



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование»

ООП/ОПОП Экологический инжиниринг и устойчивое развитие

Отделение школы (НОЦ) Отделение геологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
<i>Геоэкологические проблемы в районе расположения ЗАО «Карабаимедь» (Челябинская область)</i>

УДК 502.52:669.3.013(470.55)

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Козлов Алексей Эдуардович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Иванов Андрей Юрьевич	д.г.-м.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	к. т. н., доцент		

Консультант-лингвист

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Болсуновская Людмила Михайловна	к. ф. н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Барановская Наталья Владимировна	д.б.н., доцент		

Томск – 2023 г.



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСОВОЕНИЯ ООП

05.04.06 «Экология и природопользование»

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции университета	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (ых) языках (ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать философские концепции и методологию научного познания при изучении различных уровней организации материи, пространства и времени
ОПК(У)-2	Способен использовать специальные и новые разделы экологии, геоэкологии и природопользования при решении научно-исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способен применять экологические методы исследований для решения научно-исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен применять нормативные правовые акты в сфере экологии и природопользования, нормы профессиональной этики
ОПК(У)-5	Способен решать задачи профессиональной деятельности в области экологии, природопользования и охраны природы с использованием информационно коммуникационных, в том числе геоинформационных технологий
ОПК(У)-6	Способен проектировать, представлять, защищать и распространять результаты своей профессиональной деятельности, в том числе научно-исследовательской
Профессиональные компетенции	

ПК(У)-1	Способность анализировать работу природоохранных объектов, очистных и защитных сооружений организации с точки зрения соответствия требованиям нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды
ПК(У)-2	Способность контролировать состояние окружающей среды в районе расположения организации в соответствии с требованиями нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды
ПК(У)-3	Владеть основами проектирования, экспертно – аналитической деятельности и выполнения исследований с использованием современных подходов и методов, аппаратуры и вычислительных комплексов
ПК(У)-4	Способность использовать современные методы обработки и интерпретации экологической информации при проведении научных и производственных исследований
ПК(У)-5	Способность разрабатывать типовые природоохранные мероприятия и проводить оценку воздействия планируемых сооружений или иных форм хозяйственной деятельности на окружающую среду
ПК(У)-6	Способность диагностировать проблемы охраны природы, разрабатывать практические рекомендации по ее охране и обеспечению устойчивого
ПК(У)-7	Способность использовать в своей деятельности элементы системы экологического менеджмента
ПК(У)-8	Владеть теоретическими знаниями и практическими навыками для педагогической работы в образовательных организациях, уметь грамотно осуществлять учебно – методическую деятельность по планированию экологического образования и образования для устойчивого развития



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование»

Уровень образования магистратура

Отделение школы (НОЦ) Отделение геологии

Период выполнения (весенний семестр 2022 / 2023 учебного года)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
2ГМ11	Козлов Алексей Эдуардович

Тема работы:

<i>Геоэкологические проблемы в районе расположения ЗАО «Карабашмедь» (Челябинская область)</i>
--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
28.02.2023	Глава 1. Административно-географическая и природно-климатическая характеристика района расположения ЗАО «Карабашмедь»	10
20.03.2023	Глава 2. Геоэкологическая характеристика района исследования	10
28.03.2023	Глава 3. Методика исследования	10
10.04.2023	Глава 4. Результаты обработки данных по пробам твердой фазы снега	20
20.04.2023	Глава 5. Результаты обработки данных по пробам почвы и донных отложений	20
30.04.2023	Глава 6. Латеральная изменчивость содержания элементов в точках отбора проб почвы и донных отложений.	10
15.05.2023	Глава 7. Социальная ответственность	10
01.05.2023	Глава 8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Иванов А.Ю.	к.г.-м.н., доцент		29.05.23

СОГЛАСОВАНО:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Барановская Н.В.	д.б.н., доцент		29.05.23

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Козлов Алексей Эдуардович		29.05.23



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 05.04.06 «Экология и природопользование»
Отделение школы (НОЦ) отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Барановская Н.В.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
2ГМ11	Козлов Алексей Эдуардович

Тема работы:

<i>Геоэкологические проблемы в районе расположения ЗАО «Карабашмедь» (Челябинская область)</i>	
<i>Утверждена приказом директора (дата, номер)</i>	<i>От 30.01.2023 № 30 91/с</i>

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Материалы научно-исследовательской работы и производственной практики</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Введение Глава 1. Административно-географическая и природно-климатическая характеристика района расположения ЗАО «Карабашмедь» Глава 2. Геоэкологическая характеристика района исследования Глава 3. Методика исследования Глава 4. Результаты обработки данных по пробам твердой фазы снега Глава 5. Результаты обработки данных по пробам почвы и донных отложений</p>

	Глава 6. Латеральная изменчивость содержаний элементов в точках отбора проб почвы и донных отложений. Глава 7. Социальная ответственность Глава 8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Заключение Список использованных источников
--	--

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Фото и энергодисперсионные спектры, полученные с помощью электронного микроскопа; 2. Фото природных и техногенных частиц, 3. Карты-схемы отбора проб; 4. Карты-схемы распределения химических элементов на исследуемых территориях; 5. Таблицы и диаграммы эколого-геохимических показателей
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы *(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович
Английский язык (Приложение А)	Болсуновская Людмила Михайловна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Environmental pollution by copper smelters - methods of its research and ways of reclamation

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	31.01.2023
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Иванов А.Ю.	к.г.-м.н., доцент		31.03.23

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Козлов Алексей Эдуардович		31.03.23

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
2ГМ11		Козлов Алексей Эдуардович	
Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделение Геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	05.04.06 Экология и природопользование

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации

Объект исследования: твердая фаза снегового покрова, донные отложения, почва, которые были отобраны в г. Карабаш (Челябинская область) и окрестностях. Всего на исследуемой территории отобрано: 4 пробы твердой фазы снегового покрова на 4 точках, 18 проб почвы на 9 точках, 16 проб донных отложений на 9 точках.

Цель: изучение негативного влияния на окружающую среду деятельности медеплавильного завода.

Область применения: изучение минералогического, вещественного, элементного состава проб твердой фазы снегового покрова, донных отложений и почвывзятых на исследуемой территории.

Рабочая зона: полевой пробоотбор, лаборатория, офис.

Климатическая зона полевых работ: от +17 (летом) до -14 °С (зимой).

Количество и наименование оборудования рабочей зоны: пробы проанализированы ИНАА (инструментальной нейтронной активации), сканирующим электронным микроскопом с энерго-дисперсионной приставкой, дифрактометром, ртутным анализатором.

Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществлялись в рабочей зоне учебного компьютерного класса (аудитория № 539.) отделении геологии на пятом этаже 20 корпуса ТПУ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения/при эксплуатации:

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

1. СП 2.2.3670-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда";
2. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.03.2023);
3. Федеральный закон от 28.12.2013 г. №426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» (изменениями на 28 декабря 2022 года)

2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации:

- Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов
- Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора

Вредные факторы: отклонение параметров микроклимата на открытом воздухе и в помещении, тяжесть физического труда, недостаточная освещенность рабочей зоны, электромагнитное излучение, повышенный уровень шума.

Опасные факторы: травмы при пересечении местности, поражение электрическим током, пожароопасность.

Средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: спецодежда, соблюдение правил безопасности и др.

<p>3. Экологическая безопасность <u>при разработке проектного решения/при эксплуатации</u></p>	<p>Опасность для окружающей среды во время исследовательской деятельности отсутствует.</p> <p>Воздействие на литосферу: изъятие почвенного покрова на глубину до 30 см, образование бытового мусора (бумага, мусор от уборки помещений, алюминиевая фольга), излучение радиоактивных элементов от облученных проб при анализе методом ИНАА (инструментальной нейтронной активации).</p> <p>Воздействие на гидросферу: изъятие донных отложений на глубину до 30 см.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях <u>при разработке проектного решения/при эксплуатации</u></p>	<p>Объект исследований не инициирует чрезвычайных ситуаций.</p> <p>Возможные ЧС: пожар в здании, непредвиденное обрушение здания.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар. Приведены меры по предотвращению пожаров, а также сбоев оборудования.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику 30.01.2023</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	Кандидат технических наук		30.01.23

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Козлов Алексей Эдуардович		30.01.23

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Обучающемуся:

Группа	ФИО
2ГМ11	Козлов Алексей Эдуардович

Школа	ИШПР	Отделение	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	05.04.06 Экология и природопользование

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Эколого-геохимическая оценка территории в зоне воздействия медеплавильного завода по данным изучения твердого осадка снега, почвенного покрова и донных отложений (г. Карабаш и окрестности, Челябинская область)	Работа с научной литературой, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив разработки проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование и формирование бюджета разработки	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности разработки	Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет проекта
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

30.01.2023

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		30.01.2023

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Козлов Алексей Эдуардович		30.01.2023

Реферат

Выпускная квалификационная работа объемом 185 с., проиллюстрирована 42 рисунками, 48 таблицами. Список литературы составляет 39 источника, из них 31 отечественный, 8 зарубежных.

Ключевые слова: почвенный покров, донные отложения, вертикальные колонки распределения элементов, медеплавильный завод.

Объектом исследования являются район расположения Карабашского медеплавильного завода. Предмет изучения – твердая фаза снега, почва, донные отложения.

Цель работы – изучение геоэкологических проблем на территории влияния Карабашского медеплавильного завода на основе изучения снегового покрова, почв и донных отложений.

В процессе исследования проводится обзор литературы об экологических проблемах в районе расположения Карабашского медеплавильного завода, исследование 16 проб почвы, 1 пробы шлака, 1 пробы шлама, 16 проб донных отложений методом инструментального нейтронно-активационного анализа, 34 пробы атомно-абсорбционным методом пиролиза, 5 проб (4 пробы почвы и 1 проба донных отложений) рентгенофазовым методом, 2 пробы электронным микроскопом, анализ пространственного распределения пылевой нагрузки, статистический анализ эколого-геохимических данных, сравнительный анализ геохимических и минерально-вещественных особенностей почвы и донных отложений для определения общих и специфичных индикаторов воздействия завода.

По результатам исследования определены данные по величине пылевой нагрузки, элементному и минеральному составу проб почвы и донных отложений позволяют определить дальность переноса выбросов медеплавильного производства, глубину проникновения поллютантов в почвенный покров и донные отложения и возможные источники их поступления. Результаты данного исследования могут быть использованы природоохранными организациями Челябинской области, а также

исследуемыми предприятиями для оценки воздействия производственной деятельности на окружающую среду и планирования и принятия мер для улучшения состояния ОС.

Степень внедрения: в период с 2021 по 2023 гг.

Экономическая эффективность/значимость работы: оценка экономической целесообразности и выгоды не является целью научного исследования. Значимость работы заключается в проведении эколого-геохимической оценки исследуемых территорий, проведении сравнительного анализа полученных результатов, оценке воздействия медеплавильных заводов на окружающую среду.

Содержание

1. Административно-географическая и природно-климатическая характеристика района расположения ЗАО «Карабашмедь».....	18
1.1. Административно-географическое положение г. Карабаш (Челябинская область)	18
1.2. Природно-климатическая характеристика исследуемой территории.	19
1.3. Гидрогеологические, гидрологические и геоэкологические условия водных объектов г. Карабаш	21
2. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	26
2.1. Характеристика медеплавильного завода г. Карабаш	26
2.2. Общая характеристика производства как объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду	34
3. Методика исследования.....	37
3.1. Пробоотбор и подготовка проб снегового покрова	37
3.1.1. Пробоотбор проб снегового покрова.....	37
3.1.2. Подготовка проб снегового покрова.....	38
3.1.4. Методика обработки данных анализа твердого осадка снегового покрова	40
3.2. Пробоотбор и подготовка проб почв и донных отложений	41
3.2.1. Район отбора проб почвы и донных отложений	41
3.2.2. Отбор и подготовка проб почвенного покрова	42
3.2.3. Отбор и подготовка проб донных отложений.....	43
4. Результаты обработки данных по пробам твердой фазы снега.....	48
4.1. Исследование уровня пылевой нагрузки.....	48

4.2.	Геохимическая характеристика твердого осадка снегового покрова .	49
5.	Результаты обработки данных по пробам почвы и донных отложений	51
5.1.	Статистическая обработка результатов элементного состава почв и донных отложений по данным ИНАА	51
5.2.	Минеральный состав почв и донных отложений района исследований	70
5.3.	Распределение элементов в вертикальных колонках донных отложений и почвы	80
5.3.1.	Распределение микроэлементов в профиле почвы	80
5.3.2.	Распределение микроэлементов в вертикальных колонках донных отложений.....	91
6.	Латеральная изменчивость содержаний элементов в точках отбора проб почвы и донных отложений	99
7.	Социальная ответственность	109
7.1.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .	110
7.2.	Профессиональная социальная безопасность	113
7.3.	Экологическая безопасность	123
7.4.	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	124
8.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	127
8.1.	Предпроектный анализ	127
8.2.	Инициация проекта	136
8.3.	Планирование управления научно-техническим проектом.....	138
8.4.	Бюджет научного исследования.....	142

8.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности.....	150
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	160
Список использованных источников	164
Приложение А	171

Введение

Одним из источников загрязнения окружающей среды является медеплавильная промышленность. Согласно Постановлению Правительства РФ №2398 от 31.12.2020 предприятия производства цветных металлов из руды, концентратов или вторичного сырья (с помощью металлургических, химических или электролитических процессов) отнесены к объектам первой категории, оказывающим значительное негативное воздействие на окружающую среду и относящимся к областям применения наилучших доступных технологий [47]. На территории г. Карабаш расположен крупный медеплавильный завод, годовая мощность производства черновой меди которого составляет мощностью до 176 тыс. тонн в год и анодной меди до 275 075 тыс. тонн в год [24]. При производстве, в воздух выделяется большое количество загрязняющих веществ, а образующиеся отходы производства (в том числе давно образованные, и хранящиеся в различных частях как промплощадки, так и города). Взвешенные частицы, поступающие в окружающую среду с выбросами медеплавильных предприятий, могут оказывать воздействие на состояние компонентов природной среды, осаждаться на почвенном покрове, попадать в дыхательные пути человека и вызывать различные заболевания [16].

Использование почвенного покрова и донных отложений в качестве природного накопителя техногенных поллютантов позволяет получить информацию о распределении элементов в вертикальных колонках почв и донных отложений, информацию о пространственном распределении вещества на исследуемой территории.

Цель работы – изучение геоэкологических проблем на территории влияния Карабашского медеплавильного завода на основе изучения снегового покрова, почв и донных отложений.

Задачи исследований:

1. Провести литературный обзор общей и геоэкологической характеристики г. Карабаш (Челябинская область), медеплавильного завода.
2. Осуществить отбор и подготовку проб твердой фазы снегового покрова, почвы и донных отложений в зоне воздействия медеплавильного производства.
3. Установить степень пылевого загрязнения на территории исследования.
4. Определить уровень накопления химических элементов в твердой фазе снегового покрова.
5. Определить минерально-вещественный состав проб почвы и донных отложений.
6. Определить уровень накопления химических элементов в почвах и донных отложениях.
7. Изучить особенности вертикального и латерального распределения химических элементов в почвах и донных осадках района исследований.
8. Оценить роль техногенного фактора в формировании геохимической ситуации в почвах и донных отложениях района воздействия Карабашского медеплавильного завода.

Фактический материал и методы исследования

В данной работе представлены результаты исследований, которые были проведены автором совместно с сотрудниками отделения геологии ИШПР. Личный вклад автора заключается в отборе 4 проб твердого осадка снегового покрова, 16 проб почв, 1 пробы шлака, 1 пробы шлама и 16 проб донных отложений, в подготовке проб для аналитического исследования элементного состава проб, в измерении содержания ртути в 34 пробах почв и донных отложений методом атомно-адсорбционного пиролиза, в изучении 2 проб с помощью электронной микроскопии – на сканирующем микроскопе Hitachi S-3400N с энергодисперсионной приставкой Bruker XFlash 4010, 5 проб методом

рентгенофазового анализа (дифрактометр Bruker D2 Phaser) анализе эколого-геохимических данных, включающие расчет показателей, построение карт-схем в ПО Surfer, статистическую обработку в ПО Statistica.

Практическая значимость работы

Данные по величине пылевой нагрузки, элементному и минеральному составу проб почвы и донных отложений позволяют определить дальность переноса выбросов медеплавильного производства, глубину проникновения поллютантов в почвенный покров и донные отложения и возможные источники их поступления. Результаты данного исследования могут быть использованы природоохранными организациями Челябинской области, а также исследуемыми предприятиями для оценки воздействия производственной деятельности на окружающую среду и планирования и принятия мер для улучшения состояния ОС.

Благодарности

Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю, к.г.-м.н., доценту отделения геологии ИШПР Иванову А. Ю. за тесное сотрудничество, поддержку, терпение, понимание и оказание помощи в написании выпускной квалификационной работы и в процессе занятия научной деятельностью. Автор выражает признательность к.г.-м.н., ассистенту Ильенку С.С., к.г.-м.н., доценту ОГ Соктоеву Б.Р за помощь и консультирование во время изучения проб на сканирующем электронном сканирующем микроскопе и рентгеновском дифрактометре, к.х.н., доценту ОГ Осиповой Н.А. и к.г.-м.н., с.н.с. ИМКЭС СО РАН Ляпиной Е.Е. за помощь во время проведения измерений на ртутном анализаторе, а также инженерам ОГ Судыко А.Ф. и Богутской Л.В. за выполнение инструментального нейтронно-активационного анализа.

1. Административно-географическая и природно-климатическая характеристика района расположения ЗАО «Карабашмедь»

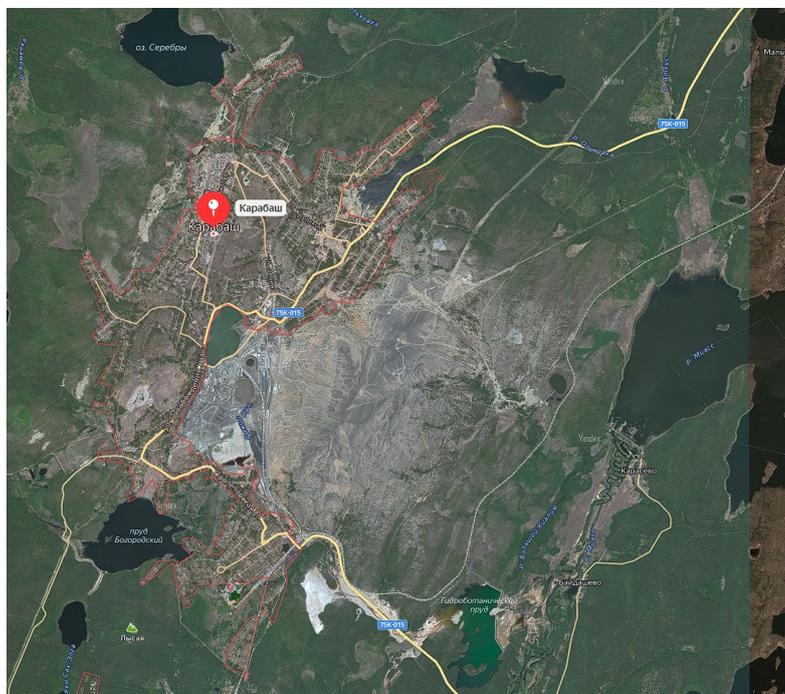
1.1. Административно-географическое положение г. Карабаш (Челябинская область)

Территория города Карабаш находится в Челябинской области, на расстоянии 70 км к северо-западу от областного центра – г. Челябинска. Географические координаты центральной части города располагаются на $55,469931^{\circ}$ ($55^{\circ}28'12''$) - северной широты, $60,202990^{\circ}$ ($60^{\circ}12'11''$) - восточной долготы.

Город Карабаш, Расположенный в Челябинской области был основан в начале 19 века, с названием Соймановский поселок. Изначально местность использовалась для добычи россыпного золота, однако после обнаружения медных руд на территории Соймановской долины, в 1910 г. был создан медеплавильный завод, который продолжал увеличивать свои производственные мощности вплоть до 1989 года [8].



А)



Б)

Рисунок 1.1 — Обзорная схема расположения: А) Карабашского городского округа на территории Челябинской области

(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Outline_map_of_Chelyabinsk_Oblast_OSM.svg – с примечаниями автора); Б) космоснимок расположения г. Карабаш (<https://yandex.ru/maps/geo/karabash/> – с примечаниями автора)

Карабаш временами поставлял до половины всей меди в России. В начале 20 века были разработаны технологии комплексной переработки полиметаллических руд с целью извлечения цинка, свинца и драгоценных металлов, что привело к значительному увеличению объемов переработки руды.

До 1998 года градообразующим предприятием был Карабашский медеплавильный завод, который производил до 2,31 тыс. тонн медных сплавов, до 1,77 тыс. тонн медного штейна и около 15 млн тонн гранулированного шлака на год. На сегодняшний день основным источником загрязнения окружающей среды является ЗАО "Карабашмедь", дополнительно загрязняющее природу, как и другие предприятия, такие как ОАО "Октябрь", лесозаготовительная компания "СУ-6" и Карабашское ДРСУ [6].

1.2. Природно-климатическая характеристика исследуемой территории

Город расположен в Тагильско-Магнитогорском прогибе на восточных склонах Уральского хребта. Местность характеризуется метаморфизованными породами среднего палеозоя, содержащими рудопроявления полиметаллических руд и залежи угля. Карабаш расположен в междуречье рек Аткус, Сак-Элга и Большой Киалим. Рельеф представляет холмистую равнину на восточном склоне уральского хребта, с амплитудой от 310 м до 612 м.

Климат местности умеренно континентальный, средняя температура в январе колеблется от -13 до -15 градусов по Цельсию, а в июле - от 18 до 20 градусов по Цельсию. Годовое количество осадков составляет около 400 мм, с максимумом в теплое время года, гидротермический коэффициент, как

правило, не превышает единицы. Зимой количество осадков резко уменьшается. В тёплую половину года выпадает 75-78% годовой суммы осадков. Высокое количество осадков в тёплый сезон объясняется усилением циклонической циркуляции и увеличением влагосодержания в летний сезон, малое количество в холодный период (ноябрь-март) связано с усилением влияния Азиатского максимума при уменьшении содержания влаги в холодном воздухе. Зимой на территории наблюдается инверсия температуры.

Продолжительность активной вегетации в районе исследования превышает 135 дней и начинается, как правило, в период с 2 по 8 мая и заканчивается 14-18 сентября. За этот период сумма эффективных температур колеблется в пределах 2100-2300°C. Амплитуда средних месячных температур за год составляет 35-36°C, а среднее количество пасмурных дней за год находится в пределах 90-100.

Разброс средней высоты снегового покрова составляет от 25 до 45 см, Устойчивый снежный покров устанавливается в первой-второй декаде ноября, сходит во второй половине апреля. Снежный покров характеризуется неравномерным распределением по территории вследствие перепадов рельефа, и переменного наличия почвенного покрова. Почвы промерзают неглубоко, на 1-1,5 метра, на открытой местности – 2 метра многолетняя мерзлота на территории отсутствует. Средняя продолжительность устойчивого снежного покрова составляет 6-8 месяцев, или 150 – 190 дней. В общей сумме осадков влага от снега составляет около 25% [6].

Среднегодовая скорость ветра составляет 3,5 м/с, преобладающие направления ветров составляют (роза ветров представлена на рисунке 1.2.):

Северные - 9%; Северо-восточные - 5%; Восточные - 5%; Юго-восточные - 5%; Южные - 21%; Юго-западные - 18%; Западные - 16%; Северо-западные - 21% [23].



Рисунок 1.2 – Роза ветров в г. Карабаш [23]

Участок, рассматриваемый в настоящей работе, не относится к особо охраняемым природным территориям.

1.3. Гидрогеологические, гидрологические и геоэкологические условия водных объектов г. Карабаш

Снеговые воды являются основным источником питания рек области, на их долю приходится 65-70% всего стока. Соотношение между поверхностной и подземной составляющими речного стока меняется в зависимости от сезона. Весной он составляет 90 % на 10 %, летом и осенью 50 % на 50 %, а зимой 100 % стока приходится на подземную составляющую. Весеннее половодье обычно начинается во второй декаде апреля и продолжается 25-30 дней. В этот период подъем уровня в малых водотоках обычно не превышает 1 м при интенсивности 10–15 см/сут. В период летне-осенней межени обычно наблюдается от 1 до 3 дождевых паводков, а в дождливые годы их количество увеличивается до 4-6. В этом районе часты ливни, при этом слой осадков за ливень обычно не превышает 10 мм. Ливни со слоем осадков более 10 мм за сезон бывают от 4 до 7 раз, при этом ливни со слоем осадков менее 10 мм обычно кратковременны, а со слоем осадков более 10 мм делятся от 3 до 9 раз. Интенсивность дождя может достигать 5-7 мм/мин и более, но повторяемость таких ливней не превышает 3%. В 40-60% случаев

интенсивность дождей составляет около 0,4 мм/мин. Распределение речного стока в течение года относительно равномерное, хотя условия его формирования не очень благоприятны, а коэффициент стока не превышает 0,30.

Густота речной сети на горном Урале уменьшается с запада на восток и зависит от условий увлажнения территории и водопроницаемости пород водосбора. Реки восточного склона текут преимущественно в широтном направлении и имеют широкие долины с низкими, часто заболоченными берегами. В русловом типе процесса преобладает ограниченная меандрирование. Все реки области относятся к типу рек с ярко выраженным весенним половодьем, летне-осенней меженью, прерываемой дождевыми паводками, и устойчивой продолжительной зимней меженью [6].

Характеристика подземных и поверхностных вод в городе Карабаш

Поверхностные воды в г. Карабаше, в частности реки Сак-Элга и Актус, подвержены загрязнению от осадконакопления и инфильтрации выбросов в атмосферу, прямой инфильтрации из техногенных отложений, самосброса, откачки из существующих и заброшенных горных выработок, а также бытовые сточные воды. Это привело к высокому уровню загрязнения поверхностных вод в г. Карабаш, характеристика состояния поверхностных вод Карабаша определяется как зона экологического бедствия, делая эти воды непригодными для любого использования.

Подземные воды из первого и второго водоносных горизонтов с поверхности ранее использовались для водоснабжения, но их качество снизилось из-за высокого уровня общей минерализации, сульфатов, железа, цинка и меди, с высокими уровнями ПДК, превышающими от 3-4 до 100- 115 раз. Это делает подземные воды города непригодными для хозяйственно-питьевого водоснабжения и лишь ограниченно пригодными для технического использования.

Основными источниками загрязнения подземных вод, особенно второго горизонта от поверхности, являются стоки шахт. В результате водоснабжение города приходится обеспечивать за счет удаленных поверхностных источников воды, таких как озеро Серебры и Киалимское водохранилище, расположенных за пределами зоны опустынивания Карабаша. Эти источники по-прежнему соответствуют действующим гигиеническим нормативам по химическим и бактериологическим показателям [6].

Характеристика водных объектов бассейна реки Сак-Элга

Река Сак-Элга берет начало с восточных отрогов Юрминского хребта, в 7 км западнее Карабашского завода, и протекает на протяжении 19 км. Река обходит город Карабаш с южной стороны и принимает на этом участке воды реки Серебрянки и Рыжего ручья. Богородский и Карабашский пруды, расположенные на притоке реки Сак-Элга - реке Серебрянка, частично регулируют сток реки. Однако река подвержена значительной антропогенной нагрузке за счет сточных вод промышленных предприятий и бытовых источников, что приводит к ее гибели в низовьях после впадения в нее ручья Рыжий.

Речная сеть района относится к бассейну Карского моря (р. Тобол), при этом густота речной сети на территории горного Урала уменьшается с запада на восток. Реки восточного склона текут преимущественно в широтном направлении и имеют широкие низкие, часто заболоченные берега. В питании рек преобладают снеговые воды, на долю которых приходится 65-70% всего стока. Распределение речного стока в течение года относительно равномерное, хотя условия его формирования в районе не очень благоприятны.

Река Сак-Элга протекает по узкой долине с галечным руслом шириной 2—3 м и глубиной 0,2—0,3 м на первых 4—5 км своего течения. Затем он перекрыт плотиной Богородского пруда на расстоянии 13 км от истока. Река принимает большое количество мелких и средних притоков, из которых наиболее крупным является река Серебрянка, которая соединяется с ней слева Богородским прудом.

Река сильно загрязнена из-за сброса сточных вод из бытовых и промышленных источников в г. Карабаше. По химическому составу реку можно разделить на два участка: верхний и нижний. Верхняя часть относительно стабильна, с большинством элементов в пределах культурных и общественных целей. Нижний участок течения реки существенно отличается по химическому составу и количеству от верхнего из-за поступления загрязняющих веществ с водосбора ручья Рыжий, городских очистных сооружений, хвостохранилищ, а также неорганизованного хранилища сульфидно-силикатных хвостов в пойме реки. Уровень pH в нижнем створе свидетельствует о кислой среде в период снеготаяния и разрушения льда на ручье Рыжем [6].

Характеристика реки Рыжий ручей

Ручей Рыжий и его водораздел расположены в зоне, подверженной антропогенному воздействию, рельеф местности нарушен. Истоки ручья Рыжего предположительно находятся в пределах западного склона Собачьих гор, где проходят русла временных водотоков. После пересечения автодороги Карабаш - Челябинск в западном направлении русло ручья проходит по территории Карабашского медеплавильного завода, где в него поступают ливневые и сточные воды, инфильтрированные через различные шлакоотвалы, а затем течение ручья становится постоянным. Далее ручей протекает за пределами территории завода, проходя вдоль восточного подножия дамбы хвостохранилища №3 и железнодорожных путей в южном направлении. В районе железнодорожного переезда искусственное русло заканчивается, и ручей резко поворачивает на запад в сторону ближайшего линейного понижения. Далее ручей Рыжий впадает в реку Сак-Элга ниже автодороги Карабаш-Миасс, получив временный левобережный приток.

Территория промышленной площадки Карабашского медеплавильного завода является источником загрязнения ручья Рыжий, ливневые стоки и сточные воды также вносят свой вклад в загрязнение ручья. Присутствие загрязняющих веществ в ручье имеет значительные экологические

последствия, включая ухудшение качества воды и нанесение вреда водной флоре и фауне в располагающихся ниже по течению водных объектах. Искусственное русло, по которому ручей выходит за пределы территории завода, также может способствовать загрязнению, так как не является естественным водотоком и не имеет естественных систем фильтрации для удаления загрязняющих веществ.

Водосбор ручья Рыжий расположен в зоне, подверженной высокому техногенному воздействию, а это означает, что деятельность человека оказала значительное влияние на окружающую среду на данной местности. Нарушенный рельеф также может способствовать загрязнению ручья, так как он приводит к эрозии берегов ручья и заилению токсичными донными отложениями водных объектов, расположенных ниже по течению. Присутствие загрязняющих веществ в ручье Рыжий сильно влияет и на реку Сак-Элга, в которую он впадает, что приводит к дальнейшему ухудшению состояния окружающей среды и нанесению вреда водным обитателям и растительности [6].

2. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Характеристика медеплавильного завода г. Карабаш

Акционерное общество «Карабашмедь» включает в себя один объект негативного воздействия - промплощадку «Карабашмедь», расположенную по адресу: 456140, Челябинская область, город Карабаш, улица Освобождения Урала, 27а, является объектом негативного воздействия I категории.

Основным видом деятельности на объекте негативного воздействия «промплощадка «Карабашмедь» является производство черновой меди (код ОКВЭД – 25.44) из концентрата с предварительным обогащением медно-цинковых руд, а также из вторичного медьсодержащего сырья, мощностью до 176 тыс. тонн в год и анодной меди до 275 075 тыс. тонн в год (с 2022 года). Также, на данной промплощадке производится серная кислота - продукт утилизации серноокислых газов медеплавильного производства, медный концентрат и строительный песок - продукты обогащения шлаков. [23 , 48, 49].

Для получения черновой меди используются медные концентраты (АО «Александринская горно-рудная компания», АО «ОРМЕТ», АО «Михеевский ГОК» и др.) и золотосодержащие концентраты, клинкер; медадафинировочный шлак, поступающий с медеэлектролитного завода АО «КМЭЗ»; медесодержащий лом и отходы (Вторцветмет), а также концентраты, полученные на основе обогащения собственных текущих шлаков плавильного комплекса Ausmelt и конвертерного передела. Кроме того, в качестве вспомогательных материалов используют кварциты и известняк, перечень используемых материалов приведен в таблице 2.1.1 [27].

Таблица 2.1.1 – Поступающие материалы [9]

Наименование	Количество (вл.), т/час
Концентрат ОРМЕТ	8,13
Концентрат АГК	7,89
Концентрат ИнвестРазвитие	20,95
Концентрат МГОК	33,91
Концентрат ТГОК	77,94
Медный концентрат УПШТП	11,63

Наименование	Количество (вл.), т/час
Клинкер	2,78
Пыль	4,36
Известняк	5,13
Кварцевый флюс	5,71

Перечень вещественного состава и количество шихты по веществам и суммарно приведен в таблице 2.1.2.

Таблица 2.1.2 – Состав и количество суммарной шихты [9]

Компонент	Масса, т/ч	Содержание, %
Cu	33	20,9
As	0,1	0,07
Pb	0,4	0,23
Zn	0,9	0,55
Fe	35,8	22,11
S	39,3	24,4
O	4,5	2,8
C	1,5	0,9
SiO ₂	25,5	15,9
AlO ₃	6,8	4,3
CaO	4,3	2,6
F в CaF ₂	0,015	0,01
Прочие	8,1	4,9
Итого, СМТ	159,5	100,0
Влага	16,5	9,3
Итого, ВМТ	175,2	

Технологические объекты на промплощадке «Карабашмедь» АО «Карабаш» представляют собой 5 подразделений:

- 1) Metallurgical цех, Шихтарник;
- 2) Metallurgical цех, Участок плавильного комплекса Аузмелт;
- 3) Metallurgical цех, Участок конверторов;
- 4) Metallurgical цех, Анодный передел;
- 5) Обоганительная фабрика.

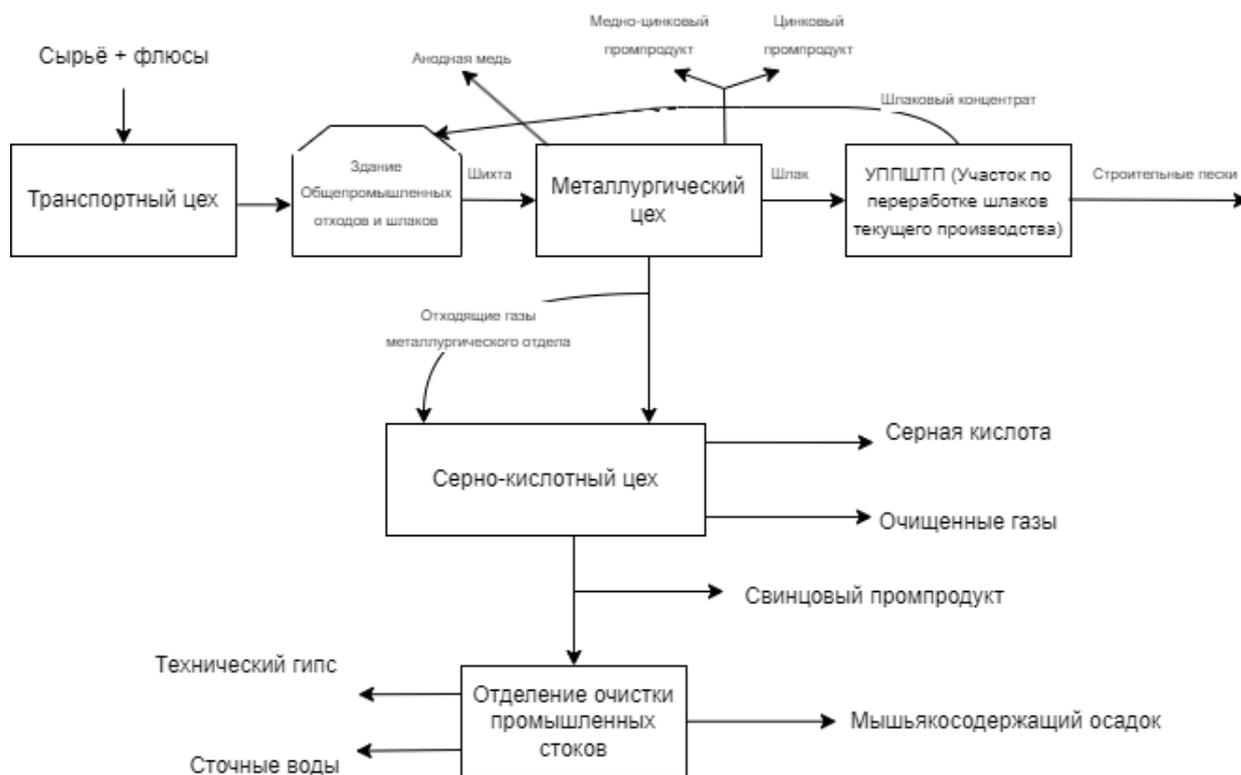


Рисунок 2.1 – Общая технологическая схема химико-металлургического комплекса ЗАО "Карабашмедь" [9]

Металлургический цех, Шихтарник

В процессе подготовки шихты для пирометаллургического производства применяются различные стадии и операции, включающие отделение шихтоподготовки. Оно предназначено для приема сырьевых материалов, набора шихты и транспортировки ее к печи Ausmelt для плавки. В этом отделении применяются помещения - шихтарники. Сырьевые материалы доставляются в закрытый шихтарник №1 в железнодорожных полувагонах, где после проверки на соответствие технической документации осуществляется их разгрузка в заглубленные закрома. Затем они поступают на сборный конвейер через дозаторы-весоизмерители, где количество поступивших материалов на конвейер контролируется путём взвешивания на дозаторах. Шихта с конвейера в узле перегрузки сбрасывается на следующие конвейеры и транспортируется в отделение печи Ausmelt. Кроме того, периодически со склада временного хранения, расположенного в районе ст. Новорудная автотранспортом в шихтарник доставляется увлажненная пыль

уловленная в газоохладителе, БАО, рукавном фильтре анодного отделения. Приготовление шихты производится по оперативному графику, в зависимости от наличия и качества медесодержащих концентратов, флюсов и оборотных материалов.

Металлургический цех, Участок плавильного комплекса Аусмелт

В процессе производства меди используется пирометаллургический метод при помощи печи Ausmelt. Подготовленная шихта из бункеров дозаторами подается на конвейер и далее через систему ленточных конвейеров доставляется в загрузочное отверстие печи Ausmelt со скоростью 178,62 тонн в час. Результатом плавки является шлако-штейновая эмульсия с температурой 1200 °С, которая перетекает через сифон в роторную печь-отстойник KUMERA для разделения на штейн и шлак. Температуру в роторной печи-отстойнике поддерживают газо-воздушные горелки, а дополнительным источником тепловой энергии является природный газ, который подают через фурму одновременно с кислородсодержащим дутьем в ванну расплава [9].

Штейн и шлак выводятся из печи и далее обрабатываются на других участках производства. Часть металлов и их соединений переходит в отходящие газы печи Ausmelt в форме паров, которые улавливаются по мере охлаждения газов и периодически направляются на переработку в отделение подготовки шихты.

В процессе плавки шихты происходят сложные сульфидные реакции, в результате которых пирротин и оксиды железа переходят непосредственно в штейн и шлак соответственно. В ванне также протекают экзотермические реакции с выделением тепла.

Запыленные газы печи Ausmelt охлаждаются через систему газоочистки и направляются в башню адиабатического охлаждения для снижения температуры и улавливания пыли. Пылевынос составляет около 3%. Часть улавливаемой пыли и отходящих газов направляются на переработку в отделение подготовки сырья и шихты.

Шлак после охлаждения на воздухе и поливки водой проходит обработку и используется для восстановления «прутков». Часть шлака также отправляется на участок по переработке шлаков текущего производства.

Таким образом, процесс производства меди включает в себя множество сложных реакций и использует различные технологические процессы для получения необходимых продуктов.

Перед производством серноуксусной кислоты отходящие газы очищаются от тонкой пыли в системе из двух сухих электрофильтров. Очищенные газы направляются на серноуксусное производство. При плавке шихты в печи Ausmelt образуется шлако-штейновый расплав, который разделяется на штейн и шлак в роторной печи-отстойнике KUMERA. Для охлаждения отходящих газов используется газоохладитель и башня адиабатического охлаждения. Для тонкой очистки газов применяются два высокотемпературных электрофильтра. Очищенная тонкая пыль периодически разгружается при помощи герметичных скребковых транспортеров и затаривается в контейнеры в качестве цинкового промпродукта.

Металлургический цех, Участок конвекторов

В процессе плавки в печи Ausmelt полученный медный штейн из РПО передается на конвертирование с помощью мостового крана. В конвертерном отделении установлено 4 горизонтальных конвертера периодического действия компании KUMERA. Процесс конвертирования осуществляется за счёт подачи обогащенного дутья по кислороду, а также анодных материалов. Продуктами конвертирования медных штейнов являются черновая медь, конвертерный шлак, газы и пыль. Очистка аспирационных газов происходит на рукавном фильтре. В процессе конвертирования штейнов происходит два основных периода: в первом периоде происходит окисление железа и обогащение штейна до белого матта, а во втором периоде происходит процесс получения черновой меди из белого матта, при этом происходит перевод серы в газовую фазу [5].

После окончания процесса конвертирования и слива шлака из конвертера, черновая медь сливается в предварительно ошлакованные ковши $V=6 \text{ м}^3$. Далее, черновая медь транспортируется при помощи мостового крана в анодные печи. Однако, при этом в медных штейнах присутствуют примеси, такие как цинк (Zn), свинец (Pb), мышьяк (As) и др.

Цинк присутствует в штейне в виде ZnS и при конвертировании практически полностью переходит в шлак после окисления ($\text{ZnS} \rightarrow \text{ZnO}$).

Свинец присутствует в штейне в виде PbS и значительная его часть окисляется при конвертировании с образованием окиси свинца. При наличии SiO₂ окись свинца легко шлакуется с образованием легкоплавких силикатов. Однако, частично свинец возгоняется и переходит в пыль газоочистки.

Мышьяк присутствует в штейне в виде арсенидов, и при продувке он в основном удаляется с газами в виде летучего As₂O₃, частично переходя в шлак и образуя с окислами других металлов арсенаты.

Отходящие газы из конвертеров направляются через водоохлаждаемый напыльник в форсуночный охладитель, где происходит их частичное охлаждение и осаждение крупной фракции пыли. Далее газы направляются в осадительный коллектор, где происходит объединение отходящих газов и частичное осаждение пыли. Периодически выгружаемая пыль направляется в Общепромышленный отход и шлак (ОПСИШ). Затем отходящие газы проходят сухую электрофильтрацию для очистки от пыли и после охлаждения, направляются в камеру смешения для дальнейшей переработки на сернокислотном производстве [26].

Металлургический цех, Анодный передел

Сырьем для производства анодной меди является черновая медь, которая проходит первую стадию рафинирования в анодных печах Kumera. Отходящие газы подвергаются предварительному дожиганию и разбавлению, а затем очищаются от пыли в системе газоочистки «Спейс-мотор». Процесс производит окисление меди кислородом воздуха, при этом примеси всплывают и удаляются. Удаление серы происходит путем продувки расплава

природным газом. После процесса восстановления, печь наклоняется и готовые аноды сливаются через систему желобов и направляются на промежуточный склад. Отходящие газы подвергаются очистке и проходят разбавление воздухом для охлаждения.

