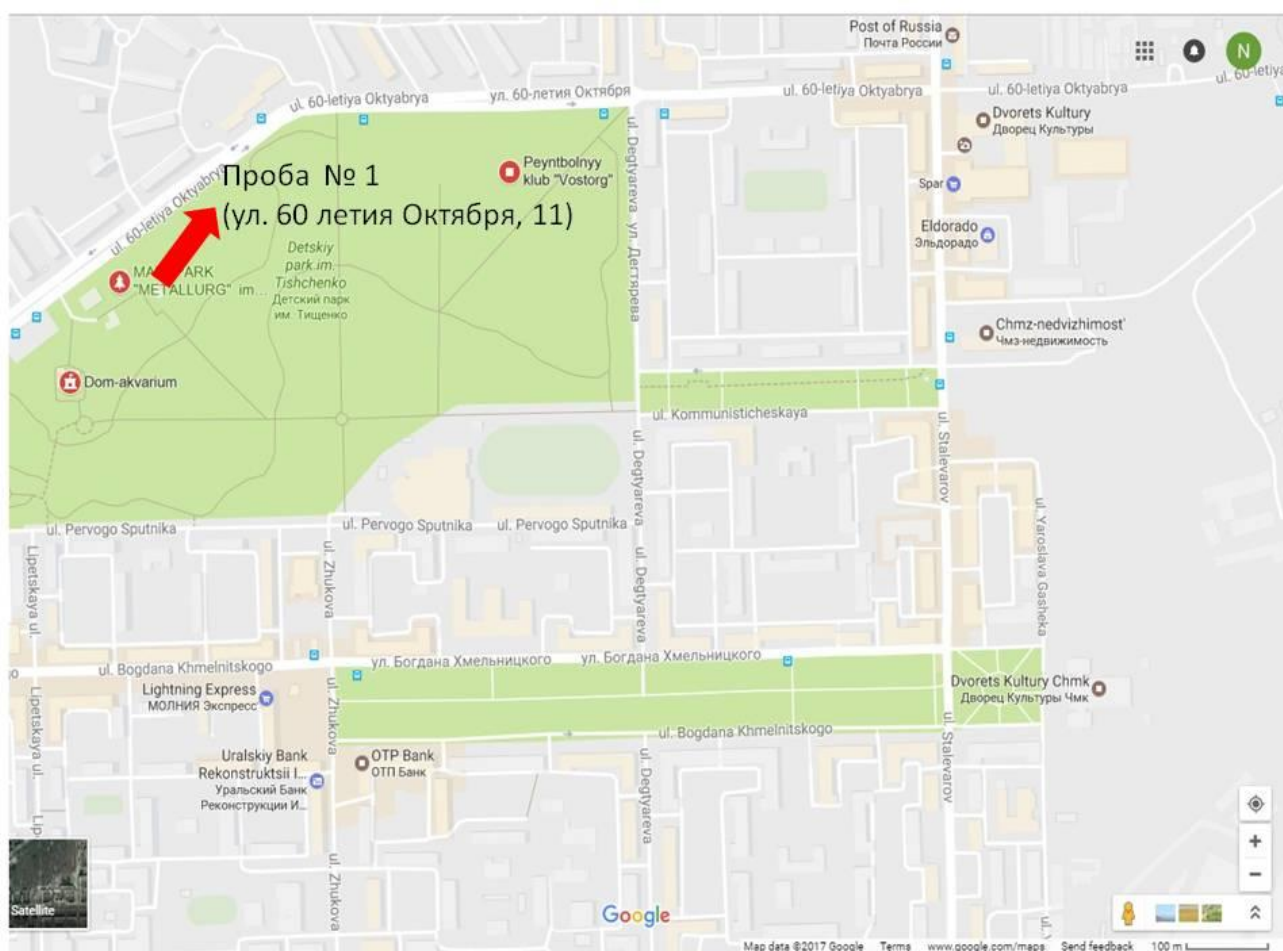
18. Новиков, А.В. Исследование воздействия антропогенного загрязнения среды с помощью растительных тест-объектов [Текст] / А.В. Новиков, М.Ф. Козак, Ю.С. Чуйков, Е.В. Щепетова, Ю.Дубровин, Г. Екимова, А. Матвеева. // Астраханский вестник экологического образования. – 2008. – №1-2. – С.24-31.
19. Орлов, Д.С. Экология и охрана биосфера при химическом загрязнении: Учебное пособие для химико-технологических и биологически специализированных ВУЗов [Текст] / Д.С. Орлова. – М.: Высшая школа, 2002. – 334с.
20. Сайт Библиотеки гостов и нормативов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/8/8936/, свободный. – Загл. с экрана.
21. Сайт Методика работы с документами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://univer.nuczu.edu.ua/tmp_metod/658/Yadov.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
22. Сайт Министерства экологии Челябинской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mineco174.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
23. Сайт Онлайн карты Google Maps [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.google.ru/maps>, свободный. – Загл. с экрана.
24. Сайт Челябинский обзор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ob-zor.ru/news/ekonomist-sergey-gordeev-zayavil-cto-ekologicheskie-riski-stroitelstva-gok-ryadom-s-gorodom-s>, свободный. – Загл. с экрана.
25. Сайт ОАО «ЧМК» (Мечел) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mechel.ru/sector/steel/cmк>, свободный. – Загл. с экрана.
26. Сайт ОАО «ЧЭМК» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chemk.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
27. Сайт ОАО «ЧЭЦЗ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zinc.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

