



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»
Отделение геологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Литогеохимическая характеристика нижней части бассейна реки Кисловка (Томская область)

УДК 551.312.3:550.4(282.2:571.16)

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Швалова Елизавета Викторовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Осипова Нина Александровна	к.х.н., старший научный сотрудник		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

По разделу на английском языке

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая 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»
Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП/ОПОП
_____ Барановская Н.В.
(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
2ГМ11	Швалова Елизавета Викторовна

Тема работы:

<i>Литогеохимическая характеристика нижней части бассейна реки Кисловка (Томская область)</i>	
<i>Утверждена приказом директора (дата, номер)</i>	<i>30.01.2023 №30-91/с</i>

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (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 функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</p>	<p>Литературные и фондовые материалы, данные по ранее проведенным исследованиям, результаты собственных научных исследований.</p>
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке (аналитический обзор литературных источников с целью выявления 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)</p>	<p>Обзор литературы по содержанию органического углерода в почвах и актуальности его определения. Определение органического углерода по методу Тюрина. Определение ртути атомно-адсорбционным методом. Изучение геохимических особенностей почв, оценка содержания органического углерода и ртути в пробах почв исследуемой территории, изучение элементного состава почв по данным инструментального нейтронно-активационного анализа.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
Раздел	Консультант

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович
Раздел на иностранном языке	Болсуновская Людмила Михайловна
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
2. Роль органического углерода в почвах	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Осипова Нина Александровна	к.х.н., старший научный сотрудник		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Швалова Елизавета Викторовна		



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 геологии

Период выполнения _____ весенний семестр 2022/2023 учебного года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
2ГМ11	Швалова Елизавета Викторовна

Тема работы:

<i>Литогеохимическая характеристика нижней части бассейна реки Кисловка (Томская область)</i>

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
05.02.2023	Физико-географическая характеристика территории исследования	10
28.02.2023	Обзор литературных источников	10
10.03.2023	Методы и материалы исследования	20
01.04.2023	Результаты исследования	30
20.05.2023	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
20.05.2023	Социальная ответственность	10
20.05.2023	Приложение А. The role of organic carbon in soil	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Осипова Нина Александровна	К.Х.Н., старший научный сотрудник		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Барановская Наталья	д.б.н., доцент		

	Владимировна			
--	--------------	--	--	--

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Швалова Елизавета Викторовна		

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Обучающемуся:

Группа	ФИО
2ГМ11	Шваловой Елизавете Викторовне

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистр	Направление/ООП/ОПОП	05.04.06. Экология и природопользование

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

<i>Литогеохимическая характеристика нижней части бассейна реки Кисловка (Томская область)</i>	<i>Отбор и пробоподготовка проб почв я для химических анализов с последующей оценкой содержания химических веществ и интерпретацией полученных результатов</i>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала:

<ol style="list-style-type: none"> 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 к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	
--	--

Задание выдал консультант по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

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

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Швалова Елизавета Викторовна		

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Обучающемуся:

Группа	ФИО
2ГМ11	Шваловой Елизавете Викторовне

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистр	Направление/ООП/ОПОП	05.04.06. Экология и природопользование

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <p>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</p> <p>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p><i>Данная выпускная квалификационная работа представлена исследованием, проводившимся с целью выявления особенностей накопления и распределения химических элементов и органического углерода в аллювиальных почвах нижнего бассейна р. Кисловка Томского района Томской области.</i></p> <p><i>Результаты данного раздела можно использовать для определения основного перечня элементов-загрязнителей на территории нижнего бассейна р. Кисловка, а также для оценки рисков для здоровья населения.</i></p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>ГН 2.1.7.2041-06, ГОСТ 30494-2011, ГОСТ Р 53091-2008, ГОСТ Р 55710-2013, ГОСТ 12.0.003-2015, ГОСТ 12.4.011-89, ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.038-82, ГОСТ 12.1.019-2017, ГОСТ 12.4.009-83, ГОСТ 12.1.004-91, НПБ 105-03, ПНДФ 12.12.1-03.</p> <p>Р 2.2.2006-05, СанПиН 2.2.2.542-96, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, СанПиН 2.2.4.548-96, СНиП 23-05-95</p> <p>Конституция РФ; «Трудовой кодекс Российской Федерации»; Федеральный закон «О специальной оценке условий труда»; ФЗ от 30.03.1999 №52 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»; Федеральный закон от 22.07.2008 №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»; ФЗ от 10.01.02 №7 «Об охране окружающей среды»; ФЗ от 04.05.99 №96 «Об охране атмосферного воздуха».</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p><i>Вредные факторы: недостаточная освещенность рабочего помещения; отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, в помещении, тяжесть и напряженность физического труда, повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны.</i></p> <p><i>Опасные факторы: электрический ток, пожарная опасность.</i></p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p><i>Решения по обеспечению экологической безопасности. Нейтрализация кислотных и щелочных растворов с пробами и их утилизация. Решения по снижению количества отходов.</i></p>

	<i>Утилизация оборудования, компьютеров и люминесцентных ламп.</i>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<i>Возможные ЧС: авария, опасное природное явление, катастрофа, стихийное или иное бедствие. Наиболее типичная ЧС: пожар.</i>

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	
--	--

Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП ТПУ	Сечин Андрей Александрович	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Швалова Елизавета Викторовна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 158 с., 34 рис., 43 табл., 70 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: почвы, элементный состав, литогеохимическая характеристика, органический углерод, метод Тюрина, коэффициент концентрации, кларк концентрации, геохимические ряды, аллювиальные почвы.

Объектом исследования являются аллювиальные почвы, отобранные на территории нижней части бассейна реки Кисловка в Томском районе Томской области.

Цель работы – выявить особенности накопления и распределения химических элементов и органического углерода в аллювиальных почвах нижнего бассейна р. Кисловка Томского района Томской области.

В ходе работы проводились исследования содержания органического углерода по методу Тюрина, содержания ртути атомно-абсорбционным методом, проведен инструментальный нейтронно-активационный анализ для определения содержания химических элементов в пробах почв.

В результате исследования изучен элементный состав проб почв, определено содержание органического углерода в пробах, выявлены геохимические ассоциации химических элементов.

Область применения: результаты работы могут быть использованы в экологических службах Департамента природных ресурсов Томской области.

Экономическая значимость: полученные данные и результаты могут быть использованы заинтересованными организациями, Департаментом природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области и Администраций Томской области.

Содержание

Введение.....	14
1. Физико-географическая характеристика территории исследования.....	17
1.1 Климатическая характеристика.....	19
1.2 Геологические условия.....	20
1.3 Почвенный покров.....	21
1.4 Поверхностные и подземные воды.....	22
2. Роль органического углерода в почве.....	23
2.1. Понятие органического вещества почвы.....	24
2.2. Актуальность определения органического углерода.....	27
2.3. Методы определения органического углерода в почвах.....	33
2.4. Специфика накопления ртути и других металлов в почвах. Взаимосвязь с органическим углеродом.....	36
3. Методы исследования.....	40
3.1 Пробоподготовка.....	40
3.2 Определение органического углерода в пробах по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91 от 01.07.1993 г.).....	41
3.3 Определение содержания ртути в пробах методом атомно-адсорбционного анализа.....	50
3.4 Инструментальный нейтронно-активационный анализ.....	55
3.5 Методика обработки результатов.....	57
4. Обсуждение результатов исследования.....	60
4.1 Статистический анализ содержаний химических элементов в почвах.....	60
4.2 Распределение химических элементов в почвах нижнего бассейна реки Кисловка (Томская область).....	67
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	78
5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	79