Обогащительная фабрика

Участок по переработке шлаков текущего производства включает дробильное отделение, главный корпус с различными стадиями обработки медного концентрата и реагентным отделением, а также корпус измельчения и фильтрации для производства строительных песков.

Обогащительная фабрика, Дробильное отделение

Металлургический шлак с температурой до 70°C доставляется на площадку усредняющего склада. Шлак проходит процесс дробления на гидромолоте и щековой дробилке. Размер щели между колосниками питателя составляет 30 мм. Дробилки используются для измельчения негабаритных кусков. Продукт дробления подаётся на ленточный конвейеры и проходит поперечное грохочение на двухщечном инерционном грохоте с размером ячеек верхнего сита 30 мм, нижнего – 15 мм. Дробленый продукт складывается в накопительный бункер мелкодробленого шлака, а больший надрешетный продукт поступает на следующий этап дробления в конусную дробилку. Для минимизации потерь сырья и загрязнения атмосферного воздуха предусмотрена система аспирации. Используется пять аспирационных систем для локализации пыли на различных узлах обработки шлака [59].

Обогащительная фабрика, Главный корпус (измельчение 1-2 стадии, флотация)

Отделение осуществляет обогащение медного сырья с помощью прямой флотации, включающей 3-5 стадий флотации в зависимости от исходного содержания меди, а также 3 стадии измельчения с использованием классифицирующего оборудования. Для измельчения применяются шаровые и вертикальные мельницы, для флотации - пневмомеханические машины и гидроциклоны. Различные продукты процесса флотации и классификации

(медный концентрат, строительные пески) перекачиваются с помощью насосов и поступают на очистные операции и дальнейшую обработку. Отвальным продуктом являются пески.

Обогащительная фабрика, Главный корпус (сгущение и фильтрация медного концентрата)

Сгущение и фильтрация продуктов обогащения осуществляется на специальном оборудовании. Медный концентрат сгущается в радиальном сгустителе "Supaflo, а хвосты обогащения (строительные пески) - в сгустителе "Симм-Групп" диаметром 24 м корпуса измельчения и фильтрации. Фильтрация медного концентрата проводится на керамических вакуум-фильтрах. Сгущенный медный концентрат фильтруется и насосами перекачивается в распределительные короба. Выходные продукты отправляются на склад готовой продукции [1].

Обогащительная фабрика, Корпус измельчения и фильтрации

В корпусе находится вертикальная мельница и оборудование для сгущения и фильтрации строительных песков. Сгущенные строительные пески насосами перекачиваются в ванны вакуум-фильтров, где фильтруются на двух вакуум фильтрах. Сброс сгустителя переходит в емкость оборотного водоснабжения, а кек (строительные пески) транспортируются на склад для последующего использования в строительстве.

Обогащительная фабрика, Реагентное отделение

Реагентное отделение находится в здании главного комплекса, где происходит приготовление реагентов необходимых для флотации медного сырья. Ксантогенат калия бутиловый, флотомасло, известь и флокулянт используются в определенных концентрациях для приготовления растворов реагентов, которые затем перекачиваются в расходные емкости отделения измельчения и флотации. Известь разгружается на площадке главного корпуса, затем растворяется и дозируется в процесс измельчения и флотации с использованием насосов.

Обогащительная фабрика, Участок дробления флюсов

На территории УППШТП (Участок по переработке шлаков текущего производства) имеется комплекс для дробления флюсов (кварцита и известняка) для металлургического цеха, который включает щековую дробилку, обеспечивающую дробление крупных кусков материала и преобразует их в продукт необходимой фракции с использованием механического давления на материал.

2.2. Общая характеристика производства как объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду

На предприятии имеется 159 источников выброса в атмосферу, из которых 88 организованных, 71 неорганизованных. Со стороны предприятия поступает 53 загрязняющих вещества, предприятие оборудовано 18 единицами газоочистных установок. Валовый выброс веществ составляет 6180, 36 т/г [58].

Основными загрязняющими веществами, поступающими в атмосферный воздух со стороны медеплавильного завода г. Карабаш, являются: сера диоксид, углерод оксид, азота диоксид, азота оксид, серная кислота, пыль неорганическая: SiO₂ <20%, пыль неорганическая: SiO₂ 20-70%, керосин, медь оксид, дижелезо триоксид, цинка оксид (рисунок 2.2) [58].

Карабашский медеплавильный завод является производством 1 класса опасности с ориентировочным размером санитарно-защитной зоны – 1 км, согласно п. 2.1.5 Раздела 2 Постановления Главного Государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.02.2022 № 7 О внесении изменений в Постановление Главного Государственного санитарного врача Российской Федерации от 25.09.2007 № 74 "О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов".

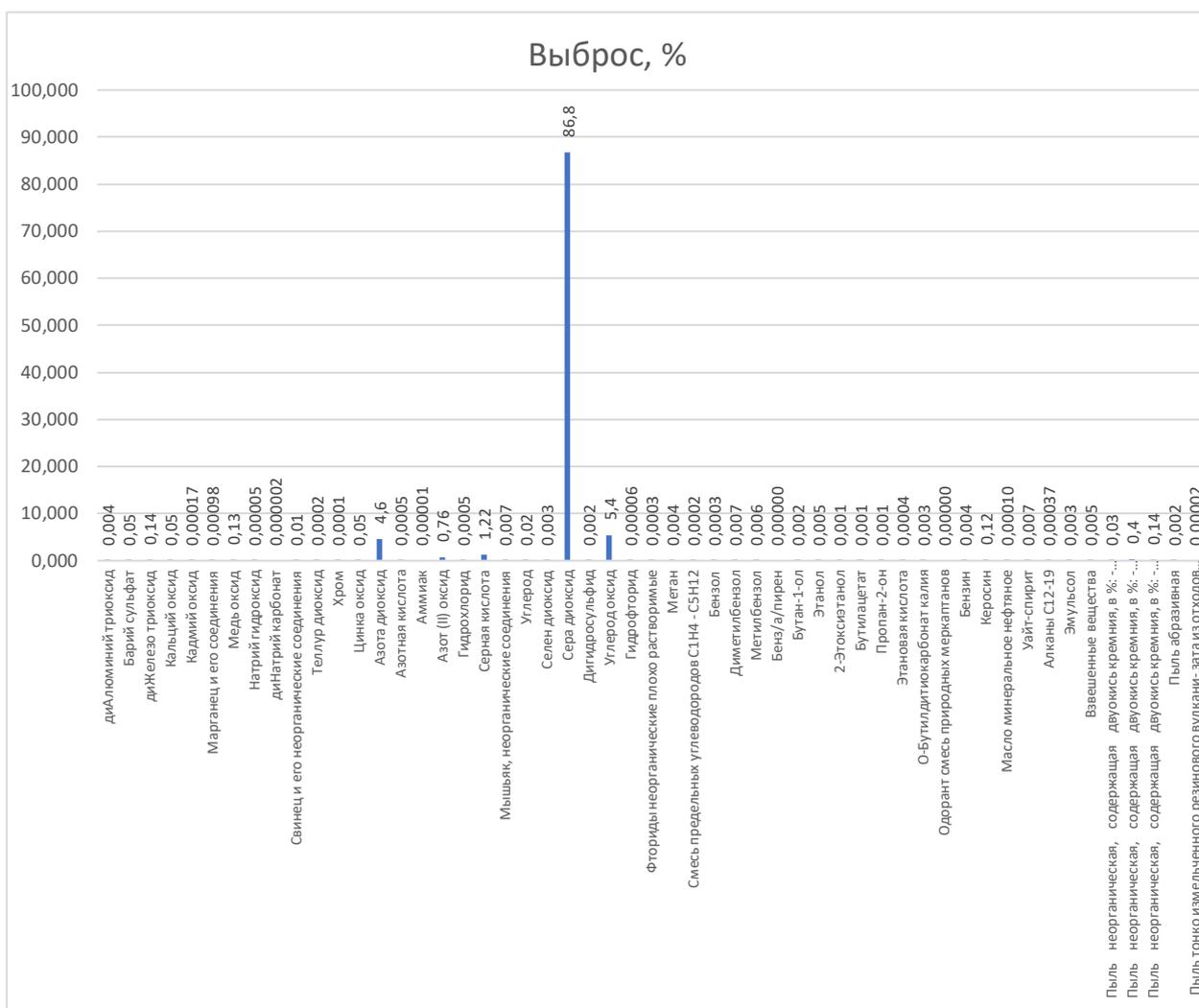


Рисунок 2.2 – Доля основных загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу от медеплавильного завода г. Карабаш [58]

Карта-схема расположения промплощадки АО «Карабашмедь» и объектов негативного воздействия на окружающую среду, являющихся производными от промышленной деятельности медеплавильного завода, представлена на рисунке 2.2 [46].

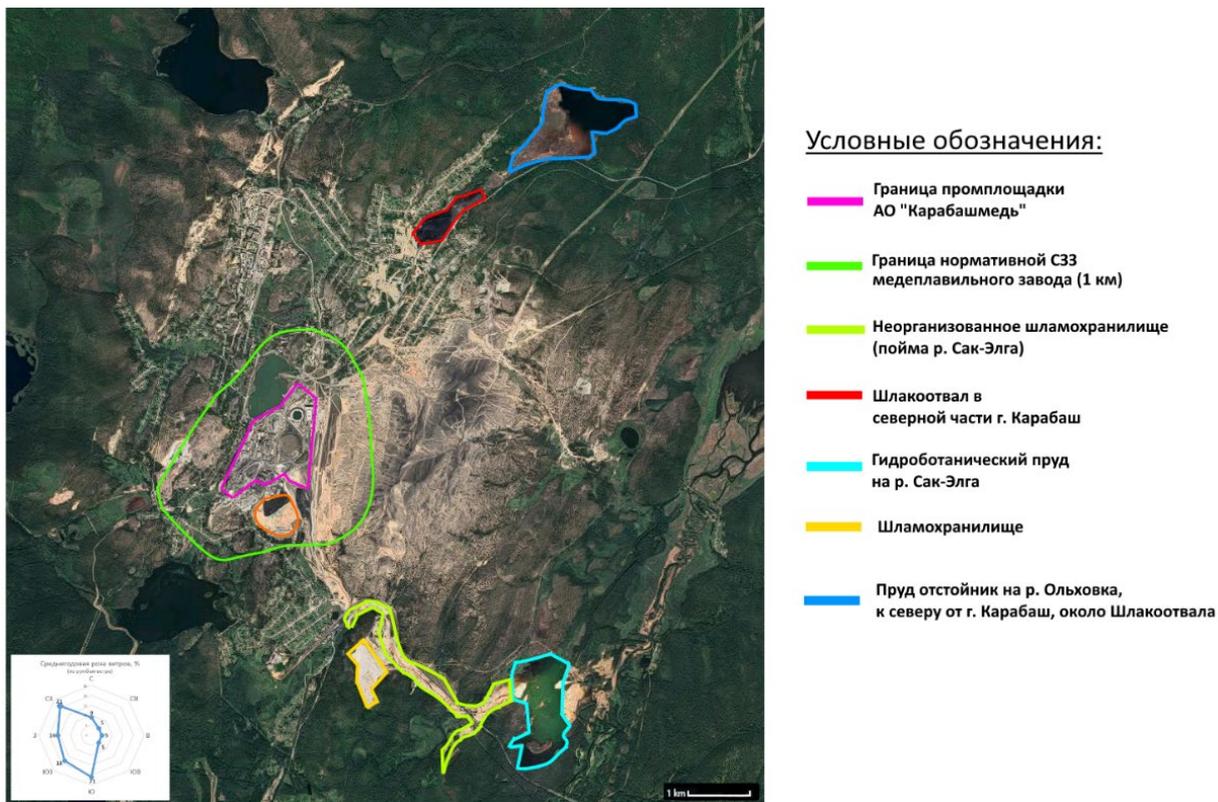


Рисунок 2.2 – Карта схема расположения промплощадки Карабашского медеплавильного завода с сопутствующими техногенными объектами (<https://www.google.com/maps/>, с дополнениями автора)

3. Методика исследования

3.1. Пробоотбор и подготовка проб снегового покрова

3.1.1. Пробоотбор проб снегового покрова

В январе 2022 года проводился отбор проб снегового покрова в районе воздействия Карабашского медеплавильного завода.

Точки отбора проб были расположены с учётом главенствующего направления ветра (преимущественно западного), на различных расстояниях от источников выбросов загрязняющих веществ, но более 500 метров в случае проб в черте города (зона влияния Карабашского медеплавильного завода), другие же пробы отбирались также с учётом главенствующего направления ветра, но на небольшом расстоянии от источников пыления – шлакоотвал (расстояние до места пробоотбора составило 430 метров в восток от шлакоотвала), и шламохранилище (расстояние до места проб составило 220 метров ввиду наличия возвышенности к северу от шламохранилища, и отсутствии естественных площадок к востоку от него).

Отбор производился согласно методическим рекомендациям [13]. Всего в г. Карабаш и его окрестностях было отобрано 4 пробы снегового покрова. Все пробы отбирались на всю мощность снегового покрова, исключая нижние 5 см, оставляемые как буферная зона от границы почвенного покрова, во избежание отбора снежного покрова, загрязненного литогенной составляющей, получаемой во время формирования снежного покрова.

Пробы были соотнесены в соответствии с зоной расположения пробоотбора (таблица 3.1.1).

Таблица 3.1.1 – Зоны расположения исследуемых проб

Зона	Кол-во проб	№ проб
Жилая зона – Частный сектор г. Карабаш	1	3
Северная (окраина г. Карабаш)	1	4
Шлакоотвал	1	5
Шламохранилище	1	1

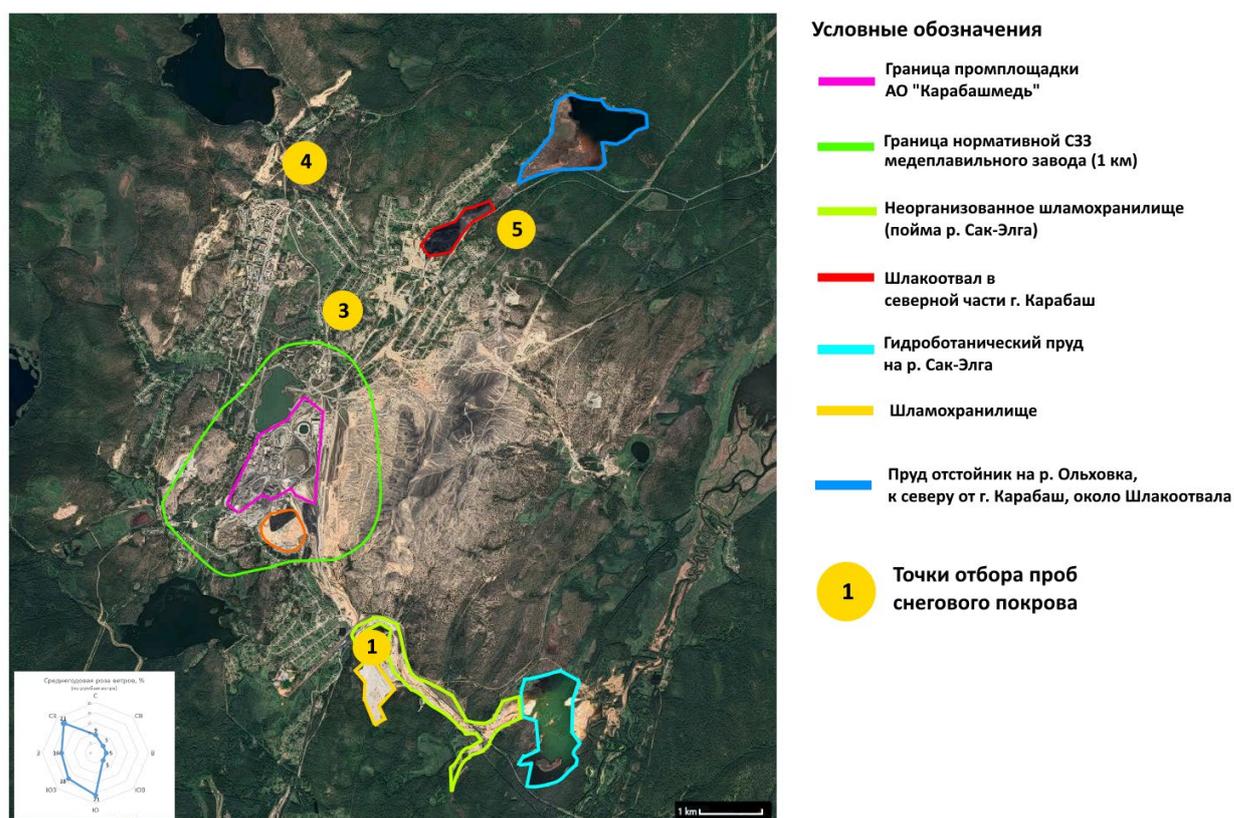


Рисунок 3.1.1 – Карта точек отбора проб снегового покрова на территории воздействия медеплавильного завода, г. Карабаш (<https://www.google.ru/maps/> с дополнениями автора)

Пробоотбор происходит следующим образом:

2. Снеговой покров отбирается методом шурфа на полную мощность, используется совок, площадь и глубина пробоотбора примерно 30*30*30 см (за исключением 5-сантиметрового слоя над землей).

3. Стороны (ширина, длина и глубина ямы) измеряются рулеткой, записываются дата отбора и координаты, количество образца, размер (глубина/высота/длина), все данные заносятся в блокнот.

4. Весь снег складывают в чистые пластиковые пакеты, масса пробы должна составлять 15-20 кг.

3.1.2. Подготовка проб снегового покрова

Процесс пробоподготовки, используемый в данном исследовании представлен на рисунке 3.1.2.

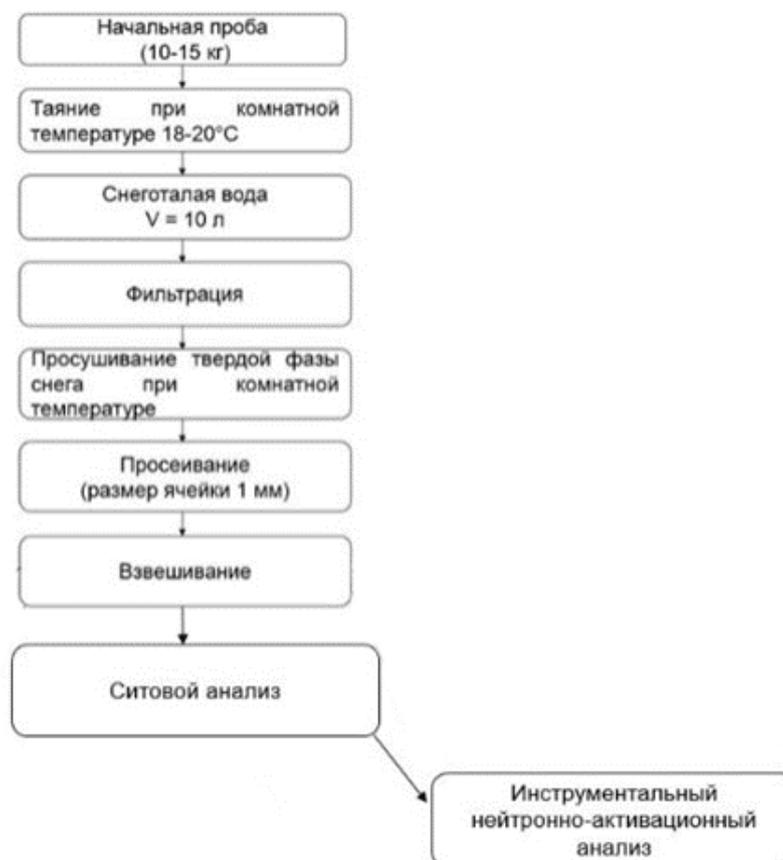


Рисунок 3.1.2 – Схема пробоподготовки проб снегового покрова, используемая в данном исследовании

3.1.3. Аналитическое обеспечение исследований проб снегового покрова

Твердый осадок снегового покрова был изучен в лаборатории Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» на базе отделения геологии ИШПР Национального исследовательского Томского политехнического университета. В процессе исследования были проанализированы 28 химических элементов (Ca, Na, Fe, As, Zn, Nd, Cr, Co, Sb, Br, Ba, Rb, Cs, Sr, Hf, Ta, Sc, Tb, Sm, Eu, La, Ce, Yb, Lu, U, Th, Au, Ag) путем облучения их тепловыми нейтронами. Облучение проводилось на исследовательском реакторе ИРТ-Т НИИ ядерной физики, которое находится в Томском политехническом университете.

3.1.4. Методика обработки данных анализа твердого осадка снегового покрова

Согласно результатам проведенного снегового опробования, в котором учитываются дата отбора проб и начало снегостава, масса твердой фазы снежного покрова, а также параметры площади шурфа, проводится расчет пылевой нагрузки в каждой точке отбора.

Для исследуемой территории зоны воздействия Карабашского медеплавильного завода по данным снегового опробования проводился расчет пылевой нагрузки по формуле (1):

$$P_n = \frac{P_o}{S \times t}, \quad (1)$$

где P_n – величина пылевой нагрузки, мг/м²·сут или кг/км²·сут;

P_o – вес твердого снегового осадка, мг (кг);

S – площадь снегового шурфа, м² (км²);

t – количество суток от начала снегостава до дня отбора проб.

Значение уровня пылевой нагрузки фонового района принималось по фоновой пробе, отобранной около Киалимского водохранилища.

Полученные значения пылевой нагрузки были проанализированы с применением градации, которая позволяет определить уровень загрязнения территории и вероятность заболеваемости населения. Градация по пылевой нагрузке и уровням заболеваемости населения представлена в таблице 3.1.4.

Таблица 3.1.4 – Градация по степени пылевой нагрузки для снегогеохимической съемки [12].

P_n , мг/м ² ·сут	Степень загрязнения	Уровень заболеваемости
менее 250	низкая	неопасный
251-450	средняя	умеренно-опасный
451-850	высокая	опасный
более 851	очень высокая	чрезвычайно опасный

С помощью анализа микроэлементного состава твердого осадка снежного покрова в выбранных пробах проводится расчет кларка концентрации для каждого из исследуемых элементов. Кларк концентрации для снежного покрова представляет собой частное значение, которое

получается при делении содержания изучаемого элемента в пробе на его геохимический кларк ноосферы (биосферы) (формула 2) (по Глазовским, 1982, 1988) [2, 3].

$$K = \frac{C}{C_{\text{кларк}}}, \quad (2)$$

где K – коэффициент концентрации;

C – содержание элемента в пробе, мг/кг;

$C_{\text{ф}}$ – кларковое содержание элемента в твердой фазе снега (по Глазовским, 1982), мг/кг.

Полученные значения кларков концентраций лежат в основе построения геохимических рядов ассоциаций для каждой из проб. Геохимические ряды позволяют определить характерные группы элементов для изучаемого района и определить источники загрязнения в нём. Для визуализации полученной информации были использованы карт-схемы и другие формы графического представления данных, полученные с помощью программы Surfer 12.

3.2. Пробоотбор и подготовка проб почв и донных отложений

3.2.1. Район отбора проб почвы и донных отложений

В августе 2022 года проводился отбор проб донных отложений, почвы в районе воздействия Карабашского медеплавильного завода.

Точки отбора проб почвы в районе исследования были расположены с учетом главенствующего направления ветра (преимущественно, юго-западное и западное), на расстоянии не менее 500 метров от источника выбросов на равнинной местности, ближе – в случае наличия фактора рельефных поднятий в виде склонов с юго-западной экспозицией по направлению главенствующего ветра, направленного от источников выброса (промплощадка завода) и пыления (шлакоотвал и шламонакопитель).

Отбор проб почвы производился на глубину до 30 см, донных отложений также на глубину до 30 см (где это было возможно). Карта точек отбора проб донных отложений и почвы приведена на рисунке 3.2.1.

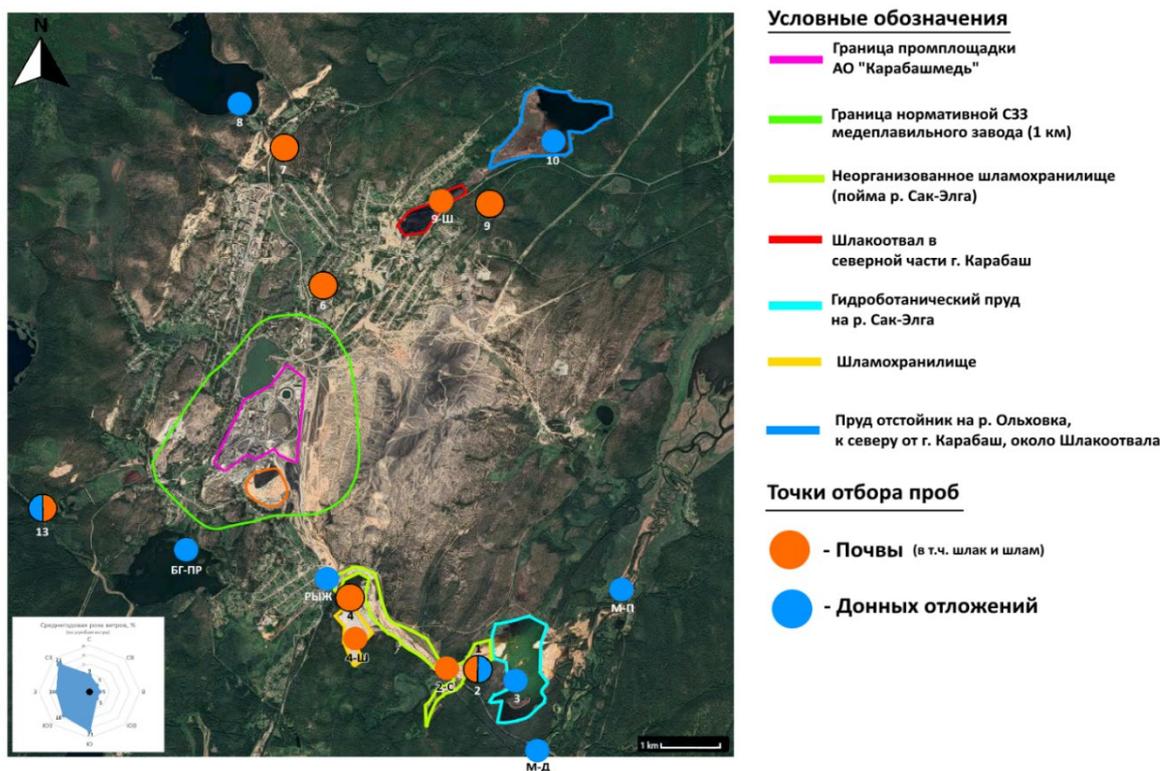


Рисунок 3.2.1 – Карта-схема точек отбора проб почвы и донных отложений в районе исследования – г. Карабаш (Челябинская область) и окрестности (<https://www.google.ru/maps/> с дополнениями автора)

3.2.2. Отбор и подготовка проб почвенного покрова

Проведение опробования почвенного разреза осуществляется в интервале глубины от 0 до 30 см. Образцы почвы массой не менее 0,5 кг каждый отбираются из середины генетических горизонтов, начиная снизу, либо из нескольких мест генетического горизонта, и обязательно с поверхности. Масса каждой пробы должна составлять не менее 1,5 кг. Отобранные образцы упаковываются в мешочки или в тесную оберточную бумагу и завязываются шпагатом. Образцы из одной точки наблюдения помещаются вместе в коробки или ящики, при этом на обертках указывается номер точки наблюдения. При упаковке образцов, сильно увлажненные или засоленные образцы упаковываются в пергаментную бумагу или в полиэтиленовую пленку. Точечные пробы, предназначенные для определения тяжелых металлов, отбираются с помощью инструмента, не содержащего металлов. Перед отбором проб необходимо зачистить ножом или шпателем из

пластика или полистирола внутреннюю стенку прокопки или шурфа. Почвенные пробы, прикладываемые для определения летучих загрязнений, следует сразу поместить в стеклянные флаконы или банки с хорошо притертыми пробками.

Подготовка почвенных проб к анализам включает несколько последовательных этапов, которые проводятся в соответствии со схемой обработки почв, представленной на рисунке 3.2.2.



Рисунок 3.2.2 – Схема обработки и изучения проб почв

3.2.3. Отбор и подготовка проб донных отложений

В процессе исследования каждого из водоемов были осуществлены работы по опробованию и зондированию донных отложений с помощью бурового инструмента. В некоторых случаях были выполнены подробные вертикальные разрезы донных осадков с интервалом опробования от 1 до 10 см. Для проведения работ была измерена глубина воды при помощи бура. После этого были определены физические свойства донных отложений, такие как включения, запах, цвет и консистенция. Каждая проба была тщательно упакована и перемещена в лабораторию для проведения дальнейшего анализа, схема подготовки проб донных отложений представлена на рисунке 3.2.3.

После проведения отбора проб, они были перемещены в лабораторию для проведения пробоподготовки.



Рисунок 3.2.3 – Схема обработки и анализа проб донных отложений

3.2.4. Аналитическое обеспечение исследований проб почвы и донных отложений

3.2.4.1. Инструментальный нейтронно-активационный анализ

В ядерно-геологической лаборатории МИНОЦ «Урановая геология» ТПУ было проведено исследование материалов с использованием метода инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА), которое было осуществлено аналитиком А.Ф. Судыко. В рамках данного исследования был проведен анализ 28 химических элементов (Ca, Na, Fe, As, Zn, Nd, Cr, Co, Sb, Br, Ba, Rb, Cs, Sr, Hf, Ta, Sc, Tb, Sm, Eu, La, Ce, Yb, Lu, U, Th, Au, Ag) на основе облучения тепловыми нейтронами. Облучение производилось на исследовательском реакторе ИРТ-Т НИИ ядерной физики в Томском политехническом университете. Плотность потока тепловых нейтронов в канале облучения составляла $2 \cdot 10^{13}$ нейтронов/(см²·сек). Таким образом, данный метод позволил провести точный анализ состава исследуемых материалов за счет использования реактивных свойств нейтронов.

3.2.4.2. Рентгеноструктурный анализ

Лабораторные исследования проводились на рентгеновском дифрактометре «Bruker D2 Phaser» (производство – Германия), внешний вид представлен на рис. 3.2.4.2. Программное обеспечение, используемое при дешифрировании полученных дифракционных картин – «DIFFRAC.EVA» позволяющее, с использованием эталонных баз данных, проводить следующие минералогические анализы: качественный и количественный, а также уточнять структуры минералов и других кристаллических веществ, проводить оценку реальной структуры минералов.

Анализ фазового состава образцов с помощью метода порошковой дифрактометрии базируется на сравнении интенсивности дифракционных линий различных фаз между собой или с интенсивностью эталонной линии, полученной при тех же условиях эксперимента. Для определения фазового состава образца производится сравнение его дифрактограммы с эталонными образцами, хранящимися в базе данных Международного Центра по дифракционным данным. База данных является интеллектуальной собственностью этого центра и содержит в себе дифрактограммы различных материалов, которые могут быть использованы для анализа фазового состава исследуемых образцов.

Для того, чтобы ускорить процесс перетирания проб почвы и донных отложений в порошок, пробы были предварительно перетёрты на виброистирателе.



Рисунок 3.2.4.2 – Внешний вид дифрактометра «Bruker D2 Phaser»

3.2.4.3. Определение содержания ртути в почве и донных отложениях методом атомно-адсорбционной спектроскопии

Определение содержания ртути происходит при помощи метода атомно-адсорбционной спектроскопии, устройством анализатора ртути «РА-915» с твердофазной приставкой «ПИРО-915+» внешний вид лабораторного оборудования представлен на рисунке 3.2.4.3, содержание ртути определялось в образцах почв и донных отложений района исследования. Всего было исследовано 34 пробы: 18 образцов почвы и 16 образцов донных отложений.



Рисунок 3.2.4.3 – Приборы, используемые при лабораторном анализе - анализатор ртути «РА-915» с твердофазной приставкой «ПИРО-915+».

3.2.4.4. Электронно-микроскопический анализ

Метод электронной микроскопии является единственным прямым локальным методом, который позволяет визуализировать морфологические и микроструктурные особенности и состав исследуемых объектов.

В настоящей лабораторной работе использован растровый электронный микроскоп «S-3400N», фирмы Hitachi, Япония, находящийся на базе учебно-научной лаборатории ОГ ИШПР Томского политехнического университета,

работы непосредственно на микроскопе проводились консультантом Ильенком С.С. Внешний вид сканирующего электронного микроскопа показан на рисунке 3.2.4.4.

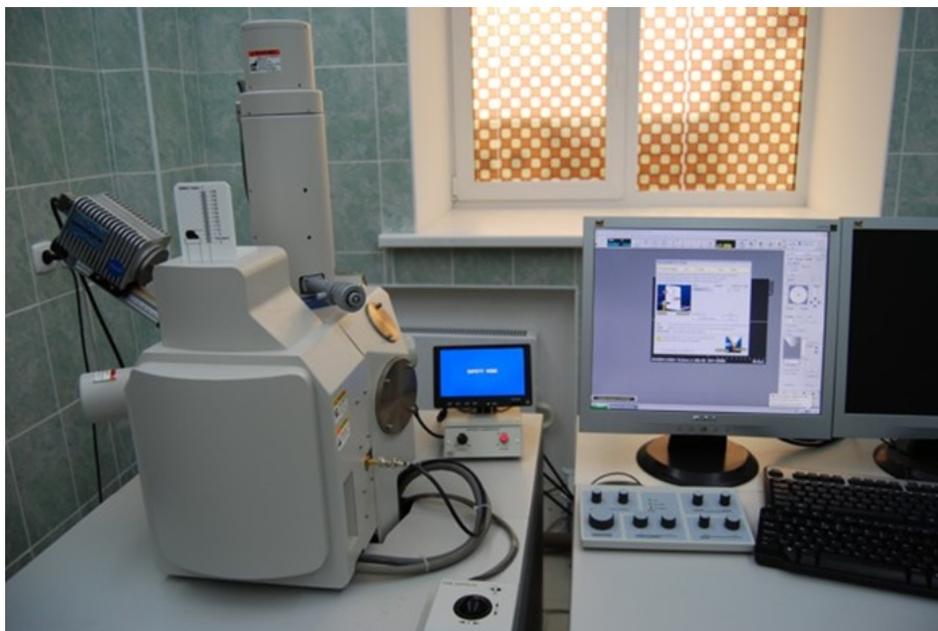


Рисунок 3.2.4.4 – Внешний вид электронного микроскопа Hitachi S-3400N с аналитической приставкой «Bruker XFlash 4010»

4. Результаты обработки данных по пробам твердой фазы снега

4.1. Исследование уровня пылевой нагрузки

При сравнении полученных значений пылевой нагрузки с градацией по пылевой нагрузке были выявлены низкие и средние степени загрязнения снегового покрова (таблица 4.1, рисунок 4.1).

Таблица 4.1 — Значения пылевой нагрузки в точках отбора проб снега, в районе влияния медеплавильного производства и сопутствующих объектов негативного влияния на окружающую среду.

Место	R _п , мг/(м ² * сут)	Уровень загрязнения
Около Шламохранилища	351,0	Средний уровень
Около Шлакоотвала	150,4	Низкий уровень
Частный сектор	66,4	Низкий уровень
Северная окраина г. Карабаш	44,6	Низкий уровень
Фоновая проба около Киалимского водохранилища	17,5	Низкий уровень

Значения пылевой нагрузки на территорию исследования варьируются от 17,5 до 351 мг/(м²·сут.). В жилой части города Карабаш (в частном секторе и на северной окраине города) наблюдаются низкие значения загрязнения. Показательная разница между значениями в частном секторе и на северной окраине города может быть свидетельством близости источника загрязнения атмосферного воздуха в виде промплощадки медеплавильного завода, расположенного ближе к частному сектору, чем к северной окраине города.

Наибольшие уровни загрязнения наблюдаются около шламохранилища, имеющего большую площади поверхности, так как шламохранилище — это объект, на котором может возникать пыление. В результате высыхания отложений на поверхности шламохранилища может образовываться слой пыли. Это повышает вероятность возникновения пылевого загрязнения вокруг шламохранилища и оказания негативного влияния на окружающую экосистему.

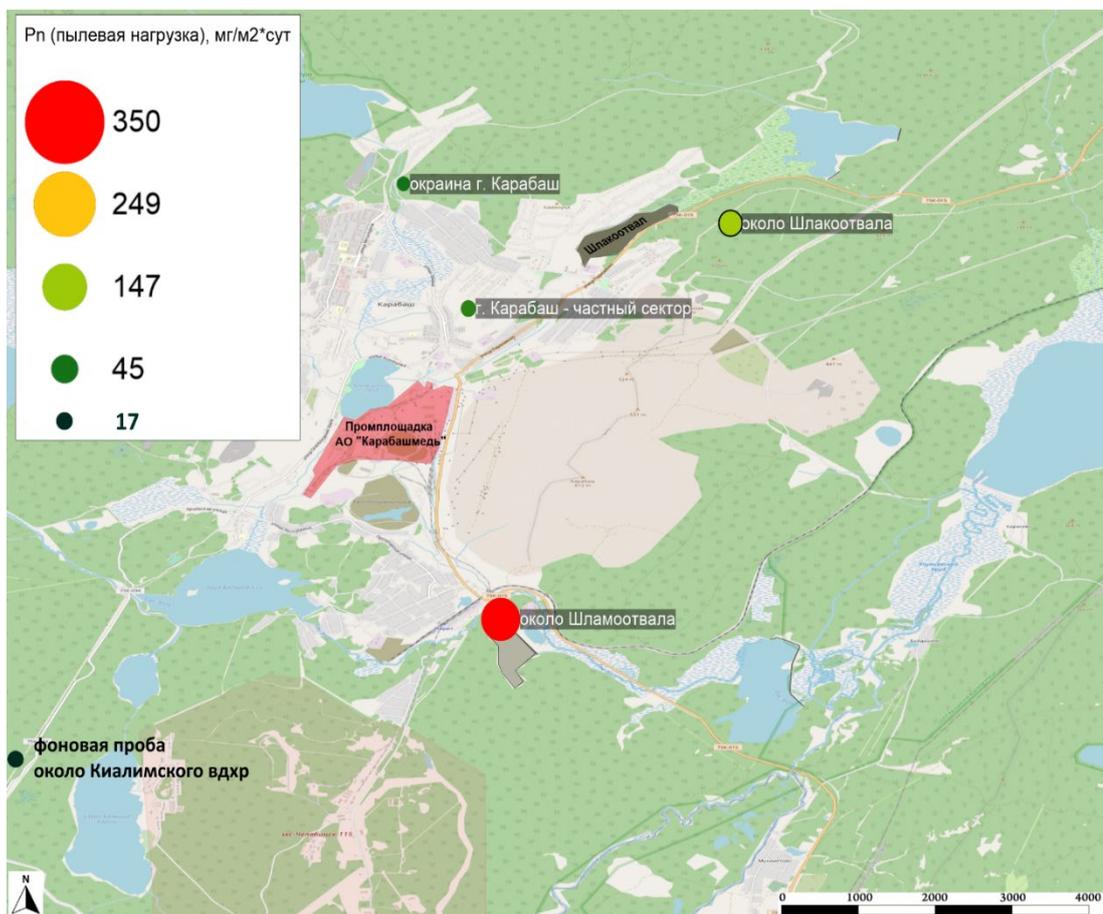


Рисунок 4.1. — Карта-схема значений пылевой нагрузки в зоне влияния медеплавильного производства г. Карабаш и окрестностях (<https://www.openstreetmap.org/#map=12/55.4569/60.1773> с дополнениями автора)

4.2. Геохимическая характеристика твердого осадка снегового покрова

По данным значений содержаний, полученных от инструментального нейтронно-активационного анализа, были рассчитаны кларки концентраций для проб снегового покрова относительно кларка ноосферы (по Глазовским, 1982, 1988). Затем построены геохимические ряды ассоциаций химических элементов и радиальные гистограммы средних значений кларков концентраций для территории исследования (рисунок 4.2, таблица 4.2.) [2, 3].
Таблица 4.2 — Геохимический ряд проб твердой фазы снега в зоне влияния медеплавильного завода.

Зона	Геохимический ряд
Геохимический ряд для зоны влияния Карабашского медеплавильного завода	Sb_{66,4}—Au_{427,7}—Zn_{319,8}—As_{238,5}—Ba_{189,3}—Fe_{10,1}—Cr_{6,8}—Ca_{3,1}—Co_{3,1}—Tb_{2,4}—Sc_{1,8}—U_{1,3}—Yb_{1,3}—Ag_{0,7}—Ce_{0,6}—Hf_{0,6}—Nd_{0,6}—Na_{0,4}—Lu_{0,3}—Th_{0,3}—Rb_{0,1}—Ta_{0,1}—La_{0,1}

По данным ИНАА, в зоне влияния Карабашского медеплавильного завода, относительно кларков химических элементов ноосферы выделяются следующие элементы: сурьма, золото, цинк, мышьяк, барий, железо, хром, кальций, кобальт, тербий, скандий. Среди вышеперечисленных элементов 3 являются халькофильными, что может свидетельствовать о том, что источником загрязнения является медеплавильное производство.

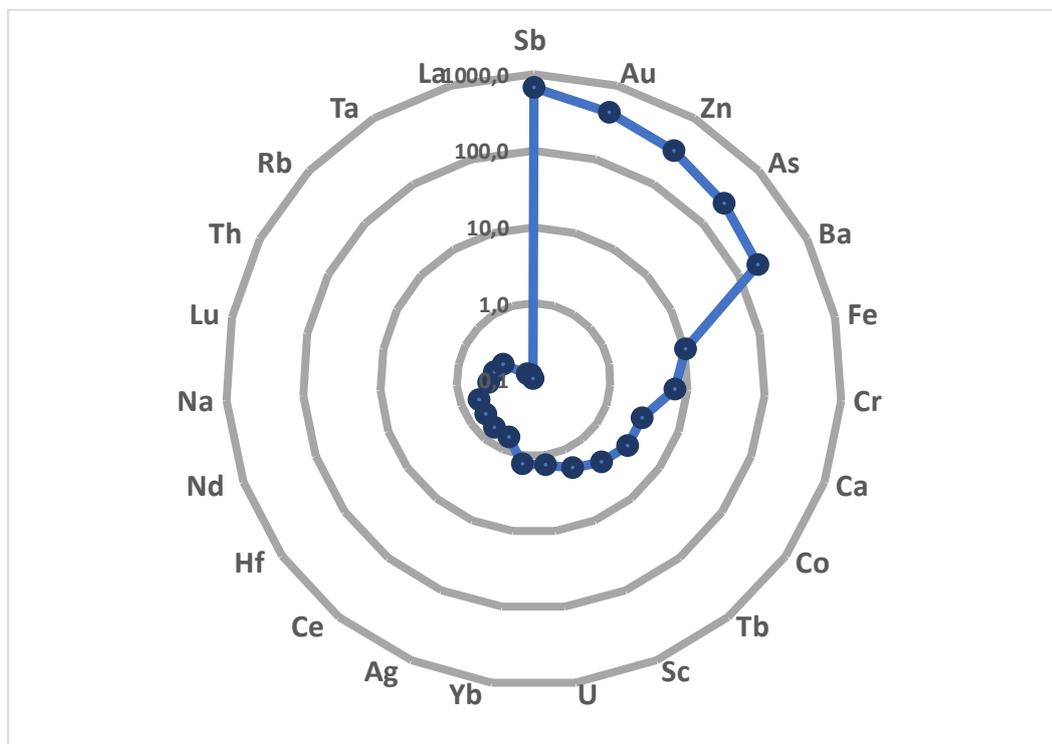


Рисунок 4.2 —Кларки концентраций химических элементов в твердом осадке снега относительно кларковых значений концентраций ноосферы (по Глазовским, 1982, 1988), в зоне влияния Карабашского медеплавильного завода, логарифмическая шкала

5. Результаты обработки данных по пробам почвы и донных отложений

5.1. Статистическая обработка результатов элементного состава почв и донных отложений по данным ИНАА

По данным инструментального нейтронно-активационного анализа и атомно-адсорбционной спектроскопии устройством анализатора ртути, проводились расчеты статистических параметров. В соответствии со средой отбора, были выделены 2 генеральных (главных) выборки данных – выборка почвы и выборка донных отложений.