28. Скачкова, С.А. Эколого-экономические аспекты повышения качества среды урбанизированных территорий [Текст] / С.А. Скачкова. – Волгоград : ВГУ, 2002. – 150с.
29. Строгонова, М.Н. Городские почвы: генезис, классификация, функции. Почва, город, экология [Текст] / М.Н. Строгонова, А.Д. Мягкова. – М.: Мир, 1997. – 188с.
30. Трифонова, Т.А. Оценка экологической компоненты в кадастре земель урбанизированных территорий [Текст] / Т.А. Трифонова, А.Н. Краснощеков // Arcswiew. – 2008. – № 4. – С.1718.
31. Трифонова, Т.А. Эколого-геохимический анализ загрязнения ландшафтов [Текст] / Т.А. Трифонова, Л.А. Ширкина, Н.В. Селиванова. – Владимир.: ООО «Владимир Полиграф», 2007. – 170с.
32. Федорец, Н.Г. Методика исследования почв урбанизированных территорий [Текст] / Н.Г. Федорец, М.В. Медведев. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. – 84с.
33. Федоров, А.А. Экологическое состояние почв как одно из направлений аллелопатических исследований [Текст] / А.А. Федоров, И.Ш. Малогулова. // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 8. – С. 32-33.
34. Челябинская область. Атлас / под ред. проф. В.В. Латышина. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Челябинск : АБРИС, 2012. – 32 с.
35. Шаврак, Е.И. Природный каркас урбанизированных территорий и его роль в обеспечении экологической устойчивости урбоэкосистем [Текст] / Е. И. Шаврак, С. А. Богоровская. – Новочеркасск : НвГУ, 2011. – 179с.
36. Ясовеев, М.Г. Экология урбанизированных территорий: Учеб. пособие [Текст] / М. Г. Ясовеев, Н. Л. Стреха, Д. А. Пацыкайлик. – Минск: Новое знание : ИНФРА-М, 2015. – 292с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Карта отбора проб
(Google Maps, 2017)