5.1.2	Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	80
5.1.3.	SWOT-анализ.....	82
5.1.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	84
5.1.5	Методы коммерциализации результатов научно-технического проекта	86
5.2	Инициирование научно-исследовательского проекта.....	87
5.3	Планирование научно-исследовательского проекта	88
5.4	Бюджет научного исследования	93
5.4.1	Организационная структура проекта	101
5.4.2	План управления коммуникациями проекта	101
5.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	102
5.5.1	Оценка абсолютной эффективности исследования.....	102
5.5.2	Оценка сравнительной эффективности исследования	107
6.	Социальная ответственность при проведении эколого-геохимической оценки почв нижней части бассейна реки Кисловка (Томская область)	111
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	112
6.2	Производственная безопасность	117
6.2.1	Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	118
6.2.2	Анализ опасных производственных факторов и мероприятий по их устранению	125
6.3	Экологическая безопасность.....	129
6.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	131
	Заключение	135
	Список используемых источников.....	137
	Приложение А	144

Введение

Актуальность исследования. Почва является депонирующей средой для продуктов техногенеза, поэтому изучение почвенного покрова на определение качественного и количественного ее состава играет важную роль в оценке состояния окружающей среды. Интерес к органическому углероду в почве активизировался во всем мире из-за глобальной проблемы изменения климата. Во многом это связано с аккумуляцией выбросов углекислого газа в компонентах природных сред. Поскольку органическое вещество является наиболее динамичным из компонентов почвы, последствия изменения почвенной среды часто проявляются в первую очередь в качестве и распределении органического вещества. Благодаря своему сложному гетерогенному составу органическое вещество почвы способно связывать металлы в сложные металлоорганические комплексы и молекулы. Исходя из этого необходима детальная литогеохимическая оценка состояния природной среды, а именно почв нижнего бассейна реки Кисловка, для выявления накопления в ней химических элементов, закономерностей их распределения и взаимосвязи с органическим веществом.

Цель работы: выявление особенностей накопления и распределения химических элементов и органического углерода в аллювиальных почвах нижнего бассейна р. Кисловка Томского района Томской области.

Задачи:

1. Анализ литературных источников и ранее проведенных исследований на исследуемой территории;
2. Установить уровни содержания химических элементов в почвах на территории нижнего бассейна р. Кисловка Томского района Томской области;
3. Рассчитать эколого-геохимические показатели содержания компонентов в почвах;
4. Определить содержание углерода в отобранных пробах почв;
5. Провести статистическую обработку полученных данных;

Научная новизна работы: впервые получены данные по элементному составу почв (30 элементов) территории нижней части реки Кисловка (Томская область). Геохимическая специализация почв с глубины 0-20 см нижней части бассейна реки Кисловка относительно фонового значения по городу Томску, формируется преимущественно за счет таких химических элементов как As, Sr, Ca, Na, Sm, Fe, Yb, Co, Sc. Среднее содержание углерода для почв нижней части реки Кисловка (Томская область) составляет 2,1%. При этом установлена корреляционная зависимость между содержанием углерода и содержанием ртути, а также других металлов Sm, Br, Ba, Th, Na, Cr, Cs.

Практическая значимость работы. Полученные результаты представляют практический интерес для специалистов экологов, геоэкологов и смежных направлений, а также могут быть основой для постановки более детальных работ по исследованию данной территории.

Фактические материалы и методы исследования. Почвы на территории нижней части реки Кисловка (Томская область) были отобраны в конце сентября 2022 года точечным отбором. Отбор проб осуществлялся по методу прикопок на глубину 20 см. Всего в ходе работы отобрано и проанализировано 10 проб. Определение содержания химических элементов в почвах производилось методом инструментального нейтронно-активационного анализа в аккредитованной ядерно-геохимической лаборатории на ядерном реакторе ИРТГ Томского политехнического университета (аналитик Судыко А.Ф.). Определение ртути проводили атомно-адсорбционным методом с использованием анализатора ртути «РА-915+» с приставкой «ПИРО-915+» в лаборатории микроэлементного анализа Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» отделении геологии ИШПР ТПУ. Определение органического углерода проводилось по методу Тюрина в химической лаборатории Учебного корпуса №20 ИШПР НИ Томского политехнического университета автором работы. Результаты выпускной квалификационной

работы доложены: на XXVII (3-7 апреля 2023 г.) Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр».

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю канд. хим. наук Осиповой Н. А., а также Жорняк Л.В. за поддержку и всестороннюю помощь в написании диссертации. Автор выражает благодарность за проведение лабораторных исследований аналитику МИНОЦ «Урановая геология» А.Ф. Судыко.

1. Физико-географическая характеристика территории исследования

Томская область расположена в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины. Томская область входит в состав Сибирского федерального округа. Общая площадь территории Томской области составляет 314,4 тыс. км².

С севера Томская область граничит с Тюменской областью, с востока – с Красноярским краем. На юго-западе и юге область имеет общие границы с Новосибирской и Кемеровской областями, на западе – с Омской областью.

В состав Томской области входят 16 муниципальных районов: Александровский, Асиновский, Бакчарский, Верхнекетский, Зырянский, Каргасокский, Кожевниковский, Колпашевский, Кривошеинский, Молчановский, Парабельский, Первомайский, Тегульдетский, Томский, Чаинский, Шегарский.



Рисунок 1 – Расположение Томской области в составе Сибирского федерального округа

Кисловка – река в Томске и Томском районе Томской области. Она начинается на территории Тимирязевской лесной дачи, в месте слияния рек Еловка и Жуковка, рядом с деревней Головина, протекает рядом с деревней Кисловка, сёлами Тимирязевское и Дзержинское, деревней Петрово, впадает в Томь в 51 км от её устья, напротив г. Северска [6]. Бассейн реки Кисловка находится в северо-восточной части Обь-Томского междуречья на юго-востоке Сибирской равнины.

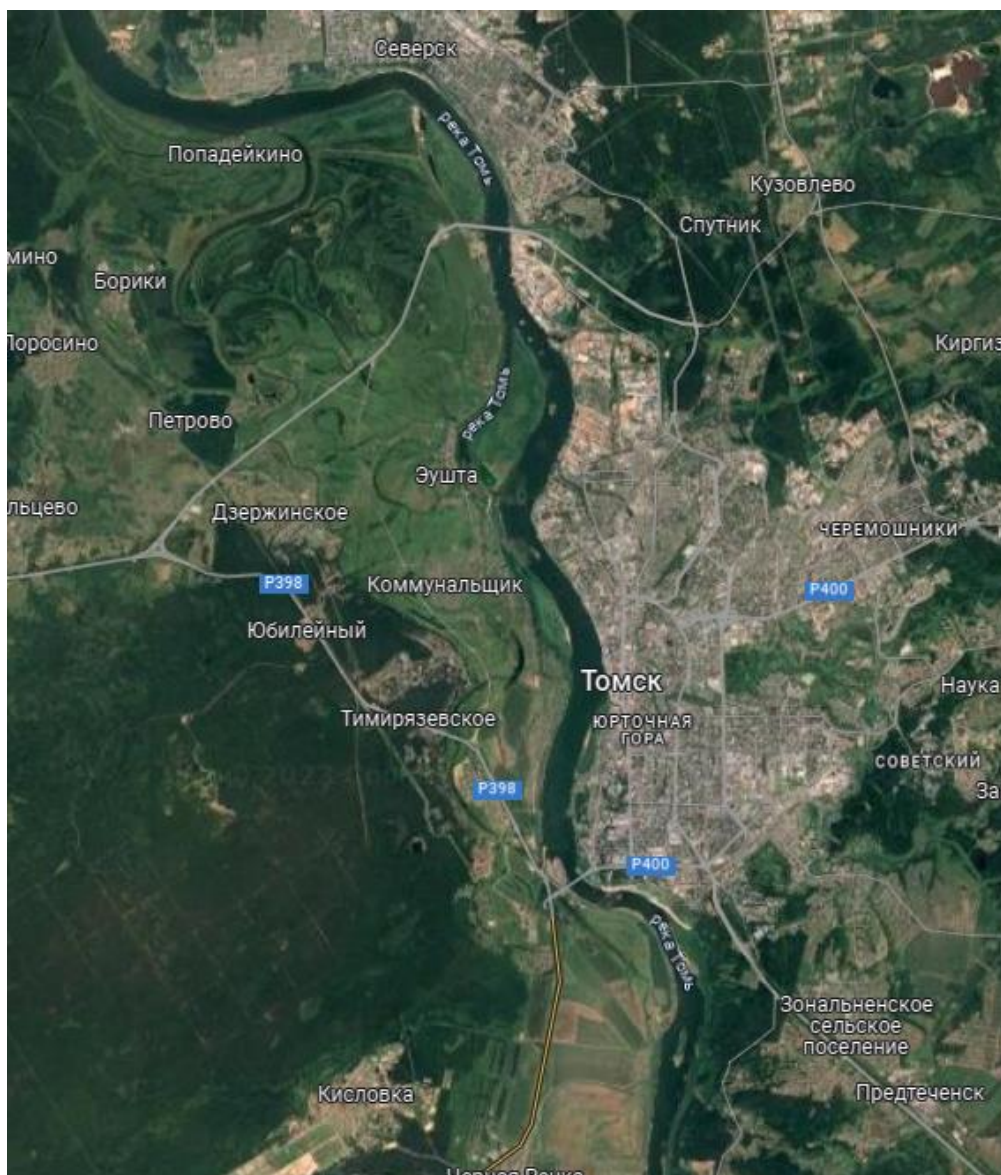


Рисунок 2 – Схема района исследования (река Кисловка)