Таблица 5.1.1 — Содержание химических элементов в почвах района воздействия Карабашского медеплавильного завода, их статистические параметры распределения, г/т

Элемент	X	min	max	V, %	Медиана
Na, %	1,23±0,44	0,257	2,62	54,6	1,15
Ca, %	3,98±0,46	0,42	8,19	45,1	4,02
Sc	21,12±2,42	5,37	40,58	44,3	17,56
Cr	449,19±86,42	0,5	1111,30	74,5	341,0
Fe, %	5,81±0,81	2,63	14,32	54,3	4,81
Co	23,27±3,18	4,98	47,99	53,0	19,27
Zn	915,12±310,38	136,1	4023,50	131,4	337,4
As	271,42±119,19	2,75	1490,77	170,1	43,43
Br	3,84±0,83	0,45	11,82	83,6	3,16
Rb	29,21±4,93	1,0	63,51	65,4	28,54
Sr	193,27±72,80	40,0	941,40	145,9	40,00
Ag	6,00±3,43	0,35	48,70	221,0	0,35
Sb	46,78±17,16	0,3	205,80	142,0	12,53
Cs	1,08±0,25	0,05	3,77	89,2	0,81
Ba	8838,04±3804,24	136,3	42972,0	166,7	758,9
La	13,27±1,67	6,86	28,60	48,9	11,14
Ce	24,22±2,73	10,70	56,50	43,7	22,4
Nd	12,04±3,45	1,5	46,89	110,9	8,38
Sm	2,75±0,44	0,69	7,05	62,2	2,09
Eu	1,03±0,2	0,01	2,57	76,2	1,16
Tb	0,4±0,13	0,023	1,45	128,6	0,05
Yb	1,82±0,21	0,78	3,17	44,0	1,65
Lu	0,33±0,03	0,21	0,50	30,1	0,28
Ta	0,32±0,08	0,04	1,01	100,9	0,287
Hf	2,68±0,28	1,18	4,62	40,0	2,562
Au	0,39±0,17	0,0003	2,43	164,9	0,03
Hg	2,61±0,84	0,0176	10,16	124,18	0,75
Th	2,52±0,32	0,057	4,34	48,5	2,67

Элемент	X	min	max	V, %	Медиана
U	1,12±0,20	0,42	3,04	67,6	0,82

Примечание: X – среднее ± ошибка определения среднего, min – минимальное; max – максимальное; V% - коэффициент вариации, жирным шрифтом выделен $V > 40\%$, результаты ИНАА, Hg – атомно-абсорбционного метода пиролиза

Анализируя данные, представленные в таблице 5.1.1, выделяются высокие содержания Ba, Fe, As, Zn, Cr, Sr, при этом, такие высокие содержания сохраняются не на всей территории опробования, т.к. медианные значения (*Me*) у этих 6-ти элементов достаточно далеки от средних значений (*X*):

- Ba (г/т) = {X= 8838,04; Me= 758,9};
- Fe (%) = {X= 5,6; Me= 4,81};
- As (г/т) = {X= 271,42; Me= 43,43};
- Zn (г/т) = {X= 915,12; Me= 337,4};
- Cr (г/т) = {X= 449,18; Me= 341,0};
- Sr (г/т) = {X= 193,27; Me= 40,0}

Наибольшие отклонения средних значений от медианы наблюдаются у бария, золота, что говорит о большей неравномерности содержания. Наибольшее схождение среднего и медианы у самария, церия, кальция, лютеция, тория, иттербия, гафния, скандия, рубидия, натрия и лантана, из которого можно понять, что данные элементы характеризуются высокой стабильностью на всей площади опробования.

Также, у некоторых элементов достаточно большие размахи (дельта между максимальным и минимальным значением). Особенно наглядны хром, золото, барий, мышьяк, цинк, кобальт, сурьма и ртуть.

Для того, чтобы показать неоднородность распределения элементов образцов почвы района опробования по коэффициенту вариации, была составлена таблица 5.1.2, согласно которой для большинства элементов всех генеральной выборки проб почвы, коэффициент вариации находится в диапазоне значений 40 – 79, что относится к неоднородному распределению, отличающегося от нормального закона распределения. Высокая неоднородность распределения химических элементов может быть вызвана малой величиной выборки – 15 проб почвы.

Таблица 5.1.2. — Неоднородность распределения элементов по коэффициенту вариации для проб почвы

Распределение (V; %)			
≤39	40-79	80-139	≥140
однородное	неоднородное	сильно неоднородное	крайне неоднородное
Lu	Sm	Nd	Au
Hf	Ce	Br	Ba
	Ca (%)	Cs	Sr
	U	Tb	As
	Th	Zn	Ag
	Cr	Ta	Sb
	Yb	Hg (нг/г)	
	Sc		
	Rb		
	Fe (%)		
	Co		
	Na (%)		
	Eu		
	La		

Таблица 5.1.3. — Содержание химических элементов в донных отложениях района воздействия Карабашского медеплавильного завода, их статистические параметры распределения, г/т

Элемент	X	min	max	V, %	Медиана
Na, %	0,76±0,16	0,041	2,03	83,1	0,76
Ca, %	3,51±0,56	0,09	6,78	63,5	3,17
Sc	16,48±2,09	7,1	32,95	50,8	14,03
Cr	590,97±162,83	0,5	2626,5	110,2	398,6
Fe, %	16,51±2,40	4,16	29,51	58,3	19,12
Co	43,56±9,34	11,2	118,8	85,7	21,95
Zn	10510,9±4646	83,9	58955,7	176,8	2611,3
As	196,89±39,5	5,75	546,4	80,3	191,3
Br	10,52±3,5	0,45	51,3	132,7	3,38
Rb	19,11±5,04	1,0	54,35	105,6	12,07
Sr	61,55±21,55	40,0	384,8	140,0	40,0
Sb	18,3±3,84	0,9	52,46	84,0	14,09
Cs	0,5±0,17	0,05	2,5	138,8	0,074
Ba	1846,87±566	240,3	6987,1	122,6	906,9
La	15,38±2,16	0,25	30,95	56,3	13,30
Ce	38,25±5,39	10,8	80,0	56,4	32,05
Nd	11,50±3,58	1,5	46,5	124,6	1,5
Sm	6,35±1,13	1,36	17,17	71,5	6,36
Eu	1,81±0,27	0,36	3,46	58,7	1,68
Tb	0,72±0,19	0,04	2,04	108,0	0,3
Yb	3,72±0,47	0,7	6,52	50,6	4,0
Lu	0,61±0,08	0,097	1,24	53,8	0,6
Ta	0,36±0,13	0,04	1,6	148,2	0,04

Элемент	X	min	max	V, %	Медиана
Hf	1,81±0,5	0,25	8,23	110,1	1,52
Au	0,08±0,02	0,003	0,25	89,6	0,07
Hg	0,78±0,16	0,003	1,918	81,5	0,75
Th	3,48±0,56	0,76	9,5	64,5	2,64
U	4,92±1,32	0,05	15,4	107,0	2,94

Примечание: X – среднее ± ошибка определения среднего, min – минимальное; max – максимальное; V% - коэффициент вариации, жирным шрифтом выделен V>40%, результаты ИНАА, Hg – атомно-абсорбционного метода пиролиза

Анализируя данные, представленные на таблице 5.1.3., можно заметить высокие средние содержания Cr, Ba, Fe, As, Zn, Co, при этом, такие высокие содержания сохраняются не на всей территории опробования, т.к. медианные значения медианы (*Me*) у большинства из этих 6-ти элементов достаточно далеки от средних значений среднего (*X*):

- Cr (г/т)= {X= 590,97; Me= 398,6};
- Ba (г/т)= {X= 1846,86; Me= 906,85};
- Fe (%)= {X= 16,5; Me= 19,11};
- As (г/т)= {X= 196,88; Me= 191,29};
- Zn (г/т)= {X= 10510,85; Me= 2611,25};
- Co (г/т)= {X= 43,56; Me= 21,94};

Наибольшие отклонения средних значений от медианы наблюдаются у бария, хрома, брома, цинка и кобальта что говорит о большей неравномерности содержания. Наибольшее схождение среднего и медианы у самария, церия, кальция, лютеция, тория, иттербия, золота, мышьяка, гафния, скандия, натрия, европия и лантана, из которого можно понять, что данные элементы характеризуются высокой стабильностью на всей площади опробования. Другие же элементы характеризуются стабильностью при сравнении средних значений с медианой и модой.

Также, у некоторых элементов достаточно большие размахи (дельта между максимальным и минимальным значением). Особенно наглядны уран, хром, барий, мышьяк, рубидий, цинк, кобальт, сурьма и ртуть.

Для того, чтобы показать неоднородность распределения элементов образцов почвы района опробования по коэффициенту вариации, была составлена таблица 5.1.4.

Таблица 5.1.4. — Неоднородность распределения элементов по коэффициенту вариации для проб донных отложений

Распределение (V; %)			
≤39	40-79	80-139	≥140
однородное	неоднородное	сильно неоднородное	крайне неоднородное
	Sm	U	Sr
	Ce	Cr	Zn
	Ca	Au	Ta
	Lu	Hf	
	Th	Ba	
	Yb	Nd	
	Sc	As	
	Fe	Br	
	Eu	Cs	
	La	Tb	
		Rb	
		Co	
		Na	
		Sb	
		Hg (г/т)	

Исходя из данных, представленных в таблице 5.1.4, большинство из вышеперечисленных элементов, имеют неоднородное или сильно неоднородное распределение по коэффициенту вариации.

Из проведенных выше исследований было выявлено, что распределение большинства элементов не соответствует нормальному закону распределения, вместо этого, наблюдается логнормальное распределение. Такое распределение представляет собой специфический тип вероятностного распределения, в котором случайная величина имеет логарифмическое распределение.

В связи с этим, для более точного анализа данных предпочтительнее использовать непараметрические критерии сравнения выборок, которые не используют параметры распределения данных. Такие критерии позволяют сравнивать выборки и делать выводы об отличиях между ними, исходя из ранговых показателей наблюдений, что делает их более устойчивыми и надежными для анализа логнормально распределенных данных.

Таким образом, логнормальное распределение элементов требует использования непараметрических методов анализа данных, чтобы получить более достоверные и точные результаты.

По результатам расчета кларков концентраций были построены геохимические ряды ассоциаций химических элементов, представленные в таблице 5.1.5., позволяющие оценить состав и концентрацию химических элементов в почвенном покрове и донных отложениях на исследуемой территории. Для почвенного покрова были использованы значения кларков концентрации, относящиеся к кларкам химических элементов в верхней части континентальной земной коры (по Григорьеву Н. А., 2009), а для донных отложений - значения, относящиеся к кларкам химических элементов в осадочных породах (по Григорьеву Н. А., 2009). Определение кларков концентрации было выполнено на основе данных инструментального нейтронно-активационного анализа. Для визуализации данных были созданы диаграммы кларков концентрации химических элементов в почвах и донных отложениях района исследования, представлены на рисунке 5.1.1 [4].

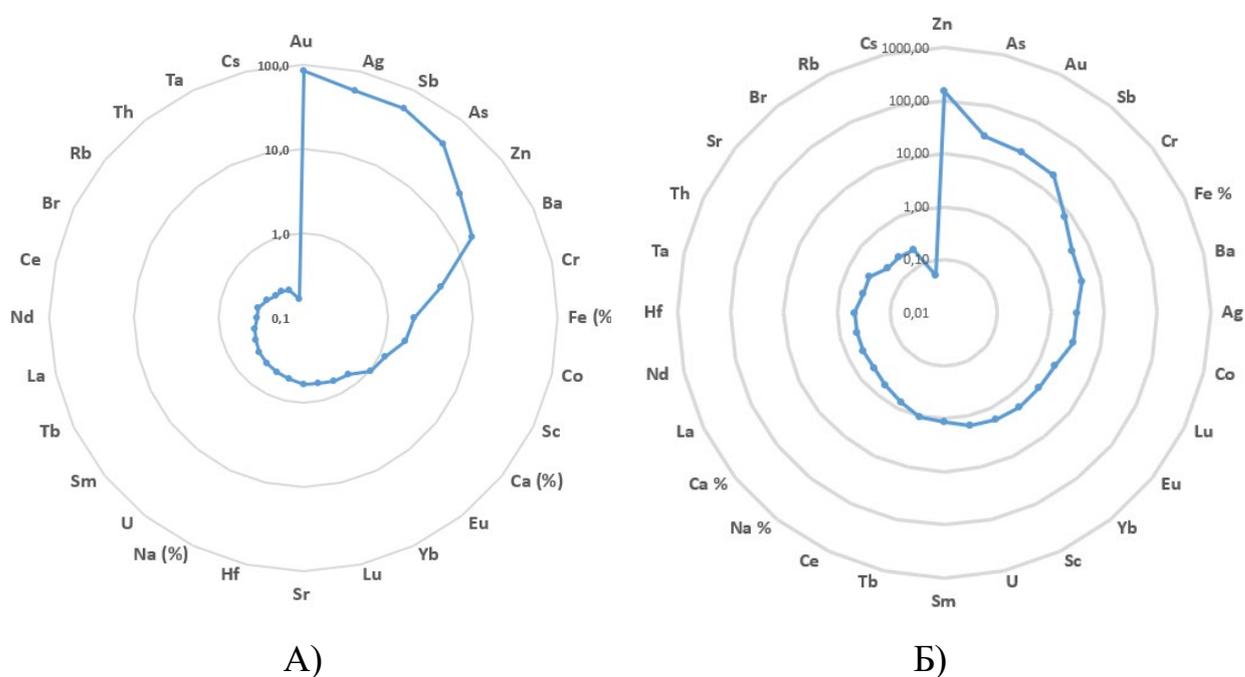


Рисунок 5.1.1. — Усредненные кларки концентраций проб А) почвы, Б) донных отложений, в районе исследования, относительно кларковых значений концентраций

По данным полученных значений содержаний химических элементов в пробах почвы и донных отложений от инструментального нейтронно-активационного анализа, относительно кларковых значений концентраций выделяются следующие элементы (со значениями $KK > 1,5$): золото, серебро, сурьма, мышьяк, ртуть, цинк, барий, хром, железо, кобальт – для проб почвы, кларковые значения концентраций приняты согласно кларкам химических элементов в верхней части континентальной земной коры (по Н. А. Григорьеву, 2009). Для проб донных отложений относительно кларковых значений концентраций выделяются следующие элементы (со значениями $KK > 1,5$): цинк, мышьяк, золото, сурьма, ртуть, хром, железо, барий, серебро, кобальт, лютеций, европий, иттербий, скандий, уран – кларковые значения концентраций приняты согласно кларкам химических элементов в осадочных породах (по Н. А. Григорьеву, 2009) [4].

Таблица 5.1.5. — Геохимические ряды в зоне влияния медеплавильного завода – г. Карабаш и окрестности

Среда отбора	Геохимические ряды
Почва	Au_{86,1} — Ag_{57,2} — Sb_{56,2} — As_{43,9} — Hg_{35,4} — Zn_{23,2} — Ba_{16,4} — Cr_{4,7} — Fe_{2,0} — Co_{1,7} — Sc_{1,2} — Ca_{1,05} — Eu_{0,72} — Yb_{0,67} — Lu_{0,63} — Sr_{0,62} — Hf_{0,55} — Na_{0,52} — U_{0,48} — Sm_{0,46} — Tb_{0,41} — La_{0,38} — Nd_{0,36} — Ce_{0,35} — Br_{0,3} — Rb_{0,26} — Th_{0,25} — Ta_{0,23} — Cs_{0,17}
Донные отложения	Zn_{152,3} — As_{25,6} — Au_{22,9} — Sb_{20,6} — Hg_{13,8} — Cr_{7,7} — Fe_{4,7} — Ba_{4,5} — Ag_{3,2} — Co_{3,1} — Lu_{2,0} — Eu_{1,9} — Yb_{1,86} — Sc_{1,7} — U_{1,5} — Sm_{1,15} — Tb_{1,04} — Ce_{0,7} — Na_{0,6} — Ca_{0,482} — La_{0,481} — Nd_{0,479} — Hf_{0,46} — Ta_{0,36} — Th_{0,35} — Sr_{0,23} — Br_{0,22} — Rb_{0,21} — Cs_{0,05}

В рамках исследования был выполнен кластерный анализ для определения группировки химических элементов в каждой выборке. В результате анализа элементы были разбиты на группы, объединяющие элементы с наивысшими значениями коэффициента корреляции Пирсона r (меры сходства).

Кластерный анализ проводится для того, чтобы сравнить результаты исследований, основной задачей которого является дробление ряда химических элементов на группы, объединяемые по признаку наибольших значений меры сходства (парные коэффициенты корреляции r -Пирсона).

Сперва, находят наибольший коэффициент корреляции между отдельными парами, после этого, обнаруженную пару соединяют в группу при помощи разноплановых усредняющих методов. Выбранный метод объединения в пару используется до того момента, пока значения групповых коэффициентов корреляции меньше порогового критического значения r , рассчитываемого в модуле системы по заданному уровню значимости и объёму выборки.

Визуализация результатов кластерного анализа представлена в виде дендрограмм, на которой по оси X находятся обозначения химических элементов (в соответствии с наименованиями столбцов-переменных в базе данных), по оси Y же располагается значение $1-r$, которое совпадает с отдельными уровнями иерархического группирования. На дендрограмме корреляционной матрицы для генеральной выборки образцов почвы значимыми связями являются те, значения которых находятся ниже критического $r_{0,05} = 0,49$ (расчет для 15 значений). Критическое значение $r_{0,05}$ для генеральной выборки образцов донных отложений равняется $r_{0,05} = 0,503$ (расчет для 16 значений). Для отображения на графике критического значения, в процессе подготовки графика к экспорту в отчётность, добавляется линейная функция с константой, соответствующей по значению величине критического значения $r_{0,05}$, и стилизуется красной пунктирной линией, в соответствии с методическими указаниями [11].

Построение дендрограмм велось в двух вариантах (на рисунке 5.1.2 – для почв; на рисунке 5.1.3 – для донных отложений):

- 1) Для прологарифмированных значений генеральной выборки образцов почвы;
- 2) Для прологарифмированной генеральной выборки образцов донных отложений – с логарифмической шкалой по оси Y ;

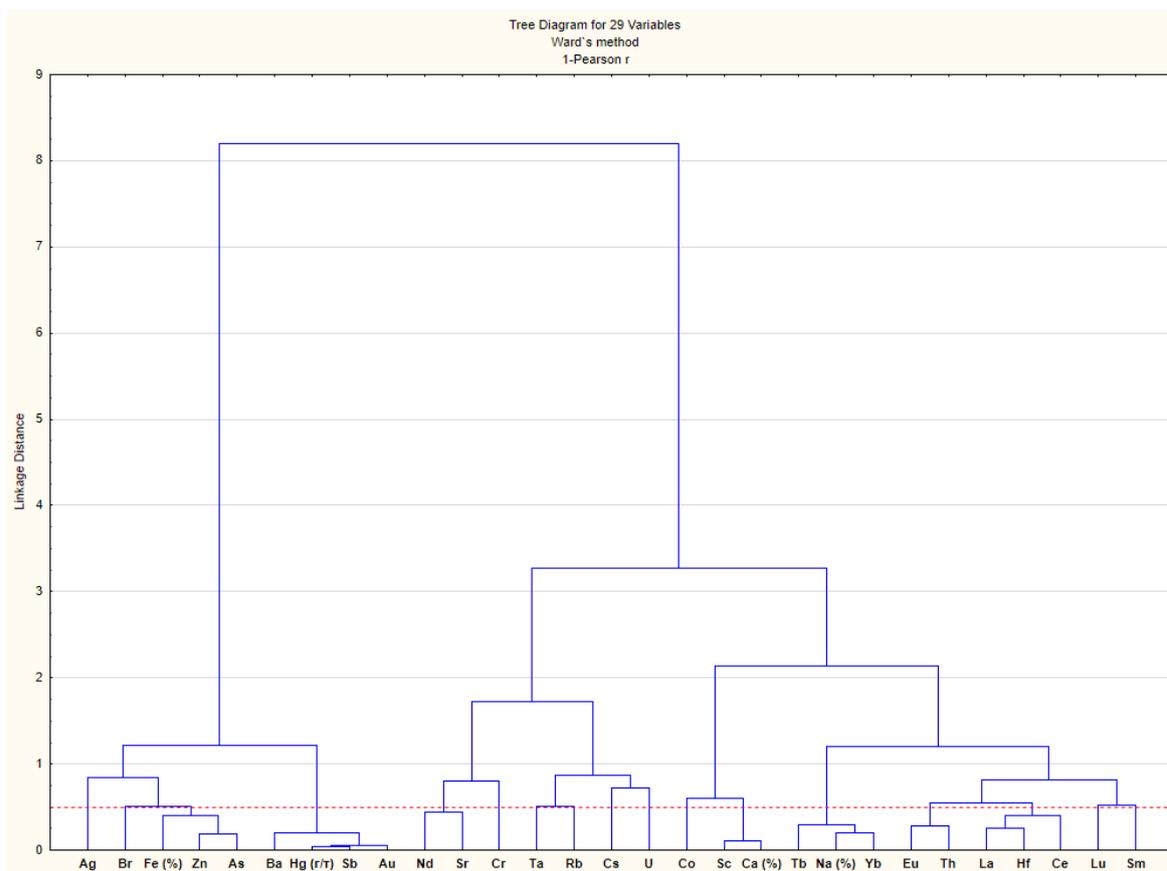


Рисунок 5.1.2 — Дендрограмма корреляционной матрицы геохимического спектра элементов в почвах, прологарифмированные значения генеральной выборки

Значимые ассоциации химических элементов в почвах в районе исследования по данным ИНАА, следующие:

- 1) Br—Fe—Zn—As;
- 2) Ba—Hg—Sb—Au;
- 3) Nd—Sr;
- 4) Ta—Rb;
- 5) Sc—Ca;
- 6) Tb—Na—Yb;
- 7) Eu—Th;
- 8) La—Hf—Ce;

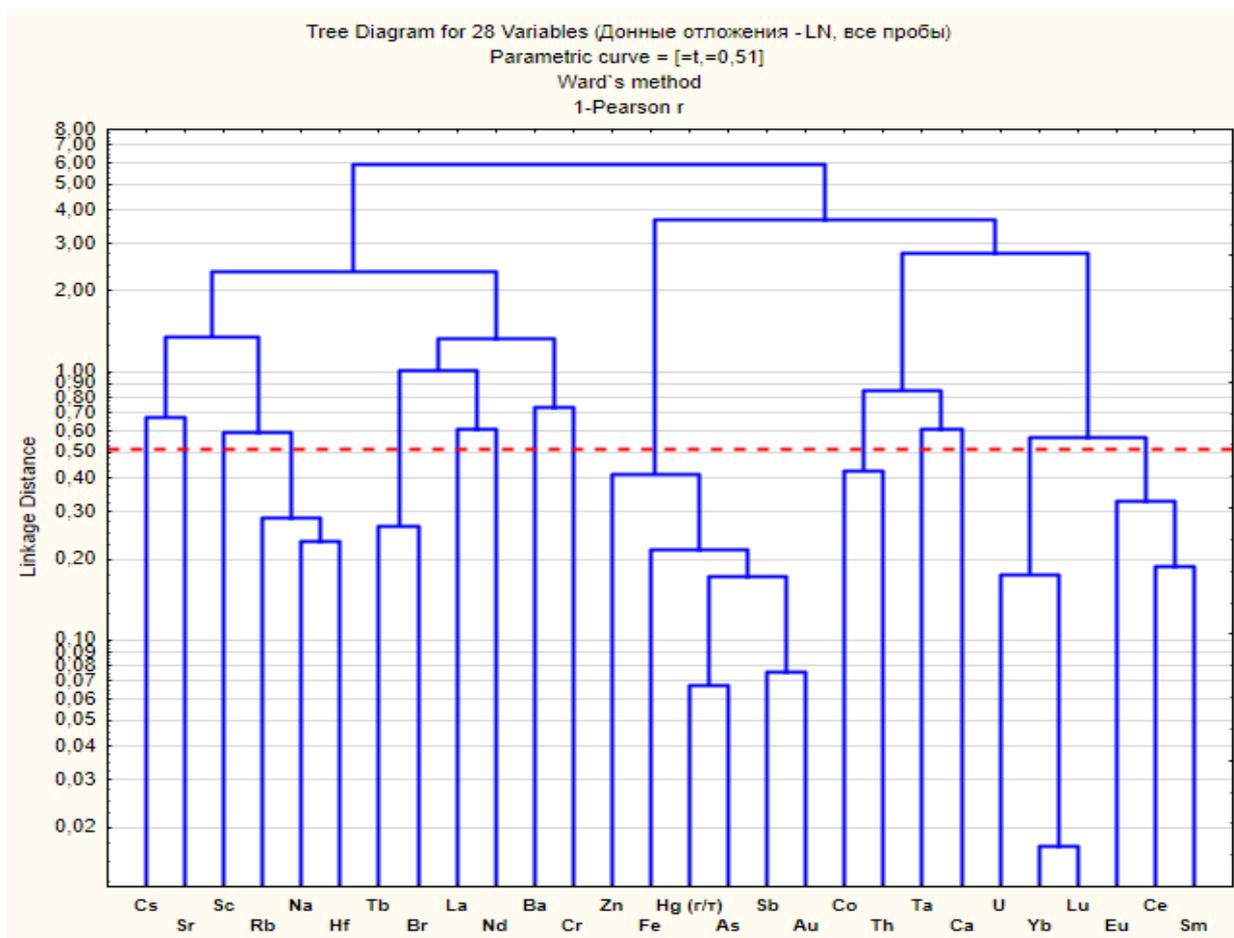


Рисунок 5.1.3 — Дендрограмма корреляционной матрицы геохимического спектра элементов в донных отложениях, прологарифмированные значения генеральной выборки

Значимые ассоциации химических элементов в донных отложениях в районе исследования по данным ИНАА, следующие:

- 1) Rb—Na—Hf;
- 2) Tb—Br;
- 3) Zn—Fe—Hg—As—Sb—Au – самая крупная и значимая ассоциация;
- 4) Co—Th;
- 5) U—Yb—Lu;
- 6) Eu—Ce—Sm;

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы: в почвах района исследования наиболее крупные геохимические ассоциации представлены элементами, имеющими наиболее высокие коэффициенты концентрации, которые также являются халькофильными элементами. В

соответствии с классификацией норвежского геохимика В. М. Гольдшмидта, к халькофильным элементам относятся химические элементы сульфидных руд, то есть элементы побочной группы периодической системы химических элементов. В их число входит 19 элементов: S, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, Hg, Tl, Pb, Bi, Po. Металлические халькофильные элементы обладают специфическим сродством к сере, селену и теллуру. Это явное свидетельство того, что источником аномальных концентраций является медеплавильное производство. В донных отложениях района исследования наблюдается похожая картина, но главная ассоциация представлена не двумя малыми, а одной более широкой группой халькофильных элементов, за исключением брома и бария [17].

Также, по результатам расчета коэффициентов парной корреляции концентраций химических элементов установлены сильно значимые корреляционные связи в почвах и донных отложениях в зоне влияния медеплавильного завода.

В результате расчёта коэффициентов парной корреляции концентраций химических элементов были установлены сильно значимые корреляционные связи в почвах и донных отложениях в зоне влияния медеплавильного завода. Коэффициент корреляции — это мера линейной связи между двумя переменными, которая берет значения от -1 до 1. Значение 1 означает, что между переменными существует идеальная связь, значение -1 означает, что между переменными существует обратная идеальная связь, а значение 0 - что между переменными связи нет. Таким образом, сильно значимые корреляционные связи в данном случае указывают на высокую степень линейной связи между концентрациями различных химических элементов в почвах и донных отложениях.

Следует отметить, что расчёт коэффициентов парной корреляции не позволяет определить причинно-следственные связи между переменными и не дает никакой информации о том, как одна переменная воздействует на другую. Однако, данная методика позволяет выявить сильно коррелированные

химические элементы и определить признаки, которые коррелируют между собой с высокой степенью точности.

Таблица 5.1.6. — Корреляционная матрица (по Пирсону) выборки концентраций микроэлементов для групп с повышенным и пониженным содержанием мышьяка – для проб почвы (генеральная выборка), маркировка красным цветом значений больше 0,7

	Sm	Ce	Ca (%)	Lu	U	Th	Cr	Yb	Au	Hf	Ba	Sr	Nd	As	Ag	Br	Cs	Tb	Sc	Rb	Fe (%)	Zn	Ta	Co	Na (%)	Eu	La	Sb		
Sm	0,446																													
Ce	0,293	0,104																												
Ca (%)	0,434	0,097	-0,368																											
Lu	0,204	0,232	-0,064	0,324																										
U	0,611	0,732	0,036	0,281	0,200																									
Th	-0,096	0,286	0,182	-0,500	-0,386	-0,075																								
Cr	0,329	0,468	0,086	0,576	0,543	0,411	-0,311																							
Yb	-0,125	-0,412	-0,351	-0,113	-0,222	-0,441	0,190	-0,581																						
Au	0,150	0,650	-0,132	0,418	0,343	0,600	-0,018	0,743	-0,663																					
Hf	-0,021	-0,282	-0,436	0,123	-0,154	-0,389	0,104	-0,339	0,918	-0,525																				
Ba	-0,151	0,174	-0,220	-0,156	-0,078	0,115	0,582	-0,266	0,331	0,055	0,270																			
Sr	0,255	0,371	-0,118	0,224	-0,101	0,278	0,312	0,061	0,152	0,013	0,297	0,563																		
Nd	-0,307	-0,336	-0,346	-0,343	-0,225	-0,407	0,125	-0,518	0,713	-0,404	0,607	0,060	-0,433																	
As	-0,202	-0,564	-0,270	-0,044	-0,110	-0,477	-0,325	-0,293	0,460	-0,408	0,403	-0,024	-0,258	0,536																
Ag	0,057	-0,111	-0,129	-0,143	0,154	0,018	-0,468	-0,157	0,344	-0,336	0,339	-0,371	-0,398	0,586	0,298															
Br	0,343	0,477	0,220	-0,250	0,227	0,456	0,161	0,002	-0,142	0,102	-0,227	0,206	0,026	0,007	-0,034	0,071														
Cs	0,294	0,045	0,113	0,390	0,154	0,154	-0,463	0,632	-0,306	0,301	-0,083	-0,507	-0,309	0,000	0,164	0,252	0,090													
Tb	0,257	0,136	0,957	-0,329	-0,118	0,057	0,082	0,146	-0,484	-0,014	-0,550	-0,403	-0,282	-0,318	-0,252	-0,079	0,179	0,230												
Sc	-0,018	0,154	-0,297	-0,050	0,102	0,284	-0,177	-0,129	0,025	-0,154	0,004	-0,147	0,242	-0,134	-0,378	0,290	0,103	-0,290	-0,315											
Rb	0,425	-0,075	0,211	-0,722	-0,096	-0,221	0,111	-0,489	0,090	-0,264	-0,125	-0,156	-0,592	0,525	0,023	0,493	0,172	-0,237	0,286	0,093										
Fe (%)	-0,011	-0,386	-0,071	-0,431	-0,154	-0,339	0,171	-0,614	0,699	-0,639	0,593	0,073	-0,264	0,793	0,399	0,593	-0,002	-0,113	-0,146	-0,061	0,421									
Zn	0,331	0,343	-0,004	-0,068	0,493	0,501	-0,151	0,090	-0,287	0,177	-0,410	-0,203	-0,194	-0,173	-0,348	0,245	0,409	-0,190	0,008	0,558	0,169	-0,015								
Ta	-0,018	0,114	0,664	-0,570	-0,139	0,068	0,157	-0,079	-0,405	0,082	-0,564	-0,257	-0,633	0,107	-0,119	0,157	0,266	0,132	0,768	-0,343	0,654	0,129	0,173							
Co	0,271	0,207	0,250	0,418	0,221	0,114	-0,421	0,800	-0,563	0,486	-0,329	0,587	-0,245	-0,307	0,050	0,000	-0,095	0,817	0,404	-0,384	-0,296	-0,429	0,139	0,200						
Na (%)	0,547	0,286	-0,161	0,673	0,197	0,565	-0,273	0,599	-0,335	0,520	-0,234	-0,060	0,321	-0,531	-0,041	-0,349	0,079	0,301	-0,139	0,028	-0,788	-0,547	0,203	-0,384	0,402					
Eu	0,515	0,804	-0,104	0,424	0,352	0,688	0,214	0,502	-0,228	0,645	-0,048	0,243	0,327	-0,236	-0,626	-0,109	0,344	0,158	-0,114	0,106	-0,270	-0,268	0,290	-0,105	0,125	0,312				
La	-0,196	-0,382	-0,214	-0,404	-0,311	-0,471	0,246	-0,693	0,871	-0,650	0,750	-0,179	-0,184	0,914	0,509	0,521	-0,050	-0,222	-0,268	-0,100	0,454	0,893	-0,230	0,007	-0,489	-0,588	-0,309			
Sb																														

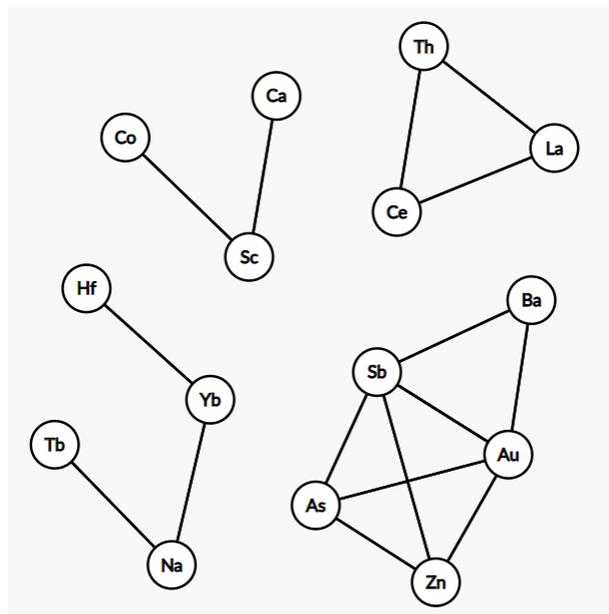


Рисунок 5.1.4 — Графы положительных геохимических ассоциаций элементов проб почвы – генеральная выборка, значения больше 0,7

Согласно проведению корреляционного анализа для образцов почв при помощи коэффициента r -Пирсона и построения по его результатам графов геохимической ассоциации, можно сделать следующие выводы о связях

между элементами: так, наибольшее количество связей наблюдается у сурьмы (4 связи), золота (4 связи), затем идут цинк (3 связи), мышьяк (3 связи), барий (2 связи), торий-церий-лантановый граф ассоциации (в котором у каждого элемента по 2 связи), другая группа: кальций(1 связь)-скандий(2 связи)-кобальт(1 связь), и оставшаяся ассоциативная группа: гафний(1 связь)-иттербий(1 связь)-натрий(1 связь)-тербий(1 связь). Взаимные связи наблюдаются у множества элементов, отдельного внимания заслуживает группа сурьмы-золота-мышьяка-цинка-бария, ранее уже встречавшаяся в предыдущих тестах для образцов почвы. Наиболее сильными связями характеризуются мышьяк-сурьма (0,914), золото-барий (0,918), кальций-скандий (0,957); цинк-сурьма (0,893). Таким образом, согласно корреляционному анализу для проб почвы, наиболее сильными зависимостями характеризуются халькофильные элементы.

Таблица 5.1.7. — Корреляционная матрица (по Пирсону) выборки концентраций микроэлементов для групп с повышенным и пониженным содержанием мышьяка – для проб донных отложений (генеральная выборка), маркировка красным цветом значений больше 0,7

	Sm	Ce	Ca	Lu	U	Th	Cr	Yb	Au	Hf	Ba	Sr	Nd	As	Br	Cs	Tb	Sc	Rb	Fe	Zn	Ta	Co	Na	Eu	La	Sb
Sm																											
Ce	0.80																										
Ca	-0.52	-0.53																									
Lu	0.68	0.58	-0.12																								
U	0.60	0.50	-0.14	0.90																							
Th	0.59	0.33	0.09	0.57	0.53																						
Cr	-0.22	0.25	-0.09	-0.37	-0.43	-0.28																					
Yb	0.72	0.68	-0.22	0.96	0.85	0.42	-0.32																				
Au	0.37	0.24	-0.72	0.08	0.09	0.00	0.04	0.13																			
Hf	-0.61	-0.38	0.35	-0.72	-0.82	-0.38	0.38	-0.69	-0.51																		
Ba	0.21	0.11	-0.56	-0.28	-0.37	-0.17	0.19	-0.12	0.67	0.00																	
Sr	-0.25	-0.36	0.20	-0.03	-0.14	-0.25	-0.42	-0.03	-0.42	0.31	-0.14																
Nd	-0.10	0.22	-0.13	0.04	-0.07	-0.23	0.34	0.10	-0.37	0.27	-0.10	0.09															
As	0.40	-0.03	-0.25	0.40	0.45	0.40	-0.50	0.33	0.69	-0.76	0.29	-0.25	-0.59														
Br	0.30	0.41	-0.63	0.13	0.28	-0.06	0.08	0.17	0.47	-0.27	0.17	-0.39	-0.03	0.15													
Cs	0.09	0.25	-0.23	0.03	0.00	-0.40	0.14	0.16	0.13	0.08	0.15	0.33	-0.02	-0.15	0.31												
Tb	0.30	0.38	-0.35	0.16	0.21	0.13	-0.08	0.16	0.05	-0.04	0.00	-0.03	0.08	-0.10	0.75	0.28											
Sc	-0.30	0.10	0.35	-0.23	-0.23	-0.39	0.34	-0.18	-0.57	0.49	-0.46	0.20	0.14	-0.76	-0.03	0.38	0.23										
Rb	-0.52	-0.53	0.17	-0.74	-0.84	-0.54	0.05	-0.67	-0.15	0.73	0.25	0.37	0.03	-0.35	-0.28	0.11	-0.14	0.21									
Fe	0.60	0.54	-0.67	0.40	0.44	0.32	-0.01	0.44	0.79	-0.62	0.34	-0.36	-0.31	0.58	0.39	0.15	0.05	-0.47	-0.43								
Zn	0.63	0.34	-0.31	0.74	0.84	0.51	-0.50	0.69	0.49	-0.96	0.01	-0.31	-0.37	0.81	0.32	-0.17	0.11	-0.56	-0.74	0.59							
Ta	-0.18	-0.15	0.51	0.13	0.07	0.33	-0.04	-0.05	-0.67	0.31	-0.70	0.29	0.22	-0.31	-0.42	-0.07	-0.15	0.25	0.00	-0.35	-0.30						
Co	-0.06	-0.18	0.49	0.22	0.34	0.55	-0.05	-0.01	-0.15	-0.29	-0.49	-0.42	-0.29	0.34	-0.07	-0.45	-0.05	-0.13	-0.40	-0.07	0.32	0.41					
Na	-0.64	-0.41	0.36	-0.76	-0.72	-0.67	0.39	-0.69	-0.52	0.76	-0.07	0.25	0.17	-0.75	-0.23	0.11	-0.11	0.67	0.61	-0.72	-0.81	0.04	-0.27				
Eu	0.74	0.74	-0.54	0.61	0.63	0.15	-0.04	0.69	0.32	-0.62	-0.02	-0.25	0.05	0.18	0.60	0.35	0.45	0.00	-0.53	0.50	0.55	-0.27	-0.11	-0.41			
La	0.49	0.66	-0.54	0.18	0.22	0.10	0.30	0.24	-0.03	-0.08	0.11	-0.14	0.53	-0.30	0.32	0.20	0.33	0.08	-0.38	0.15	0.01	0.04	-0.29	-0.04	0.48		
Sb	0.40	0.12	-0.56	0.10	0.12	0.11	-0.20	0.16	0.92	-0.56	0.71	-0.31	-0.54	0.82	0.29	0.02	-0.04	-0.66	-0.13	0.71	0.59	-0.70	-0.11	-0.53	0.19	-0.16	

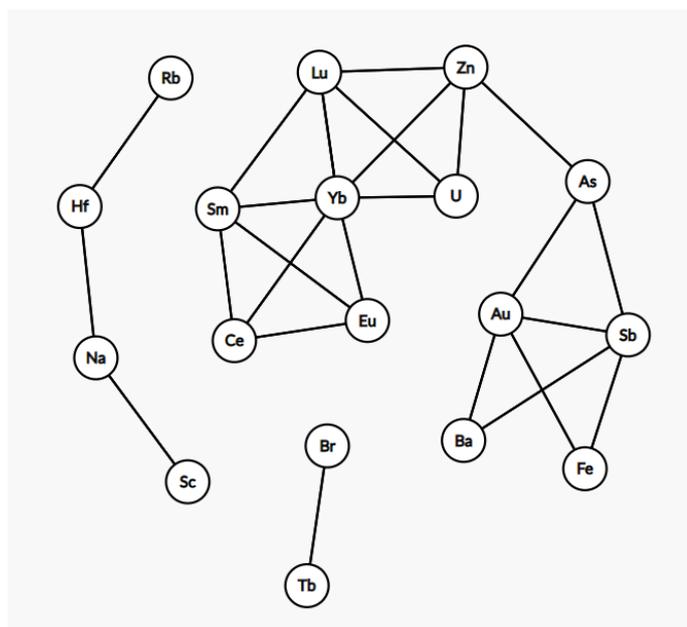


Рисунок 5.1.5. — Графы положительных (выше 0,7) геохимических ассоциаций элементов проб донных отложений – генеральная выборка

Согласно проведению корреляционного анализа для образцов донных отложений при помощи коэффициента r -Пирсона и построения по его результатам графов геохимической ассоциации, можно сделать следующие выводы о связях между элементами: так, наибольшее количество связей наблюдается в самой крупной группе, в подгруппе тяжёлых и редкоземельных металлов: у иттербия(5 связей)—самария(4 связи)—лютеция(4 связи)—церия(3 связи)—европия(3 связи)—урана(3 связи)—цинка(3 связи). Далее, через цинк, подгруппа ТМ и редкоземельных металлов связана со знакомой подгруппой ассоциативных маркерных металлов через мышьяк: мышьяк(3 связи)—сурьма(4 связи)—золото(4 связи)—барий(2 связи)—железо(2 связи). Остальные малые группы выглядят следующим образом: группа рубидий(1 связь)—гафний(1 связь)—натрий(1 связь)—скандий(1 связь), а также двусторонне связанная группа бром(1 связь)—тербий(1 связь). Взаимные связи наблюдаются у множества элементов, отдельного внимания заслуживает группа халькофильных элементов сурьмы-золота-мышьяка-цинка-бария, ранее уже встречавшаяся в предыдущих тестах для образцов почвы.

Для сравнения содержания химических элементов в пробах почвы и донных отложений в зоне влияния медеплавильного завода в городе Карабаш и его окрестностях, использовали критерии Колмогорова-Смирнова. Данный критерий - это статистический тест, используемый для проверки гипотезы о сходстве двух распределений. При этом, распределение считается одинаковым, если значение статистики, вычисленной по данным из двух выборок, не превышает критического значения.