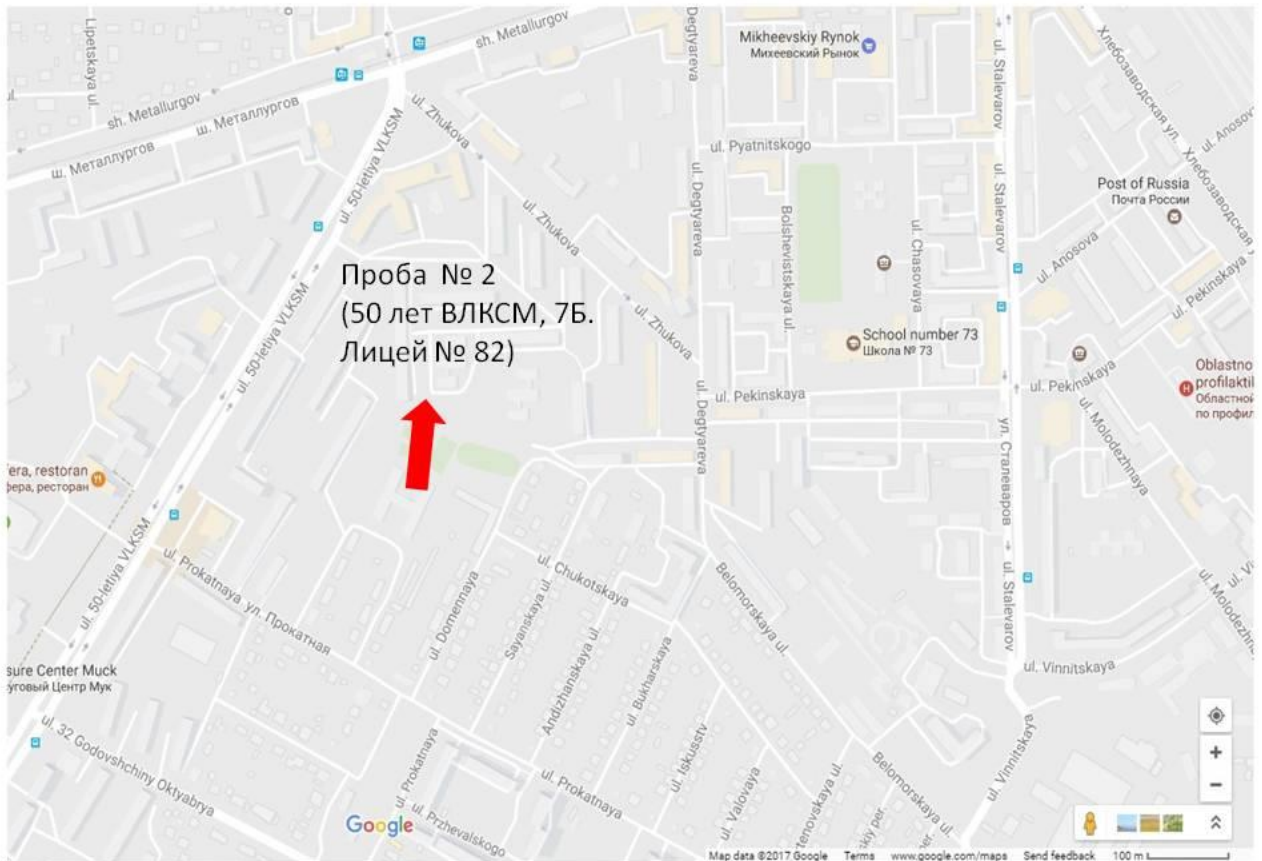


Масштаб 1:100м

<https://www.google.ru/maps/@55.2723759,61.4041615,16z?hl=en>

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Карта отбора проб
(Google Maps, 2017)