Река Кисловка является левым притоком реки Томь. По данным государственного водного реестра России относится к Верхнеобскому бассейновому округу, водохозяйственный участок реки – Томь от г.

Кемерово до устья, речной подбассейн реки – бассейны притоков (Верхней) Оби до впадения Томи. Речной бассейн реки – (Верхняя) Обь до впадения Иртыша [28]. Площадь бассейна реки Кисловка составляет около 200 км², средняя глубина 0,3 м. Длина р. Кисловка составляет 48,7 км, средний уклон от истока до поворота реки влево 0,0009 [35].

1.1 Климатическая характеристика

Томский район Томской области имеет континентальный тип климата по климатической классификации Б.П. Алисова [22,37]. Таким образом, летнее время года теплое, а зима холодная. Томская область характеризуется равномерным увлажнением, довольно резкими изменениями элементов погоды в сравнительно короткие периоды времени (за несколько дней или даже часов). Местный климат, проявляется в виде многолетних средних состояний погоды, зависит от сложной циркуляции воздушных масс над Западно-Сибирской низменностью.

Поверхность и открытость территории Томской области со всех сторон, кроме юго-востока, облегчает проникновение сюда воздушных масс Арктики, Атлантики и Средней Азии. Поэтому в циркуляционных процессах над Западной Сибирью во все времена года участвуют арктические и умеренные воздушные массы, а летом также и тропические. Воздушные массы переносятся в системе циклонов и антициклонов, что приводит к неустойчивости погоды в пределах области и значительным колебаниям её от года к году [46].

Умеренный климатический пояс характерен для Томской области. Минимальная температура января: -55 градусов. Максимальная температура июля: +34 градуса [33].

Основная часть осадков выпадает в теплый период года. Годовое количество осадков – 568 мм. Сезон гроз приходится на период с апреля по октябрь.

Залегание снежного покрова на территории Томской области протекает примерно в течение 176 дней, при этом его высота составляет примерно 59 см.

В связи с особенностями циркуляции атмосферы и под влиянием местных условий [27,46] в Томске в течение всего года преобладают южные и юго-западные ветры; летом уменьшается повторяемость южных и возрастает повторяемость северных ветров (СВ и СЗ). Повторяемость северных и северозападных направлений относительно невелика по месяцам и за год.

Томск можно охарактеризовать как город с большим перепадом высот около 60-70 м. Среди элементов речной долины можно выделить: пойму, террасы и междуречье. Рельеф местности представлен в основном плоскими заболоченными равнинами [4].

1.2 Геологические условия

Бассейн реки Кисловка находится в северо-восточной части Обь-Томского междуречья на юго-востоке Сибирской равнины. Территория исследования принадлежит к Западно-Сибирской плите и погружению под неё палеозойских структур. Из трех структурных этапов формирования плиты – геосинклинального, промежуточного и платформенного – первые два относятся к ее фундаменту [21].

Герцинская складчатость является последней проявившейся складчатостью фундамента Западно-Сибирской плиты и относится к среднему структурному этажу, который состоит из девон-каменноугольных отложений Кузнецкого Алатау, Кузнецкого прогиба и Колывань-Томской складчатой зоны. В то время как нижний структурный этаж выстроен самыми древними, верхнедевонскими и нижнепалеозойскими комплексами блоковых выступов Кузнецкого Алатау, состоящих из перемежающихся амфиболитов и мраморов, а также массивных доломитов. Средний структурный этаж образован толщами вулканогенно-осадочного

происхождения: базальтами, трахириолитами, их туфами, с прослоями и линзами известняков и песчаников [33].

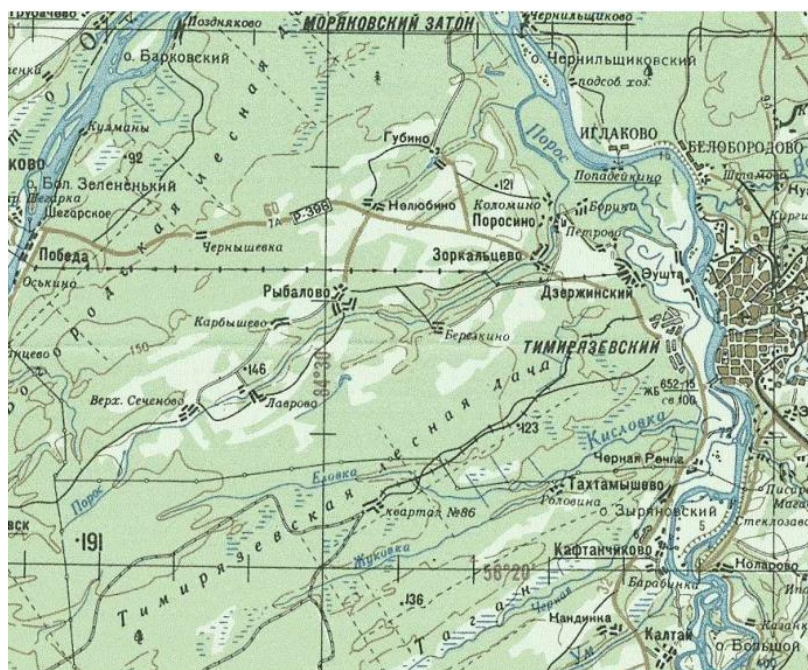


Рисунок 3 – Бассейн реки Кисловка в пределах Обь-Томского междуречья

1.3 Почвенный покров

Для Томской области характерна ландшафтная подтаежная зона. Она характеризуется переходом от южной тайги к широколиственным лесам или лесостепи. В ней преобладают хвойно-широколиственные, лиственные, сосноволиственные или мелколиственные леса.

Для Томской области характерны такие виды почв, как: болотно-подзолистые почвы, лугово-черноземные, серые лесные глеевые, болотные верховые почвы, болотные низинные почвы, пойменные слоистые, пойменные дерновые почвы.

Для нижнего бассейна реки Кисловка характерны аллювиально-болотные и аллювиально-дерновые почвы. Почвообразовательный процесс в районе исследования связан с повышенной обводненностью почв, длительным промерзанием, оттаиванием почв и суровым климатом [4].