В результате применения критериев Колмогорова-Смирнова для анализа содержания химических элементов в пробах почвы и донных отложений в зоне влияния медеплавильного завода были получены следующие результаты:

Таблица 5.1.8. — Результаты проведения тестов на соответствие гипотезе нормального распределения – пробы почвы, генеральная выборка

Элемент	Колмогорова-Смирнова		T1	T2	Вывод
	p	соответствие нормальному закону распределения (P < 0,050 – нет; P > 0,050 – да)			
Sm	n.s.	да	2,1	1,6	Да
Ce	n.s.	да	2,5	2,7	Да
Ca (%)	n.s.	да	-0,2	-1,1	Да
Lu	n.s.	да	0,4	-1,3	Да
U	n.s.	да	2,1	1,4	Да
Th	n.s.	да	-0,1	-0,7	Да
Cr	n.s.	да	2,2	2,2	Да
Yb	n.s.	да	0,0	-1,0	Да
Au	p < 0,20	да	3,8	5,4	нет
Hf	n.s.	да	0,6	-0,5	Да
Ba	p < 0,05	нет	3,8	5,4	нет
Sr	p < 0,01	нет	2,5	1,8	нет
Nd	n.s.	да	2,6	2,8	Да
As	p < 0,05	нет	1,6	-0,3	нет
Ag	p < 0,05	нет	3,6	5,0	нет
Br	n.s.	да	0,4	-0,9	Да
Cs	n.s.	да	0,9	0,3	Да
Tb	p < 0,05	нет	0,8	-0,9	нет
Sc	n.s.	да	0,5	-1,2	Да
Rb	n.s.	да	0,3	-0,1	Да
Fe (%)	n.s.	да	-0,3	-0,9	Да
Zn	p < 0,15	да	3,3	4,3	нет
Ta	p < 0,20	да	1,3	0,0	Да
Co	n.s.	да	-0,4	-0,8	Да
Na (%)	n.s.	да	0,9	-0,6	Да
Eu	n.s.	да	1,3	0,1	Да
La	p < 0,20	да	1,0	-1,0	Да
Sb	n.s.	да	3,7	5,2	нет
Hg (г/т)	n.s.	да	3,7	5,3	нет

Согласно значениям отношений T1 и T2, следующие элементы соответствуют нормальному распределению: самарий, церий, кальций, лютеций, уран, торий, хром, иттербий, гафний, стронций, неодим, мышьяк, бром, цезий, тербий, скандий, рубидий, железо, тантал, кобальт, натрий, европий, лантан. Не соответствуют нормальному распределению по значениям T1 и T2 следующие элементы: золото, барий, серебро, цинк, сурьма, ртуть. При этом, если брать совокупность тестов включая и критерий Колмогорова-Смирнова, то по итоговому заключению о соответствии элементов нормальному закону распределения, перечень элементов в почве, не соответствующих закону нормального распределения будет следующим: **золото, барий, стронций, мышьяк, серебро, тербий, цинк, сурьма и ртуть.** Большая часть из перечисленных элементов – халькофильные, что снова свидетельствует о том, что источником аномальных концентраций является медеплавильное производство.

Таблица 5.1.9. — Результаты проведения тестов на соответствие гипотезе нормального распределения – пробы донных отложений, генеральная выборка

Элемент	Колмогорова-Смирнова		tA	tE	Вывод
	p	соответствие нормальному закону распределения (P < 0,050 – нет; P > 0,050 – да)			
Sm	n.s.	да	1,1	-0,9	Да
Ce	n.s.	да	0,7	0,0	Да
Ca (%)	n.s.	да	-0,5	-1,1	Да
Lu	n.s.	да	0,2	0,2	Да
U	n.s.	да	1,3	0,3	Да
Th	n.s.	да	1,8	2,0	Да
Cr	n.s.	да	1,7	1,3	Да
Yb	n.s.	да	1,8	1,8	Да
Au	n.s.	да	0,4	-0,6	Да
Hf	n.s.	да	2,4	2,6	Да
Ba	< 0,05	нет	2,4	2,5	Нет
Sr	< 0,01	нет	2,9	3,4	Нет
Nd	< 0,10	да	0,3	-1,5	Да
As	n.s.	да	1,1	-1,1	Да
Br	n.s.	да	1,7	1,3	Да
Cs	< 0,15	да	1,2	-0,9	Да
Tb	< 0,20	да	2,2	2,1	Да
Sc	n.s.	да	-0,6	-0,8	Да
Rb	n.s.	да	0,3	-1,0	Да
Fe (%)	n.s.	да	-0,8	-0,8	Да

Элемент	Колмогорова-Смирнова		tA	tE	Вывод
	p	соответствие нормальному закону распределения (P < 0,050 – нет; P > 0,050 – да)			
Zn	< 0,01	нет	1,9	1,2	Нет
Ta	< 0,05	нет	0,3	-1,5	Нет
Co	< 0,15	да	-0,6	-1,0	Да
Na (%)	n.s.	да	0,7	0,0	Да
Eu	n.s.	да	0,2	-0,4	Да
La	n.s.	да	1,2	0,4	Да
Sb	n.s.	да	0,4	-1,3	Да
Hg (г/т)	n.s.	да	1,9	1,5	Да

Согласно значениям отношений T1 и T2, следующие элементы соответствуют нормальному распределению: Sm, Ce, Ca, Lu, U, Th, Cr, Yb, Au, Hf, Ba, Nd, As, Br, Cs, Tb, Sc, Rb, Fe, Zn, Ta, Co, Na, Eu, La, Sb, Hg. Не соответствуют нормальному распределению по значениям T1 и T2 только **стронций**. При этом, если брать совокупность тестов, включая и критерий Колмогорова-Смирнова, по итоговому заключению о соответствии элементов нормальному закону распределения, то перечень элементов, не соответствующих закону нормального распределения будет следующим: **барий, стронций, цинк, тантал**. Данный перечень включает только один халькофильный элемент – цинк, что в целом сходится с содержанием металлургических шлаков, инфильтрующихся атмосферными осадками (в связи с тем, что шлакоотвалы не имеют защитного покрытия и гидроупорных слоёв под ними). Состав металлургических шлаков состоит преимущественно из железо-силикатного стекла и шпинелеподобных фаз медно-цинкового состава, цинкита, англезита, ганнингита [21, 22].

Для распределения, отличного от нормального применяется непараметрический критерий Манна-Уитни, результат теста для проб почвы района исследования показан в таблице 5.1.10.

Таблица 5.1.10 — Непараметрический U-критерий Манна-Уитни сравнения средних содержаний микроэлементов – пробы почвы (генеральная выборка)

Элемент	p-value
Sm	0,602525
Ce	0,862187
Ca (%)	0,524450
Lu	0,297622

Элемент	p-value
U	0,862187
Th	0,271590
Cr	0,325272
Yb	0,325272
Au	0,017673
Hf	0,183234
Ba	0,017673
Sr	0,953857
Nd	0,602525
As	0,006537
Ag	0,953857
Br	0,042844
Cs	0,816961
Tb	0,953857
Sc	0,451914
Rb	0,487454
Fe (%)	0,118213
Zn	0,012842
Ta	0,953857
Co	0,953857
Na (%)	0,325272
Eu	0,042844
La	0,816961
Sb	0,006537
Hg	0,024028

Особое значение имеет колонка с уровнями значимости (p-value) различий содержаний элементов в выборке. При проведении теста также автоматически помечаются красным цветом значения $p < 0,05$ тех элементов, для которых существует большой размах средних значений. Согласно таблице, большая разница средних значений присутствует у следующих элементов: Au, Ba, As, Br, Zn, Eu, Sb, Hg.

В ходе проведения анализа различия средних значений содержания элементов в почвах с использованием теста Манна-Уитни было обнаружено, что значительные различия наблюдаются для четырех элементов - мышьяка (As), цинка (Zn), сурьмы (Sb) и ртути (Hg). Отмечается, что данные элементы являются халькофильными, что указывает на возможное наличие аномальных концентраций в выборке. Возможным источником данных элементов может быть медеплавильное производство.

Аналогичный непараметрический тест Манна-Уитни, применяемый для распределения, отличного от нормального, проводился и для значений проб донных отложений района исследований.

Таблица 5.1.11 — Непараметрический U-критерий Манна-Уитни сравнения средних содержаний микроэлементов – пробы донных отложений (генеральная выборка)

Элемент	p-value
Sm	0,019701
Ce	0,175159
Ca (%)	0,014669
Lu	0,057678
U	0,057678
Th	0,175159
Cr	0,356553
Yb	0,057678
Au	0,001376
Hf	0,004049
Ba	0,092723
Sr	0,625484
Nd	0,302814
As	0,001376
Ag	0,956750
Br	0,128886
Cs	1,000000
Tb	0,828263
Sc	0,004049
Rb	0,115779
Fe (%)	0,001376
Zn	0,002857
Ta	0,175159
Co	0,870756
Na (%)	0,001376
Eu	0,092723
La	0,956750
Sb	0,001376
Hg (г/т)	0,001376

По результатам непараметрического теста Манна-Уитни были обнаружены элементы со значительной разницей средних содержаний ($p < 0,05$): Sm, Ca, Au, Hf, As, Sc, Fe, Zn, Na, Sb, Hg.

При изучении разницы средних содержаний элементов в донных отложениях с помощью теста Манна-Уитни, было обнаружено, что для четырех химических элементов – As, Zn, Sb, Hg, была обнаружена значительная разница в средних содержаниях. Эти элементы являются халькофильными, что может указывать на присутствие аномальных концентраций в выборке, источник которых может быть связан с медеплавильным производством. Таким образом, данные результаты

подтверждают наличие загрязнений в данном районе, вызванных техногенным воздействием.

В результате статистической обработки установлено, что наибольший кларк концентрации в почвах в районе исследования наблюдается для золота, серебра, сурьмы, мышьяка, ртути, цинка, бария.

Для донных отложений района исследования обнаружены следующие наибольшие кларки концентраций: цинк, мышьяк, золото, сурьма, ртуть, хром (все эти элементы превышают средние концентрации в осадочных породах в 5 и более раз).

5.2. Минеральный состав почв и донных отложений района исследований

Ниже представлены результаты расшифровки дифрактограммы пробы донных отложений с точки №1_0-3_Д, пробоотбор которой произведён с верхнего слоя (0 – 3 см) донных отложений реки Сак-Элга в нижнем течении, перед впадением в гидроботанический пруд (рисунок 5.2.1). В данном месте визуально отмечается большая насыщенность цвета донных отложений (оранжево-коричневые) самой реки и прилегающих почв в пойме реки, лишенных растительности, что является следствием впадения в реку «рыжего ручья» и других мелких ручьев, протекающих по территории промплощадки Карабашского медеплавильного завода, на территории которого располагается множество шлакоотвалов и других технологических объектов-источников поллютантов.

Результаты рентгенофазового анализа минерального состава донных отложений нижнего течения реки Сак-Элга показали, что отложения представлены в основном кварцем, и в меньшей степени пиритом, антигоритом, альбитом, клинохлором, оноратоитом, кловеритом, ртутьсодержащим тетраэдритом.

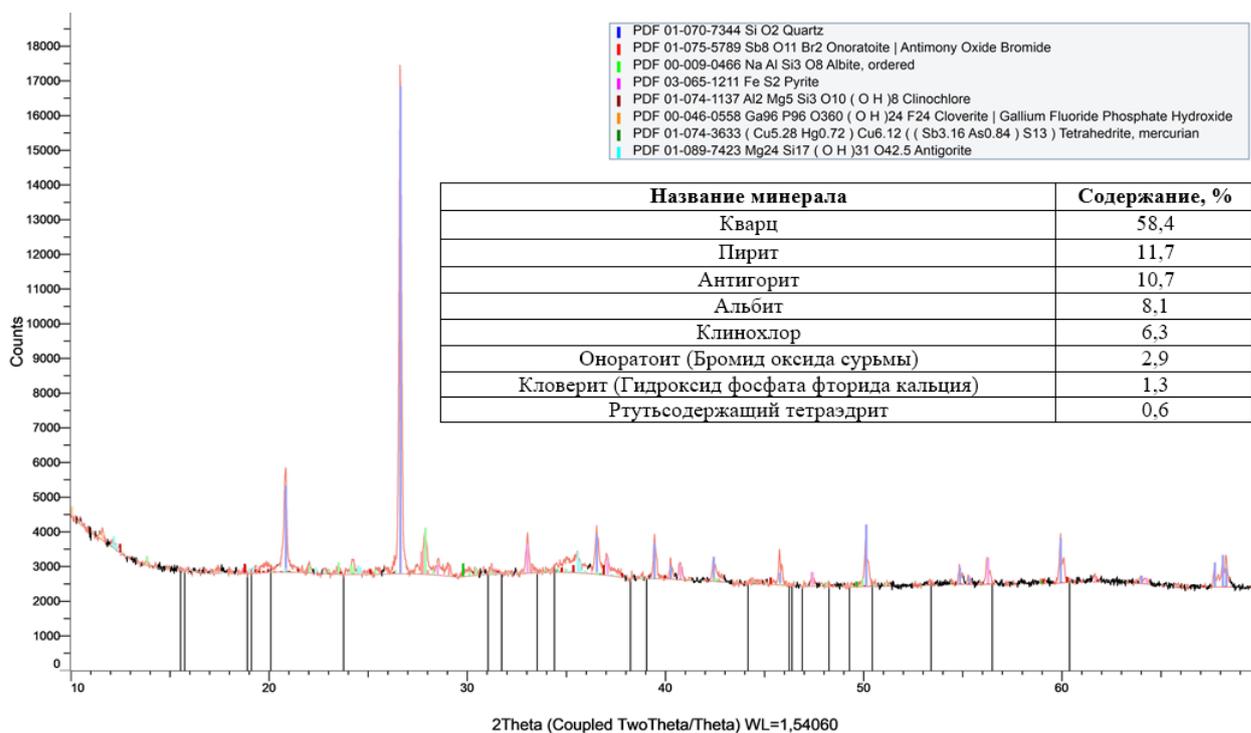


Рисунок 5.2.1 – Рентгенограмма с результатами анализа пробы донных отложений нижнего течения реки Сак-Элга

Ниже представлены результаты расшифровки дифрактограммы пробы почвы с точки №2_0-5_П, пробоотбор которой произведён из верхнего слоя (0 – 5 см) почвенного покрова, неподалеку от места пробоотбора пробы донных отложений № 1_0-3_Д реки Сак-Элга в нижнем течении, перед впадением в гидроботанический пруд. В данном месте визуально отмечается большой визуальный контраст между почвами, затапливаемых во время «высокой воды», обладающих серо-оранжевым цветом и почв, на которые речная вода не поступает (в таковом месте и отобраена проба № 2_0-5_П) – более темного серого цвета, стоит также отметить, что почвенный покров в данной местности практически лишен травянистого покрова, что скорее всего является следствием близости реки Сак-Элга в её нижнем течении, результаты дешифрирования в виде рентгенограммы с таблицей минерального состава пробы почвы представлены на рисунке 5.2.2.

По результатам рентгенофазового анализа минерального состава пробы почвы, взятой в точке недалеко от поймы на нижнем течении реки Сак-Элга, было установлено, что минеральный состав почвы состоит главным образом

из кварца, а также содержит мусковит, магнизиальную роговую обманку, альбит, хромсодержащий клиноцоизит, барит, людвигит, лизардит и пирит в меньших количествах.

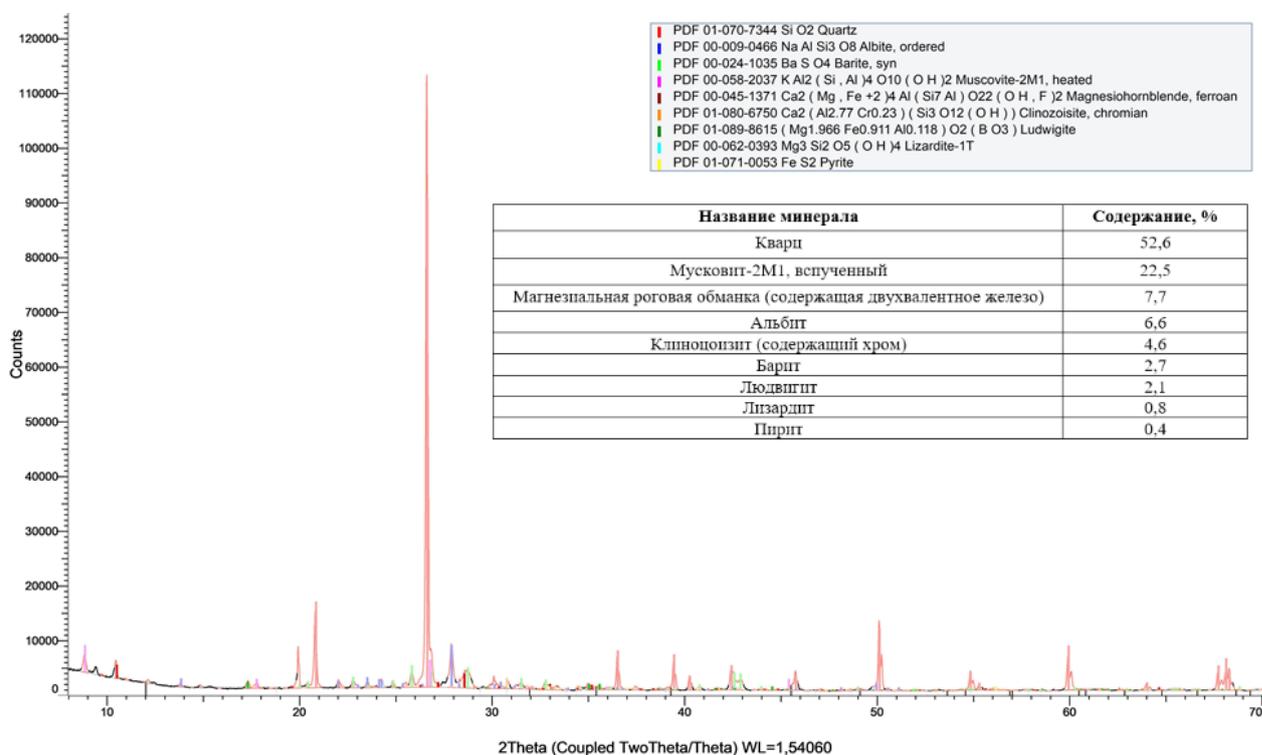


Рисунок 5.2.2 – Рентгенограмма с результатами анализа пробы почвы в точке неподалеку от поймы нижнего течения реки Сак-Элга

Ниже представлены результаты расшифровки дифрактограммы пробы почвы 6_0-5_П с точки № 6, пробоотбор которой произведён с верхнего слоя (0 – 5 см) в частном секторе г. Карабаш, ближайший адрес: улица 8 Марта, д. 38. В данном месте визуально отмечается отсутствие травянистого покрова, данное место – ближайший пробоотбор почвы к Карабашскому медеплавильному заводу, к тому же точка отбора находится в стороне движения по розе ветров газов, загрязняющих атмосферный воздух, выбрасываемых в производственных процессах. Результаты дешифрирования представлены на рисунке 5.2.3.

По результатам рентгенофазового анализа минерального состава пробы почвы, взятой в точке, располагающейся в частном секторе города Карабаш, было установлено, что минеральный состав почвы состоит главным образом

из железосодержащей магнезиальной роговой обманки, а также в меньших количествах содержит железосодержащий клинохлор, альбит, кварц, эпидот, цинковудвардит, тектоалюмосиликат меди и натрия, магнетит и пирит.

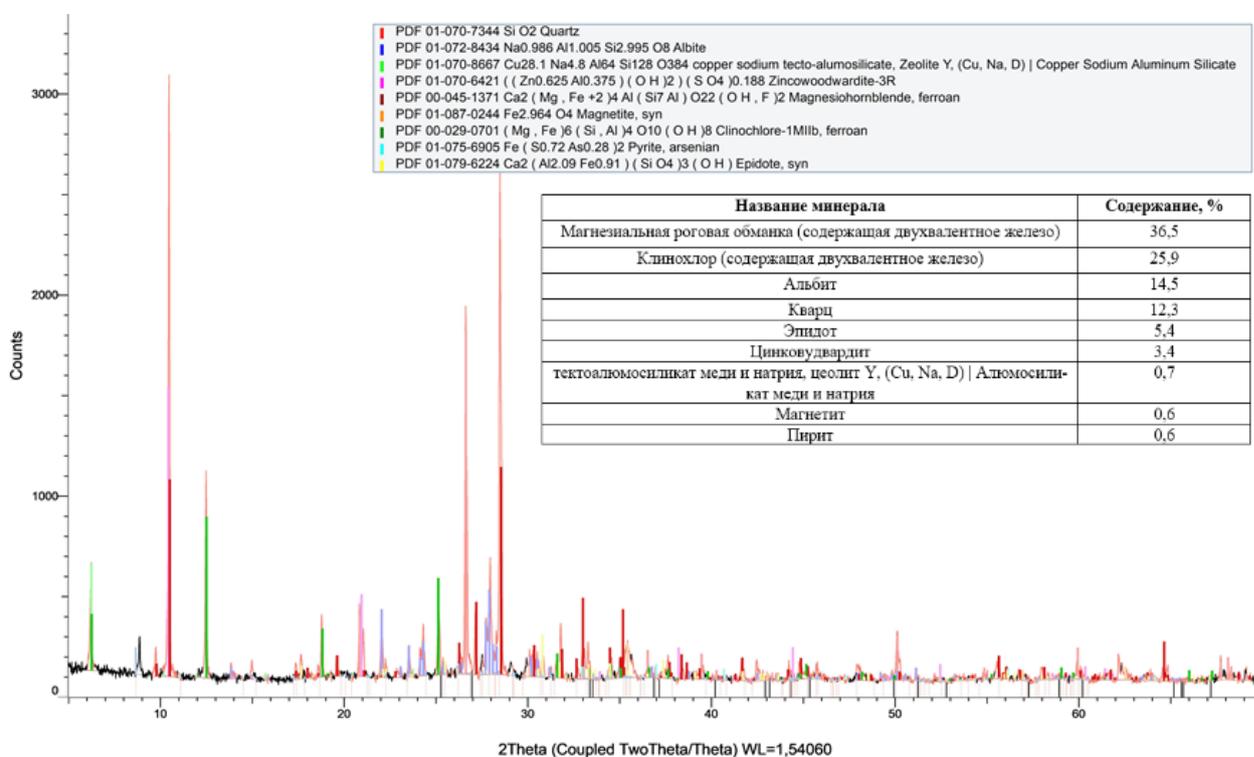


Рисунок 5.2.3 – Рентгенограмма с результатами анализа пробы почвы в частном секторе г. Карабаш

Ниже представлены результаты расшифровки дифрактограммы пробы почвы 9_0-5_П с точки № 9, пробоотбор которой произведён с верхнего слоя (0 – 5 см) в лесном массиве к северу от г. Карабаш, неподалеку от расположения шлакоотвала. В данном месте визуально отмечается присутствие травянистого покрова, данное место располагается в стороне движения по розе ветров газов, загрязняющих атмосферный воздух, выбрасываемых в производственных процессах карабашского медеплавильного завода. Результаты дешифрирования представлены на рисунке 5.2.4.

Рентгенофазовый анализ минерального состава почвенной пробы, взятой к северо-востоку от г. Карабаш в зоне комбинированного воздействия шлакоотвала и медеплавильного завода, показал, что основным минералом в ее составе является кварц. В меньших количествах присутствуют такие

минералы как железосодержащий клинохлор, железосодержащая магнезиальная роговая обманка, альбит, лизардит, магрибит, железосодержащий сфалерит и пирит.

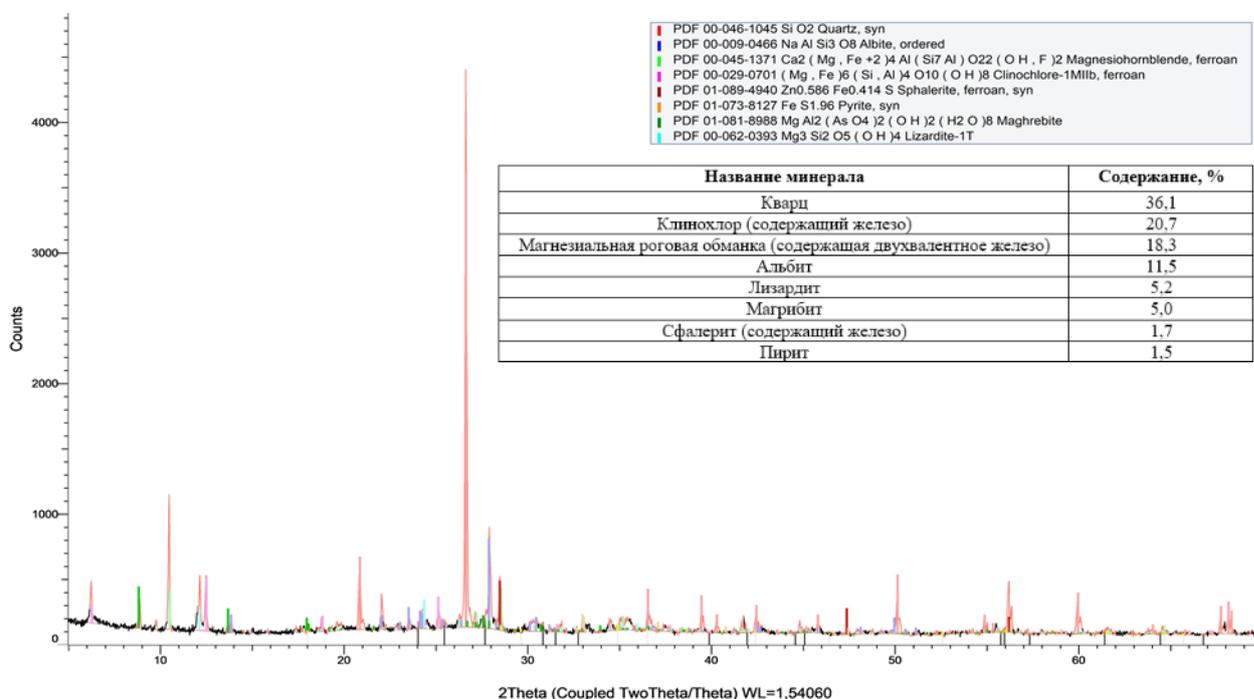


Рисунок 5.2.4 – Рентгенограмма с результатами анализа пробы почвы около шлакоотвала

Расшифровка дифрактограммы пробы донных отложений № 10_0-5_Д с точки № 10 показала результаты исследования верхнего слоя (0-5 см) в пруду-отстойнике на реке Ольховка, расположенном вблизи шлакоотвала к северу от г. Карабаш (рисунок 5.2.5). В этом месте визуально наблюдается красновато-бордовый цвет донных отложений, который может быть обусловлен инфильтрацией воды через зерна шлака в шлакоотвале. В пруду-отстойник также впадают ручьи, выходящие на поверхность около заброшенных шахт по добыче медной руды и руин гидромедьзавода, который использовался для осаждения меди из воды, откачиваемой из шахт.

В данном случае, рентгенофазовый анализ был проведен на почвенной пробе, взятой к северо-востоку от г. Карабаш в зоне комбинированного воздействия шлакоотвала и кислых шахтных вод. Анализ показал, что основным минералом в составе пробы является богатый магнием кальцит.

Кальцит — это минерал, состоящий из карбоната кальция (CaCO_3), содержащий магний в качестве примеси. В меньших количествах в пробе присутствуют такие минералы как железосодержащий мусковит - слюдяной минерал с железом в качестве примеси, катеносиликат магния и железа (пижонит) – сложный силикат, шортеит, геминит, фаялит (магнезиальный и марганцевый) - минерал группы оливина, железосодержащий форстерит - другой минерал группы оливина и шпинель (оксид цинка и титана) - минерал с формулой MgAl_2O_4 , который содержит цинк и титан в качестве примесей.

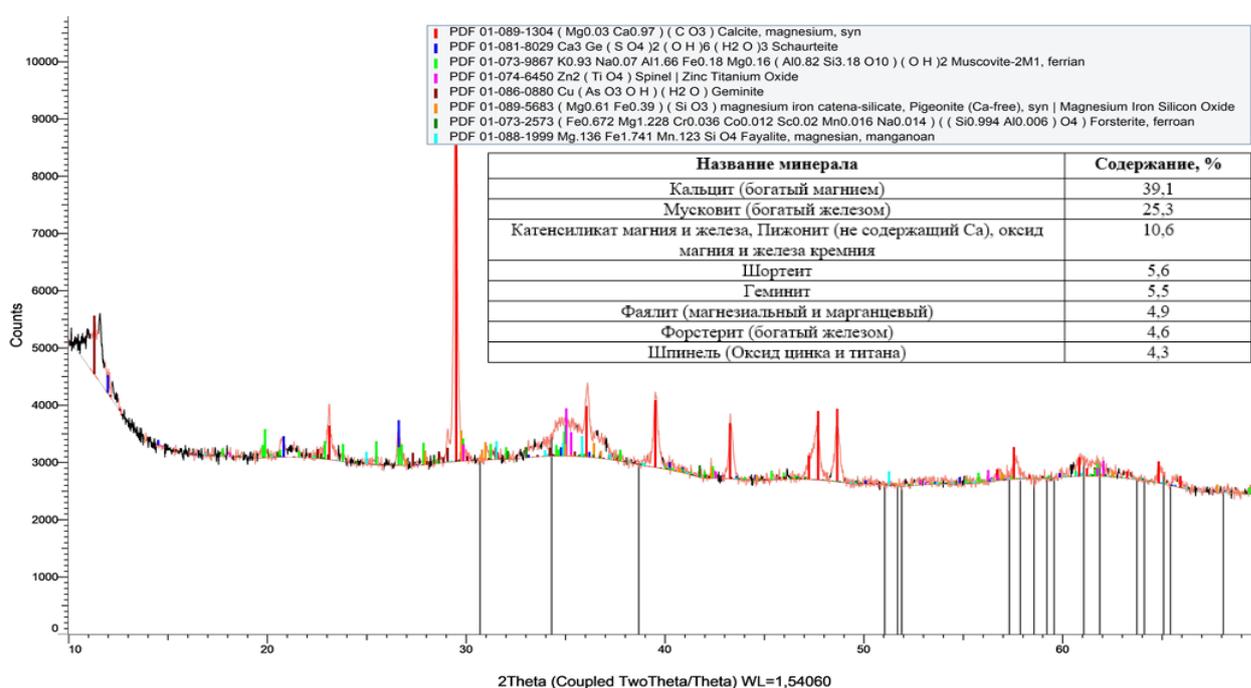
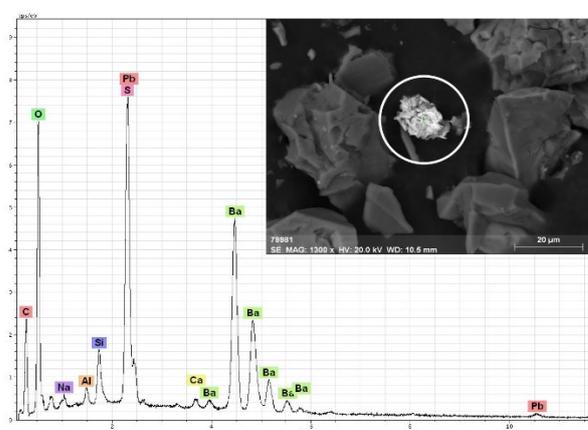


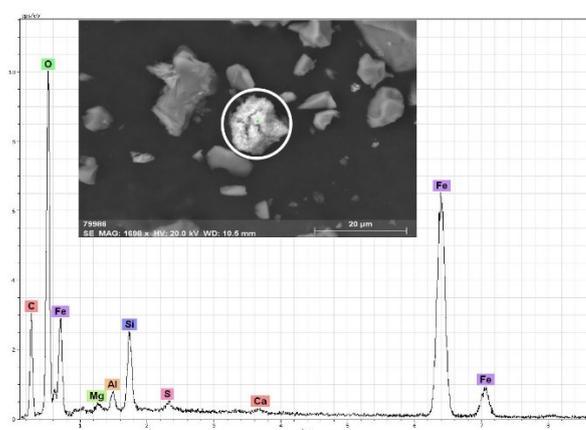
Рисунок 5.2.5 – Рентгенограмма с результатами анализа пробы донных отложений пруда-отстойника на р. Ольховка, около шлакоотвала

Для исследования микрочастиц минеральной фазы почвы были взяты образцы из верхнего горизонта почвенного покрова частного сектора и донных отложений пруда-отстойника около шлакоотвала. Эти образцы были проанализированы с помощью сканирующего электронного микроскопа Hitachi S-3400N с приставкой для микроанализа. В результате анализа образца почвы были обнаружены различные частицы, включая Ва- с примесью Рb-S размером 20 мкм (рисунок 5.2.6а), частицы Рb (в том числе Рb-частица с примесью Ва-S) (рисунок 5.2.6г и рисунок 5.2.6е) - частица почвы со таким

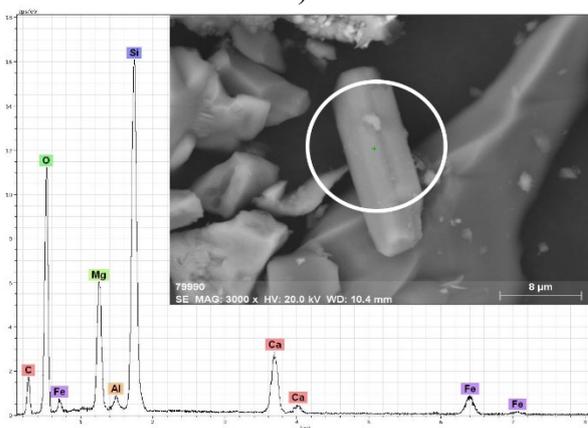
химическим составом может быть определена как смесь оксидов свинца и сульфатов свинца и бария. Такая частица могла оказаться в почве частного сектора около медеплавильного производства в результате атмосферного осаждения частиц с содержанием этих элементов, выброшенных в атмосферный воздух медеплавильным заводом. Оксиды свинца — группа соединений свинца с кислородом, которые могут образовываться при окислении расплавленного свинца на воздухе или при нагревании других соединений свинца, например, сульфида, карбоната, нитрата или диоксида. Сульфаты свинца и бария — соли серной кислоты, которые могут образовываться при взаимодействии оксидов свинца и бария с серной кислотой или при обменном взаимодействии сульфатов щелочных металлов и солей свинца и бария. Fe-частица на рисунке 5.2.6д и на рисунке 5.2.6з (в том числе сидерит? размером 20 мкм на рисунке 5.2.6б), частица Si-Zr (на рисунке 5.2.6ж) и вкрапления Pb- с примесями Ti-Al-Fe-Cu (рисунок 5.2.6и) на частице алюмосиликата (рисунок 5.2.6к).



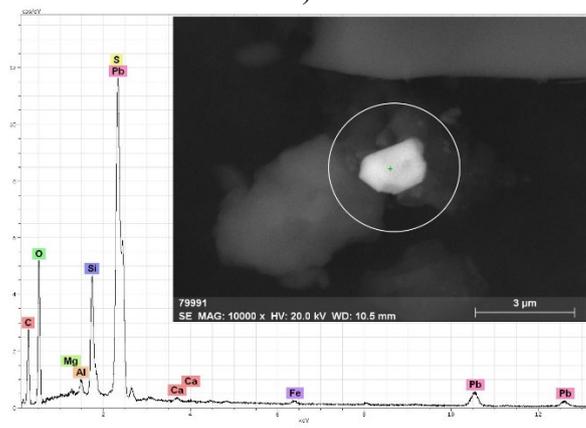
а)



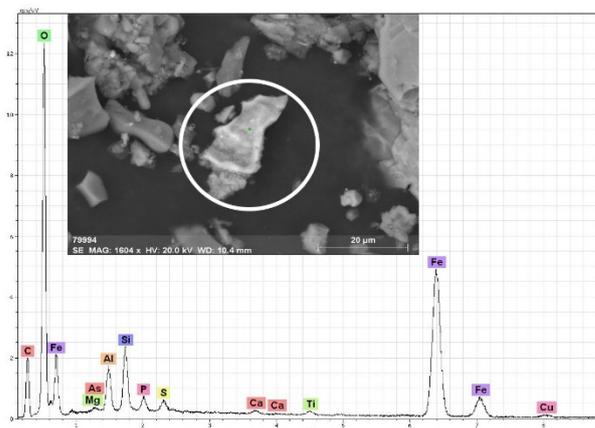
б)



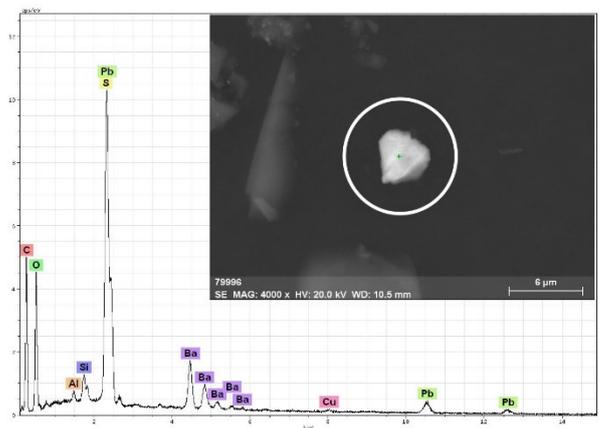
в)



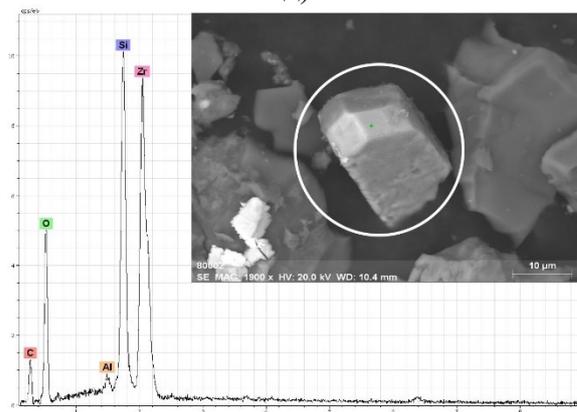
г)



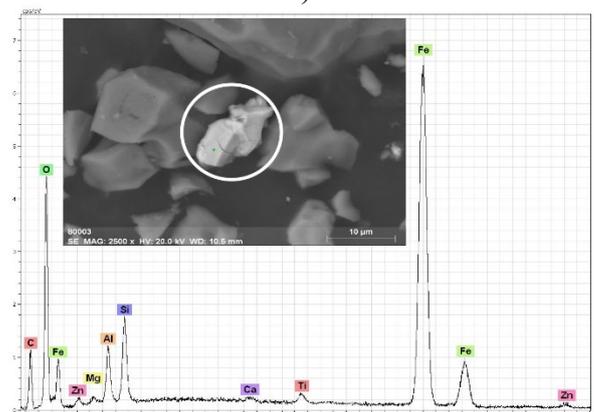
д)



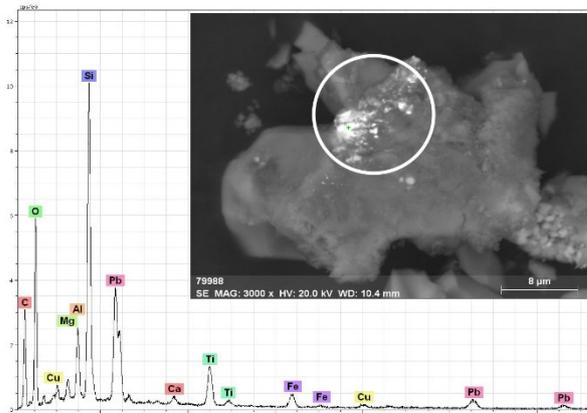
е)



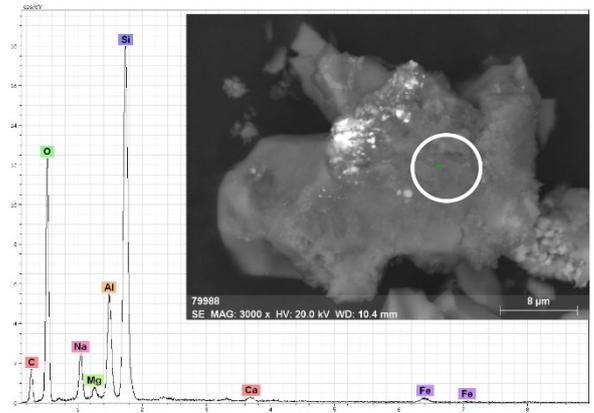
ж)



з)



и)



к)

а) Ва-частица с примесью S ; б) сидерит? (Fe-частица); в) Si-Ca частица с примесью Fe-Mg; г) Pb-частица; д) Fe-частица с примесью Al-Cu-As-Ti-F; е) частица Pb-Ba, с примесью S; ж) частица Si-Zr; з) Fe-частица; и) вкрапление Pb с примесями Ti-Al-Fe-Cu на частице алюмосиликата; к) частица алюмосиликата, с вкраплениями.

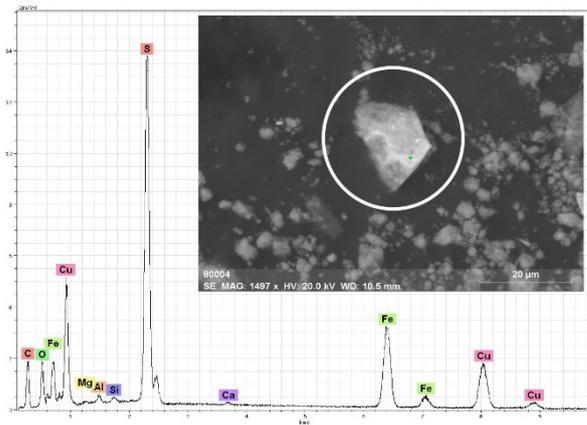
Рисунок 5.2.6 – Результаты электронной микроскопии пробы почвы с частного сектора г. Карабаш, верхний горизонт почвенного покрова, ближайшая точка пробоотбора к Карабашскому медеплавильному заводу.

Частица донных отложений на рисунке 5.2.7а может быть определена как халькопирит - минерал из группы сульфидов, синоним - медный колчедан. Химическая формула - $CuFeS_2$. Кристаллизуется в тетрагональной сингонии. Такая частица могла оказаться в донных отложениях пруда отстойника около шлакоотвала в результате эрозии или выветривания зерен шлака, содержащих халькопирит.

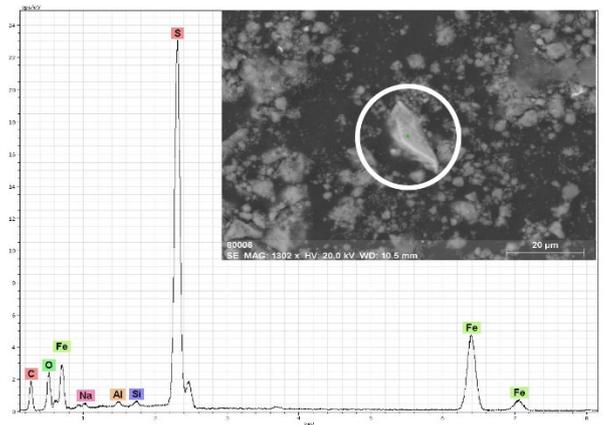
Частица донных отложений на рисунке 5.2.7в может быть определена как смесь оксидов железа и сульфатов цинка, алюминия, кальция, меди и магния. Такая частица могла оказаться в донных отложениях пруда отстойника около отвала металлургического шлака от медеплавильного производства в результате выветривания или коррозии шлака, содержащего эти элементы.