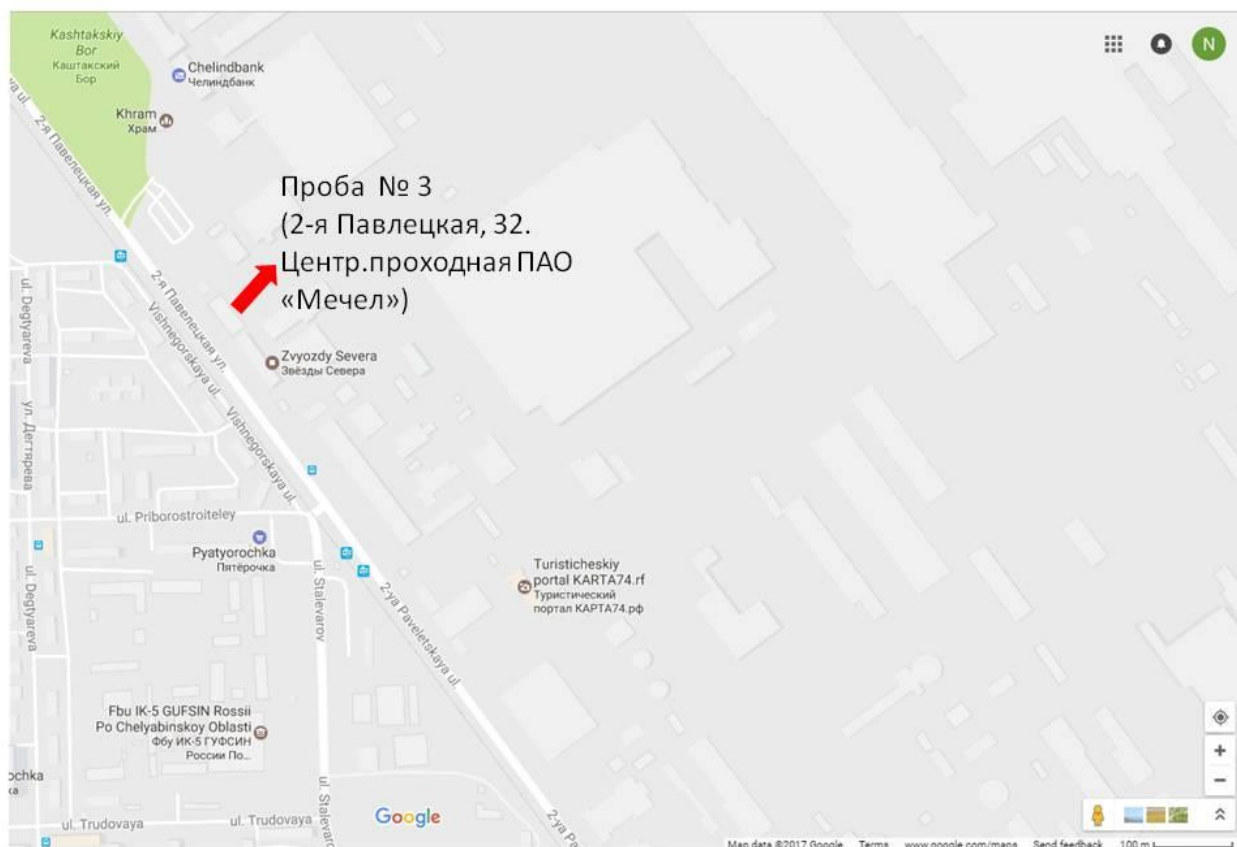


Масштаб 1:100м

<https://www.google.ru/maps/@55.2723759,61.4041615,16z?hl=en>

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Карта отбора проб
(Google Maps, 2017)