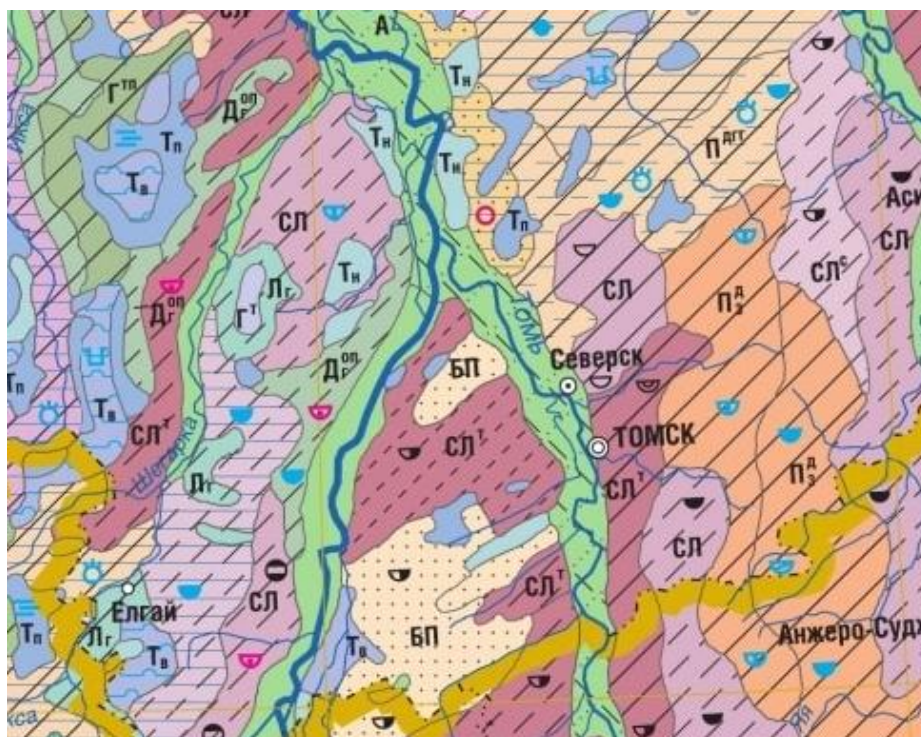


Рисунок 4 – Почвенная карта, масштаб 1:2 500 000 [56]



Рисунок 5 – Условные обозначение. Почвы и почвообразующие породы [56]

1.4 Поверхностные и подземные воды

Территория Западно-Сибирской равнины представлена большим количеством поверхностных и подземных вод. На территории Томской области насчитывается 131023 водных объекта, в том числе:

- 18100 рек общей протяженностью 95 тыс. км;
- 12900 озер суммарной площадью 4451 км²;
- 6 водохранилищ суммарным объемом 21,198 млн. м куб;

– 23 водохранилища и пруды, поднадзорные Главному управлению природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Томской области, суммарным объемом 7,6 млн. м куб;

– водно-болотные угодья площадь более 80 тыс. км² [47].

Основным главным ресурсом Томской области является река Обь. Бассейн реки Кисловка относят к бассейну Томи, который, в свою очередь, относится к бассейну Оби.

Средняя глубина Кисловки составляет 0,3 м. Площадь бассейна реки Кисловка составляет около 200 км², что относит ее к малым рекам. Питание реки смешанное, состоит из снеговых, грунтовых и дождевых вод. При этом главным источником является снег. Помимо атмосферного питания для реки характерны подземные источники питания, которые снабжают Кисловку за счет притоков. По климатическим типам рек (классификация М.И. Львовича, 1964) Кисловку относят к западносибирскому типу рек (преимущественно снегового питания с весенним половодьем) [25,57].

Из Кисловки вытекают ручьи и временные водотоки.

2. Роль органического углерода в почве

Почва является главным звеном всех наземных биоценозов и биосферы Земли в целом, а также одним из основных природных ресурсов.

Роль и место почвы в биосфере определяются тем, что почва является: средой обитания и физической опорой значительного числа организмов; звеном и регулятором биогеохимических циклов.

Почва является депонирующей средой для продуктов техногенеза, поэтому изучение почвенного покрова на определение качественного и количественного ее состава играет важную роль в оценке состояния окружающей среды. Продолжительность пребывания техногенных загрязнителей в почве больше, чем в других компонентах биосферы, в связи с этим загрязнение почв имеет устойчиво-прогрессивный характер.

Почвы представляют собой сочетание многих микросред, в которых компоненты и физические и физико-химические условия (например, окислительно-восстановительный потенциал) могут значительно различаться между микросредами и средними характеристиками почвы.

Как следствие, традиционный и прагматичный подход, который заключается в прогнозировании свойств и функций почвы на основе ее среднего состава и характеристик сильно ограничен.

Интерес к органическому углероду в почве активизировался во всем мире из-за глобальной проблемы изменения климата, а именно аккумуляции выбросов углекислого газа в компонентах природных сред. Углекислый газ накапливается в водоемах и почвах, тем самым влияя на запасы органического углерода. Органический углерод почвы играет большую роль в глобальном углеродном цикле. Почва является третьим по величине резервуаром углерода на поверхности Земли после океана и геологических бассейнов. Количество накопленного в почве органического углерода сильно влияет на выбросы двуокиси углерода в атмосферу, и его незначительное изменение может оказать значительное влияние на концентрацию CO_2 в атмосфере. Поэтому изучение состава почв и анализ накопления и распределения органического углерода в них является актуальной задачей на данный момент.

2.1. Понятие органического вещества почвы

Под органическим веществом почвы понимают совокупность органических веществ, находящихся в виде гумуса, остатков животных и растений в почве, представляющая комплекс сложных химических органических веществ биогенного происхождения [29].

Несмотря на то, что ряд словарей и научных изданий дают достаточно похожие определения органического углерода в почвах [29,45,62] анализ зарубежной и отечественной литературы последних лет показывает достаточно неоднозначное толкование этого понятия.

Так, Исмаил-Майер [61] отмечает, что органическое вещество универсально для всех почв. Форма и распределение органического вещества почвы зависят от ряда процессов, которые могут действовать независимо или согласованно. Большинство из этих процессов связаны с первоначальным разложением накопленных растительных остатков различными представителями почвенной фауны и с продолжающимся разложением, транспортировкой и накоплением побочных продуктов. Описания форм, распределения и генезиса органических компонентов в почвах могут варьироваться от довольно простых до чрезвычайно сложных.

Автор делает акцент на описательной системе [68] для органического вещества. Согласно этой описательной системе органическое вещество почвы включает в себя все органические вещества, полученные из живых организмов в почвах. Примеры варьируются от недавно опавших листьев, корней, остатков животных и помета до углеродного геля, такого как доплерит или органический пигмент [70].

Термин "гумус" относится к материалам, содержащим 60-80% разложившегося органического вещества почвы. Гумус богат лигнином и образует аморфные коллоиды. Из всех свойств, горизонтов и составляющих почв, изучаемых под микроскопом, органическое вещество почвы, согласно [61] является наиболее динамичным. В среде, где микробы, грибы и макробеспозвоночные очень активны (влажные аэробные условия в самое теплое время года), такие элементы органического вещества почвы, как тонкие корни, могут разлагаться в течение нескольких дней [61].

Автор [60] определяет органическое вещество почвы,—как все органические материалы, обнаруженные в почве, которые являются частью живых организмов или были частью когда-либо. Это совокупность материалов, находящихся на различных стадиях трансформации в результате как абиотических, так и биотических процессов.

Несмотря на низкую концентрацию органического вещества в почве, оно имеет большое качественное значение. Он способствует химическому

плодородию почвы, являясь запасом питательных веществ, высвобождаемых при минерализации (N, P и S), и удерживает питательные катионы на своих отрицательных зарядах (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+}). Также органическое вещество является основой биологической активности почвы, являясь источником витамина С и энергии для гетеротрофов, от микроорганизмов до всех пищевых цепей. Учитывая разнообразие исходных веществ (т.е. различных растений и растительных тканей, микроорганизмов и животных) и различные стадии их разложения, органическое вещество почвы представляет собой чрезвычайно сложную смесь. Сложность понятия органического вещества, которая интриговала ранних химиков и почвоведов, привела к попыткам разделить его на несколько фракций с помощью различных подходов. Каждый подход дает различную картину, что еще больше усложняет ее понимание. Почвы являются чрезвычайно неоднородными материалами и средами обитания из-за разнообразия их минеральных и органических составляющих и их живых обитателей, спектра их размеров от нанометра до метра, а также сложного трехмерного пространственного расположения этих составляющих, которые образуют сеть пустот различных размеров, более или менее заполненных водой и воздухом.

Автор [60] выделяет две категории методов, в которых пытаются учесть структурную неоднородность почвы даже в нанометровых масштабах пространства: методы фракционирования, которые пытаются разделить органическое вещество на значимые подмножества, и методы визуализации, которые намерены наблюдать за органическим веществом в его среде обитания.