Возможно, частицу донных отложений на рисунке 5.2.7д с таким химическим составом можно назвать шлаковой частицей, так как она содержит высокое содержание железа, меди и цинка, которые являются побочными продуктами металлургического производства. Частица с таким содержанием могла оказаться в пруду отстойнике около шлакоотвала в результате инфильтрации атмосферных осадков, стока поверхностных вод или ветровой эрозии. Такие частицы могут представлять опасность для окружающей среды, так как тяжелые металлы могут выщелачиваться из них и попадать в речные воды и биоту.

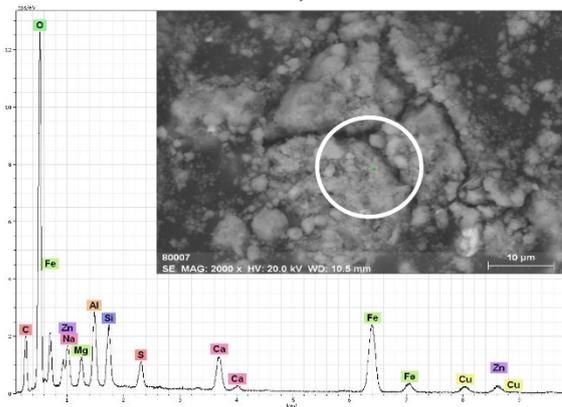
Другие частицы идентифицированы как пирит (на рисунке 5.2.7б); Fe-частица с примесями алюминия, цинка, меди, натрия, марганца, магния и серы (на рисунке 5.2.7г); шлаковая частица с высоким содержанием железа с примесями цинка, меди и магния, попавшая в донные отложения, скорее всего, путем выветривания со шлакоотвала (на рисунке 5.2.7д); Fe-частица с примесью алюминия, магния, натрия, цинка и серы – также, вероятно, попавшая в донные отложения со шлакоотвала (на рисунке 5.2.7е).



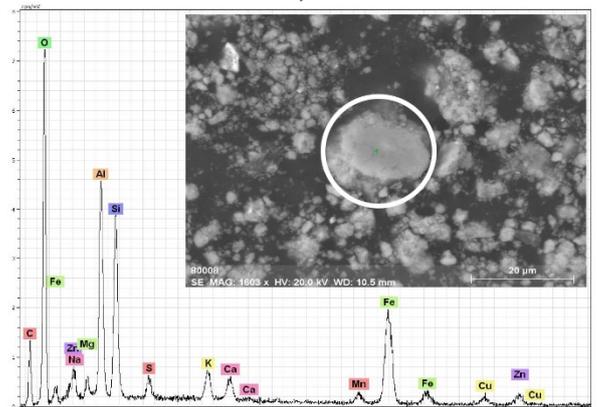
а)



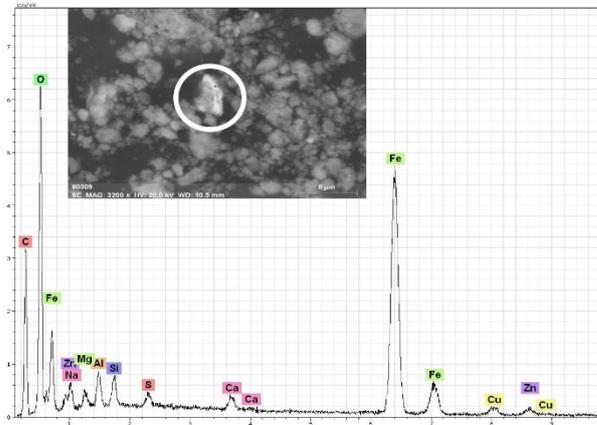
б)



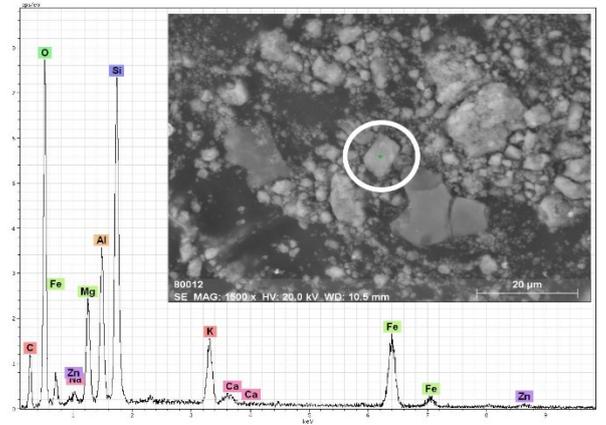
в)



г)



д)



е)

а) частица халькопирита (сульфид железа и меди); б) частица пирита (сульфид железа); в) Fe-частицы с примесью Zn-Al-Ca-Cu-Mg-S; г) частица Fe с примесями Al-Zn-Cu-Na-Mn-Mg-S; д) шлаковая частица с высоким содержанием Fe с примесями Zn-Cu-Mg; е) частица Fe с примесью Al-Mg-Na-Zn-S.

Рисунок 5.2.7 – Результаты электронной микроскопии пробы донных отложений пруда-отстойника к северу от г. Карабаш, верхний горизонт донных отложений (0 – 5 см), расположение – около шлакоотвала.

5.3. Распределение элементов в вертикальных колонках донных отложений и почвы

5.3.1. Распределение микроэлементов в профиле почвы

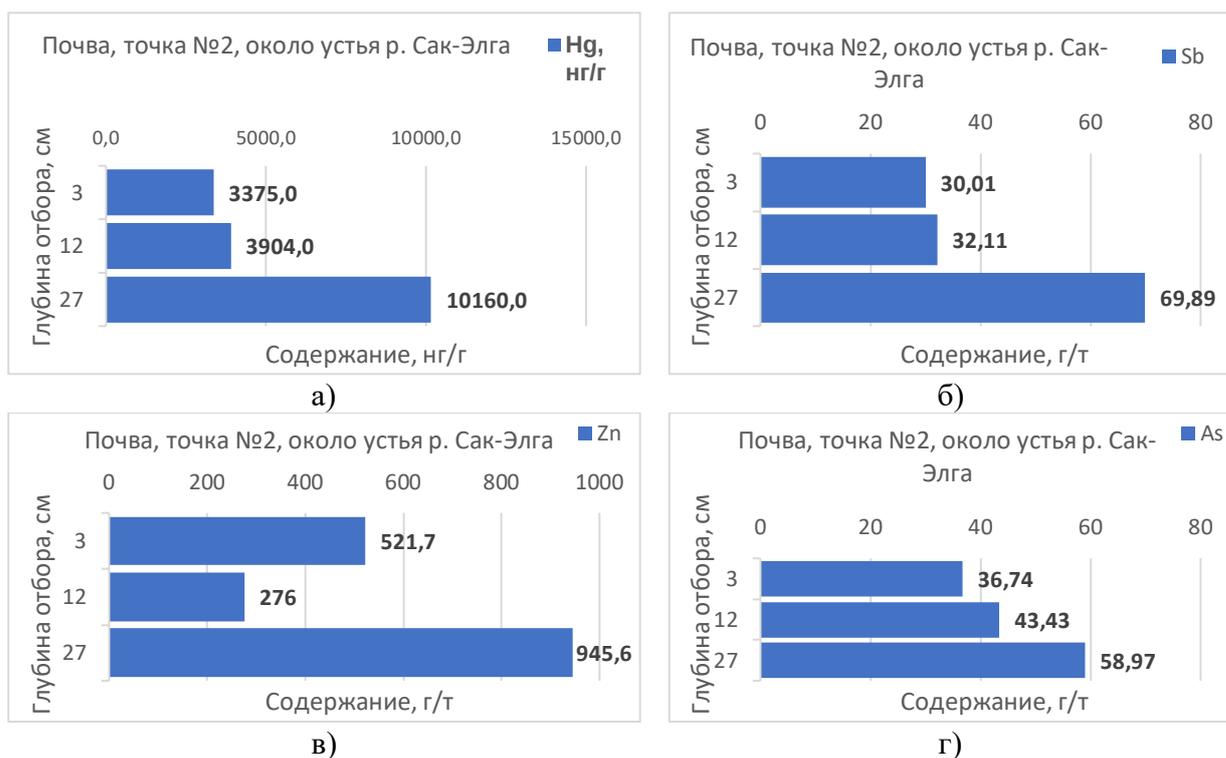
Распределение ртути в вертикальном профиле почвы в точке отбора №2 вблизи нижнего течения реки Сак-Элга (рисунок 5.3.1.1а), скорее всего, указывает на антропогенную природу его накопления в изучаемом расположении. Накопление происходит в нижней части разреза почвы начиная с 12 сантиметрового интервала, соответственно это может быть проявлением близости загрязненной поллютантами реки Сак-Элга (особенно в её нижнем течении). Стоит также отметить, что все измеренные концентрации ртути данной точки пробоотбора превышают ПДК для почв (равный 2100 нг/г) Значения концентраций ртути соответственно равны 1,6ПДК для глубины 3 см, 1,86ПДК для глубины 12 см и 4,84ПДК для глубины 27 см. Значения содержаний ртути в данной точке также превышают кларковые значения содержания ртути в верхней коре земли (65 нг/г по Н. А. Григорьеву, 2009) в 51,9 раза на глубине 3 см, в 60 раз на глубине 12 см, в 156 раз на глубине 27 см [4, 51].

Распределение сурьмы в вертикальном профиле почвы представлено на рисунке 5.3.1.1б и имеет аналогичное ртути вертикальное распределение, увеличиваясь к нижним горизонтам, причина накопления сурьмы в почве – такая же, как и для ртути. Все измеренные значения содержаний сурьмы превышают ПДК сурьмы для почв (составляет 4,5 г/т), значения концентраций сурьмы соответственно 6,6ПДК на глубине 3 см, 7,13ПДК на глубине 12 см, 15,5ПДК на глубине 27 см. Все измеренные значения содержаний сурьмы также превышают и кларковые значения содержания сурьмы в верхней коре

земли (0,81 г/т по Н. А. Григорьеву, 2009) в 37; 39,6 и 86,3 раз на глубинах 3, 12 и 27 см, соответственно [4, 51].

Распределение цинка в вертикальном профиле, представленное на рисунке 5.3.1.1в несколько отличается от других представленных элементов, имея пониженные содержания на глубине 12 см, однако тренд увеличения концентраций с увеличением глубины залегания почвенного горизонта также проявляется, как и в случае ртути и сурьмы, имея те же причины – близость реки Сак-Элга в её нижнем течении, с неорганизованным хвостохранилищем, толщиной от 0,5 м до 1,5 м в пойме реки. Все измеренные содержания цинка превышают ПДК цинка для почв (составляет 220 г/т для близких к нейтральным и нейтральным (суглинистым и глинистым) почвам), значения концентраций цинка равны 2,4ПДК; 12ПДК; 41,1ПДК на глубинах 3, 12 и 27 см, соответственно. Все измеренные значения содержания цинка также превышают и кларковые значения содержания цинка в верхней коре земли (75 г/т по Н. А. Григорьеву, 2009) в 7 раз; 3,7 раз и 12,6 раз на глубинах 3, 12 и 27 см, соответственно.

Вертикальное распределение содержания мышьяка, представленное на рисунке 5.3.1.1г, аналогичное с сурьмой и ртутью. Все измеренные содержания мышьяка превышают ПДК мышьяка для почв (составляют 10 г/т для близким к нейтральным, нейтральным (суглинистым и глинистым) почвам), значения содержания мышьяка составляют 3,7ПДК; 1,25ПДК; 4,3ПДК на глубинах 3, 12 и 27 см, соответственно. Все измеренные значения содержания мышьяка также превышают и кларковые значения содержания мышьяка в верхней коре земли (5,6 г/т по Н. А. Григорьеву, 2009) в 6,56 раз; 7,76 раз и 10,53 раз на глубинах 3, 12 и 27 см, соответственно [4].



а) ртуть (нг/г); б) сурьма (г/т); в) цинк (г/т); мышьяк (г/т).

Рисунок 5.3.1.1 – Распределение химических элементов в колонке почвы, в точке № 2 вблизи нижнего течения реки Сак-Элга

Распределение ртути, сурьмы, цинка, железа, брома, мышьяка, золота и бария в вертикальном профиле почвы в точке отбора №4 вблизи Шламохранилища (представлены на рисунке 5.3.1.2), скорее всего, указывает на антропогенную природу его накопления в изучаемом расположении. Накопление происходит в верхней части разреза почвы и убывает, начиная с 6 сантиметрового интервала, соответственно это может быть проявлением близости шламохранилища, образованного в результате производственной деятельности Карабашского медеплавильного завода, большая площадь поверхности шламохранилища разносится ветром, осаждаясь на близлежащих почвах, загрязняя её поллютантами.

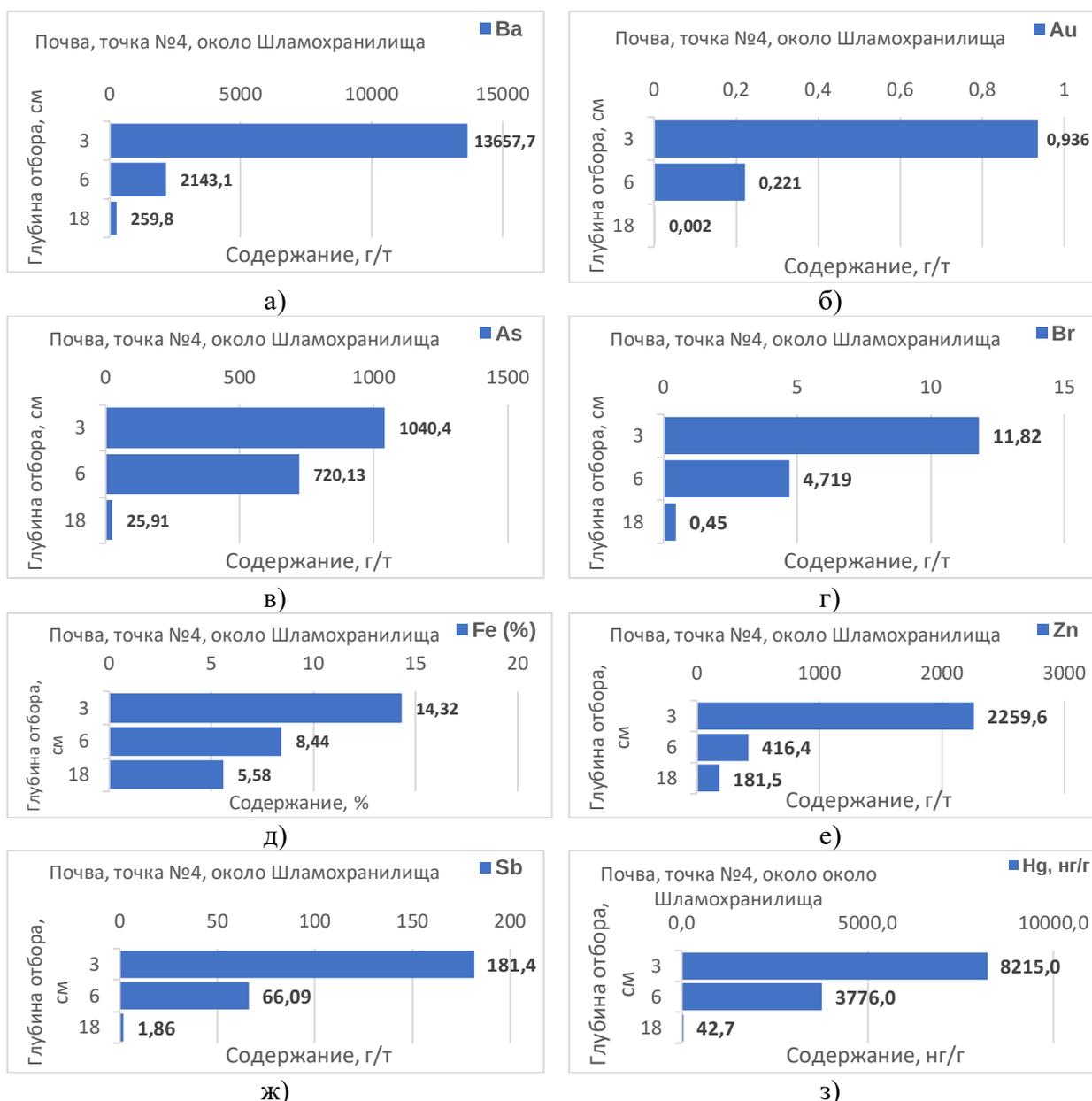
Стоит также отметить, что в верхних слоях (до глубины 6 см) данной вертикальной колонки почвенного пробоотбора наблюдаются значения содержаний ртути (представлены на рисунке 5.3.1.2з), превышающие ПДК для почв (равную 2100 нг/г) и кларковые значения содержания ртути в верхней коре земли (65 нг/г).

Распределение содержаний сурьмы, аналогично ртути, убывает с увеличением глубины залегания почвенных горизонтов, также аналогично превышает ПДК сурьмы для почв (составляет 4,5 г/т) в верхних слоях почвенного покрова до глубины 6 см, при этом все измеренные содержания сурьмы превышают кларковые значения содержаний в верхней коре земли (0,81 г/т), уменьшаясь с увеличением глубины.

Содержания бария превышают кларковые значения содержания бария в верхней коре земли (510 г/т) в верхних слоях почвы до глубины 6 см, ПДК бария в почвах не установлен. Содержания золота превышают кларки в верхней коре земли (0,00436 г/т) до глубины 6 см. ПДК золота для почв не установлен.

Содержания мышьяка превышают ПДК для почв, близким к нейтральным, нейтральным (суглинистым и глинистым), равный 10 г/т на всей глубине отбора, уменьшаясь с увеличением глубины. Значения содержаний мышьяка также превышают и кларки в верхней коре земли (5,6 г/т) на всей глубине отбора, в верхних слоях почвы значения кларка концентрации достигают $КК = 185,7$.

Распределение содержаний брома похоже на остальные представленные элементы, но при этом значения содержаний брома слегка превышают кларк брома для верхней коры земли (11 г/т) только в поверхностном слое до глубины 3 см. ПДК брома для почв не установлен. Распределение содержаний железа схоже с остальными элементами, сильно убывая с глубиной, значения содержаний превышают кларк железа для верхней коры земли, равный 4,6 %. ПДК в почвах для железа не установлен. Вертикальное распределение цинка в колонке почвы представляет собой резко убывающие значения содержаний с глубиной, в верхних слоях почвы превышающих ПДК для близких к нейтральным и нейтральных (суглинистых и глинистых) почв, равный 220 г/т, соответственно достигая значений 10,27ПДК в верхний слоях почвенного покрова. Содержания цинка также превышают и кларки в верхней коре земли, достигая $КК = 30,13$ раз в верхнем слое почвы глубиной до 3 см [4, 51].

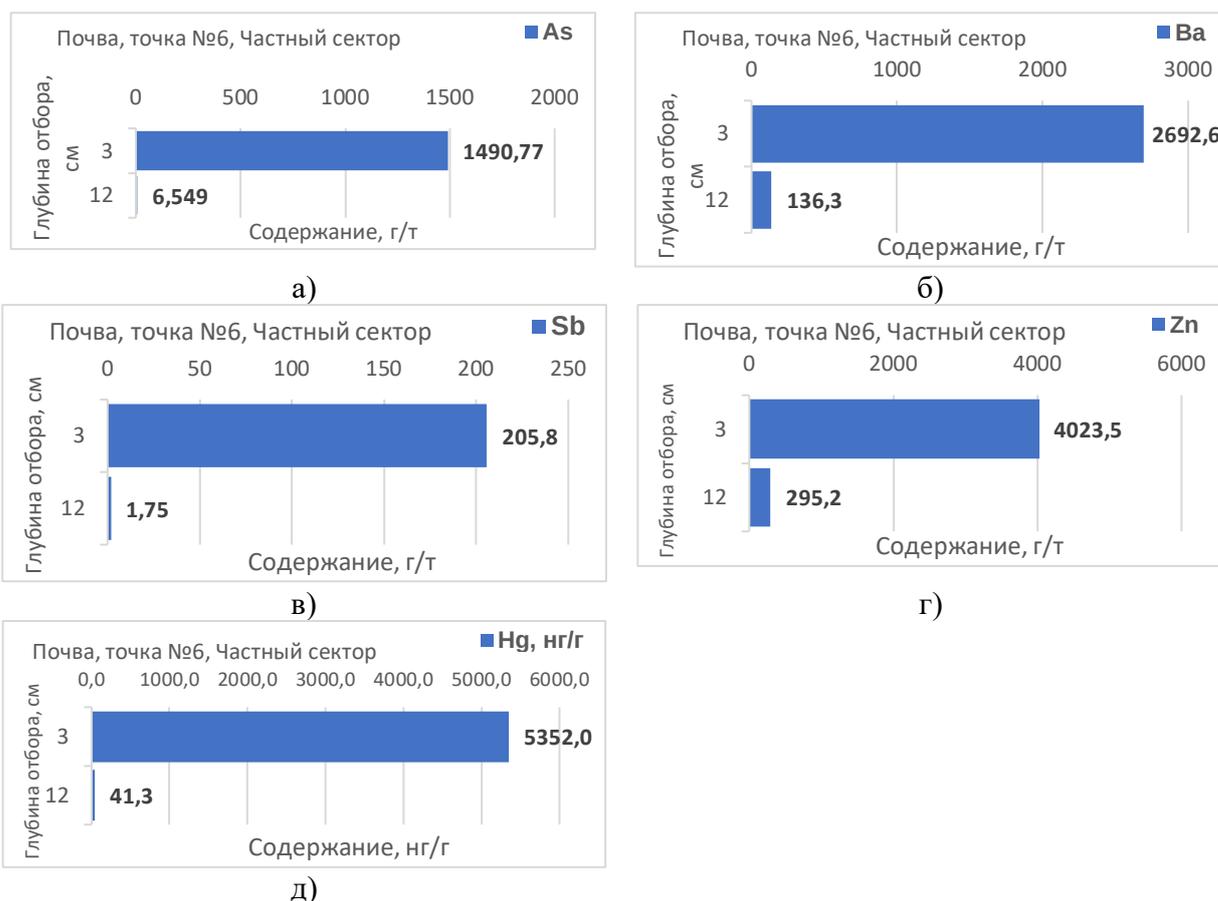


а) барий (г/т); б) золото (г/т); в) мышьяк (г/т); г) бром (г/т); д) железо (%); е) цинк (г/т); ж) сурьма (г/т); з) ртуть (нг/г).

Рисунок 5.3.1.2 – Распределение химических элементов в вертикальной колонке почвы, в точке № 4 вблизи Шламохранилища

Вертикальное распределение содержаний элементов в колонке почвы, расположенной в точке №6 - в частном секторе г. Карабаш, представлено на рисунке 5.3.1.3. Распределение ртути в вертикальном профиле почвы скорее всего, указывает на антропогенную природу его накопления в изучаемом расположении. Накопление происходит в верхней части разреза почвы и резко убывает с глубиной, соответственно это может быть проявлением близости промышленной площадки Карабашского медеплавильного завода,

загрязняющего атмосферный воздух поллютантами, образующимися в результате плавления медных концентратов в пирометаллургической печи и других технологических процессов. Выбрасываемая в воздух газообразная смесь разносится ветром, осаждаясь на близлежащих почвах, загрязняя её поллютантами. Стоит также отметить, что в верхних слоях данной точки пробоотбора наблюдается концентрация ртути, превышающая ПДК для почв (равный 2100 нг/г) равная 2,54ПДК, в то же время на глубине 12 см уже наблюдается концентрация сильно ниже ПДК. То же самое относится и к остальным представленным элементам – если в поверхностном слое концентрации мышьяка превышают кларк концентрации в 266 раз, то с глубиной уменьшаются до 1,17 раз. Относительно ПДК мышьяка для почв (равный 10 г/т), содержания мышьяка равняются 149ПДК в верхнем слое почвы до 3 см, уменьшаясь до 0,65ПДК в нижних слоях почвы. Распределение бария в данной точке также представляет уменьшающийся тренд, достигающий значений кларка концентрации КК = 5,28 раз в верхних слоях почвы, и достигая значений сильно ниже кларка бария для верхней коры земли в нижних горизонтах почвенного покрова. ПДК для бария в почвах не установлен. Значений содержания сурьмы в почвах частного сектора города Карабаш достигают, в долях ПДК для почв – 45,7ПДК и в отношении к кларковому значению содержания в верхней коре земли, кларка концентрации КК = 254 раз – для верхних слоев почвы глубиной до 3 см, сильно уменьшаясь с увеличением глубины отбора, до 0,39ПДК и КК = 2,16 на глубинах в 12 см от поверхности почвенного покрова. Значения содержания цинка уменьшаются с глубиной, достигая величин в 18,3ПДК по отношению к ПДК цинка в нейтральных почвах и кларков концентраций по отношению к кларку в верхней коре земли КК = 53,6, уменьшаясь до значений 1,34ПДК и КК = 3,9 на глубине 12 см [4, 51].

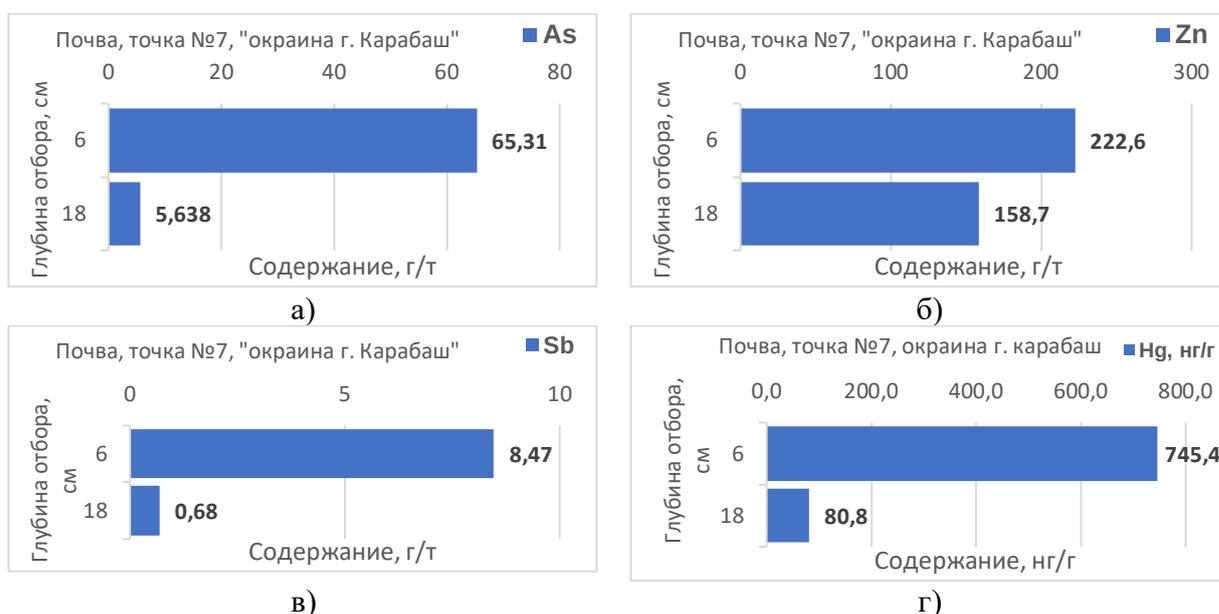


а) мышьяк (г/т); б) барий (г/т); в) сурьма (г/т); г) цинк (г/т); д) ртуть (нг/г).

Рисунок 5.3.1.3 – Распределение химических элементов в вертикальной колонке почвы, в точке № 6, частный сектор города Карабаш (Челябинская область).

Вертикальное распределение элементов в профиле почвы в точке отбора № 7, на северной окраине г. Карабаш (на рисунке 5.3.1.4), скорее всего, указывает на антропогенную природу его накопления в изучаемом расположении. Накопление происходит в верхней части разреза почвы и резко убывает с глубиной, соответственно это может быть проявлением близости промплощадки Карабашского медеплавильного завода, загрязняющего атмосферный воздух поллютантами, образующимися в результате плавления медных концентратов в пирометаллургической печи и других технологических процессов. Выбрасываемая в воздух газообразная смесь разносится ветром, осаждаясь на близлежащих почвах, загрязняя её поллютантами. Стоит также отметить, что в верхних слоях данной точки

пробоотбора наблюдается концентрация ртути, не превышающая ПДК для почв (равный 2100 нг/г) и составляющая 0,35 ПДК, в то же время на глубине 12 см уже наблюдается концентрация сильно ниже ПДК. Содержания мышьяка достигают 6,5ПДК м КК = 11,67 в верхних слоях почвы, уменьшаясь до нормальных значений на глубине в 18 см. Концентрации цинка понижаются до значений 1,01ПДК и КК = 2,97 раз в нижних слоях почвенного покрова. Содержания сурьмы достигает 1,88ПДК и КК = 10,45 раз в поверхностных слоях почвы, уменьшаясь до нормальных значений с глубиной [4, 51].



а) мышьяк (г/т); б) цинк (г/т); в) сурьма (г/т); г) ртуть (нг/г).

Рисунок 5.3.1.4 – Распределение химических элементов в вертикальной колонке почвы, в точке № 7 на северной окраине г. Карабаш, в лесном березовом массиве

Распределение элементов в вертикальном профиле почвы в точке отбора № 9 вблизи Шлакоотвала (рисунок 5.3.1.5), скорее всего, указывает на антропогенную природу его накопления. Накопление происходит в верхней части разреза почвы и резко убывает, начиная с 12 сантиметрового интервала, соответственно это может быть проявлением близости шлакоотвала, образованного в результате производственной деятельности Карабашского медеплавильного завода, большая площадь поверхности шлакоотвала разносится ветром, осаждаясь на близлежащих почвах, загрязняя её поллютантами. Стоит также отметить, что в верхних слоях данной точки

пробоотбора наблюдаются концентрации ртути, превышающие ПДК для почв (равный 2100 нг/г), соответственно равняясь 1,34 ПДК. Отношение содержания мышьяка к ПДК мышьяка, в верхнем слое равняется 49,8ПДК, а кларк концентрации мышьяка (отношение содержания к кларку) равняется $КК = 88,95$ раз, при этом, в более глубоких горизонтах почвенного покрова наблюдаются нормальные значения содержания мышьяка, не превышающие ПДК и кларковых значений. Содержание бария в поверхностном слое значительно выше кларкового значения, и равняется $КК = 5,11$ раз. Концентрации цинка достаточно высоки на всей глубине отбора, достигая значений 13,75ПДК и $КК = 40,35$ раз в верхнем горизонте почвенного покрова, уменьшаясь до нормальных значений по ПДК на глубине 18 см, но все ещё превышая кларковое значение в 2,32 раза. Значения содержаний сурьмы достигают 19,85ПДК и $КК=110$ раз в верхних слоях почвы, в нижних же слоях почвы (глубже 12 см) значения содержаний сурьмы соответствуют нормальным величинам. Содержание хрома уменьшается с глубиной, максимумы концентраций расположены в верхних слоях почвы до 12 см, кларк концентрации равняется $КК = 4,78$ раз в слое глубиной до 3 см [4, 51].



а)



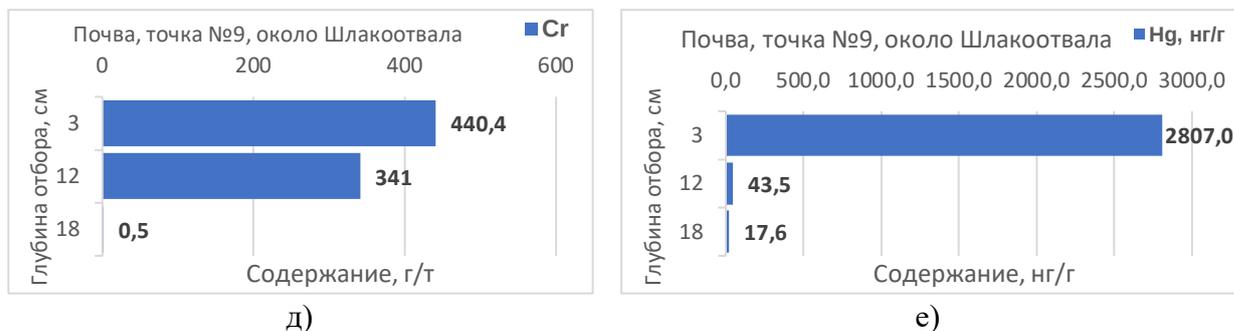
б)



в)



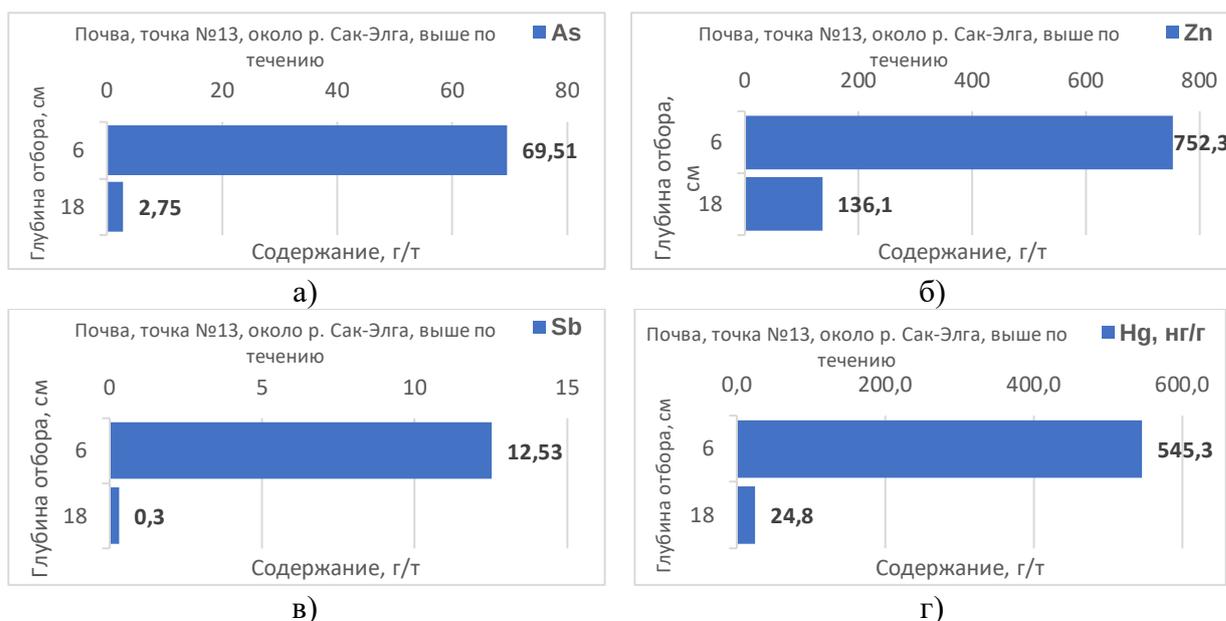
г)



а) мышьяк (г/т); б) барий (г/т); в) цинк (г/т); г) сурьма (г/т); д) хром (г/т); е) ртуть (нг/г).

Рисунок 5.3.1.5 – Распределение химических элементов в вертикальной колонке почвы, в точке № 9 к северо-востоку от г. Карабаш, в лесном массиве смешанного типа (береза+сосна), неподалеку от шлакоотвала

Вертикальное распределение проб почвы, отобранных в точке № 13, к юго-западу от города Карабаш (против главенствующего направления ветра), также показывает (на рисунке 5.3.1.6) значительное накопление в поверхностных горизонтах и уменьшение с глубиной содержаний халькофильных элементов, осаждающихся из загрязненного медеплавильным заводом атмосферного воздуха на поверхностных слоях почвенного покрова. Содержания мышьяка составляют 6,9ПДК и КК = 5,6 раз в верхних слоях почвы, снижаясь до нормальных значений на глубине 18 см. Значения Содержаний цинка в верхнем слое почвы в точке №13 соответствуют 3,4ПДК, кларк концентрации равняется КК = 10, концентрации заметно снижаются на глубине 18 см, не превышая ПДК, но с КК = 1,8. Распределение сурьмы соответствует тренду уменьшающихся с глубиной концентраций, в верхних слоях достигающих 2,8ПДК, кларк концентрации равен КК = 15,5, концентрации сурьмы заметно снижаются с увеличением глубины отбора, достигая низких значений (ниже ПДК и кларка) на глубине 18 см. Содержания ртути составляют 0,26ПДК и КК = 8,4, с глубиной значение содержания ртути сильно уменьшается, составляя 0,01ПДК и КК=0,38 на глубине 18 см [4, 51].



а) мышьяк (г/т); б) цинк (г/т); в) сурьма (г/т); г) ртуть (нг/г).

Рисунок 5.3.1.6 – Распределение химических элементов в вертикальной колонке почвы, в точке № 13 к юго-западу от г. Карабаш, в лесном массиве смешанного типа (береза+сосна), неподалеку от верхнего течения реки Сак-Элга (до впадения стоков медеплавильной промышленности)

Подводя итоги по распределению элементов в вертикальных колонках почвы, можно сказать об значительном сходстве распределения халькофильных элементов – мышьяк, цинк, сурьма и ртуть и некоторые другие элементы имеющие высокую степень ассоциации (такowymi являются золото, барий, хром, и в некоторых случаях железо) с перечисленными халькофильными элементами, которые практически во всех случаях накапливаются в верхних горизонтах почвы до глубины 6 см, с глубиной концентрации заметно уменьшаются, что можно объяснить осаждением техногенных частиц из атмосферного воздуха, загрязненного промышленными объектами – медеплавильным заводом (для всех точек пробоотбора) и различными отвалами – для следующих точек пробоотбора: точка № 2 - накопление происходит в нижних горизонтах почвенного покрова, то есть в зоне влияния загрязненных грунтовых вод от неорганизованного шламохранилища нижнего течения реки Сак-Элга; для точки №4 – накопление элементов происходит комбинированным влиянием – от загрязненного

атмосферного воздуха медеплавильным производством и пылением от шламохранилища, расположенным в непосредственной близости; в точке № 9 – аналогично, комбинированным воздействием загрязненного атмосферного воздуха медеплавильным производством и осаждением пыли, поднятой с поверхности шлакоотвала, расположенного в непосредственной близости.

5.3.2. Распределение микроэлементов в вертикальных колонках донных отложений

Распределение микроэлементов в вертикальном профиле донных отложений в точке отбора № 10 на пруду-отстойнике на реке Ольховка, к северо-востоку от города Карабаш Челябинской области, вблизи шлакоотвала и заброшенных шахт, представлено на рисунке 5.3.2.1. Содержание урана увеличивается с глубиной, что может быть связано с тем, что уран может быть вымываем из шлака и шахтных отходов при дождях или талых водах и переноситься в пруд-отстойник, где он осаждается на дно. При этом уран может сорбироваться на поверхности частиц донных отложений или образовывать сложные соединения с другими элементами. С увеличением глубины донных отложений увеличивается их плотность и меньше доступ кислорода, что может способствовать редукции урана и его переходу в более подвижную форму. Таким образом, уран может мигрировать по вертикали вниз по градиенту концентрации или электрохимического потенциала. Другая возможная причина заключается в том, что вертикальное распределение содержания урана в слоях донных отложений может отражать различные стадии развития пруда-отстойника и изменение условий осадконакопления. Например, на ранних стадиях пруд-отстойник мог получать больше загрязненных сточных вод от металлургического производства или шахтной деятельности, что приводило к повышению содержания урана в донных отложениях. На более поздних стадиях пруд-отстойник мог стать менее подверженным загрязнению, что приводило к снижению содержания урана в донных отложениях. Стоит отметить, что все полученные значения концентраций урана в донных отложениях превышают кларковые значения

концентраций для осадочных пород (3,2 г/т по Н. А. Григорьеву, 2009), равняясь КК = 4,32 на глубине 3 см; КК = 4,46 на глубине 7 см; КК = 4,81 на глубине 14 см. Хром превышает кларковые значения только в верхнем горизонте донных отложений, кларк концентрации (КК) равен 1,04 на глубине 3 см. Золото имеет распределение с уменьшающимися значениями концентрации с глубиной, кларки концентраций достигают 20,5 раз в верхних слоях донных отложений. Концентрации бария, аналогично золоту, уменьшаются с глубиной, с КК=2,74 на глубине 3 см до КК = 0,58 на глубине 14 см; Одним из источников бария может быть сам шлак, который содержит различные оксиды металлов, в том числе бария. При выветривании и вымывании шлака барий может переходить в растворимую форму и попадать в водоемы, где он осаждается на дно в виде сульфатов или карбонатов. Другим источником бария может быть природный фон донных отложений, который зависит от геологического строения региона, как например, в районе расположения шлакоотвала в северной части г. Карабаш, барий может быть связан с сульфидными рудами в заброшенных затопленных выработанных шахтах, сточные воды которых могут перемещаться в пруд-отстойник, располагающийся поблизости и в водосточном бассейне. Халькофильные элементы – мышьяк, цинк, сурьма и ртуть имеют схожее вертикальное распределение – с уменьшением значений содержания элемента при увеличении глубины отбора донных отложений. Максимальные значения кларков концентраций достигаются в поверхностном слое донных отложений: КК мышьяка = 71; КК цинка = 854,4; КК сурьмы = 37,48; КК ртути = 22,63.

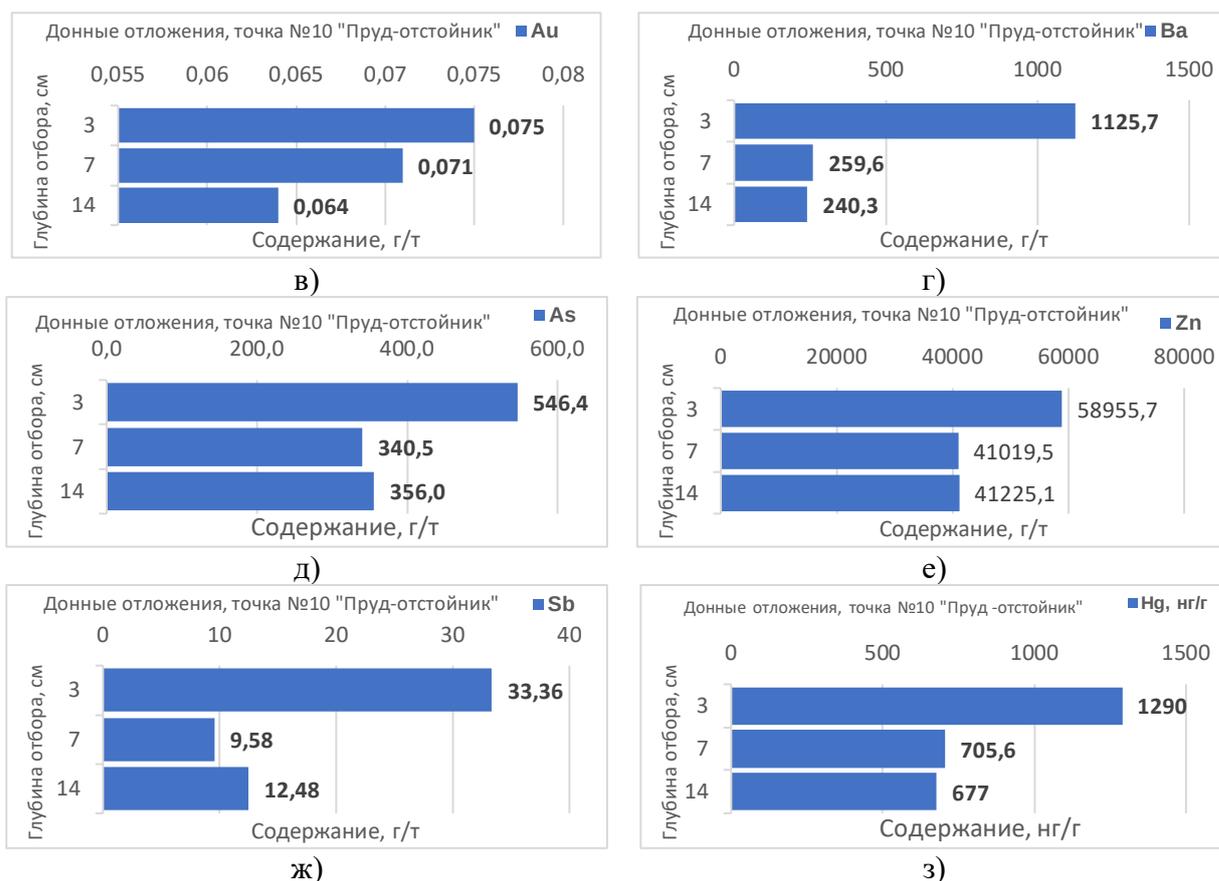
Значения концентраций золота значительно превышают кларк для осадочных пород (0,00365 г/т), кларки концентраций составляют до 20 раз.