Масштаб 1:100м

<https://www.google.ru/maps/@55.2723759,61.4041615,16z?hl=en>

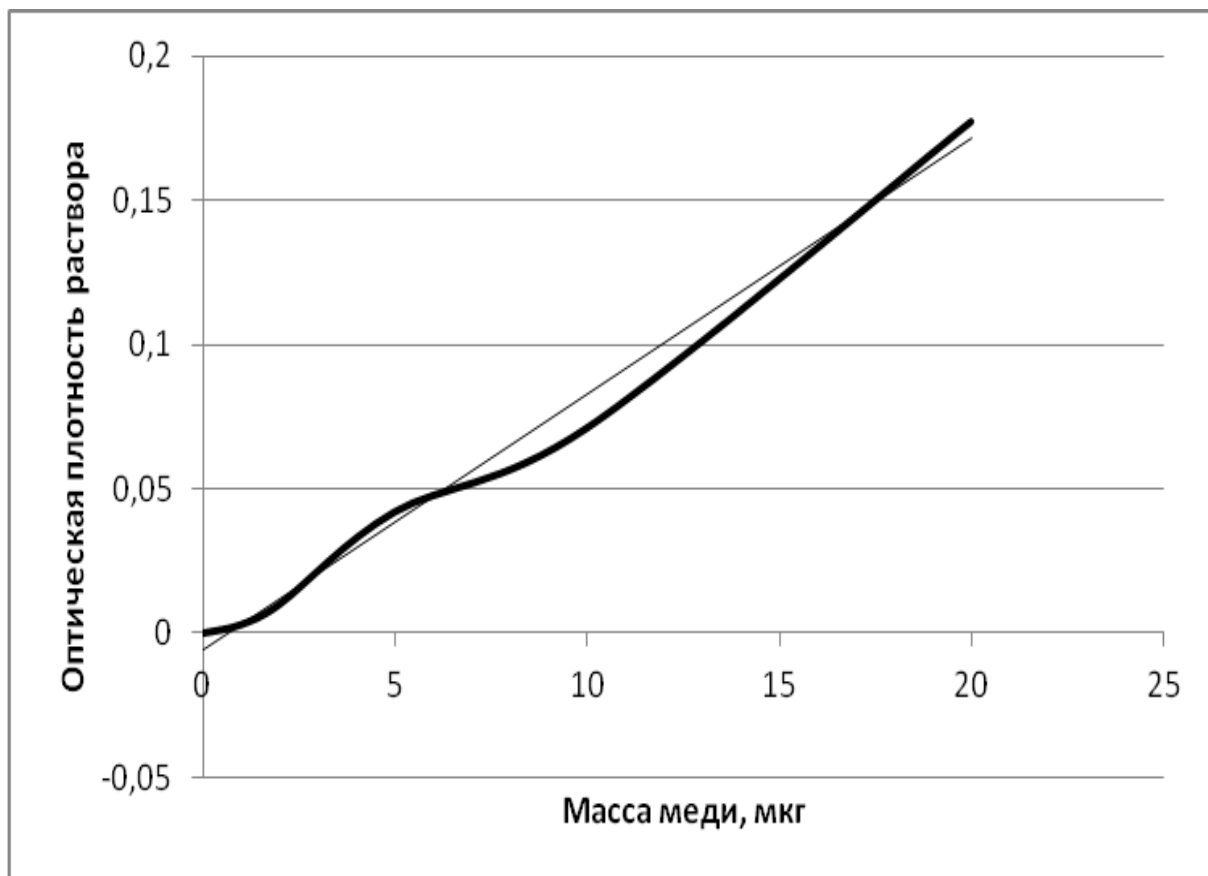
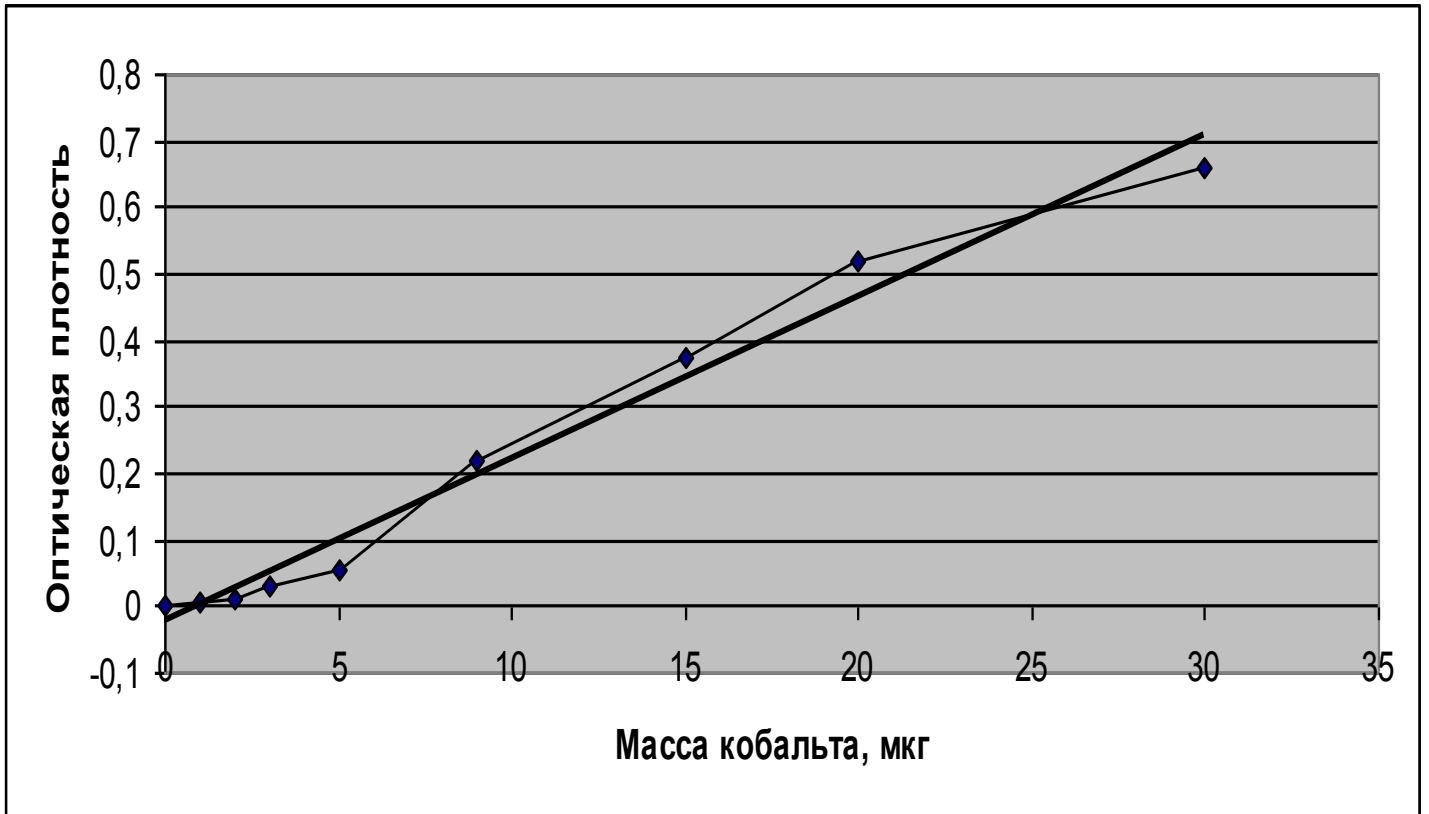
ПРИЛОЖЕНИЕ 5

График зависимости оптической плотности раствора от содержания меди

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

График зависимости оптической плотности раствора от содержания



кобальта