Автор статьи [31] определяет органическое вещество, как гетерогенную смесь полидисперсных веществ, которые влияют на такие свойства почвы, как буферность, биодоступность, обеспечивают функции и сервисы экосистемы, а также определяют мобильность и токсичность микроэлементов.

Определение органического вещества в работе [66] согласуется с определением Наумовой Н.Б. [31]. Однако, автор понимает под органическим веществом смесь веществ, находящихся в стадии разложения, от свежих остатков растений до сильно разложившихся материалов, называемых гумусом. Уровни органического углерода почвы напрямую связаны с количеством органического вещества, содержащегося в почве, и поэтому органический углерод почвы часто является показателем содержания органического вещества в почве. Органическое вещество почвы образуется в результате взаимодействия ряда экосистемных процессов, которые включают дыхание, фотосинтез и разложение. Каждый из этих процессов по-разному влияет на органический углерод почвы, где фотосинтез представляет собой превращение атмосферного диоксида углерода в биомассу растений.

Все эти факторы дыхания, разложения и скорости фотосинтеза определенным образом определяются климатическими факторами, главным образом уровнем влажности и температурой почвы. Кроме того, процессы осаждения и эрозии почвы способствуют перераспределению почвенного углерода в соответствии с топографией ландшафта, где в низменных районах содержание органического углерода в почве повышено по сравнению с положением на склонах.

Данные определения, представленные в работе, не противоречат понятию «органическое вещество» по Исмаилу-Майеру [61] и согласуется с ним.

2.2. Актуальность определения органического углерода

В настоящий момент в мире остро стоит глобальная проблема изменения климата, которая связана с увеличением количества парниковых газов. В их число входит углекислый газ. Основным свойством органического углерода в почве является его участие в цикле органического углерода.

Однако почва участвует не только в изъятии углерода из атмосферы (процесс фотосинтеза). Одновременно с помощью почвы осуществляется противоположный процесс возврата в воздушную оболочку в газообразной форме ранее связанного углерода. Этот возврат осуществляется прежде всего в ходе разложения органического вещества, ежегодно образующегося в почве и поступающего на ее поверхность. Имеются данные [19], что при аэробном разложении до 60% органического вещества аккумулируется микроорганизмами, а 40% освобождается в виде углекислоты. Таким образом, благодаря изъятию и консервации части углерода воздушной оболочки и противоположному процессу - возврату его в атмосферу - осуществляется планетарный круговорот данного элемента, от которого теснейшим образом зависят развитие и функционирование ряда основных оболочек Земли.

Обмен углеродом между почвой и атмосферой имеет большое значение в углеродном цикле. Ряд факторов влияет на различия, которые в основном существуют между почвенным углеродом и почвенным органическим веществом, на которые влияют люди и сельскохозяйственные системы. Потеря органического углерода почвы была вызвана рядом видов человеческой деятельности, таких как, например, использование огня, который действует путем удаления почвенного покрова, что приводит к немедленным и продолжающимся потерям органического углерода почвы. Обработка земли и дренаж также подвергают органическое вещество почвы воздействию кислорода и окислению. Недостаток органического углерода в почве приводит к снижению микробной биомассы и минерализации питательных веществ из-за нехватки источников энергии. Дефицит органического углерода в почве может привести к уменьшению разнообразия почвенной биоты, вызывая риск нарушения равновесия в пищевой цепи, а это приводит к нарушению почвенной среды [66].

Нормальное развитие биосферы возможно лишь при определенном содержании углекислого газа. В случае избытка углекислоты возникают условия, близкие к тем, которые имеют место на Венере. При большом же недостатке CO_2 сильно подавляется фотосинтез и, кроме того, увеличивается теплоизлучение Земли в космическое пространство, поскольку снимается парниковый эффект от углекислого газа атмосферы.

Поддержание определенной концентрации в атмосфере - одно из основных условий нормального CO_2 функционирования биосферы. Согласно данным [68] концентрации CO_2 в атмосфере имеет прямую зависимость от глобальной температуры. Такие данные прослеживаются на протяжении последних 500 тысяч лет, однако все еще ведутся интенсивные дебаты о том, что является движущей силой и каковы последствия.

За последние 150-200 лет концентрация углекислого газа в атмосфере начала неуклонно увеличиваться, что также связано с процессом индустриализации. Поэтому крайне важно понять, как повышенная концентрация CO_2 в атмосфере повлияет на процессы в почве, являющейся важнейшей частью каждой экосистемы.

Несмотря на непрерывное увеличение концентрации CO_2 в атмосфере, темпы такого увеличения заметно стабилизировались в течение последних 3-4 лет, что свидетельствует об адаптации биосферы [68]. В данной работе, рассматривая всю экосистему почвы (растения, почвенные микроорганизмы) и основываясь на классическом принципе Ле-Шателье, выдвигают гипотезу, что увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере приведет к максимальному изменению. Авторы предполагают, что увеличение концентрации CO_2 в атмосфере приведет к интенсификации процессов в почве с основной целью преодоления дефицита питательных веществ. Эта общая гипотеза может быть уточнена тем, что мобилизация питательных веществ в почве будет усиливаться абиотическими процессами, в основном химическим выветриванием, например, выделением большего количества кислых веществ корнями и микроорганизмами и биотическими процессами:

круговоротом микроорганизмов и внеклеточной активностью ферментов, которая катализирует разложение органического вещества в почве и подстилке, тем самым высвобождая питательные вещества.

Все эффекты (включая влияние повышенной концентрации CO_2 на взаимодействие микроорганизмов с почвой и растениями) могут быть прямыми или косвенными. Как правило, предполагается, что прямые эффекты намного сильнее по сравнению с косвенными. Однако это не всегда относится к почвам. Чтобы оценить прямое воздействие повышенной концентрации CO_2 на почвенные процессы, сравнивают концентрации CO_2 в атмосфере и в почве. Концентрация CO_2 в почве обычно на один или два порядка выше [11], чем в атмосфере, и сильно увеличивается с глубиной. Кроме того, изменение концентрации CO_2 в почве намного превышает общую концентрацию CO_2 в атмосфере. Следовательно, “небольшое” увеличение концентрации CO_2 в атмосфере не повлияет даже на градиент содержания CO_2 между почвой и атмосферой. Повышенная концентрация углекислого газа напрямую не повлияет ни на какие почвенные процессы. Здесь играет важную роль косвенное воздействие на почвы. Однако исследование косвенных эффектов гораздо сложнее, поскольку они основаны на различных многоуровневых взаимодействиях между совокупностями элементов, лимитирующими факторами, организмами, потоками.

Концентрация органического углерода в почве очень чувствительна к изменениям, вызванным деятельностью человека, как непосредственно в озерах и других водосборных бассейнах, так и косвенно в результате лесных пожаров, вырубок, осушения водно-болотных угодий, кислотных осадков, эвтрофикации и изменения климата. Органическое вещество почвы контролирует большое количество важных физических, химических и биологических процессов в почве и водоемах. Так, в работе [58] говорится, что повышенные концентрации органического углерода в почвах и ручьях оказывает значительное влияние на качество воды и метаболизм водных популяций. Легко окисляемые соединения в органическом веществе почвы

могут действовать как химические и биологические соединения, снижающие концентрацию кислорода в водоносных горизонтах.

Осадки и температура оказывают, безусловно, самое сильное влияние на уровень органического вещества в почве. Содержание органического вещества в почве обычно выше там, где выпадает большее количество осадков. Органическое вещество почвы имеет тенденцию разлагаться быстрее в более теплых почвах. Таким образом, по данным автора по всему водосбору пограничных рек Гвидир уровни органического вещества в почве имеют тенденцию к снижению с востока на запад по мере уменьшения среднего количества осадков и повышения средних температур. Влажные почвы, в том числе и заболоченные содержат больше углерода, чем их более сухие аналоги.