а)



б)



а) уран (г/т); б) хром (г/т); в) золото (г/т); г) барий(г/т); д) мышьяк (г/т);
 е) цинк (г/т); ж) сурьма (г/т); з) ртуть (нг/г).

Рисунок 5.3.2.1 – Распределение химических элементов в вертикальной колонке донных отложений, в точке № 10 – пруд-отстойник на р. Ольховка, к северо-востоку от г. Карабаш, неподалеку от отвала металлургических шлаков

Распределение элементов в вертикальном профиле донных отложений в точке отбора № 1 нижнего течения реки Сак-Элга (рисунок 5.3.2.2), скорее всего, указывает на антропогенную природу его накопления. Накопление происходит преимущественно в нижней и средней части разреза донных отложений, резко возрастая, начиная с 7 сантиметрового интервала, соответственно это может быть проявлением более плотных слоёв донных отложений, образованных в результате оседания взвешенных частиц почвы и других твердых сред, образованных в результате поверхностного стока с территорий выше по течению – в том числе, шламохранилища, производственной промплощадки карабашского медеплавильного завода и

других источников загрязнителей. Часть загрязнителей привносится вместе с загрязненным поверхностным слоем почвы, смываемым обильными осадками, так как во многих обследованных местах отсутствует травянистый покров, создающий дерновую подложку и надежно закрепляющий поверхностный слой почвы от смывания. Стоит отметить, что концентрации халькофильных элементов (мышьяк, цинк, сурьма, ртуть) достигают максимальных значений на глубине примерно 10 см, что может свидетельствовать о наличии некоторого уплотненного слоя донных отложений, на который приходится повышенное накопление этих элементов. Максимальные кларки концентраций для халькофильных элементов достигают следующих значений: КК мышьяка = 38,46; КК цинка = 75; КК сурьмы = 38,4; КК ртути = 33.

Кларки концентрации для хрома варьируются от 4,43 до 13,9, для бария – от 1,68 до 11,73 (с максимумом в верхней части донных отложений).



а)



б)



в)



г)



д)



е)



ж)



з)

Рисунок 5.3.2.2 – Распределение химических элементов в вертикальной колонке донных отложений, в точке № 1 – нижнее течение реки Сак-Элга, к юго-востоку от г. Карабаш, неподалеку от впадения реки в гидроботанический пруд

Итак, по вертикальному распределению содержаний элементов в донных отложениях можно сделать следующие выводы:

- Распределение донных отложений значительно отличается от распределения в почвах, где для большинства точек пробоотбора прослеживалась тенденция с максимумом концентраций халькофильных элементов в поверхностном слое почвы и дальнейшему уменьшению концентраций с увеличением глубины.

- Распределение элементов в вертикальном профиле донных отложений зависит от различных факторов, таких как источник загрязнения, характеристики водоема, гидрологические условия, геохимические свойства отложений. В некоторых случаях, элементы могут концентрироваться в определенных слоях донных отложений, которые соответствуют определенным событиям или периодам времени. В других случаях, элементы могут распределяться более равномерно по вертикали в зависимости от физико-химических процессов в донных отложениях и водной толще.

- Уран имеет тенденцию к увеличению содержания с глубиной, что может быть связано с его вымыванием из шлака и шахтных отходов при дождях или талых водах и переносом в пруд-отстойник около шлакоотвала, где он осаждается на дно. При этом уран может сорбироваться на поверхности частиц донных отложений или образовывать сложные соединения с другими элементами. С увеличением глубины донных отложений увеличивается их

плотность и меньше доступ кислорода, что может способствовать редукции урана и его переходу в более подвижную форму. Другая возможная причина заключается в том, что вертикальное распределение содержания урана в слоях донных отложений может отражать различные стадии развития прудов-отстойников и изменение условий осадконакопления. Например, на ранних стадиях пруды-отстойники могли получать больше загрязненных сточных вод от металлургического производства или шахтной деятельности, что приводило к повышению содержания урана в донных отложениях. На более поздних стадиях поступление урана в пруды-отстойники могло незначительно уменьшиться, что привело к снижению содержания урана в донных отложениях. Стоит отметить, что все полученные значения концентраций урана в донных отложениях превышают кларковые значения концентраций для осадочных пород (3,2 г/т по Н. А. Григорьеву, 2009) [4].

- Барий имеет тенденцию к уменьшению содержания с глубиной, что может быть связано с его вымыванием из шлака и шахтных отходов при дождях или талых водах и переносом в пруды-отстойники, где он осаждается на дно в виде сульфатов или карбонатов. Другим источником бария может быть природная составляющая, зависящая от геологического строения региона. Например, в некоторых районах Урала барий может быть связан с карбонатными породами или сульфидными рудами, которые подвергаются эрозии и транспортировке водными потоками.

- Халькофильные элементы – мышьяк, цинк, сурьма и ртуть имеют аналогичное вертикальное распределение – с уменьшением значений содержания элемента при увеличении глубины отбора донных отложений. Это может быть связано с тем, что эти элементы ассоциируются с органическим материалом или железосодержащими минералами, которые обогащаются в поверхностном слое донных отложений за счет биологической активности или окисления. С увеличением глубины донных отложений уменьшается доступ кислорода и органического материала, что может способствовать редукции халькофильных элементов и их переходу в более подвижную форму.

- Золото имеет тенденцию к уменьшению содержания с глубиной, что может быть связано с его ассоциацией с органическим материалом или железосодержащими минералами, которые обогащаются в поверхностном слое донных отложений за счет биологической активности или окисления. Золото также может быть вымываем из шлака и шахтных отходов при дождях или талых водах и переноситься в пруды-отстойники, где он осаждается на дно. Значения концентраций золота значительно превышают кларк для осадочных пород (0,00365 г/т), что свидетельствует о его аномальном накоплении в донных отложениях.

Согласно литературным данным, существует множество методов восстановления состояния почвенного покрова, загрязненного поллютантами. Среди них выделяется физическая сепарация - метод, который приводит к концентрированию загрязнителей в ограниченном пространстве. Для этой цели используются различные методы, которые приводят к отделению тяжелых металлов от большого количества почвы. Здесь может быть реализовано просеивание почвы и магнитное или гравиметрическое отделение частиц соответствующего размера. Хотя этот способ более характерен для отделения загрязнений горных пород при переработке руды, его применение в области рекультивации почв также доступно и общеизвестно. Доказано, что с помощью соответствующего набора инструментов и методов физического разделения можно удалить барий, медь, свинец, селен и цинк из почвы, с эффективностью в 42-83 %. Методы физической рекультивации также включают замену загрязненной почвы и ее хранение в безопасном месте – методом снятия загрязненного почвенного покрова и захоронения или переработки в специальных оборудованных местах. Учитывая вертикальное распределение содержаний халькофильных элементов с убывающими содержаниями вглубь, представленных на рисунках 5.3.1.2; 5.3.1.3; 5.3.1.4; 5.3.1.5, то методы физической рекультивации почв являются наиболее актуальными для территории исследования [16].

Выбросы твердых загрязняющих веществ также могут происходить из-за неправильно эксплуатируемых отвалов. Поэтому следует предпринять попытки сократить выбросы за счет надлежащей структуры и технического обслуживания отвалов металлургических отходов. Наиболее популярными профилактическими решениями являются покрытие куч пленкой, выжигание инертной породы или засыпка грунта с возможностью высаживания растительности. Для территории исследования актуальным является решение проблемы пыления отвалов металлургического шлака, располагающихся в северной части города методом покрытия пленкой и, вероятно, дополнительной переработки шлака с целью извлечения высоких содержаний цинка и других химических элементов.

6. Латеральная изменчивость содержаний элементов в точках отбора проб почвы и донных отложений

Для изучения характеристик изменения средних содержаний в точках были построены карты-схемы по интересующим элементам, данные были использованы по всем изученным точкам, значения содержаний ртути были получены по данным атомно-адсорбционной спектроскопии, остальные элементы – по данным инструментального нейтронно-активационного анализа.

Халькофильные элементы (Hg, As, Zn, Sb).

Ртуть в почвах в повышенных концентрациях накапливается преимущественно вблизи источников выбросов загрязняющих веществ (Карабашский медеплавильный завод) и около источников пыления (шламохранилище, шлакоотвал). Средние содержания ртути варьируются от 4 до 5813 нг/г. Максимальные содержания ртути в почвах наблюдаются около шламохранилища (4011,23 нг/г); в почвогрунтах поймы нижнего течения реки Сак-Элга (5813 нг/г); в частном секторе города Карабаш (2696,6 нг/г). В донных отложениях района исследования максимальные содержания наблюдаются в нижнем течении реки Сак-Элга, перед впадением в гидроботанический пруд (1398 нг/г); в нижнем течении рыжего ручья (1060 г/т); в пруду-отстойнике около шлакоотвала (890 г/т). Все вышеперечисленные районы с большими значениями содержаний ртути находятся вблизи либо предприятий медеплавильной промышленности, либо техногенных объектов хранения промышленных отходов, образованных в результате деятельности медеплавильного производства.

В почве в частном секторе города Карабаш наиболее вероятный путь поступления ртути – это ветровой перенос с территории медеплавильного завода частиц с большим содержанием ртути и их осаждение на почвенном покрове.

В почве около шламохранилища – наиболее вероятный путь поступления ртути – это ветровой перенос частиц с поверхности шламохранилища и их осаждение на почвенном покрове.

В почве около нижнего течения реки Сак-Элга наиболее вероятным путем поступления ртути является – ветровой перенос с шламохранилища (располагающегося к западу). Ветровой перенос с промладки медеплавильного завода в периоды преобладающих северо-западных ветров. Ветровой перенос частиц с высоким содержанием ртути с поймы реки Сак-Элга – это неорганизованное хвостохранилище, так как в реку в течение долгого времени поступали сбросы хвостов от медеплавильного завода. Миграция поллютантов с загрязненными рекой Сак-Элга грунтовыми водами в нижние слои почвы.

В донных отложениях пруда-отстойника около шлакоотвала ртуть накапливается, вероятнее всего, поверхностный сток инфильтрированной через отвалы воды, пыление с поверхности мест хранения металлургических шлаков, а также поверхностный сток от заброшенных шахт по добыче медной руды.

Карта-схема с точками, показывающими среднее содержание ртути в точках пробоотбора почвы (в том числе шлака и шлама) и донных отложений, показана на рисунке 6.1.

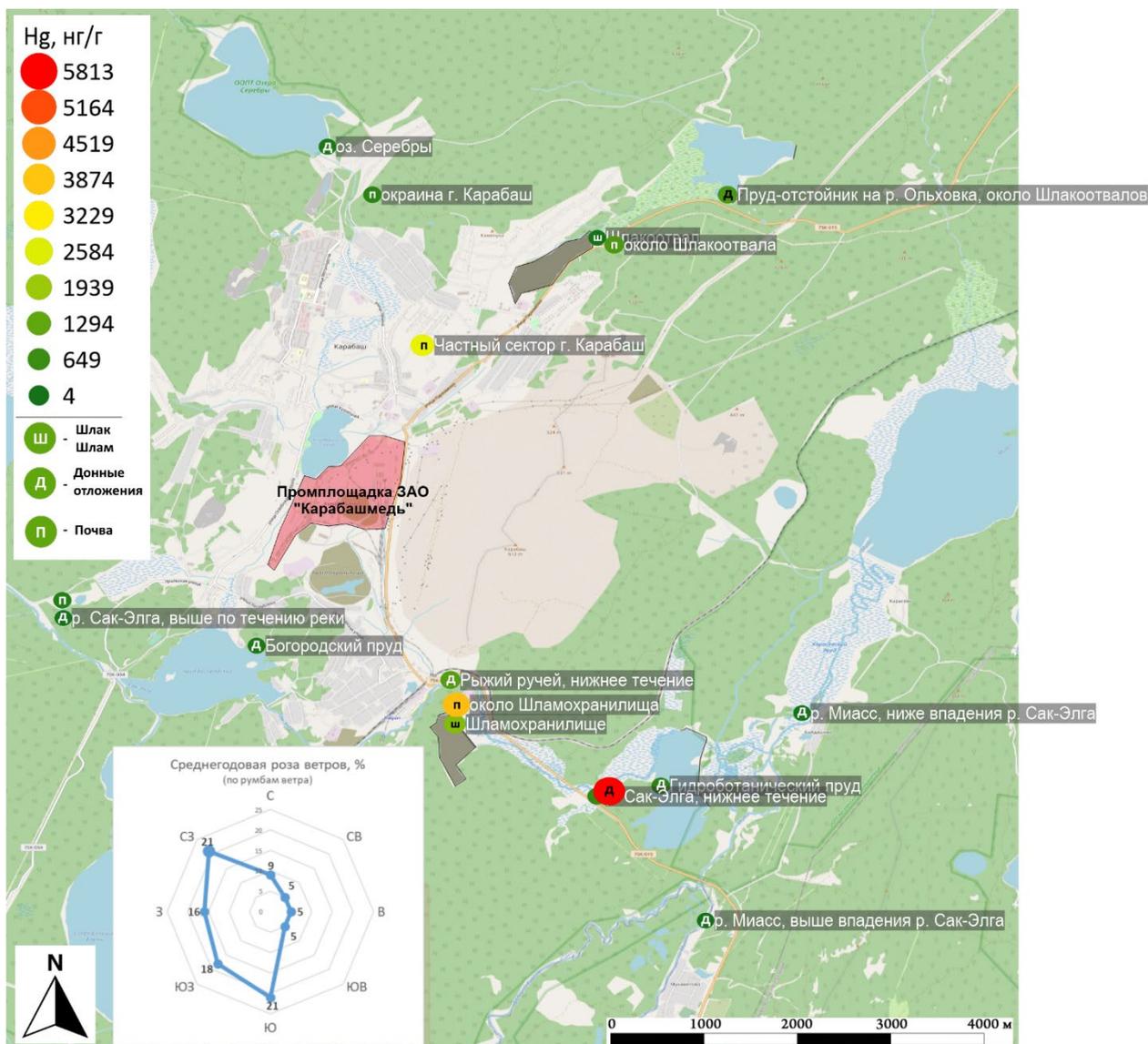


Рисунок 6.1 – Карта-схема точек с содержаниями ртути (нг/г) в донных отложениях, почвах, шлаке и шламе, на территории г. Карабаш и его окрестностей – по данным атомно-адсорбционной спектроскопии (<https://www.openstreetmap.org/#map=12/55.4569/60.1773> с дополнениями автора)

Мышьяк, по аналогии с ртутью, накапливается преимущественно вблизи источников техногенного загрязнения – как атмосферного воздуха от промышленной площадки медеплавильного завода (в случае проб почвы), так и вод поверхностного стока от отвалов промышленных отходов (в случае проб донных отложений). Усредненные значения содержаний в точках как донных отложений, так и почвы варьируются от 5,7 г/т до 748,6 г/т. Карта-схема точек с содержанием мышьяка в донных отложениях, почвах, шлаке и шламе района

исследования представлена на рисунке 6.2. Наибольшие содержания в почвах наблюдаются в частном секторе города Карабаш (ближе всего к Карабашскому медеплавильному заводу) – 748,6 г/т; около шламохранилища (595,5 г/т); около шлакоотвала (168,4 г/т). Наибольшие усредненные значения концентраций в донных отложениях наблюдаются в пруду-отстойнике около отвалов металлургических шлаков (414,3 г/т); в рыжем ручье (313,3 г/т); в нижнем течении реки Сак-Элга, перед впадением в гидроботанический пруд (213 г/т).

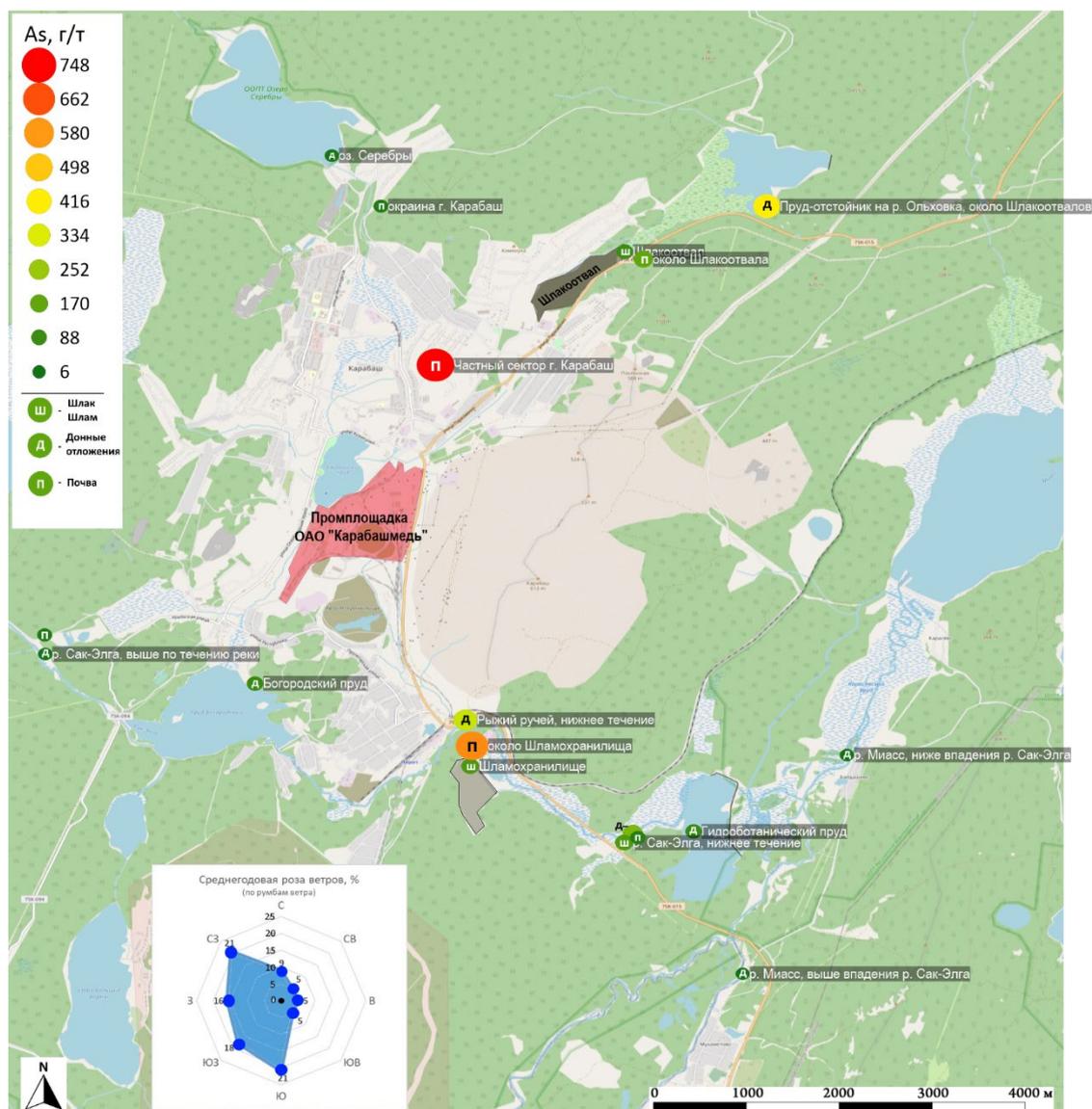


Рисунок 6.2 – Карта-схема точек с содержаниями мышьяка (г/т) в донных отложениях, почвах, шлаке и шламе, на территории г. Карабаш и его окрестностей, по данным инструментального нейтронно-активационного

анализа (<https://www.openstreetmap.org/#map=12/55.4569/60.1773> с дополнениями автора)

Большое значение содержания цинка обнаружено в металлургическом шлаке из шлакоотвала, расположенного в северо-восточной части города (16616,3 г/т), в почвах же повышенные концентрации обнаружены в частном секторе г. Карабаш (2159 г/т); около шлакоотвала, к северо-востоку от города Карабаш (1179 г/т); около шламохранилища (952 г/т); около участка нижнего течения реки Сак-Элга (581 г/т) – все вышеперечисленные точки отбора почв с повышенными концентрациями цинка располагаются вблизи техногенных источников загрязнения атмосферного воздуха – в случае почвы в частном секторе – это близко располагающаяся промышленная площадка Карабашского медеплавильного завода. Карта-схема расположения точек с усредненными значениями содержаний цинка в них представлена на рисунке 6.3. В случае почв около шлакоотвала, шламохранилища и около участка нижнего течения реки Сак-Элга – источником загрязнения является пыление с шлакоотвалов и шламохранилищ (в том числе с неорганизованного шламохранилища в пойме нижнего течения реки Сак-Элга). В донных отложениях максимальные усредненные концентрации обнаружены в пруду-отстойнике около шлакоотвала (47 066 г/т) – источником загрязнения в данном случае является шлакоотвал с металлургическими шлаками, характеризующимися повышенными концентрациями цинка (16 616 г/т), атмосферные осадки, инфильтрируясь через зерна шлака, вымывают частицы с высокими содержаниями цинка (в том числе частицы с примесями цинка), переносимые поверхностным стоком и оседающие в ближайшем стоячем водоеме, которым и является пруд-отстойник на реке Ольховка. Также, большими концентрациями цинка характеризуются донные отложения участка нижнего течения реки Сак-Элга (3909 г/т); донные отложения Богородского пруда, расположенного на реке Сак-Элга в среднем течении, содержат 2143 г/т цинка, поллютант может переноситься в данный пруд с территории промышленной площадки Карабашского медеплавильного завода.

Донные отложения в Богородском пруду могут содержать различные техногенные частицы, приносимые поверхностным стоком с территории завода, например, частицы шлака и шлама, имеющих повышенные содержания халькофильных элементов.

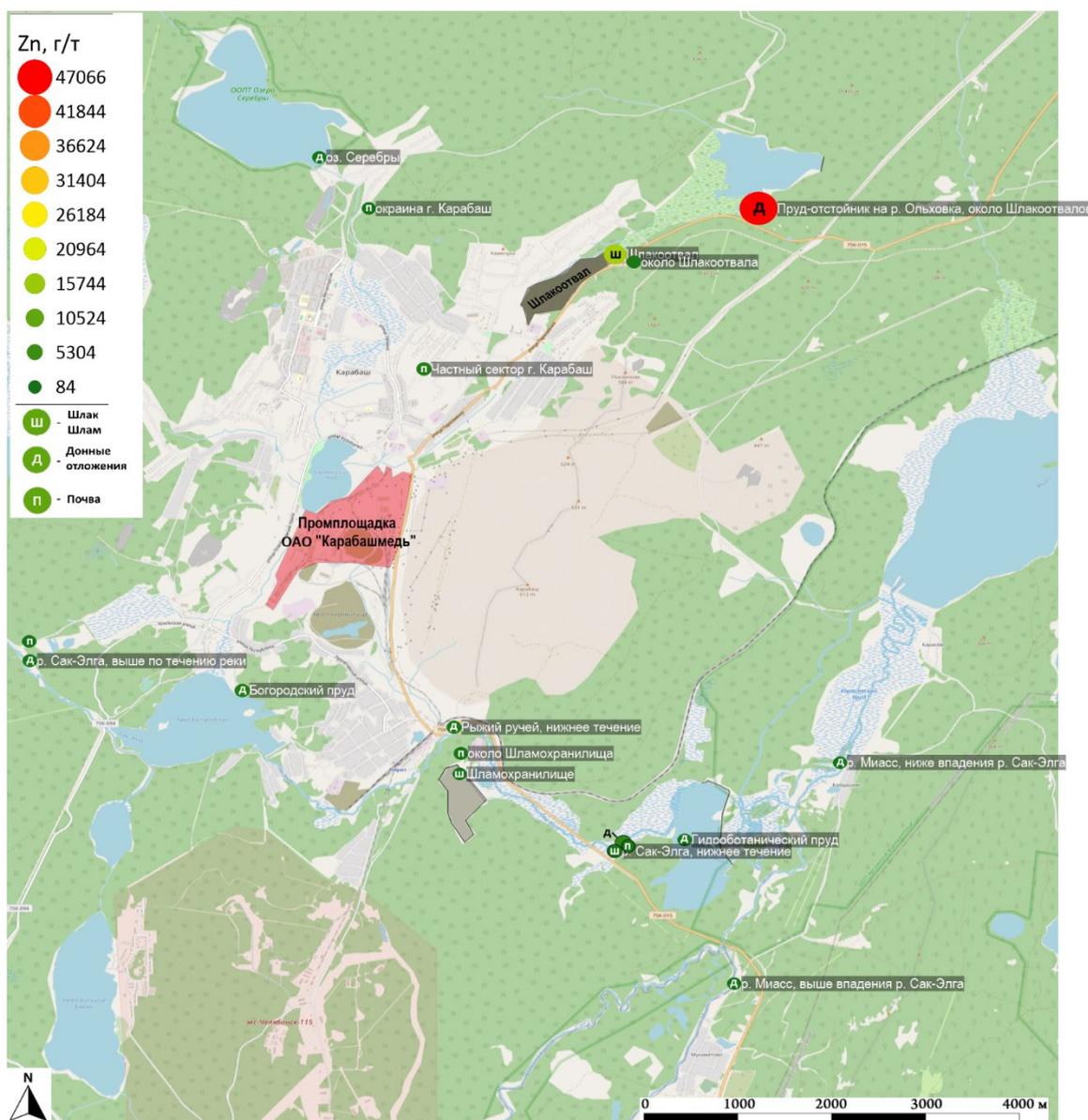


Рисунок 6.3 – Карта-схема точек с содержаниями цинка (г/т) в донных отложениях, почвах, шлаке и шламе, на территории г. Карабаш и его окрестностей, по данным инструментального нейтронно-активационного анализа (<https://www.openstreetmap.org/#map=12/55.4569/60.1773> с дополнениями автора)

Сурьма, по аналогии с вышеперечисленными халькофильными элементами, накапливается в основном неподалеку от источников техногенного загрязнения, в случае проб почв таковыми являются трубы медеплавильного производства (поллютанты выбрасываются в атмосферный воздух и рассеиваются, часть же наиболее тяжелых частиц оседает на близлежащем почвенном покрове), в случае же донных отложений таковыми являются отвалы металлургических шлаков и другие техногенные места хранения промышленных отходов, поллютанты с которых перемещаются ветровой эрозией, поверхностным стоком воды, инфильтрировавшейся через толщину отвалов, а также смыв поверхностного слоя почвы. Карта-схема точек, показывающих содержание сурьмы района исследования в донных отложениях, почвах, шлаке и шламе на территории города Карабаш и его окрестностей представлена на рисунке 6.4. Наиболее высокие средние содержания сурьмы в точках пробоотбора почвы обнаружены в частном секторе города Карабаш (103 г/т) – место располагается ближе всего к медеплавильному заводу, наиболее вероятный путь поступления поллютанта – осаждение загрязненного атмосферного воздуха; также достаточно высокие содержания сурьмы обнаружены в металлургических шлаках из шлакоотвала в северо-восточной части города (100 г/т); еще одним местом с большим значением содержания сурьмы в почвенном покрове является площадка пробоотбора вблизи шламохранилища (83 г/т), путь поступления поллютанта, вероятно, комбинированный – осаждением из атмосферного воздуха пыли, поднятой с поверхности шламохранилища, и приносимыми с территории медеплавильного завода частицами с высоким содержанием сурьмы. В донных же отложениях, значения содержаний сурьмы несколько ниже, чем в почве, и достигает максимальных значений в пробах рыжего ручья (43,9 г/т), протекающего с территории завода и хвостохранилищ.

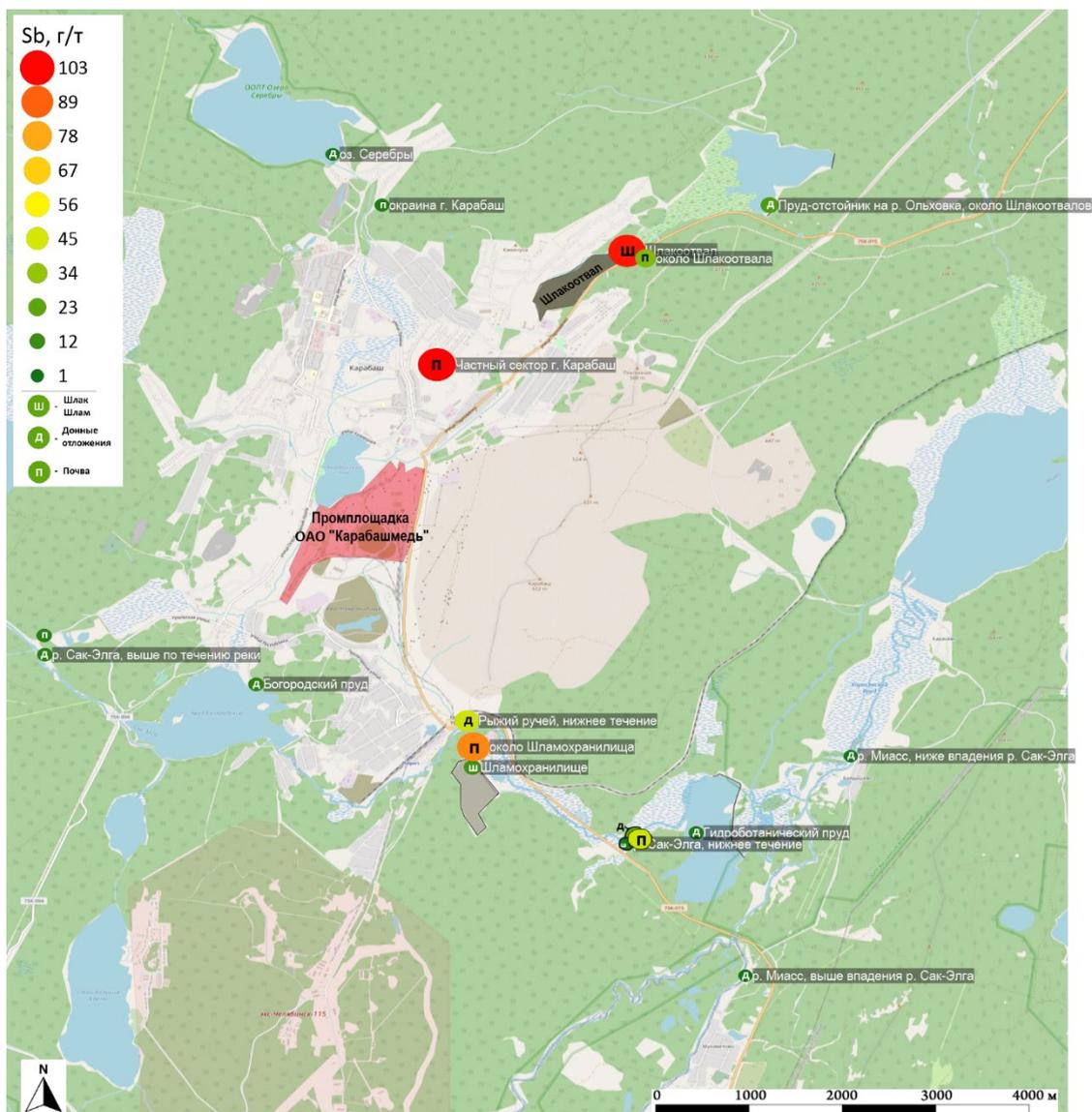


Рисунок 6.4 – Карта-схема точек с содержаниями сурьмы (г/т) в донных отложениях, почвах, шлаке и шламе, на территории г. Карабаш и его окрестностей – усредненные данные по точкам пробоотбора, по данным инструментального нейтронно-активационного анализа (<https://www.openstreetmap.org/#map=12/55.4569/60.1773> с дополнениями автора)

По латеральной изменчивости средних значений содержаний элементов в точках отбора проб почвы и донных отложений можно сделать следующие **ВЫВОДЫ:**

Ртуть и мышьяк в почвах и донных отложениях района исследования накапливаются преимущественно вблизи источников техногенного загрязнения, связанных с медеплавильной промышленностью.

Максимальные концентрации ртути в почвах наблюдаются около шламохранилища, в пойме нижнего течения реки Сак-Элга и в частном секторе города Карабаш; в донных отложениях - в нижнем течении реки Сак-Элга, в рыжем ручье и в пруду-отстойнике около шлакоотвала.

Максимальные концентрации мышьяка в почвах наблюдаются в частном секторе города Карабаш, около шламохранилища и шлакоотвала; в донных отложениях - в пруду-отстойнике около шлакоотвала, в рыжем ручье и в нижнем течении реки Сак-Элга.

Основными путями поступления загрязняющих веществ являются атмосферное осаждение пыли на почвы, поднятой с поверхности отвалов, и поверхностный сток инфильтрированной через отвалы воды.

В почвах были обнаружены значительные аномалии содержания Zn и Sb, связанные с близостью к источникам атмосферных выбросов (Карабашский медеплавильный завод), источникам пыления (шлакоотвал, шламохранилище) и неорганизованному шламохранилищу в пойме реки Сак-Элга. Максимальные значения концентраций Zn (16616,3 мг/кг) и Sb (103 мг/кг) были зафиксированы в металлургическом шлаке из шлакоотвала и в почве частного сектора города Карабаш соответственно.

В донных отложениях были выявлены повышенные концентрации Zn, Sb, As, Hg связанные с переносом поллютантов поверхностным стоком воды, инфильтрировавшейся через отвалы промышленных отходов, а также ветровой эрозией и пылением с поверхности техногенных объектов. Максимальные значения концентраций Zn (47066 г/т) и Sb (43,9 г/т) были обнаружены в пруду-отстойнике около шлакоотвала и в рыжем ручье соответственно.

Были составлены карты-схемы расположения точек пробоотбора с усредненными значениями содержаний Zn, Sb, Hg, As в почвах и донных отложениях района исследования.

7. Социальная ответственность

Целью данной выпускной квалификационной работы является изучение негативного влияния на окружающую среду деятельности медеплавильного завода по данным изучения твердой фазы снегового покрова, донных отложений и почвы, которые были отобраны в г. Карабаш (Челябинская область) и окрестностях. Исследования на этих территориях были проведены с целью выявления техногенного загрязнения окружающей среды цементными заводами, а также для определения пространственного и временного распределения загрязняющих веществ, содержащихся в почвенном покрове – попадающие туда в результате выбросов при работе этих предприятий, а также при пылении шлакоотвалов и шламонакопителей; в донных отложениях – в результате смывания поверхностного незакрепленного слоя почвенного покрова, сбросов и выходов загрязненных шахтных вод, инфильтрации шлакоотвалов и отстаивания загрязненных вод в технических и естественных водоемах. В выпускной работе проанализировано 4 пробы твердой фазы снегового покрова на 4 точках, 18 проб почвы на 9 точках, 16 проб донных отложений на 9 точках.

Работы проводились как в полевых условиях, так и в помещениях. Полевые исследования представляли собой отбор проб на обширной территории, прилегающей к медеплавильному заводу, как в зимнее время, так и в летнее. Исследования в помещениях же представляли собой работу в лабораториях с приборами и научно-исследовательским оборудованием, а также в кабинетах с персональными компьютерами.

Процесс научно-исследовательской деятельности был произведен по следующей последовательности действий: подготовка отобранных проб для их исследования, их непосредственное аналитическое исследование на лабораторном оборудовании, обработка полученных результатов, построение таблиц, графиков, пространственных иллюстраций, на электронно-вычислительной технике типа «персональный компьютер», используя

специализированные пакеты программного обеспечения и их прикладные модули.

Лабораторно-аналитические исследования проводились в отапливаемых помещениях, имеющих электрообеспечение, водоотведение и вентиляционную систему. Лаборатории имеют специализированное оборудование, они аккредитованы, местоположение – г. Томск, ул. Ленина, д.2/5, 20 корпус ТПУ, 5 этаж. Доступ к работе в данных лабораторных кабинетах предоставляется только после прохождения вводного инструктажа о соблюдении мер безопасности на рабочем месте.

Объектами исследования являются: твердая фаза снега, донные отложения, почвенный покров – района исследования в г. Карабаш (Челябинская область) и окрестностей.

7.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

7.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно ст. 21 Трудового кодекса Российской Федерации устанавливаются должностные обязательства и права работника, в числе которых и право на рабочее место, которое должно соответствовать государственным нормам в области требований охраны труда и условиям, устанавливающимся согласно коллективному договору [56].

Рабочее место находится по адресу: г. Томск, ул. Ленина, д. 2/5, 20 корпус ТПУ, 5 этаж, аудитория № 539 (компьютерный класс отделения геологии).

Во время работы за персональным компьютером должен соблюдаться режим труда и отдыха, который включает в себя определенную продолжительность времени работы непосредственно за компьютером, организацию перерывов, понижающих утомление вследствие разбавления непрерывной фокусировки на определенном расстоянии (от глаз до монитора),

снижения напряжения органов зрения, а также разрядка нервно-психологического состояния.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, существует три вида деятельности при работе с персональным компьютером [52]:

- 1) Считывание информации с экрана персонального компьютера, отображающего предварительный запрос;
- 2) Ввод информации путем взаимодействия с устройствами ввода-вывода;
- 3) Процесс диалога с персональным компьютером.

Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю, согласно ст. 91 ТК РФ [56]. Если продолжительность рабочей смены составляет 8 часов, то устанавливаются следующие регламентированные перерывы, в зависимости от категории:

1) I категория – перерыв начинается спустя 2 часа после начала рабочей смены, и через 2 часа после обеденного перерыва, продолжительность каждого перерыва – 15 минут.

2) II категория – перерыв начинается спустя 2 часа после начала рабочей смены и через 1,5 – 2 часа после обеденного перерыва, продолжительность перерыва - 15 минут каждый или по 10 минут через каждый час работы;

3) III категория – перерыв начинается спустя 1,5 - 2 часа от начала рабочей смены и через 1,5 - 2 часа после обеденного перерыва, продолжительность перерыва - 20 минут каждый или по 15 минут через каждый час работы.

Если же продолжительность рабочей смены составляет 12 часов, то перерывы устанавливаются для первых 8 часов работы аналогично перерывам при 8-часовой рабочей смене, а в течение последних 4 часов работы,

независимо от категории и вида работ, каждый час продолжительностью 15 минут.

Эффективными являются нерегламентированные перерывы или микропаузы длительностью 1-3 минуты.

Во время перерывов и микропауз желательно выполнять упражнения для глаз, кистей рук для снятия напряжения.

7.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 рабочее место располагается так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева. Окна в рабочем помещении с ПК оборудуются регулируемыми устройствами. Расстояние между рабочими столами с видеомониторами не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м. При выполнении творческой работы рабочие места изолируются друг от друга перегородками высотой 1,5–2,0 м. Расстояние между экраном видеомонитора и глазами пользователя должно составлять 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размера шрифта. Монитор, клавиатура и корпус компьютера находятся прямо перед пользователем и не требуют поворота головы или корпуса тела. Конструкция рабочего стола должна позволять оптимально размещать на рабочей поверхности используемое оборудование с учетом его количества и конструкций, а также характера выполняемой работы. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 - 0,7. Рабочий стол и посадочное место имеют такую высоту, чтобы уровень глаз пользователя находился чуть выше центра монитора. Высота рабочего стола с клавиатурой составляет 650–850 мм над уровнем стола; высота экрана над полом – 900–1280 см. Монитор находится от оператора на расстоянии 50–70 см, на 20° ниже уровня глаз; клавиатура расположена на такой высоте, чтобы пальцы рук располагались на ней свободно, а угол между плечом и предплечьем составлял 100–110°. Конструкция рабочего стула должна учитывать рост пользователя,

характер и продолжительность работы на ПК. Рабочий стул должен обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы, позволять менять позу для снижения нагрузки на мышцы спины и шейно-плечевого отдела. Рабочий стул должен регулироваться по высоте и углам наклона сиденья и спинки, по расстоянию спинки от переднего края сиденья. Поверхность сиденья, спинки должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений. Пространство для ног должно быть высотой не менее 600 мм, шириной не менее 500 мм, глубиной не менее 450 мм, предусмотрена подставка для ног работающего шириной не менее 300 мм с регулировкой угла наклона [52].

Согласно СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи» минимальная диагональ электронных средств обучения (интерактивные доски, сенсорные экраны, информационные панели и иные средства отображения информации, а также компьютеры, ноутбуки, планшеты, моноблоки) должна составлять: для компьютера и ноутбука – не менее 39,6 см (или примерно 16 дюймов), мониторы на основе электронно-лучевых трубок не допускаются к использованию в образовательных целях. Компьютерные классы и оборудование на данный момент укомплектованы жидкокристаллическими матовыми мониторами с диагональю 24 дюйма (или 61 сантиметр) [55].

7.2. Профессиональная социальная безопасность

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 выделяются некоторые вредные и опасные факторы при проведении геоэкологических исследований.

Таблица 7.2. – Возможные вредные и опасные факторы, которые возможны во время исследований

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение параметров микроклимата на открытом воздухе	+			- ГОСТ 12.4.303-2016 Одежда специальная для защиты от пониженных температур. Технические требования; - МР 2.2.8.2127-06 Гигиенические требования к теплоизоляции комплекта средств индивидуальной защиты от холода в различных климатических регионах и методы ее оценки
2. Тяжесть физического труда	+			- Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
3. Травмы при пересечении местности	+			
4. Отклонение параметров микроклимата в помещении		+	+	- СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
5. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий
6. Электромагнитное излучение				- ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация
7. Повышенный уровень шума				- СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах; - ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума
8. Поражение электрическим током				- ГОСТ 12.1.019-2017 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты; - ГОСТ 12.1.038-82 Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов
9. Пожароопасность				- ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования; - ГОСТ 12.4.009-83 Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание

**7.2.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов,
которые могут возникнуть во время проведения пробоотбора
в полевых условиях**

Во время проведения пробоотбора (полевой этап), выявлены следующие вредные факторы: отклонение параметров микроклимата на открытом воздухе, тяжесть физического труда, возможность получения травмы при пересечении местности.

1) Отклонение параметров микроклимата на открытом воздухе.

Пробоотбор снежного покрова производится в холодное время года, соответственно, присутствует вероятность возникновения опасного фактора в виде переохлаждения организма, во время которого двигательная активность заметно ослабевает, происходит нарушение координации движений и запутанность в осуществлении совершения точных действий. Высшая нервная деятельность серого вещества при гипотермии также нарушается вследствие развития патологий и замедляющихся процессов в коре головного мозга. В связи с вышеперечисленным, люди, работающие на открытом воздухе в холодное время года, должны быть обеспечены теплой спецодеждой, согласно ГОСТ 12.4.303-2016 [42].

2) Тяжесть физического труда.

Работа в полевых условиях подразумевает различные физические нагрузки. Согласно методическим указаниям, пробоотбор снежного покрова должен производиться в полиэтиленовые мешки, масса отобранного снега при этом должна составлять не менее 2 кг, предпочтительно 15-20 кг. Пробоотбор почвенного покрова производится с использованием ножа, или почвенного бура, не содержащих металлов, из верхнего (0–5 см) горизонта, к которому приурочена максимальная концентрация загрязняющих веществ, поступающих из приземных слоев атмосферы. Из отобранных проб составляется сборная проба весом не менее 500 г, которая помещается в полиэтиленовый пакет [33]. Пробы донных отложений (в том числе и искусственно созданных водоемов) отбирают с использованием пробоотборника из нержавеющей стали. Исходя из глубины, опускают специальный пробоотборник на дно и зачерпыванием отбирают точечные пробы [44].

Ранжирование условий труда по тяжести производится по энергозатратам с учетом вида нагрузки (учитываются как динамическая, так и статические нагрузки) и групп нагружаемых мышц, согласно Р 2.2.2006-05. Если максимальная масса поднимаемых вручную грузов не превышает 5 кг для женщин и 15 кг для мужчин, работа характеризуется как легкая; 5-10 кг для женщин и 15-30 кг для мужчин – средней тяжести; свыше 10 кг для женщин и 30 кг для мужчин – тяжелая [50].

В соответствии с градацией, представленной выше, работы по снеговому опробованию характеризуются как тяжелые для женщин и средней тяжести для мужчин. Работы по проведению пробоотбора почвы и донных отложений характеризуются как легкие для обоих полов.

3) Травмы при пересечении местности.

К опасным факторам при отборе проб снегового покрова относится получение механических травм при пересечении местности. При пробоотборе снежного покрова, почвы и донных отложений в зоне влияния медеплавильного завода г. Карабаш (в т.ч. в жилых кварталах), присутствует риск получения непреднамеренных травм обширного диапазона степени тяжести: переломы, вывихи, растяжения, ушибы.

7.2.2. Анализ опасных и вредных производственных факторов, которые могут возникнуть во время проведения исследований в лаборатории и компьютерном классе

Во время проведения камеральных работ и лабораторных исследований возможны следующие вредные факторы: отклонение параметров микроклимата в помещении, недостаточная освещенность рабочей зоны, электромагнитное излучение, повышенный уровень шума. К опасным факторам относятся поражение электрическим током и пожароопасность.

1) Отклонение параметров микроклимата в помещении

Анализ отобранных проб снегового покрова (твердого осадка снега), почвы и донных отложений проводились в учебных лабораториях и в компьютерном классе. Компьютеры, микроскопы, дифрактометр и анализатор

ртути (с пиролитической установкой «ПИРО-915») являются источниками тепловыделения, приводящие к повышению температуры выше комфортного уровня, а также к изменению относительной влажности в помещении.

Отклонение параметров микроклимата оказывает влияние на организм человека. Работа в условиях высоких температур в сочетании с повышенной влажностью приводит к значительному накоплению тепла в организме – гипотермии, которая сопровождается головными болями, тошнотой, рвотой, падением артериального давления, потерей сознания. При низких температурах наблюдается сужение сосудов пальцев рук и ног, кожи лица, изменяется обмен веществ. Низкие температуры в сочетании с высокой влажностью увеличивают теплопотери организма, что также приводит к переохлаждению организма. Низкая влажность вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей человека.

2) Недостаточная освещенность рабочей зоны

Существенным фактором во время проведения пробоподготовки для дальнейшего их анализирования, а также при работе за персональным компьютером выступает характеристика освещения в помещении. При недостаточном освещении происходит напряжение зрения, ослабление внимания и снижение работоспособности человека. Неправильное направление света на рабочем месте может быть причиной дезориентации работающего из-за резких теней и бликов. Перечисленные факторы могут привести к несчастным случаям или вызвать профессиональные заболевания.

3) Поражение электрическим током.

К опасным факторам при проведении работ лабораторного этапа относится поражение электрическим током при работе на таких приборах как рентгеновский дифрактометр Bruker Phaser D2, электронный сканирующий микроскоп S-3400N Hitachi с приставкой Bruker, ртутного анализатора РА-915+ с пиролитической приставкой «ПИРО-915», виброистиратель, а также на персональных компьютерах.

Проходя через организм человека, электрический ток оказывает три вида воздействия: термическое - ожоги разных форм, перегревание кровеносных сосудов и нарушение функциональности внутренних органов; электролитическое - расщепление крови и иной органической жидкости в тканях организма; биологическое - нарушение нормальной работы мышечной системы, вызывая непроизвольные судорожные сокращения мышц.

Лабораторные помещения, в которых проводились анализы проб почвенного покрова, твердого осадка снегового покрова и донных отложений, не характеризуются повышенной опасностью поражения электрическим током людей, потому что в помещении соблюдается относительная влажность равная 40-60%, температура составляет комфортные 21-23 °С, полы имеют деревянное или полимерное (линолеум) покрытие, т.е. полы являются диэлектриками (не проводящими электрический ток). Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям электробезопасности при работе с электроустановками по ГОСТ 12.1.019-2017 [37].

4) Пожароопасность.

Пожарная опасность подробно описывается в п. 7.4. «Безопасность в чрезвычайных ситуациях» настоящего отчета.

5) Электромагнитное излучение.

Основными источниками электромагнитного излучения являются персональные компьютеры. Длительное воздействие электромагнитного излучения на организм человека вызывает нарушения состояния нервной и сердечно-сосудистых систем, что проявляется в повышенной утомляемости, изменении кровяного давления и пульса.

Временные допустимые уровни электромагнитных полей (ЭМП), создаваемых компьютерами, не должны превышать значений, представленных в таблице 7.2.2.

Таблица 7.2.2. – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемые при работе с компьютерами

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

б) Повышенный уровень шума

Источниками шума в лабораторных помещениях являются работа вентилятора кондиционера, вентиляторов в системных блоках компьютеров, шум при работе принтеров и сканеров, работа охлаждения пиролитической установки анализатора ртути, работа охлаждения дифрактометра.

Нормативным эквивалентным уровнем звука на рабочих местах является 80 дБА, согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 [53].

7.2.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Отклонение параметров микроклимата на открытом воздухе.

При работе на открытом воздухе комплекты средств индивидуальной защиты от холода должны быть изготовлены из теплоизоляционных материалов (из основного материала, изоляционных прокладок и накладок-вкладышей) и должны соответствовать физической активности человека и метеорологическим условиям, в которых они предназначены для использования. Основным материал комплектов должен обладать защитными свойствами, быть устойчивым к механическим воздействиям, атмосферным осадкам, воздействию света, различным загрязняющим веществам. Внутренние слои комплекта средств индивидуальной защиты должны хорошо впитывать и отводить влагу. Кроме того, основным материал должен обладать воздухопроницаемостью, соответствующей скорости ветра [43].

Травмы при пересечении местности.

При отборе проб снежного покрова, во избежание различных повреждений, необходимо строго соблюдать меры предосторожности: быть тепло одетым, иметь высокие теплые ботинки, которые не позволяют

выпадать снегу, у вас должен быть с собой сменный комплект обуви и носков, у вас должен быть трос, лопата, запасная канистра с бензином в машине. Во время проведения геоэкологических работ по отбору проб почвенного покрова и донных отложений необходимо иметь при себе аптечку первой помощи с лекарствами (в том числе против обморожения – в случае работы в холодное время года), в теплое время года также необходимо иметь при себе бутылку воды, для утоления жажды.

Отклонение параметров микроклимата в помещении.

В случае отклонения параметров микроклимата в помещениях необходимо соблюдать параметры микроклимата. В таблице 7.2.3.1. представлены оптимальные значения показателей микроклимата для помещений при проведении лабораторных работ [54].

Таблица 7.2.3.1 – Оптимальные величины показателей микроклимата для помещений при проведении лабораторных работ

Период года	Показатель микроклимата	Величина
Холодный	Температура воздуха в помещении	22-24°C
	Относительная влажность	40-60%
	Скорость движения воздуха	0,1 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	23-25°C
	Относительная влажность	40-60%
	Скорость движения воздуха	0,1 м/с

Подача воздуха в помещение осуществляется с помощью механической системы вентиляции и кондиционирования воздуха, а также естественной вентиляции – проветривания. Для поддержания оптимального микроклимата помещений в зимнее время года рабочие помещения должны быть отапливаемы. В летний период необходимо проветривать помещения не реже одного раза в день, а также проводить влажную уборку. Также, необходимо протирать пыль с поверхности микроскопа и монитора компьютера.

Недостаточная освещенность рабочей зоны

В лабораториях и помещениях с компьютерным оборудованием освещение комбинированное - естественное освещение дополняется искусственным. Нормируемые параметры естественного и искусственного

освещения в лабораторном помещении и в компьютерном классе во время лабораторной и кабинетной работы представлены в таблице 7.2.3.2.

Таблица 7.2.3.2 – Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения в помещении лаборатории и помещении с ПК

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совместное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО, %		КЕО, %		Освещенность, лк		общее
		верхнее или комбинированное	боковое	верхнее или комбинированное	боковое	комбинированное	от общего	
Помещения для работы с дисплеями и видеотерминалами, залы ЭВМ	Г-0,8 *	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400
	Экран монитора: В-1,2*	-	-	-	-	-	-	200
Лаборатории (аналитические, научно-технические)	Г-0,8*	4,0	1,5	2,4	0,9	600	400	500

Примечание: * Г – горизонтальная, *В – вертикальная

В дневное время помещения должны быть освещены естественным светом, то есть боковым освещением через окна. Искусственное освещение должно обеспечиваться общей системой равномерного освещения. В дополнение к общему освещению устанавливаются светильники местного освещения, которые предназначены для освещения зоны, где находятся документы или предметы. В качестве источников света при искусственном освещении следует использовать в основном люминесцентные лампы типа ЛБ.

Поражение электрическим током.

Для защиты исследователя от возможного воздействия электрического тока необходим постоянный контроль электрических систем. В соответствии с ГОСТ 12.1.038-82 напряжения прикосновения и токи, протекающие через

тело человека при нормальном, т.е. неаварийном режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 7.2.3.3.

Таблица 7.2.3.2 – Нормирование напряжения прикосновения и тока

Род тока	U, В	I, mA
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Во избежание электротравм запрещается работать с неисправными электроприборами и установками, переносить и оставлять без присмотра включенные электроприборы, работать вблизи открытых частей электроустановок, загромождать подходы к электроприборам.

В случае поражения электрическим током необходимо освободить пострадавшего от действия электрического тока, отключив электроприбор (с помощью выключателя), к которому он прикасается, а также вызвать врача.

Электромагнитное излучение.

Согласно ГОСТ 12.4.011-89 средства защиты от статического электричества делятся на средства коллективной и индивидуальной защиты. Средства коллективной защиты - заземляющие, увлажняющие и экранирующие устройства, нейтрализаторы, антиэлектростатические вещества. Средства индивидуальной защиты включают в себя специальную одежду и обувь с антиэлектростатическим покрытием, антиэлектростатические кольца и браслеты, антиэлектростатическую защиту рук.

Повышенный уровень шума.

Согласно ГОСТ 12.1.029-80 средства и методы защиты от шума делятся на коллективные и индивидуальные. К коллективным средствам защиты относятся звукоизолирующие ограждения зданий, помещений, кожухи, кабины, акустические экраны, звукопоглощающие накладки, объемные звукопоглотители. Средства индивидуальной защиты включают в себя противοшумные наушники, вкладыши-беруши, шлемы, каски-ушанки, костюмы. Шумовое воздействие нормируется в соответствии с ГОСТ 12.1.003-

2014. При выполнении работы на ПК уровень шума в рабочем помещении не должен превышать 45 дБ. [35]

7.3. Экологическая безопасность

7.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Объект исследования не оказывает влияния на окружающую среду.

7.3.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

В ходе исследования было проанализировано 35 проб почвы и донных отложений методом атомно-абсорбционной спектроскопии с помощью ртутного анализатора РА-915+ с пиролитической приставкой «ПИРО-915» навеска почвы или донных отложений берется в пределах 100-200 мг и сжигается до пепла. Таким образом, изучение проб не несет вред окружающей среде (атмосфере, гидросфере, литосфере). В процессе работы на рабочей зоне образуются отходы V класса опасности (бумага, обрезки бумаги и мусор от уборки помещений). Степень вредного воздействия на ОС отходов V класса опасности – очень низкая, эти материалы, как правило, не несут никакой опасности или угрозы жизни человека, на данный вид отходов паспорт не выдается. Утилизация таких отходов с объекта исследования происходит при помощи обслуживающего персонала, а далее городских служб попадают на общегородские свалки.

Также, на этапе проведения лабораторных работ осуществляется пробоподготовка исследуемого вещества – просушивание проб, их упаковка для отправки на дальнейшие анализы – ИНАА, дифрактометрию, электронный микроскоп, затем идет процесс полной обработки полученных результатов.

В процессе пробоподготовки и анализа результатов образуются отходы, к которым относятся бумага, алюминиевая фольга и мусор от уборки помещений. Данные отходы отнесены к V классу опасности.

7.3.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Отходы V класса опасности имеют очень низкую и низкую степени наносимого вреда окружающей среде. Перечисленные отходы поставляются на городские свалки, в дальнейшем возможна их переработка.

7.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

7.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Объект исследований не может инициировать чрезвычайные ситуации.

7.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

Одним из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС является пожар на рабочем месте. Федеральным законом от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ утвержден «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Предотвращение распространения пожара достигается мероприятиями:

1. конструктивные и объёмно-планировочные решения, препятствующие распространению опасных факторов пожара по помещению;
2. ограничения пожарной опасности строительных материалов, используемых в поверхностных слоях конструкции здания, в том числе кровель, отделок и облицовок фасадов, помещений и путей эвакуации;
3. наличие первичных, в том числе автоматических и привозных средств пожаротушения;
4. сигнализация и оповещение о пожаре [45].

Рабочее помещение должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83 [36, 40].

В соответствии с ПНД Ф 12.13.1-03 утверждены методические рекомендации по технике безопасности при работе в аналитических лабораториях [57].

Согласно ГОСТ 12.1.004-91 и ГОСТ 12.4.009-83, все лабораторные помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и

иметь средства пожаротушения. В лаборатории должны быть установлены пожарные краны (по крайней мере, по одному на этаж) с пожарными шлангами. Каждое рабочее помещение должно быть оборудовано огнетушителем и песком. В случае пожара в помещениях лаборатории план эвакуации сотрудников должен быть вывешен на видном месте [36, 40].

Необходимо обучение всех сотрудников лаборатории правилам обращения с огне- и взрывоопасными веществами, газовыми приборами, а также с противогазами, огнетушителями и другими средствами пожаротушения.

В помещении для лабораторных исследований имеются порошковые огнетушители типа ОП-03, установлена система автоматической противопожарной сигнализации (датчик–сигнализатор типа ДТП).

7.4.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

В помещениях лаборатории, в коридорах, под лестницами запрещается хранить горючие материалы и устанавливать предметы, которые загромождают проходы и доступ к средствам пожаротушения.

После окончания работы необходимо отключить электроэнергию, газ и воду во всех помещениях.

При возникновении пожара, задымления и других признаках пожара сотрудник лаборатории обязан:

- немедленно вызвать пожарную часть по телефону «01», сообщив адрес, место возникновения пожара и свою фамилию;
- поставить в известность начальника лаборатории, который должен принять меры к их эвакуации и ликвидации пожара, и окружающих сотрудников;
- принять меры по ограничению распространения огня и ликвидации пожара;
- при общем сигнале опасности покинуть здание.

Выводы по разделу

Таким образом, были проанализированы опасные и вредные факторы при данной производственной деятельности, предложены мероприятия по обеспечению защиты от данных вредных и опасных факторов на основе требований, действующих нормативно - технических документов. Проведенные исследования оказывают минимальное экологическое воздействие на окружающую среду и являются безопасными с точки зрения возникновения чрезвычайных ситуаций.

Полученные результаты при написании раздела «Социальная ответственность» полезны и необходимы для прохождения инструктажей перед началом работы в лабораториях на специализированном оборудовании и персональных компьютерах во избежание несчастных случаев и чрезвычайных ситуаций.

8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Сейчас важность научных исследований не определяется только по масштабу открытия, а скорее по коммерческой ценности разработки, так как сложно провести финансово-ресурсную оценку на ранних этапах жизненного цикла продукта. Для финансирования и коммерциализации результатов исследования необходимо оценить его коммерческую ценность. Раздел "Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение" направлен на определение перспективности и успешности научно-технических исследований, оценку эффективности и уровня рисков, разработку механизмов управления и сопровождения проектных решений. Для этого нужно организовать работу по исследованию, спланировать этапы выполнения, оценить коммерческий потенциал, рассчитать бюджет и оценить социальную и экономическую эффективность.

Данное исследование проводилось в г. Карабаш и его окрестностях – зоне сильного негативного воздействия медеплавильного завода на окружающую среду. Оценка загрязнения окружающей среды проводилась по данным изучения снежного, почвенного покровов и донных отложений с территории исследования. Объектами исследования являются твердый осадок снега, почва и донные отложения.

8.1. Предпроектный анализ

8.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Сегментирование целевого рынка необходимо для анализа и ближайшего рассмотрения возможных потребителей научных исследований.

Потребителями таких исследований могут быть следующие организации:

- Любые промышленные предприятия, загрязняющие окружающую среду, в особенности предприятия цветной металлургии, основным видом

деятельности является производство меди путём плавления медных концентратов;

- Граждане, проживающие в районе исследования;
- Граждане, проживающие рядом с производством похожего типа и мощности;
- Университеты, институты, научно-исследовательские и проектные организации;
- Министерство экологии Челябинской области.

8.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В данном научном исследовании анализируется влияние промышленных предприятий на пылевую нагрузку согласно изучению снегового покрова, химический и минерально-вещественный состав твердого осадка снега, почвогрунтов и донных отложений в г. Карабаш и его окрестностях.

В таблице 8.1.2.1 приведена оценка конкурентов, где Ф – разрабатываемый проект, к1 – исследование, проведенное инженером-экологом в научно-исследовательском институте, к2 – исследование, проведенное организацией, основной вид деятельности которой – производство меди (цветная металлургия).

Таблица 8.1.2.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
2. Точность исследования	0,16	4	4	3	0,64	0,64	0,48
3. Скорость проведения исследования	0,19	5	4	3	0,95	0,76	0,57
4. Технологичность	0,13	4	4	3	0,52	0,52	0,39
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,11	5	5	4	0,55	0,55	0,44
2. Цена	0,16	5	3	3	0,8	0,48	0,48
3. Время	0,15	3	5	3	0,45	0,75	0,45
Итого	1	31	28	23	4,41	4	3,21

Критерии оценки подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Сумма всех показателей должна составлять 1. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

Анализ конкурентных технических решений показал, что основное уязвимое место проекта – это зависимость от дорогостоящего оборудования, а также скорость выполнения работы, также одним из недостатков является количество отобранных образцов – для более точного проведения пространственных испытаний необходима более плотная сетка мест

пробоотбора. Среди преимуществ проекта является его конечная стоимость и обеспеченность вышеупомянутым оборудованием.

8.1.3. SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта, который применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Анализ проводится в 3 этапа, матрица SWOT представлена в таблице 8.1.3.1.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 8.1.3.1. – Матрица SWOT-анализа

<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>С1. Достоверность полученных данных. С2. Необходимость малого количества сотрудников. С3. Применение современных программно-технических комплексов. С4. Актуальность научного исследования. С5. Бюджетное финансирование</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>Сл1. Удаленность территории объекта исследования от места проведения лабораторных исследований; Сл2. Трудозатратная пробоподготовка. Сл3. Отсутствие нормативных показателей для предмета исследований. Сл4. Ограниченность в финансовой обеспеченности. Сл5. Многостадийность методики.</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Актуальность исследования приведет к появлению заинтересованных сторон В2. Возможность расширения методов исследования. В3. Применение подобных исследований для предприятий со схожим профилем деятельности. В4. Получение прибыли за выполнение научно-исследовательского проекта. В5. Возможность представления конкурентоспособного исследования</p>	<p>Угрозы</p> <p>У1. Отсутствие спроса на проведение исследований из-за конкурентоспособных организаций. У2. Вероятность увеличения временных затрат. У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования У4. Появление модернизированного и более точного оборудования. У5. Появление более современного ПО, ускоряющего и дополняющего процесс анализа данных, полученных от аналитического оборудования</p>

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 8.1.3.2. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 8.1.3.2. – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	-	-	+	+	+
	B3	+	-	+	+	+
	B4	+	+	+	+	+
	B5	+	0	+	+	0
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	0	-	-	-	0
	B2	0	0	+	+	0
	B3	0	-	-	-	0
	B4	-	0	-	-	0
	B5	0	0	+	0	0
Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	-	0
	У2	-	0	+	+	+
	У3	-	-	0	-	0
	У4	+	0	0	+	0
	У5	+	+	+	+	0
Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	+	0	+	+
	У2	-	-	+	-	+
	У3	-	-	+	0	0
	У4	0	0	+	-	-
	У5	0	0	-	-	0

В рамках *третьего этапа* должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 8.1.3.3.).

Таблица 8.1.3.3 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны</p> <p>С1. Достоверность полученных данных.</p> <p>С2. Необходимость малого количества сотрудников.</p> <p>С3. Применение современных программно-технических комплексов.</p> <p>С4. Актуальность научного исследования.</p> <p>С5. Бюджетное финансирование</p>	<p>Слабые стороны</p> <p>Сл1. Удаленность территории объекта исследования от места проведения лабораторных исследований;</p> <p>Сл2. Трудозатратная пробоподготовка.</p> <p>Сл3. Отсутствие нормативных показателей для предмета исследований.</p> <p>Сл4. Ограниченность в финансовой обеспеченности.</p> <p>Сл5. Многостадийность методики.</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Актуальность исследования приведет к появлению заинтересованных сторон</p> <p>В2. Возможность расширения методов исследования.</p> <p>В3. Применение подобных исследований для предприятий со схожим профилем деятельности.</p> <p>В4. Получение прибыли за выполнение научно-исследовательского проекта.</p> <p>В5. Возможность представления конкурентоспособного исследования</p>	<p>Повышенный спрос на исследования подобного типа в других местах.</p> <p>Сотрудничество с различными исследовательскими институтами для более обширного изучения.</p> <p>Повышение заинтересованности организаций схожего профиля деятельности в проведении аналогичных исследований.</p>	<p>Привлечение физически развитых сотрудников к отбору проб</p> <p>Ускорение разработки проекта путём привлечения дополнительных специалистов.</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Отсутствие спроса на проведение исследований из-за конкурентоспособных организаций.</p> <p>У2. Вероятность увеличения временных затрат.</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования</p>	<p>Создание проекта, конкурентоспособность которого выше, чем у аналогичных исследований.</p>	<p>Могут возникать затруднения, увеличивающие продолжительность разработки проекта.</p>

<p>У4. Появление модернизированного и более точного оборудования.</p> <p>У5. Появление более современного ПО, ускоряющего и дополняющего процесс анализа данных, полученных от аналитического оборудования</p>		
--	--	--

8.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

На любой стадии жизненного цикла научной разработки возможно проведение оценки степени ее готовности к коммерциализации, а также выяснение уровня собственных знаний для её проведения (или завершения). Для этого, заполняется специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (таблица 8.1.4.1.).

При проведении анализа по таблице 8.1.4.1., для каждого показателя ставится оценка по пятибалльной шкале. При оценке степени проработанности научного проекта соответственно выделяется 5 уровней проработанности проекта:

- 1 балл - означает не проработанность проекта;
- 2 балла – слабая проработанность;
- 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен;
- 4 балла – выполнено качественно;
- 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта.

Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид:

- 1 – не знаком или мало знаю;
- 2 – в объеме теоретических знаний;
- 3 – знаю теорию и практические примеры применения;
- 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю;
- 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Таблица 8.4.1.1 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	2	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	5	5
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	60	57

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где:

$B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В итоге получилось 61 балл, что означает перспективность разработки, а уровень имеющихся знаний у разработчика выше среднего.

По результатам оценки выделяются слабые стороны исследования, для улучшения показателей необходимо проведение дополнительных маркетинговых исследований рынков сбыта, проработка вопросов международного сотрудничества и использования услуг инфраструктуры поддержки, разработать бизнес-план коммерциализации научной разработки.

8.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для коммерциализации результатов, проведенного исследования будут использоваться следующие методы: инжиниринг и передача прав на интеллектуальную собственность сторонней организации или государственной структуре.

Инжиниринг в экономической сфере представляет собой предоставление услуг с участием заказчика в процессе оказания услуги и его потребления, что обязательно для проведения данной деятельности.

Местные департаменты по охране окружающей среды, экологические министерства, промышленные компании, заинтересованные в сохранении благоприятной окружающей среды, а также производственные организации, которые хотят сохранить свой экологический имидж, могут выступать в качестве заказчиков научных исследований по определению качества атмосферного воздуха и состояния окружающей среды.

Инжиниринг включает интеллектуальный процесс решения задач, связанный с выполнением работ и оказанием услуг. В данном случае

инжинирингом является консультирование и постоянное взаимодействие заказчика и исполнителя, чтобы решить все возникающие вопросы.

Оказание услуг будет заключаться в выполнении работ по отбору точек опробования, осуществлении отбора и пробоподготовке проб снега, почвы и донных отложений, проведении анализа состава проб, а также интерпретации результатов и составления отчета.

Инжиниринг предполагает оказание комплекса или различных отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, а также проектированием, строительством и вводом в эксплуатацию объектов по договору между консультантом и заказчиком. В рамках такого сотрудничества консультант будет выступать одной стороной, а заказчик - другой.

Выбранный метод коммерциализации продвигает данную разработку благодаря опыту проведения таких исследований, наличию необходимого оборудования и навыков работы на нем.

Передача интеллектуальной собственности будет производиться в уставной капитал предприятия или государства.

Данные методы коммерциализации будут наиболее продуктивными в отношении данного проекта.

8.2. Инициация проекта

Группа процессов инициации, которая включает процессы определения нового проекта или новой фазы существующего проекта, является важным этапом в проектном менеджменте. Определение изначальных целей и содержания проекта — это первоначальный этап, который включает в себя формулировку целей и задач проекта. На этом этапе также предусмотрено закрепление начальных оценок, включая определение выбора или подтверждение ресурсов, используемых в проекте, а также фиксацию начальных финансовых ресурсов, которые могут быть распределены между этапами проекта в зависимости от их приоритетности и потребностей проекта.

В рамках процессов инициации определяются ключевые заинтересованные стороны проекта - внутренние и внешние. Они определяются как главные участники, которые могут повлиять на результат проекта или которые будут получать результаты уже после завершения работ по проекту. Важность учета интересов заинтересованных сторон заключается в закреплении Устава проекта, указанном в таблице 8.2.1.

Таблица 8.2.1. – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Выпуск высококвалифицированных специалистов
Министерство экологии Челябинской области	Получение эколого-геохимической оценки загрязнения г. Челябинска по данным изучения снегового покрова и почвогрунтов

В таблице 8.2.2. представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 8.2.2. – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Изучение влияния техногенного воздействия Карабашского медеплавильного завода на пылевую нагрузку, химический и минерально-вещественный состав твердого осадка снега, почв и почвогрунтов и донных отложений.
Ожидаемые результаты проекта:	Нахождение в твердом осадке снега, почве и донных отложениях характерных элементов и техногенных частиц от воздействия медеплавильного комбината на территории г. Карабаша и его окрестностей.
Критерии приемки результата проекта:	Найти в твердом осадке снега, почвогрунтах и донных отложениях характерные химические элементы и техногенные частицы, которые поступают в окружающую среду в процессе деятельности медеплавильного комбината, основываясь на результатах ранее проведенных исследований в районе исследования.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Отобрать пробы твердого осадка снега, почв и почвогрунтов, донных отложений в зоне влияния медеплавильного комбината – соответственно, г. Карабаш и его окрестности.
	Подготовить пробы для анализа в лаборатории, отдать пробы на анализ.
	Провести обработку полученных результатов.
	Выявить факторы, влияющие на пылевую нагрузку, химический и минеральный состав твердого осадка снега, почв и почвогрунтов и донных отложений.

В таблице 8.2.3. представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 8.2.3. – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1.	Иванов А.Ю., НИ ТПУ, доцент ОГ ИШПР	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения	500
2.	Козлов А.Э., магистрант ОГ ИШПР	Исполнитель по проекту	Анализ литературных источников, отбор проб, пробоподготовка, анализ лабораторных данных, написание работы	1600
ИТОГО:				2100

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (таблица 8.2.4).

Таблица 8.2.4. – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	1 849 757,7
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.01.2022-31.05.2023
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	01.01.2022
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2023

8.3. Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;

- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

8.3.1. Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 8.3.1.1.).

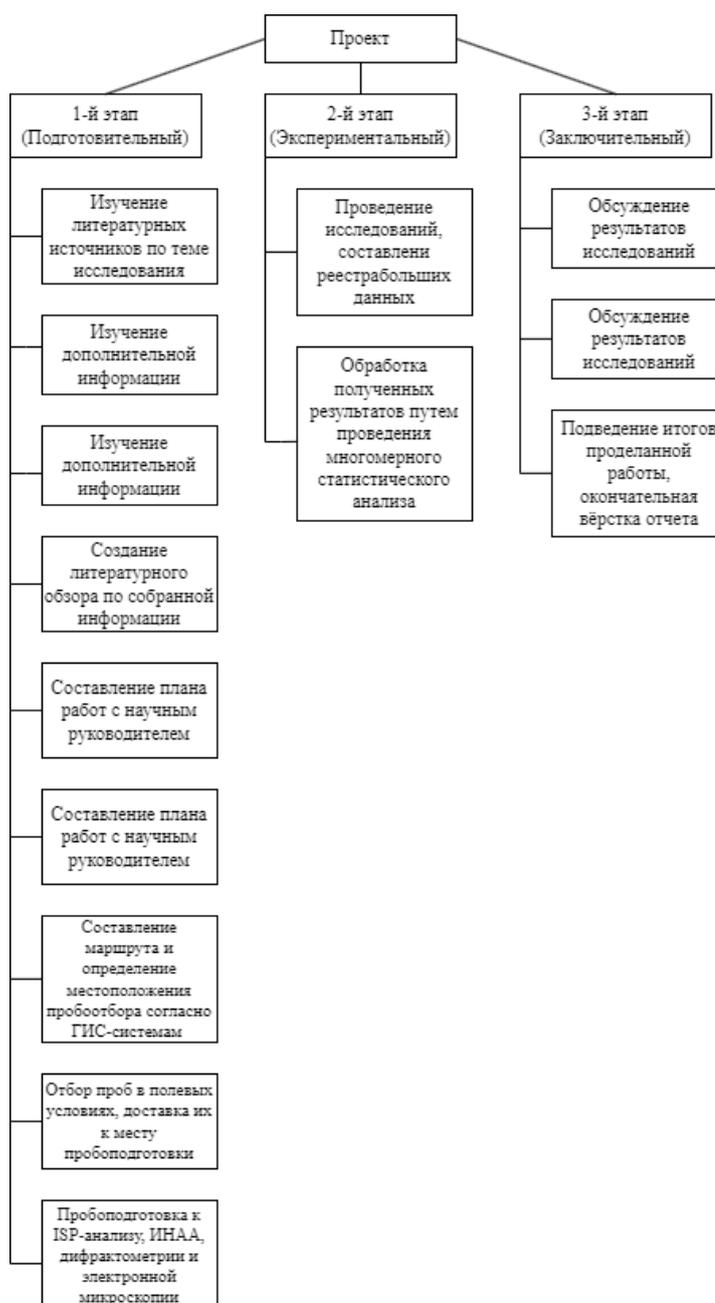


Рисунок 8.3.1.1. – Иерархическая структура работ

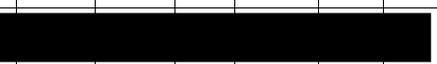
8.3.2. План проект

В рамках планирования научного проекта построены календарный график проекта (таблица 8.3.2.1., 8.3.2.2.).

Таблица 8.3.2.1 – Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Утверждение темы магистерской диссертации	10	10.11.2021	20.11.2021	Козлов А.Э, Иванов А.Ю.
Установление методики проведения исследования	45	21.11.2021	04.01.2022	Козлов А.Э, Иванов А.Ю.
Проведение отбора проб снегового покрова	2	05.01.2022	06.01.2022	Козлов А.Э.
Обработка полученных проб снегового покрова	73	07.01.2022	20.03.2022	Козлов А.Э, Иванов А.Ю.
Анализ литературных источников	149	21.03.2022	16.08.2022	Козлов А.Э.
Проведение отбора проб почвогрунтов	2	17.08.2022	18.08.2022	Козлов А.Э.
Обработка полученных проб почвогрунтов	187	19.08.2022	21.02.2023	Козлов А.Э.
Обсуждение результатов пробоотбора и обработки снега и почвогрунтов	5	22.02.2023	26.02.2023	Козлов А.Э, Иванов А.Ю.
Описание полученных результатов	94	27.02.2023	31.05.2023	Козлов А.Э, Иванов А.Ю.
Итого:	567			

Таблица 8.3.2.2. – Календарный план график проведения НИОКР по теме

Наименование этапа	Т, дней	2021		2022												2023				
		Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май
Утверждение темы магистерской диссертации	10																			
Установление методики проведения исследования	45																			
Проведение отбора проб снегового покрова	2																			
Обработка полученных проб снегового покрова	73																			
Анализ литературных источников	149																			
Проведение отбора проб почвогрунтов	2																			
Обработка полученных проб почвогрунтов	187																			
Обсуждение результатов пробоотбора и обработки снега и почвогрунтов	5																			
Описание полученных результатов	94																			



- Козлов А.Э.



- Козлов А.Э., Иванов А.Ю.

8.4. Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты;
2. Специальное оборудование для научных работ;
3. Заработная плата;
4. Отчисления на социальные нужды;
5. Научные и производственные командировки;
6. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями;
7. Накладные расходы.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов). В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме (таблица 8.4.1.).

Таблица 8.4.1. – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество, шт	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Пакеты полиэтиленовые	25	26	650
Зип-пакеты	100	2,5	250
Ведро пластмассовое	1	350	350
Воронка пластмассовая	3	50	150
Фольга	100	1	100
Перчатки резиновые	5	45	225
Всего за материалы			1 725
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			86,25
Итого по статье			1811,25

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением

специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР (таблица 8.4.2.).

Таблица 8.4.2. – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Компьютер (Acer)	1	40 000,00	40 000,00
2	Операционная система Windows 10 Pro x64	1	20 000,00	20 000,00
3	Программное обеспечение Microsoft Office 2007	1	10 750,00	10 750,00
4	Программное обеспечение «Statistica (StatSoft Inc/TIBCO Software Inc)»	1	20 000,00	20 000,00
Итого, руб.:				90 750

Расчет основной заработной платы. В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 8.4.3.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где: $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Расчет заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта проводили с учетом работы 2-х человек – научного руководителя и магистранта. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 8.4.3.

Таблица 8.4.3. – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	567	567
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	153	153
- праздничные дни	22	22
Потери рабочего времени		
- отпуск	37	37
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	329	329

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} * (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}}, \text{ где}$$

$Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент (определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для г. Томск).

При расчете заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта учитывались месячные должностные оклады работников, которые рассчитывались по формуле:

$$Z_m = Z_b * K_p, \text{ где}$$

Z_b – базовый оклад, руб.;

K_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для г. Томск).

Согласно информации сайта Томского политехнического университета, должностной оклад (ППС-3) доцента доктора наук в 2021 году без учета РК составил 44 400 руб. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 8.4.4.

Таблица 8.4.4. – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	44 400	1	0,02	1,3	57 720	2 106,27	329	692 874
Магистрант	3 500	-	-	1,3	4 550	166,04	329	54 627,16

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала. В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = Z_{осн} * k_{доп}, \text{ где}$$

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 8.4.5. приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 8.4.5. – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	692 874	54 627,16
Дополнительная зарплата	69 284,40	5 462,72
Итого по статье $C_{зп}$	762 158,4	60 089,88

Отчисления на социальные нужды. Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \text{ где}$$

$k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчисления на уплату во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году, вводится пониженная ставка – 27,1%. Стипендиальные выплаты студентам, магистрам и аспирантам не облагаются налогом.

Отчисления на социальные нужды составляют: $C_{\text{внеб}} = 0,3 * 692\,874 = 207\,862,20$ рублей.

Научные и производственные командировки. В эту статью включаются расходы по командировкам научного и производственного персонала, связанного с непосредственным выполнением конкретного проекта, величина которых принимается в размере 10% от основной и дополнительной заработной платы всего персонала, занятого на выполнении данной темы.

Затраты на научные и производственные командировки составляют 69 284,40 руб.

Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями.

Проводились лабораторно-аналитические исследования методом ИНАА на исследовательском ядерном реакторе Томского политехнического университета в ядерно-геохимической лаборатории отделения геологии, имеющей аккредитацию.

Расчет затрат на подрядные работы представлен в таблице 8.4.6.

Таблица 8.4.6 — Расчет затрат на подрядные работы

Метод анализа	Количество проб	Стоимость, руб	Итого, руб
Инструментальный нейтронно-активационный анализ	44	2 000	88 000

Накладные расходы. Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot (762158,4 + 60089,88) = 657798,62$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов принят 0,8.

Таким образом, затраты проекта составляет 657 798,62, которые приведены в таблице 8.4.7.

Таблица 8.4.7. – Затраты научно-исследовательской работы

Вид исследования	Затраты по статьям									
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Доп-ая заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Научные и производственные командировки	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
Данное исследование	1811,25	90 750	747 501,16	74 750,12	207 862,20	69 284,40	-	-	657 798,62	1 849 757,75
Аналог	10 000,00	200 000,00	999 919,20	99 991,60	329 973,20	109 991,10	-	-	879 928,60	2 629 803,7

8.4.1. Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 8.4.1.1.

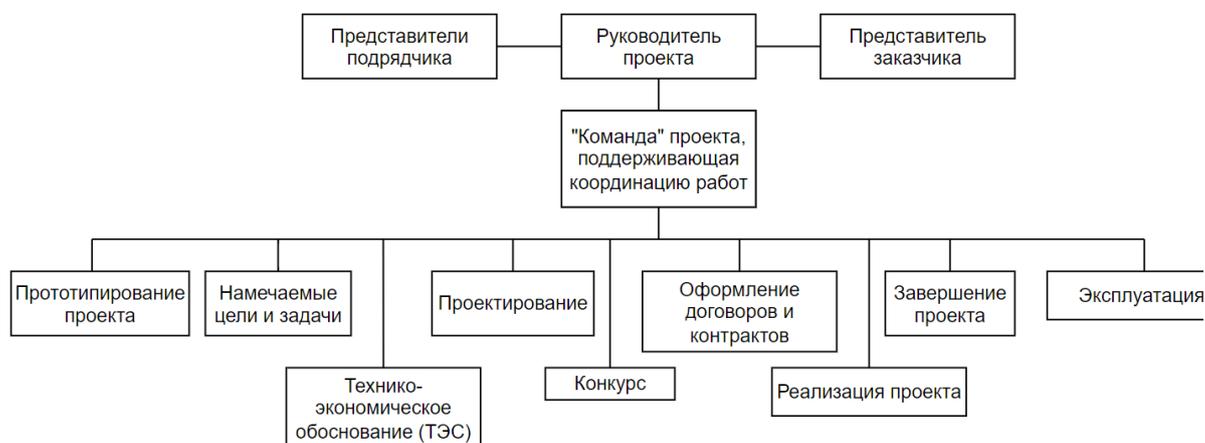


Рисунок 8.4.1.1. – Проектная структура проекта

8.4.2. План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 8.4.2.1.).

Таблица 8.4.2.1 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (понедельник)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (конец месяца)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

8.4.3. Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Информация по возможным рискам сведена в таблицу 8.4.3.1.

Таблица 8.4.3.1 – Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Неточность метода анализа	2	5	Низкий	Внешний и внутренние анализы	Низкая точность метода анализа
2	Недостаток количества проб	1	4	Низкий	Проведение анализа нескольких образцов одной пробы	Нехватка времени или финансирования
3	Погрешность расчетов	3	5	Средний	Пересчет, проверка	Невнимательность
4	Отсутствие интереса к результатам исследования	2	5	Низкий	Привлечение предприятий, публикация результатов	Отсутствие результатов исследования
5	Несвоевременное финансирование проекта	3	5	Средний	Наличие нескольких источников финансирования	Изменения в законодательстве

8.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности

8.5.1. Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0$$

где: ЧДП_{опt} – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t= 0, 1, 2 \dots n$)

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если $NPV > 0$, то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 8.5.1.1. При расчете рентабельность проекта составляла **20-25 %**, норма амортизации - 10 %.

Себестоимость = 1 849 757,75 руб.

Выручка = себестоимость * 1,25 = 1 849 757,75 * 1,25 = 2 312 197,19 руб.

Операционные затраты = сырье + амортизация + ЗП (осн + доп) + соц.отч. + науч.ком + контр.расх + накл.расх = 35%*бюджета = 678 214,16 руб.

Таблица 8.5.1.1 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	2 312 197,19	2 312 197,19	2 312 197,19	2 312 197,19
2	Итого приток, руб.	0	2 312 197,19	2 312 197,19	2 312 197,19	2 312 197,19
3	Инвестиционные издержки, руб.	- 1 849 757,75	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб. (35% от бюджета)	0	678 214,16	678 214,16	678 214,16	678 214,16
5	Налогооблагаемая прибыль(1-4)	0	1 633 983,03	1 633 983,03	1 633 983,03	1 633 983,03
6	Налоги 20 %, руб.(5*20%)	0	326 796,61	326 796,61	326 796,61	326 796,61
8	Чистая прибыль, руб.(5-6)	0	1 307 186,42	1 307 186,42	1 307 186,42	1 307 186,42
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.(чистая прибыль+амортизация)	-1 849 757,75	1 437 905,06	1 437 905,06	1 437 905,06	1 437 905,06
10	Коэффициент дисконтирования при $i=20\%$ (КД)	1	<u>0,833</u>	<u>0,694</u>	<u>0,578</u>	<u>0,482</u>
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб (9*10)	-1 849 757,75	1 197 774,91	997 906,11	831 109,12	693 070,24
12	Σ ЧДД		3 719 860,38 Р			
12	Итого NPV, руб.		1 870 102,63 Р			

$$NPV = 3\,719\,860,38 - 1\,849\,757,75 = 1\,870\,102,63 > 0$$

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: i – ставка дисконтирования, 20 %;

t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 1 870 102,63 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0 > 1$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{3\,719\,860,38}{1\,849\,757,75} = 2,011$$

Так как $PI > 1$, то проект является эффективным.

Внутренняя ставка доходности (IRR). Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или =0. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 8.5.1.2 и на рисунке 8.5.1.1.