Более плодородные почвы, как правило, имеют более высокое содержание органического вещества из-за большего количества как живого, так и мертвого органического вещества (биомассы), которое может быть произведено. Почвы с высоким содержанием глины, как правило, сохраняют больше органического вещества, чем песчаные почвы. По этим причинам базальтовые и глинистые почвы в водосборе пограничных, как правило, содержат больше органических веществ, чем песчаные или гранитные почвы. Почвы имеют ограничение на то, сколько углерода может быть поглощено до того, как они станут насыщенными углеродом, что определяется их физической средой.

Почвы у подножия склонов обычно содержат более высокие уровни органического вещества, потому что эти районы, как правило, более влажные и с более высоким содержанием глины. В плохо дренированных районах также наблюдаются гораздо более низкие темпы разложения органического вещества и, как следствие, более высокое содержание органического вещества. Аэрация почв находится в обратной зависимости с органическим углеродом. Так, почвы с большим доступом кислорода, быстрее теряют углерод в виде углекислого газа.

Следовательно, к факторам, которые могут влиять на потенциальный углерод в почве можно отнести: изменение в окружающей среде, включая текущие стратегии управления земельными ресурсами, исторические модели землепользования, климатические ограничения, аэрацию, тип почвы, влажность и аэрацию почвы, а также топографическую неоднородность. Эти совокупные эффекты изменения поступления и потерь углерода приводят к изменению способности поглощения углерода в разных ландшафтах [64].

Органический углерод почвы играет важную роль в физическом плодородии почвы, увеличивая задержку воды, агрегируя минеральные частицы и, таким образом, уменьшая эрозию почвы. Более того, он играет важную роль в окружающей среде. Органическое вещество задерживает органические загрязнители, тяжелые металлы и радионуклиды. Органический углерод играет роль катализатора биологических процессов, способствует сохранению влаги и является индикатором плодородия почвы. При повышенном содержании органического углерода, почва защищена от эрозии и ветровой деградации. Органический углерод в почве способствует хорошей структуре почвы, связывая частицы почвы вместе в стабильные агрегаты. Улучшенная структура способствует аэрации, влагоудерживающей способности и т.д. Достаточное количество углерода в почве снижает серьезность и стоимость природных явлений (например, засухи, наводнения и болезней) и может увеличить сельскохозяйственное производство. Внося свой вклад в почву или защищая ее, органический углерод в почве способствует сельскохозяйственному производству. Благодаря большим запасам этого вещества растительный покров более интенсивно развивается и выделяет больше кислорода, что ускоряет биохимические процессы. При разложении органических материалов в почве высвобождаются питательные вещества, такие как азот, фосфор и т.д. [64].

По данным на 2013 год общие запасы органического углерода в однометровом слое почвы на территории Российской Федерации составляют

317,1 Гт (или в среднем для территории страны – 19,2 кг·С/м²), в то м числе 14,4 Гт (или 0,90 кг·С/ м²) в подстилке [57].

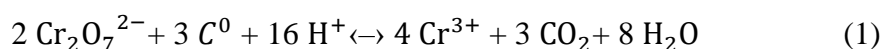
2.3. Методы определения органического углерода в почвах

Органическое вещество почвы обеспечивает множество полезных почвенных экосистемных функций для их устойчивого развития. Однако, точность определения органического углерода и сравнение результатов различных методов измерения является актуальным вопросом и в настоящее время.

Для проведения анализа проб предварительно проводят пробоподготовку почв. Количественный анализ органического вещества обычно проводится в почве, прошедшей через сито диаметром 2 мм, таким образом исключая корни растений, подстилку, крупный растительный мусор или крупную фауну. Автор работы [67] утверждает, что пересчет органического углерода в общее содержание данного элемента происходит при умножении значения в 1,72-2 раза. Эти коэффициенты пересчета соответствуют тому факту, что содержание органического углерода в общем обычно колеблется от 50% до 58%.

В работе [67] сравниваются несколько методов определения органического углерода в почвах. Одним из основных методов определения органического вещества является Метод Тюрина, основанный в 1931 году. Метод основан на окислении органического вещества почвы дихроматом калия в присутствии серной кислоты. При этом образующихся в результате реакции трехвалентный хром эквивалентен содержанию органического углерода в почве. Содержание органического вещества находят спектрофотометрическим способом, определяя оптическую плотность полученного в результате реакции раствора при длине волны 590 нм. Растворами сравнения в данном методе являются растворы соли Мора различной концентрации.

В России метод Тюрина в лабораториях проводится в соответствии с ГОСТ 26213-91 от 01.07.1993 г. [8]. Основное уравнение реакции определения органического углерода по методу Тюрина:



Зарубежным аналогом метода Тюрина является метод Уолкли-Блэка, который позволяет титриметрическим и колориметрическим способом определить содержание органического вещества. При титриметрическом способе определения помимо стандартной реакции Тюрина к раствору добавляют фосфорную кислоту и индикатор в виде о-фенантролина или дифениламина бария сульфоната. Полученный раствор фильтруют 0,5 М раствором двухвалентного сульфата железа или 0,5 М 6-аквасульфатного комплекса сульфат аммония-железа (II). При титровании с о-фенантролином раствор приобретает красный оттенок в точке эквивалентности, изменяясь с темно-зеленого. При титровании с дифениламином конечная точка титрования достигается при изменении окраски раствора с темно-фиолетового на ярко-зеленый. Фиксирование значений проводят с помощью потенциометрического титрования с платиновым электродом, фиксируя значения электродного потенциала. Колориметрический способ метода Уолкли-Блэка проводят аналогично методу Тюрина. В качестве восстановителя в растворах сравнения используют раствор сахарозы.

В качестве третьего метода в работе [67] рассматривается метод мокрого окисления образцов, содержащих органический углерод, и последующее измерение либо выделившегося CO_2 , либо количества потребленного окислителя. Дихромат или перманганат являются наиболее распространенными окислителями, используемыми при мокром окислении почвенного органического углерода. Количество окислителя, расходуемого при окислении органического вещества измеряется либо титрованием восстановителем, либо калориметрическими методами.

Третий способ анализа органического вещества представляет собой сухое окисление проб до CO_2 при высокой температуре в присутствии потока

кислорода. Количество образующегося углекислого газа измеряется либо инфракрасным детектором, либо титрованием после поглощения щелочью. Наиболее часто используемые методы сухого сжигания включают определение общего содержания органического углерода.

Исследователи в работе [60] проводят определение органического углерода также методом сухого сжигания, преобразуя органический углерод почвы в CO_2 , который количественно определяют различными способами, такими как инфракрасное обнаружение или теплопроводность. При наличии в почве карбонатов, т.е. неорганического углерода, определение проводят после предварительной обработки кислотой и сжигании карбонатов для их удаления. Возможно также проведение корректировки pH в кислом растворе или кислотной фумигации. Также одним из способов корректировки общего содержания углерода является учет содержания неорганического углерода, который измеряют отдельно.

В соответствии с работой (методы измерения органического) одним из способов определения органического углерода в почвах является растворение органического вещества в растворе и дальнейшая его фильтрация через фильтр толщиной 0,45 мкм. При этом некоторые исследователи используют более тонкую фильтровальную бумагу размером 0,2 мкм для отделения растворенного органического вещества от коллоидных материалов, которые не удерживаются фильтрами емкостью 0,45 мкм. Растворение проводят с помощью экстракции в воде или разбавленном растворе соли [58].

В работе [31] представлен наиболее современный автоматизированный способ определения общего органического углерода при помощи автоматических элементных анализаторов. Принцип метода заключается в процессе сжигания в элементах маленькой аликвоты пробы почвы при температуре от 900° до 1200°C в атмосфере кислорода. При этом продукт окисления, а именно углекислый газ, фиксируют с помощью детектора. Недостатком данного метода исследования является вероятность

определения неорганического углерода наряду с органическим веществом, который представляет собой различные соединения карбонатов. Поэтому перед определением предварительно необходимо отделить неорганическую форму от органической. Этот процесс является трудоемким и долгим по времени. Однако такой стадией некоторые исследователи пренебрегают и считают, что общее содержание углерода в почве равно органическому веществу. Пример таких работ по определению представлен в нескольких работах российских и зарубежных исследователей [31].