Таблица 8.5.1.2 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	
1	Чистые денежные потоки, руб.	-1 849 757,75	1 437 905,06	1 437 905,06	1 437 905,06	1 437 905,06	NPV, руб.
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	-1 849 757,75	1 307 055,70	1 187 709,58	1 079 866,70	982 089,16	2 706 963,39
	0,2	-1 849 757,75	1 197 774,91	997 906,11	831 109,12	693 070,24	1 870 102,64
	0,3	-1 849 757,75	1 105 748,99	851 239,80	654 246,80	503 266,77	1 264 744,61
	0,4	-1 849 757,75	1 026 664,21	733 331,58	523 397,44	373 855,32	807 490,80
	0,5	-1 849 757,75	959 082,68	638 429,85	424 181,99	284 705,20	456 641,97
	0,6	-1 849 757,75	898 690,66	560 782,97	350 848,83	219 999,47	180 564,19
	0,7	-1 849 757,75	845 488,18	481 698,20	291 894,73	161 045,37	-69 631,29
	0,8	-1 849 757,75	799 475,21	444 312,66	245 881,77	136 600,98	-223 487,13
	0,9	-1 849 757,75	756 338,06	398 299,70	209 934,14	110 718,69	-374 467,16
	1,0	-1 849 757,75	718 952,53	359 476,27	179 738,13	89 150,11	-502 440,71

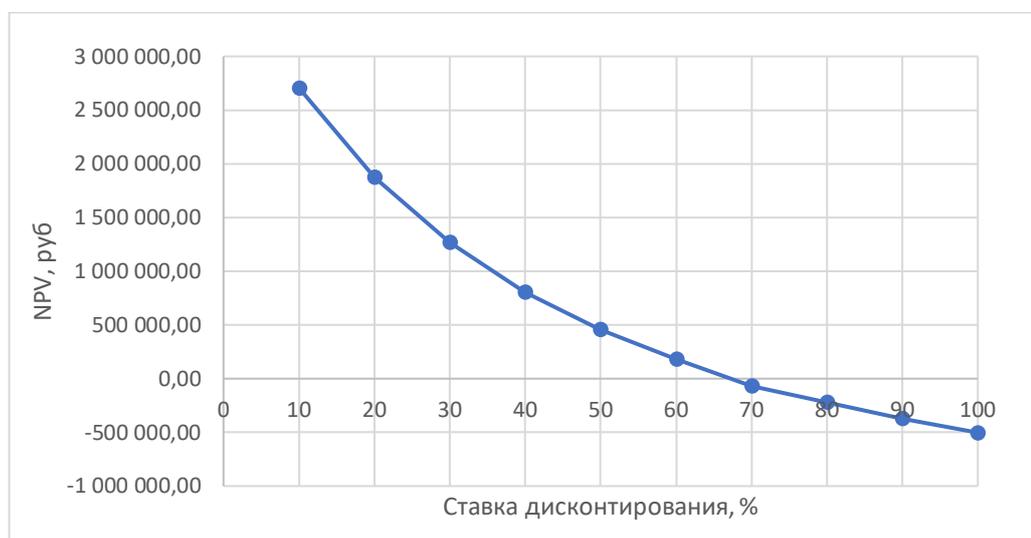


Рисунок 8.5.1.1. – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,65.

$IRR > i$, проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта: $65\% - 20\% = 45\%$

Дисконтированный срок окупаемости. Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 8.5.1.3).

Таблица 8.5.1.3 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i = 0,20$), руб.	-1 849 757,75	1 197 774,91	997 906,11	831 109,12	693 070,24
2	То же с нарастающим итогом, руб.	-1 849 757,75	-651 982,84	345 923,27	1 177 032,39	1 870 102,63
3	Дисконтированный срок окупаемости	$DRR_{диск} = 1 + (651\,982,84 / 997\,906,11) = 1,65$ года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения, или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 8.5.1.4).

Таблица 8.5.1.4 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Отсутствие информации о влиянии медеплавильного завода на пылевую нагрузку, химический и минерально-вещественный состав твердого осадка снега, почв и почвогрунтов и донных отложений в г. Карабаш и окрестностях	Получены данные о влиянии медеплавильного завода на пылевую нагрузку, химический и минерально-вещественный состав твердого осадка снега, почв и почвогрунтов и донных отложений в г. Карабаш и окрестностях.
Нехватка обширных и достоверных данных о составе твердого осадка снега, почв и почвогрунтов и донных отложений как вблизи медеплавильного завода (в городской черте), так и на отдалении от источника загрязнения (в окрестностях)	Обобщены и структурированы данные о составе твердого осадка снега, почв и почвогрунтов и донных отложений как вблизи медеплавильного завода, так и на отдалении

8.5.2. Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где: $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат

разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 8.5.1.5.

Таблица 8.5.1.5 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Выход продукта	0,15	5	5	4
2. Количество времени, затраченного на продукт	0,15	4	4	3
3. Надежность	0,10	4	4	4
4. Качество выполнения	0,25	4	3	4
5. Эффективность эксплуатации	0,15	5	4	5
6. Возможность автоматизации данных для повышения конкурентоспособности	0,20	5	4	3
Итого	1	27	24	23

$$I_m^p = 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,10 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,5$$

$$I_1^A = 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,10 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 = 3,9$$

$$I_2^A = 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,10 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,20 = 3,8$$

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{финр}^p$ и аналога $I_{финр}^a$ определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}; \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a}$$

где: \mathcal{E}_{cp} – сравнительная эффективность проекта;

$I_{финр}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{финр}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 8.5.1.5.

Таблица 8.5.1.5 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,167	0,163	0,165
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,50	3,9	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	26,95	23,93	23,03
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,0	1,02	1,01

Выводы:

Объектом исследования является свод интегральных показателей, рассчитанных на основе разработанного варианта проведения проекта. Сравнение значений интегральных показателей, полученных на данном этапе анализа, позволяет сделать вывод о эффективности выбранного подхода.

В контексте магистерской диссертации, техническая задача была поставлена с позиции финансовой и ресурсной эффективности, что подразумевает оптимизацию расходов на ресурсы и финансы в процессе реализации проекта. Результаты сравнительного анализа интегральных показателей свидетельствуют о том, что разработанный вариант является наиболее эффективным с позиции достижения указанных целей.

Таким образом, на основе проведенного исследования можно утверждать, что разработанный вариант проекта оптимален сэкономить дополнительные ресурсы и снизить финансовые затраты в рамках выполнения технической задачи.

В процессе анализа финансового менеджмента были получены следующие результаты: чистая текущая стоимость (NPV), которая составила 1 870 102,63 рублей, индекс доходности (PI) равный 2,011, внутренняя ставка доходности (IRR) в размере 65% и срок окупаемости (PPдск) равный 1,65 года.

Данные показатели указывают на то, что проект обладает высокой финансовой эффективностью и рентабельностью, что свидетельствует о высоком потенциале для получения дохода. Наличие ресурсоэффективного проекта с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости позволяет предполагать, что ресурсы будут вкладываться в выгодный и эффективный проект, что является важным аспектом финансового менеджмента и позволит обеспечить высокий уровень доходности в долгосрочной перспективе.

Заключение

По результатам анализа проб снега были выделены зоны с низкой и средней степенью загрязнения, характеризующиеся аномальными значениями пылевой нагрузки (до 351 мг/(м²·сут.)). Было предположено, что основными источниками загрязнения являются атмосферные выбросы с промплощадки медеплавильного завода, пыление с шлакоотвала и шламохранилища. По данным ИНАА, в зоне влияния Карабашского медеплавильного завода в твердом осадке снегового покрова выделяются элементы халькофильной группы (Zn, Sb, Au, As), свидетельствующие о техногенном происхождении загрязняющих веществ.

По результатам статистической обработки выявлены элементы, относящиеся к халькофильной группе (Zn, Sb, Hg, As), с аномально высокими коэффициентами вариации, которые могут свидетельствовать о техногенном происхождении загрязняющих веществ. Были составлены геохимические ряды по кларку концентрации (по Григорьеву Н. А, 2009), согласно которым следующие элементы (в порядке убывания) характеризуются наиболее большими средними кларками концентрации: золото, серебро, сурьма, мышьяк, ртуть, цинк, барий – для проб почвы. Для проб донных отложений следующие элементы имеют наибольшие кларки концентраций: цинк, мышьяк, золото, сурьма, ртуть, хром, железо, барий. Из результатов кластерного анализа можно сделать выводы о том, что в почвах самые значимые геохимические ассоциации представлены Br—Fe—Zn—As и Ba—Hg—Sb—Au, в которых значимое место занимают халькофильные элементы; для проб донных отложений характерна крупная ассоциация Zn—Fe—Hg—As—Sb—Au, также преимущественно включающая в себя халькофильные элементы. Согласно проведению корреляционного анализа для образцов почв при помощи коэффициента r-Пирсона и построения по его результатам графов геохимической ассоциации, наиболее сильными зависимостями характеризуются халькофильные элементы: мышьяк-сурьма (0,914), золото-барий (0,918), кальций-скандий (0,957); цинк-сурьма (0,893).

Согласно проведению корреляционного анализа для образцов донных отложений при помощи коэффициента r -Пирсона и построения по его результатам графов геохимической ассоциации, взаимные связи наблюдаются у множества элементов, отдельного внимания заслуживает группа халькофильных элементов сурьмы-золота-мышьяка-цинка-бария. Согласно тесту Колмогорова-Смирнова, по итоговому заключению о соответствии элементов нормальному закону распределения, перечень элементов в почве, не соответствующих закону нормального распределения будет следующим: золото, барий, стронций, мышьяк, серебро, тербий, цинк, сурьма и ртуть. Большая часть из перечисленных элементов – халькофильные, что снова свидетельствует о том, что источником аномальных концентраций является медеплавильное производство, для донных отложений перечень элементов, не соответствующих закону нормального распределения будет следующим: барий, стронций, цинк, тантал. В ходе проведения анализа различия средних значений содержания элементов в почвах с использованием теста Манна-Уитни было обнаружено, что значительные различия наблюдаются для четырех элементов - мышьяка (As), цинка (Zn), сурьмы (Sb) и ртути (Hg). При изучении разницы средних содержаний элементов в донных отложениях с помощью теста Манна-Уитни, было обнаружено, что для четырех химических элементов – As, Zn, Sb, Hg, была обнаружена значительная разница в средних содержаниях. Эти элементы являются халькофильными, что может указывать на присутствие аномальных концентраций в выборке, источник которых может быть связан с медеплавильным производством. В результате статистической обработки установлено, что наибольший кларк концентрации в почвах в районе исследования наблюдается для золота, серебра, сурьмы, мышьяка, ртути, цинка, бария. Для донных отложений района исследования обнаружены следующие наибольшие кларки концентраций: цинк, мышьяк, золото, сурьма, ртуть, хром (все эти элементы превышают средние концентрации в осадочных породах в 5 и более раз).

Результаты рентгенофазового анализа показали, что исследуемые пробы почвы представлены преимущественно следующими минералами: кварцем, альбитом, пиритом, мусковит, магнезиальную роговую обманку, железосодержащую магнезиальную роговую обманку, железосодержащий сфалерит. Для проб донных отложений же минеральный состав преимущественно представлен следующими минералами: кальцит, железосодержащий мусковит, пижонит, фаялит, шпинель. Стоит отметить, что многие вышеперечисленные минералы имеют в своем составе множество халькофильных и ассоциированных с медью (в рудах) элементов, таких как медь, свинец, ртуть, цинк, сера, мышьяк и другие.

По данным электронной сканирующей микроскопии, были обнаружены частицы, представленные преимущественно Pb-S, Pb-Ba, Pb-Ba-S, Pb-Ti-Cu-Fe и других частиц, в пробах почвы. В донных же отложениях наблюдаются частицы Fe-Al-Zn-Cu-Na-Mg-S, частицы Fe-Zn-Cu-Mg, пирита, халькопирита, шлаковых частиц.

По данным распределения микроэлементов в вертикальных колонках почвы, для халькофильных элементов характерны схожие графики распределения, с максимумом концентраций элемента в верхнем слое почвенного покрова, со значительным уменьшением значений содержаний с увеличением глубины пробоотбора. Также выявлено, что халькофильные элементы значительно превышают значения ПДК и кларков. Для проб донных отложений распределение халькофильных элементов выглядит несколько иначе, максимумы концентраций наблюдаются как в верхних слоях, так и в средних глубинах залегания. Для проб донных отложений также характерны превышения кларков халькофильных элементов, в особенности это относится к цинку имеющему максимальный кларк концентрации, равный 854 единиц. В дополнение к халькофильным элементам, наблюдаются также и превышения кларка по урану, золоту, барию и хрому.

Изучение латеральной изменчивости средних значений концентраций халькофильных элементов показало, что наибольшие концентрации ртути в

почвах наблюдаются около шламохранилища, в пойме нижнего течения реки Сак-Элга и в частном секторе города Карабаш. В донных отложениях - в нижнем течении реки Сак-Элга, в рыжем ручье и в пруду-отстойнике около шлакоотвала. Наибольшие концентрации мышьяка в почвах наблюдаются в частном секторе города Карабаш, около шламохранилища и шлакоотвала. Основными путями поступления загрязняющих веществ являются атмосферное осаждение пыли на почвы и перемещение частиц поверхностным стоком инфильтрированной через отвалы воды. В почвах были обнаружены значительные аномалии содержания Zn и Sb. Максимальные значения концентраций Zn и Sb были зафиксированы в металлургическом шлаке из шлакоотвала и в почве частного сектора города Карабаш соответственно.

Список использованных источников

Опубликованная литература

1. Бауман А.В. Сгущение и водооборот. Ч.П. Радиальные сгустители: - Б29. Новосибирск, Гормашэкспорт, 2020. – 35 с
2. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. – М.: Высш. Шк., 1988. – 328 с.
3. Глазовский Н. Ф. Техногенные потоки вещества в биосфере // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. – М.:, 1982. -С. 86-95.
4. Григорьев Н.А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 382 с.
5. Гудима Н. В., Шейн Я. П. Краткий справочник по металлургии цветных металлов. — М.: Металлургия, 1975. — С. 136.
6. Дзугаев, М. Д. Карабаш - город "экологического бедствия" / М. Д. Дзугаев // Вестник Челябинского государственного университета. – 2003. – № 2(6). – С. 92-97.
7. Ерохин Ю. В., Захаров А. В., Леонова Л. В. Минералогия шлаков карабашского медеплавильного завода. // Минералогия техногенеза, 2019. – № 20. – С. 68-82.
8. Казанцева, М. А. Хроника XX века. Тургорская трагедия (по материалам периодической печати 1950-60-х годов) / М. А. Казанцева // Гороховские чтения: материалы восьмой региональной музейной конференции, Челябинск, 13 ноября 2017 года. – Челябинск: Областное государственное бюджетное учреждение культуры «Государственный исторический музей Южного Урала», 2017. – С. 73-78.
9. Колмачихин Б. В. Исследование процессов массообмена и оптимизация работы комплекса «Печь с погружной фурмой – внешний отстойник»: дис. ... канд. техн. наук. / Б. В. Колмачихин. – Екатеринбург, 2018. – 109 с.

10. Курзина И.А., Годымчук А.Ю., Качаев А.А. Рентгенофазовый анализ нанопорошков. Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Отрасли nanoиндустрии. Области применения наноматериалов», ТПУ. – 2010
11. Михальчук А.А., Языков Е.Г. Многомерный статистический анализ эколого-геохимических измерений. Часть III. Лабораторный практикум. Учебное пособие // Томск: Изд. ТПУ, 2014. 198 с.
12. Саев Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды // М.: Недра. 1990. 335 с.
13. Щербатов А.Ф., Рапута В.Ф., Турбинский В.В., Ярославцева Т.В. Оценка загрязнения атмосферного воздуха пылью по данным снегосъёмки на основе реконструкции полей выпадений // Анализ риска здоровью. 2014. № 2. С. 42-47.
14. Abraham M. R, Susan T. B. Water contamination with heavy metals and trace elements from Kilembe copper mine and tailing sites in Western Uganda; implications for domestic water quality // Chemosphere. — 2017. — Vol. 169. — P. 281-287.
15. Csavina J, Taylor M.P, Félix O, Rine K.P, Eduardo Sáez A, Betterton E.A. Size-resolved dust and aerosol contaminants associated with copper and lead smelting emissions: Implications for emission management and human health // Science of The Total Environment. — 2014. — Vol. 493. — P. 750-756.
16. Ettler V. Soil contamination near non-ferrous metal smelters: a review // Applied Geochemistry. — 2016. — Vol. 64. — P. 56-74.
17. Goldschmidt, V.M. Geochemische Verteilungsgesetze und kosmische Häufigkeit der Elemente. // Naturwissenschaften. — 1930. — Vol 18. — P. 999-1013.
18. Mazurek R, Kowalska J, Gąsiorek M, Zadrożny P, Józefowska A, Zaleski T, Kępczka W, Tymczuk M, Orłowska K. Assessment of heavy metals contamination in surface layers of Roztocze National Park forest soils (SE Poland) by indices of pollution // Chemosphere. — 2017. — Vol. 168. — P. 839-850.

19. Meck M, Love D, Mapani B. Zimbabwean mine dumps and their impacts on river water quality - a reconnaissance study // Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. — 2006. — Vol. 31, № 15-16. — P. 797-803.

20. Serbula S. M, Milosavljevic J. S, Radojevic A. A, Kalinovic J. V, Kalinovic T. S. Extreme air pollution with contaminants originating from the mining–metallurgical processes // Science of The Total Environment. — 2017. — Vol. 586. — P. 1066-1075.

21. Udachin, V.N., Williamson, B.J., Purvis, O.W., Spiro, B., Dubbin, W., Herrington, R.J., Mikhailova, I. Assessment of environmental impacts of active smelter operations and abandoned mines in Karabash, Ural Mountains of Russia // Sustainable Development. – 2003. – V. 11. – Pp. 1–10.

22. Williamson, B.J., Mikhailova, I., Purvis, O.W., Udachin, V. SEM-EDX analysis in the source apportionment of particulate matter on Hypogimnia physodes lichen transplants around the Cu smelter and former mining town of Karabash, South Urals, Russia // The Science of the Total Environment. – 2004. – V. 322. – Pp. 139–154.

Интернет-ресурсы

23. АО «Карабашмедь». Rusprofile — сервис проверки и анализа контрагентов. 2014-2023. URL: <https://www.rusprofile.ru/id/1188092> (дата обращения: 15.03.2023)

24. Архив погоды в Миассе. - «World-Weather.ru». 2014-2023. URL: <https://world-weather.ru/archive/russia/miass/> (дата обращения: 11.03.2023)

25. «Карабашмедь» модернизирует обогатительную фабрику. – Русская Медная Компания. 2023. URL: <https://rmk-group.ru/ru/smi/press-release/karabashmed-moderniziruet-obogatitelnuyu-fabriku/> (дата обращения: 18.04.2023)

26. Металлургия тяжелых цветных металлов [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Н. В. Марченко, Е. П. Вершинина, Э. М. Гильдебрандт – Красноярск : ИПК СФУ, 2009.

27. Медь в медном концентрате. – Русская Медная Компания. 2023. URL: <https://rmk-group.ru/ru/activities/products/copper-in-copper-concentrate/> (дата обращения: 24.04.2023)

28. ПНДФ 16.1.2.23-2000. МВИ массовой доли общей ртути в пробах почв, грунтов и донных отложений на анализаторе РА-915+ с приставкой ПИРО-915, издание 2005 г. URL: <http://www.lumex.ru> (дата обращения: 15.03.2023).

29. РД 52.18.827-2016 Массовая доля ртути в пробах почв, грунтов, донных отложений и биологического материала Дата введения 2017-09-01 URL: <https://docs.cntd.ru/document/556459506> (дата обращения: 15.03.2023)

30. Скорость ветра и статистика, Челябинская обл. Карабаш. – Портал Climate-Energy.ru. 2023. URL: https://climate-energy.ru/weather/spravochnik/wdsp/climate_sprav-wdsp_2854801301.php (дата обращения: 18.04.2023)

31. Mindat.org – the world's largest open database of minerals, rocks, meteorites and the localities they come from. 2023. URL: <https://www.mindat.org> (дата обращения: 15.03.2023).

32. WebMineral – The Mineralogy Database. 2023. URL: <http://webmineral.com> (дата обращения: 15.03.2023).

Нормативно-методические документы

33. Геоэкологический практикум: Учебно–методическое пособие. — СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2011. — 60 с.

34. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.

35. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ “Шум. Общие требования безопасности”.

36. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования, 1991.
37. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты, 2017.
38. ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация, 1980.
39. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, 1983.
40. ГОСТ 12.4.009-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание, 1983.
41. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация, 1989.
42. ГОСТ 12.4.303-2016 Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от пониженных температур, 2016.
43. МР 2.2.8.2127-06 Гигиенические требования к теплоизоляции комплекта средств индивидуальной защиты от холода в различных климатических регионах и методы ее оценки, 2006.
44. ПНД Ф 12.1:2:2.2:2.3:3.2-03 Методические рекомендации отбор проб почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, шламов промышленных сточных вод, отходов производства и потребления — Москва, 2014.
45. ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях, 2003.
46. Постановление Главного Государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.02.2022 № 7 О внесении изменений в Постановление Главного Государственного санитарного врача Российской Федерации

Федерации от 25.09.2007 № 74 "О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов". (в ред. от 28.02.2022)

47. Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 N 2398 (ред. от 07.10.2021) "Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий" // Собрание законодательства Российской Федерации, 2021, № 2, ст. 447

48. Постановление Правительства Челябинской области от 29.10.2021 537-П «О прогнозе социально-экономического развития Челябинской области на 2022 год и на плановый период 2023 и 2024 годов» // 2021, ст. 80.

49. Постановление Правительства Челябинской области от 28.10.2022 537-П «О прогнозе социально-экономического развития Челябинской области на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов» // 2022, ст. 79.

50. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда, 2005

51. СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», 2021.

52. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы", 2003.

53. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах, 2016.

54. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах, 2016.

55. СП 2.4.3648-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи", 2020.

56. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023).

57. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Фондовые материалы

58. Проект нормативов предельно допустимых выбросов в атмосферу от источников АО «Карабашмедь», 2022 – 383 с.

Патенты

59. Патент РФ № 2008100404/02, 09.01.2008 способ переработки металлургических шлаков и технологическая линия (варианты) для его осуществления // Патент России № 2377324. 2009. Бюл. № 36. / Карпов А. А., Филиппьев С. Н., Наумов Н. В. [и др.].

Приложение А

Environmental pollution by copper smelters - methods of its research and ways of reclamation

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Козлов Алексей Эдуардович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения геологии	Иванов Андрей Юрьевич	к.г.-м.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения иностраных языков	Болсуновская Людмила Михайловна	к. фил. н.		

According to the US Geological Survey (USGS), the annual copper production in the world is about 20 million tons, and about 80 percent of this volume is the production of copper from sulfide minerals in pyrometallurgical processes – that is, carried out under high temperatures (from 500 ° C and above), without the participation of aqueous media. The remaining part of copper production is produced from the raw materials of oxide ores using hydrometallurgy.

Copper production is a labor-intensive multi-stage process that includes ore extraction, crushing, grinding, enrichment at mining and processing plants, melting, refining and working with production waste. In general, the mining industry, including the production of copper, produces more than 10 billion tons of various by-products in the form of slags, dust, aerosols, which are contaminated with various metals and metalloids (including toxic - arsenic, cadmium, mercury and lead). It is also worth noting that the most used method of waste management in the mining industry is burial, which leads to severe contamination of the terrestrial environment and water bodies with various heavy metals.

During melting, a large amount of SO₂ (Sulfur oxide (IV)), which is an environmental pollutant, is released from the furnaces into the atmospheric air. As a result of oxygen oxidation of the air with the participation of sunlight of a large volume of sulfur dioxide released into the atmosphere, an aerosol of sulfuric acid in the air and a solution in rainwater are obtained, causing acid rain, which harm vegetation, trees, crops and buildings. There is also a problem of groundwater pollution by leaching toxic substances from stored slag in slag dumps formed as a result of copper smelting. In turn, copper smelting furnaces, especially pyrometallurgical ones, are a source of various solid particles containing high concentrations of arsenic, cadmium and lead, which are released into the atmosphere, carried by wind through the territory adjacent to the copper smelter, deposited on the surface of soil and water bodies. Fine particles, in turn, can penetrate deeply into the human respiratory system.

Approximately half of anthropogenic arsenic emissions are accounted for by copper smelting. In the adjacent territories near copper smelters, concentrations of toxic substances can repeatedly exceed the maximum permissible concentrations for the soil. Long-term presence in areas with a high content of toxic elements can lead to headaches, liver and kidney diseases.

The amount of pollutants and the degree of environmental pollution in non-ferrous metallurgy production areas are too large for the environment to be capable of self-cleaning and self-healing. The growing problem of environmental pollution due to the storage of waste from the metallurgical industry forces scientists to look for new technologies for processing copper ore with lower levels of emission intensity. Therefore, the topic of monitoring and research of the negative impact of toxic industrial waste is still relevant.

The condition of the soil cover near the copper smelting plant should be monitored on a regular basis to assess the level of toxic elements and their spatial distribution. Agricultural lands may be located close to industrial sites, in such cases, their contamination may carry risks for biota, because soil is a source of bioaccumulation in the food chain. The path of receipt of these pollutants is mainly by air, in gaseous or aerosol form, settling on the surface layer of the soil, and gradually deepening with the help of infiltration of precipitation deep into the soil. The distribution of pollutants in the soil depends on many factors: soil type, soil sorption properties, soil formation processes, migration rate of individual pollutants.

It is known that one of the parameters accelerating the spread of pollutants from slag heaps are the physical properties of the soil (infiltration capacity, porosity, sorption capacity). The type and form of pollutants also play a role. Thus, particles of ash dust or slag from metallurgical dumps with different mineralogical structures containing sulfides, oxides, silicates are deposited in the soil. The penetration of pollutants into deeper layers of the soil depends on the type of chemical form that affects the mobility of pollutants.

Meteorological conditions and the wind rose are also important factors. Increased concentrations of pollutants away from the source of emission can be caused by precipitation accumulating solid particles and aerosols containing pollutants. However, the highest concentrations of pollutants are usually observed in the upper layers of the soil cover. Increased soil pollution is especially noticeable near flotation ponds, where very high concentrations of toxic elements are observed in the upper soil layer up to 5 millimeters deep. In some cases, it is possible to overgrow the area around the flotation ponds with a variety of vegetation adapted to high concentrations of metal pollutants. Such trees and shrubs bear fruits with increased concentrations of toxic substances.

Methods of soil condition research.

Conducting geochemical studies – for example, the spatial distribution of pollutants in the soil cover near non-ferrous metal smelting plants depends on many factors, including:

- wind direction (the most polluted areas are usually stretched along the axis of the prevailing wind direction);
- the size of the particles emitted by the smelter – so, smaller particles can travel long distances;
- chemical and mineralogical composition of solid particles – so, if soluble forms of substances are present in the emitted dust, then greater leaching and penetration of pollutants into the depth of the soil cover may occur in soil profiles.

The greatest concentrations of pollutants in the soil cover near smelters (including copper smelters) are observed mainly in the upper horizons. Because of this, sampling to determine the spatial distribution of pollutants in soils is based on the following principles:

- sampling of only the top layer of soil, using a spatial grid to build maps of the spatial distribution of elements;

— sampling of the topsoil taken in sections in different geographical directions, or in different wind directions. Composite samples are usually taken in the upper layer of the soil – combining samples from the corners of a square with an area of 25 by 25 meters and its central point (it is also the intersection point of the diagonals). To assess the spatial distribution of pollutants in the soils around the copper smelter, it is necessary to select, analyze and statistically evaluate tens to hundreds of samples before building schematic maps and graphs. It is also worth noting that the upper layers of the soil are often heterogeneous in their properties, depending on how much the terrain is diverse in geological, morphological and other plans. For area surveys, a comparison of concentrations in the upper layer of the soil cover with local, regional and global background levels of concentrations is also usually used.

There is another sampling principle based on the collection of vertical soil profiles at points located at different distances from the source of the emission (chimney) of the smelter and its location relative to it in accordance with the prevailing wind direction (both the side of the rising wind and the descending one are investigated). The advantage of this principle is the possibility of a fully characterized description in accordance with the taxonomy of soils.

In global practice, two approaches are usually used:

— Sampling of soil in accordance with certain depth ranges (0 – 5 cm, 5 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 30 cm, and so on);

— Sampling of soil in accordance with the natural occurrence of soil horizons, up to bedrock, which is more preferable, since various biogeochemical processes can occur in individual soil horizons at one geographical point

— In some cases, the separation of thicker horizons into smaller samples (up to 0.5 cm – 5 cm segmentation) is also used to describe small changes in the vertical stratification of the soil profile.

In addition, sampling in various landscape conditions (such as agricultural land, forest lands, pastures, etc.) can provide indicative information on how much land use affects the variability of the distribution and mobility of pollutants.

The study of soil mineralogy can be carried out to determine the main minerals in the soil by X-ray diffraction analysis (XRD). This method can detect, among other things, minerals, the content of binding pollutants obtained by sorption or deposition of pollutants in the phase – these are clay minerals: hydroxides and oxides.

Another method for studying particles containing metals and semimetals is electron scanning microscopy (SEM) in combination with energy dispersion spectrometry (EDS), which is a useful tool for analyzing and visualizing metal(-oids) particles from bulk soil samples or from a dense fraction of soil. The dense fraction of the soil can be separated by a magnet, the selected magnetic fraction in the form of individual particles can be studied under a binocular microscope, and then glued to a double-sided carbon tape for examination under an electron scanning microscope.

Solid particles formed during the melting process are chemically and mineralogically complex materials. They contain:

- Spherical particles (microspherules), which are the remnants of the melt formed during melting, consisting of sulfides, oxides (spinel) or slag-like phases (silicates and glass);
- Irregularly shaped particles formed from materials that are not heated enough to melt them, and unreacted flux or fuel may also be the source of irregularly shaped particles.

Some smelters may be located near mining sites, in such cases, environmental pollution is of a mixed nature. Thus, angular metal-containing particles are often found in the dense fraction of the soil, carried by the wind from the burial sites of tailings dumps.

Also, in the adjacent territories to some smelters, it was found that slag particles are carried by the wind and deposited directly in the soil. Electron microscopy studies of slag fragments in weathered soils show that metallic and sulfide inclusions and glass with silicates are most susceptible to weathering and may be responsible for the ingress of metals into the soil cover. However, this process is usually limited to the territory adjacent to the slag burial sites due to the large size of slag particles, since the main sizes of slag particles are more than 1 mm in diameter, and therefore cannot be transported over long distances and cause large area damage to the environment.

Possible methods of correcting the situation.

Traditional methods of "cleaning" soils are based on simple disposal or isolation of contaminated soil. As for the future of sustainable approaches to soil restoration, they should be based on mineralogical and geochemical knowledge.

At the moment, there are many different studies on soil restoration in areas polluted by the mining industry. At the same time, relatively few studies have been conducted for soils polluted exclusively by the activities of smelters.

The simplest method of restoring soil cover (not the best, but at the same time quite cheap) is to replace contaminated soil, which is dug up, removed from the territory and stored in another place specially designated for this, after which the top layer is replaced with uncontaminated soil. In addition to soil replacement, there are many other more complex methods of reclamation, among which: soil disinfection by leaching with solutions containing EDTA (Ethylenediaminetetraacetic acid) as a chelating agent is relatively effective in the elution (detachment) of lead and cadmium, but EDTA has never been used in the field for soil reclamation near smelters.

Auxiliary (or enhanced) phytoextraction, which also uses chelating agents, has been used as a cost-effective method of recovery in many contaminated sites, but the currently achieved rates of removal of pollutants from the soil into plants are insufficient for phytoextraction to be a fast and effective purification technology. A

2003 study by the Czech Agrarian University compared the phytoextraction potential of Cd and Zn in seven willow clones (*Salix* sp.) planted on soils affected by a metallurgical plant with a content of 4.73 mg/kg Cd and 180 mg/kg Zn, and found recovery coefficients of 20% for Cd, but only 4% for Zn. On soils of the same area containing up to 1,360 mg/kg of Pb, another study was conducted in 2007, which showed that the use of EDTA was more effective than the use of ethylenediamine disuccinic acid (EDDS), removing up to 60% of the total concentration of Pb in the soil. In addition, corn (*Z. mays*) showed better results than poplar (*Populus* sp.) when extracting Pb from more acidic (pH 4.8) soil contaminated by a smelter - more than from soil contaminated by mining (pH 6.6). Due to the low biomass yield, it was found that poplars are unsuitable for phytoextraction of metals from heavily polluted agricultural soils. Many sites are contaminated with more than one element. The distribution of pollutants is extremely heterogeneous, and phytoextraction is aimed at pollutants that are mainly contained in the fraction available to plants. This bioavailable reserve in the soil may decrease over time, and thus the long-term effectiveness of phytoextraction may be limited.

Phosphoric acid, diammonium phosphate (DAP) or hydroxyapatite have been successfully used to immobilize Pb in the soil of smelters by the formation of a difficult-to-dissolve pyromorphite [$\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$] on site. The introduction of lime or limestone additives reduces the solubility of metals by increasing the pH of the soil, which leads to increased sorption by soil particles and the formation of less soluble precipitation; However, reclamation efficiency is highly variable, with better performance for lime due to cementation reactions such as the formation of calcium silicate hydrates (CSH) or calcium aluminate hydrates (CAH). In another study, it was found that diammonium phosphate (DAP) was highly effective not only for Pb (a decrease of 98.9% compared to the initial value), but also for Cd (a decrease of 94.6%) and Zn (95.8). Limestone, although moderately effective in reducing Cd (55%) and Pb (45.2%), coped poorly with Zn (21.9%); As a result, joint application of amendments for soil reclamation of smelters was proposed. Iron and manganese oxides with high metal adsorption potential (loid) are often used as additives.

Conclusions and prospects, in the context of soils.

Soils near non-ferrous metal smelting plants are heavily polluted with metals (including heavy metals) and semi-metals, the concentrations of which are often many times higher than the maximum permissible concentrations for industrial and residential soils established by national environmental ministries. Soil pollution usually decreases with distance from the source of the release. The surface layers of the soil are most polluted, there is also a significant correlation with the prevailing wind direction, along the axis of which pollution can spread for tens of kilometers. The soils of the smelter area are also associated with local mining operations (mines, quarries, etc.), so it is sometimes difficult to assess the difference between individual sources of pollution using conventional geochemical approaches.

Air pollution.

The metallurgical industry emits into the atmosphere such substances as: sulfur dioxide, sulfur oxides, chlorine. The pyrometallurgical industry uses copper smelting furnaces in its process. Large volumes of SO₂ are generated during processing.

By analogy with gaseous pollutants from metallurgical plants, dust with fine particles can remain in the air indefinitely. Larger dust particles can accumulate on the soil surface or get into the water. Even well-protected dumps are susceptible to wind erosion, from which small fraction particles can be carried away for tens of kilometers.

As a rule, metallurgical dust contains pentlandite, pyrrhotite, chalcopyrite, covellite, tenorite. But small fractions also contain arsenic and lead oxides.

In 2014, a study was conducted by a group of researchers from the Department of Chemical and Environmental Engineering at the University of Arizona in Tucson - J. Csavina, M.P. Taylor, O. Félix, etc. This study was conducted to determine the content of Arsenic and Lead in metallurgical dust and their effect on health, depending on the size. The results of the study show that the toxic metals (Arsenic

and Lead) present in the dust are formed as a result of bimodal distribution, steam condensation and coagulation during melting (for a fraction <1 mm) and are much more dangerous than most of the waste generated during crushing or crushing of ore. Inhalation of small particles can cause intoxication of the body, introducing toxic elements into the bloodstream.

Plants as bioindicators are used to assess the level of air pollution by metals from the dust of metallurgical plants. Linden and pine are most often used because they are particularly sensitive to impurities. In these bioindicator plants, heavy metals show a difference in mobility - for example, lead accumulates mainly in the roots, and cadmium – mainly in the aboveground parts of plants

Currently, copper smelters face the task of maintaining efficient production while reducing pollution to an acceptable level. Air quality monitoring is a key element in this task.

Water pollution.

Pyrometallurgical slags stored in dumps can have a different structure, from structureless massive to porous. Toxic ions are washed out of the deposited material into the soil and water. Weathering of the deposited material entails the dissolution of sulfides and sulfates, mainly in an aerobic environment on the surface of the material, increasing its porosity. The more porous the material, the more water and air can penetrate into it. These reactions can increase the mobility of pollutants in the environment, mainly due to infiltration of rainwater. Uncontrolled flow of acidic effluents containing heavy metals into the environment can pose a serious risk.

There is an example from Zimbabwe, where the dumps of mines are a source of heavy metals, creating a significant danger to the environment, penetrate into the adjacent waters, directly consumed by the local population and used for agricultural purposes.

By analogy with Zimbabwe, there is a place in Uganda where rock waste and residues from processing copper-containing minerals are located near the river,

heavy metals from which migrate into the river and the nearby lake, causing significant pollution. The study showed that the migration was caused by erosion, which led to the leaching of chemical elements by acid rain and the transfer of solid particles downstream, and a significant part of the local population may depend on polluted water (used for household needs) with concentrations of Cobalt, Iron, Aluminum, and in some cases, Manganese, many times exceeding the threshold values. The set of measures to prevent the use of polluted water is as follows: containment of erosion of reservoirs, purification of mine water and filtrate before discharge into the river, mapping and removal of polluted water sources from use for household needs, as well as public awareness programs aimed at raising awareness of water quality problems.

Pollutants from the metallurgical industry can enter underground and surface waters and accumulate in bottom sediments. Their presence has a direct impact on living organisms in these ecosystems, and as a result of the watercourse process, they can be transported long distances from the source of pollution. Most pollutants are transformed by hydrolysis, precipitation or adsorption and eventually accumulate in sediments of rivers or lakes. Therefore, bottom sediments are an important environmental monitoring point for determining the amount of pollution. Toxic compounds accumulated in river sediments can be released again as a result of changes in weather conditions, posing a high risk to the environment. Sediment analysis can provide information about the long-term deposition of pollutants.

Impact on human.

It is generally accepted all over the world that heavy metals are bioaccumulating (i.e., capable of accumulating in living organisms) elements that have a negative impact on the environment and human health. Iron, zinc, chromium, copper have a positive effect on the human body in normal concentrations, however, too much of these metals can cause functional disorders. Due to their toxic effects in high concentrations, optimal ranges of daily consumption of heavy metals have

been adopted: for copper, it is 0.9 mg/day, for nickel — 0.5 mg/day, for chromium — 0.05 -0.2 mg/day, for zinc — 8-11 mg/day, and for Iron — 8-18 mg/day.

Pollution of agricultural land, air and water environments is a danger to human health. Metals enter the body mainly through the digestive system, as well as by inhaling air and by contact with the surface of the skin. Soil contamination is a serious problem for crop production and food safety. Soil contamination with heavy metals occurs due to the use of contaminated wastewater for agricultural needs in the process of irrigation and fertilization. Also, metallurgical plants are one of the main sources of heavy metal pollution, from where hazardous substances enter the environment together with dust. The most vulnerable groups of the population to this toxicokinetic type of pollution are children and pregnant women.

Accumulation of toxic elements in plants as a way of human exposure.

People are exposed to toxic elements not only through direct contact with pollutants. Indirect contact, such as contaminated food, is also a serious danger. Metallurgical plants are one of the main sources of heavy metal pollution, from where hazardous substances enter the soil together with dust, and then are transferred to plant biomass.

The health risks associated with eating have been studied in people living near the largest Guixi copper smelter in eastern China. The soil in this area was economically advantageous from the point of view of agricultural use due to its high fertility, but the copper smelter became a source of serious contamination with arsenic, copper, cadmium, lead, zinc and nickel. The study was conducted on 50 people living in 3 villages located at different distances from the copper smelter. The content of heavy metals significantly exceeded the average background norms in most of the studied regional products (vegetables, eggs, meat and rice), while hair and urine samples, especially in children, contained high concentrations of Copper and Lead. Similar effects were observed in villages located at a distance of 1-7 km from this copper smelter. The smelting of copper also led to the release of a large amount of it into the atmosphere. Staying in the area and consuming local food has

a negative impact on human health, increasing the risk of developing cancer (especially in children).

A similar study was conducted in the area of copper smelters of Guixi district (China), where attention was focused on the impact of environmental pollution with Cadmium contained in water, vegetables, rice, urine and hair. It was found that up to 90% of the total content of this element came from vegetables and rice. Similarly, in this case, it was demonstrated that children are the most vulnerable categories of the population. Significantly higher amounts of Cadmium-related pollutants were found in people living near metallurgical plants, rather than in the mining area. Available studies show that steel mills are too close to residents and cultivated agricultural fields. Hydrometallurgical pollution is a global problem of protecting human life and health. It is necessary to formulate and implement a strategy to reduce emissions of pollutants to improve the health of residents of smelter areas.

Conclusions:

The extraction and smelting of metals make a significant contribution to the pollution of the environment with toxic elements. Both atmospheric and chemical processes lead to the leaching of toxic heavy metals from copper mining residues. Microbiological activity, especially in an acidic environment, leads to the release of metal ions and additionally contributes to the mobility of these elements in the environment.

This leads to the release of a large amount of toxic elements into the soil and surface waters. During melting, gas emissions are generated, and as a result, tailings, waste water and slag dumps are formed. Soil pollution occurs as a result of mine drainage, sewage, tailings washouts, slag erosion and atmospheric deposits of emitted gases. People living in such metallurgical areas inhale dust, consume polluted water and food. There is also an effect on the skin.

The environment polluted by heavy metals needs to be restored. Each element of the environment (hydrosphere, geosphere, atmosphere) requires an individual

approach. Available methods and tools for physico-chemical and biological rehabilitation demonstrate high efficiency. Thus, they can be successfully implemented as a barrier against the inclusion of toxic metals in the food chain. Accordingly, more environmentally friendly copper production, rational use of natural resources and restoration of the natural state are aimed at the sustainable development of relations between industry, the environment and man.

Exploitation of non-renewable resources and associated mining processes contribute to ecosystem degradation (deforestation, loss of biodiversity, water, soil and air pollution). People living near mining areas are chronically exposed to toxic elements that reduce the quality of life and shorten life expectancy. Because of these environmental and social aspects, the mining industry is seen as a sector that contributes significantly to environmental pollution.

The renewal and modernization of ore processing plants (resistant materials, filters, additional technological processes such as cooling), as well as process optimization (proper grinding, use of fluxes) will contribute to reducing the volume of dust and slag. Despite the reduction of current emissions of toxic metals into the environment, the problem of previously accumulated pollutants is still relevant, unresolved and requires intervention. For the sustainable processing of non-ferrous metals, it is advantageous to reduce the extraction of minerals in the direction of increasing the extraction of resources from waste (recycling of materials) in accordance with the concept of a circular economy.

References

1. Serbula S. M, Milosavljevic J. S, Radojevic A. A, Kalinovic J. V, Kalinovic T. S. Extreme air pollution with contaminants originating from the mining–metallurgical processes // *Science of The Total Environment*. — 2017. — Vol. 586. — P. 1066-1075.
2. Ettler V. Soil contamination near non-ferrous metal smelters: a review // *Applied Geochemistry*. — 2016. — Vol. 64. — P. 56-74.

3. Csavina J, Taylor M.P, Félix O, Rine K.P, Eduardo Sáez A, Betterton E.A. Size-resolved dust and aerosol contaminants associated with copper and lead smelting emissions: Implications for emission management and human health // *Science of The Total Environment*. — 2014. — Vol. 493. — P. 750-756.

4. Abraham M. R, Susan T. B. Water contamination with heavy metals and trace elements from Kilembe copper mine and tailing sites in Western Uganda; implications for domestic water quality // *Chemosphere*. — 2017. — Vol. 169. — P. 281-287.

5. Risk Element (As, Cd, Cu, Pb, and Zn) Contamination of Soils and Edible Vegetables in the Vicinity of Guixi Smelter, South China / H. Xiao [et al.] // *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*. — 2011. — Vol. 20, № 5. — P. 592-604