Анализ сравнения методов Уолкли-Блэка, мокрого и сухого сжигания, а также колориметрии гуминовых веществ, показал корреляцию между значениями первых трех методов ($p < 0,0001$). Для органического вещества, измеренного из общей совокупности почв, метод колориметрии гуминовых веществ не имеет корреляции с другими методами.

2.4. Специфика накопления ртути и других металлов в почвах.

Взаимосвязь с органическим углеродом.

Особый интерес представляет корреляция органического углерода с другими веществами. Корреляции этих веществ будут указывать на то, что элементы в почве связаны с органическим углеродом в общие молекулы. Особую важность представляют летучие элементы ртуть мышьяк и т.д.

Реакционная способность и химическая форма различных металлов влияет на их биологическую доступность и взаимосвязь с органическим углеродом в почвах. Под химической формой элемента понимают набор свойств химического элемента, таких как степень окисления элемента в составе соединения, эмпирическая формула соединения и его молекулярная структура, а также физический статус, который включает такие свойства соединений, как фазовый состав, аморфное или кристаллическое строение твердофазных частиц, разделение на коллоиды, животные и растительные клетки, нахождение на поверхности твердой частицы в виде тонкой пленки [3].

В геологической классификации ртуть и многие другие металлы (сурьма, кадмий, медь и др.) относятся к группе халькофилов. Но в зоне гипергенеза возможно образование других соединений: амальгам и органических комплексов, из которых наиболее опасна метилртуть. Таким образом, в почвах ртуть выступает не только как халькофил, но и как органофил и амальгамофил. Как правило, группа халькофилов является не устойчивой в почвах, поэтому ртуть и другие металлы переходят в другие более устойчивые металлоорганические комплексы в данных кислотно-основных и редокс условиях.

В работе [62] рассматривалось распределение, контролирующие факторы, источники и потенциальные экологические риски Hg и As в 96 образцах из 42 торфяников в горах Чанбай на северо-востоке Китая. Результаты показали, распределение Hg в значительной степени определяется широтой и высотой над уровнем моря, в то время как As в большей степени контролируется pH, общим содержанием органического углерода и его соотношением с азотом (C/N) в региональном масштабе.

Авторы исследования [59] обнаружили, что органический углерод почвы связан с геохимией почвы. Авторами были взяты пробы почв, залегающих на разных коренных породах в округах Чжэньсюн и Вэйсинь. В частности, основное внимание в работе уделяется почвам в минеральном горизонте, которые в меньшей степени подвержены влиянию внешней среды, чем поверхностные почвы, для выявления влияния коренных пород на органический углерод. Содержание SOC в минеральном горизонте составляет 0,19–2,74% (в среднем 1,24%), а в поверхностном горизонте - 1,26–4,01% (в среднем 2,63%). Важно отметить, что при анализе были выявлены положительные корреляции органического углерода ($p < 0,01$) с Co, Cu, Ti, V и Zn, а также положительную корреляцию ($p < 0,05$) с Ni в минеральном горизонте. Комплексообразование органических переходных металлов, по-видимому, играет важную роль в регулировании органического углерода в минеральном горизонте. Комплексообразование поддерживает

стабильность органического углерода, замедляет скорость его разложения и накапливает органический углерод. Также наблюдались положительные корреляции C_o , C_u и $V-C_{org}$ ($p < 0,05$).

Большое значение для анализа взаимосвязи органического углерода и ртути в аллювиальных почвах представила работа [3]. В ней исследовали загрязнение аллювиальных почв металлами в г. Пермь. Авторы утверждают, что гидрогенное загрязнение может быть более опасным, чем аэрогенное, т.к. неочищенные сточные воды, попадающие в малые реки, загрязняют ограниченные массы почв, но с высокой концентрацией поллютантов, тогда как при аэрогенном загрязнении выбросы рассеиваются на большой территории. Аллювиальные почвы обогащаются природно-техногенными осадками, за счет взвесей, загрязненных тяжелыми металлами и металлоидами. В результате действия этих факторов загрязненность некоторыми химическими элементами аллювиальных почв в пойме малых рек может быть выше, чем почв городских территорий на автоморфных позициях.

Способность закрепления металлов в аллювиальных почвах мала, т.к. содержание органического углерода не велико. Несмотря на это металлы могут сорбироваться в почве в виде специальных комплексов. Исследование содержания металлов в работе показало высокое содержание никеля и цинка в аллювиальных почвах рек г. Перми. C_u , Pb и Sr весьма равномерно распределены в аллювиальных почвах. Коэффициент вариации их в аллювиальных почвах в 2-5 раз ниже, чем в урбаноземах и реплантоземах. Это подчеркивает более компактное накопление меди и свинца при гидрогенном попадании поллютантов и их рассеяние при аэральном загрязнении. Стронций имеет более однородный фон в аллювиальных почвах, чем в перемешанных городских поверхностных образованиях. Решающее значение в накоплении химических элементов имеет высокая фильтрационная способность легких почв, что позволяет ионам Sr , Zn , Ni , Cu , Sr мигрировать на большое расстояние от реки. В тяжелых почвах

водородные загрязнители задерживаются прямо в ложе реки, не проникая далеко от русла.

Органический углерод почвы является ключевым элементом, который определяет качество почвы, плодородие, рентабельность сельского хозяйства и фиксацию углекислого газа (CO_2) в атмосфере. Органический углерод влияет на физико-химические и биологические свойства почвы, что одновременно улучшает структуру почвы, способность удерживать воду и питательные вещества.

Поскольку органическое вещество почвы является наиболее динамичным из компонентов почвы, последствия изменения почвенной среды часто проявляются в первую очередь в качестве и распределении органического вещества.

Существует несколько методик определения органического углерода в почвах. Это метод Тюрина, метода Уолкли-Блэка, метод сухого и мокрого сжигания, экстракция и последующее определение растворенного углерода. В настоящий момент также разрабатываются автоматизированные методы определения. К таким методам относят способы определения органического углерода с использованием электрических анализаторов. Каждый из методов имеет свои недостатки и преимущества.

Понимание изменений, связанных с антропогенной деятельностью и пространственного распределения органического вещества в почве (взаимодействие с минеральными компонентами) может помочь планированию деятельности, связанной с определенной территорией.

Одним из свойств органического углерода почв является способность связывать металлы в органические комплексы с катионами металлов. Такие комплексы являются достаточно устойчивыми. При исследовании проб почв наблюдается корреляция ряда металлов с органическим углеродом. Привнесение в почвы металлов, как правило, связывают с антропогенной нагрузкой территории исследования.

В заключение, органический углерод почвы важен в почве, оказывая значительное влияние на функционирование наземной экосистемы. Поэтому исследование его содержания в почвах и его взаимосвязь с другими химическими элементами помогает сделать вывод о техногенной нагрузке в регионе и в целом мире.

3. Методы исследования

3.1 Пробоподготовка

Отбор проб аллювиальных почв на территории Томского района проводился автором в сентябре 2022 года в Томском районе вблизи деревень Попадейкино, Борики и Петрово, а также села Держинского.

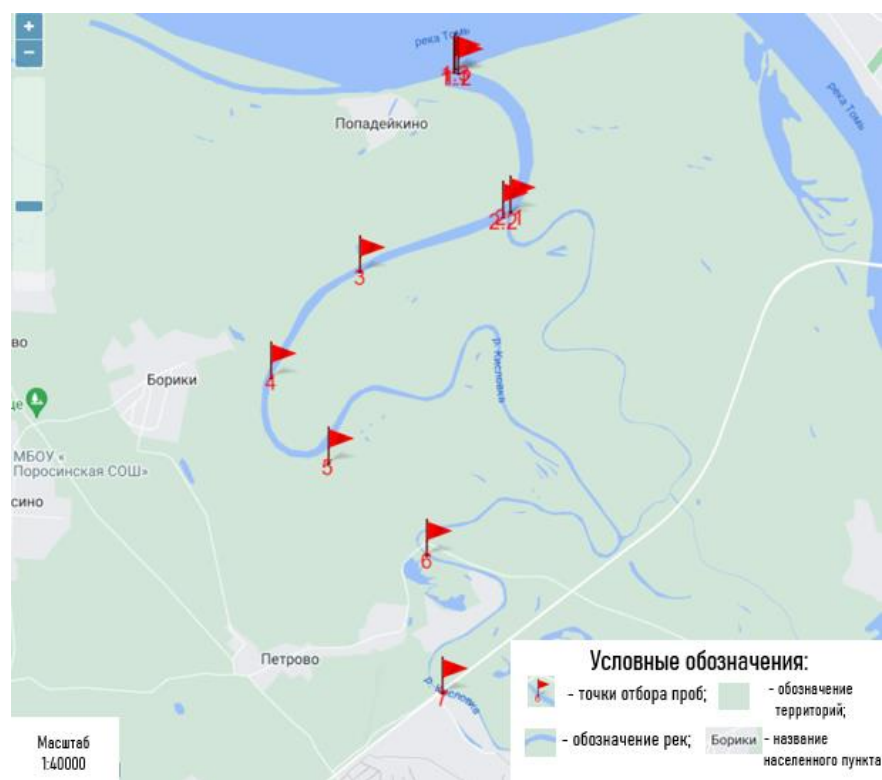


Рисунок 6 – Схема отбора проб на территории нижней части бассейна р. Кисловка в Томском районе Томской области

Пробоотбор осуществлялся методом прикопок, на глубину 20 см, из соображений высокой абсорбирующей способности почвенного гумуса. Пробоотбор был осуществлен в количестве 10 проб массой не менее 500 грамм. Пробы отобраны через каждые 1,5-2 км, начиная от места впадения р.

Кисловки в р. Томь. Все образцы проб были упакованы в холщовые мешочки с указанием номера точки наблюдения.

Пробы просушивали при комнатной температуре до постоянной массы пробы. Для дальнейшей работы с пробами и качественного и количественного определения химических элементов проводили просеивание почвы через сито 0,1 мм.

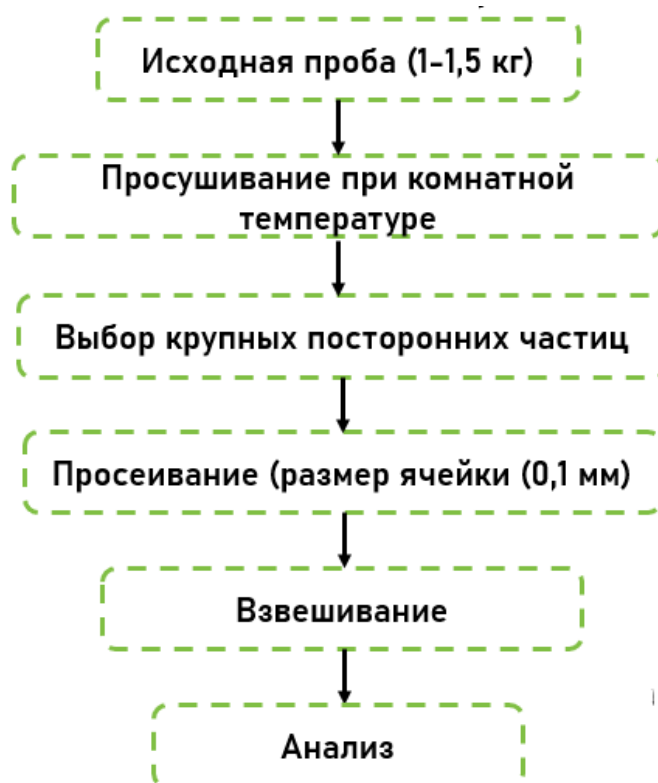


Рисунок 7 – Схема пробоподготовки проб почвы

После пробоподготовки было произведено несколько видов анализов:

- 1) Определение органического углерода в пробах по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91 от 01.07.1993 г.) [8];
- 2) Определение содержания Hg в почвах атомно-абсорбционным методом;
- 3) Инструментальный нейтронно-активационный анализ.

3.2 Определение органического углерода в пробах по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91 от 01.07.1993 г.)

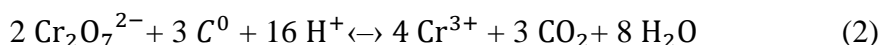
На протяжении долгого времени в России и за ее пределами единственным достоверным методом определения органического вещества

почвы является метод дихроматного окисления, так называемый метод Тюрина. Впервые метод был опубликован в 1931 году.

Принцип метода основан на окислении органического вещества почвы, при этом неорганически связанный углерод в реакции не определяется, поскольку не вступает в данную реакцию.

Метод Тюрина представляет собой процесс окисления почвы под действием дихромата калия в сильно кислой среде, а именно окислительно-восстановительную реакцию. При этом $K_2Cr_2O_7$ выступает в роли окислителя, а хром меняет свою степень окисления с +7 на +3, образуя устойчивые аквасульфатные комплексные ионы. Органическое вещество почвы выступает в данной реакции восстановителем, меняя степень окисления с 0 на +4.

Основное уравнение реакции определения органического углерода по методу Тюрина [13]:



Органический углерод и ионы хрома пропорционально вступают в реакцию. Присутствующий в пробах органический углерод улетучивается в воздух в виде углекислого газа. Определение содержания углерода происходит посредством определения эквивалентного количества хрома при помощи спектрофотометрического метода анализа.

Для проведения анализа использовали специальную аппаратуру: грушу резиновую со стеклянной трубкой или устройство для барботации, бюретку вместимостью 50 см³, бюретку вместимостью 50 см³, кружку фарфоровую вместимостью 2 дм³, 5 колб конических вместимостью 1 дм³, 20 колб конических и технологических емкостей вместимостью не менее 100 см³, фильтры обеззоленные, синяя лента. Необходимо оборудования для анализа: фотоэлектроколориметр, водяная баня, электронные весы, пробирки стеклянные термостойкие вместимостью 50 см³, штатив для пробирок, бюретку вместимостью 10 см³, стеклянные палочки длиной 30 см, цилиндры для отмеривания объемом 10 см³, 50 см³ и 100 см³.

Анализ включал в себя приготовление специальных реактивов и растворов. Необходимые для анализа кислоты, такие как серная концентрированная кислота, использовались в работе как заводской реактив. Растворы хромовой кислоты, соли Мора, сернистоокислого натрия, гидроксида калия готовились самостоятельно в лаборатории с использованием реактивов по ГОСТу.

Таблица 1 – Химические реактивы необходимые для анализа

Химические реактивы	ГОСТ
Аммоний-железо (II) сернокислый (соль Мора) / железо (II) сернокислое 7-водное	ГОСТ 4208 / ГОСТ 4148
Калия гидроксид	ГОСТ 24363
Калий двуххромовокислый	ГОСТ 4220
Калий марганцовокислый, стандарт-титр для приготовления раствора концентрации $c\left(\frac{1}{5} \text{KMnO}_4\right) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$ (0,1 н.)	-
Натрий сернистоокислый / натрий сульфит 7-водный	ГОСТ 195 / по ТУ 6-09.5313
Кислота серная концентрированная и раствор концентрации $c\left(\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4\right) = 1 \text{ моль/дм}^3$	ГОСТ 4204
Вода дистиллированная	-

Для приготовления хромовой смеси 40 г тонкоизмельченного дихромата калия помещали в круглодонную мерную колбу вместимостью 1 л, растворяли в воде и доводили объем до метки. Раствор перелили в фарфоровую кружку и приливали порциями по 100 мл 1 л концентрированной серной кислоты с интервалом 15 минут. Кружку с раствором накрыли стеклом и оставили до полного охлаждения. Раствор хранили в склянке из темного стекла.

В качестве восстановителя при анализе использовали соль Мора $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4\text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ концентрацией $0,1 \text{ моль/дм}^3$. Для приготовления раствора соль Мора растворяли в 700 мл раствора серной кислоты концентрацией 1 моль/дм^3 , фильтровали его через складчатый фильтр доводили раствор до метки в 1 дм^3 дистиллированной водой.

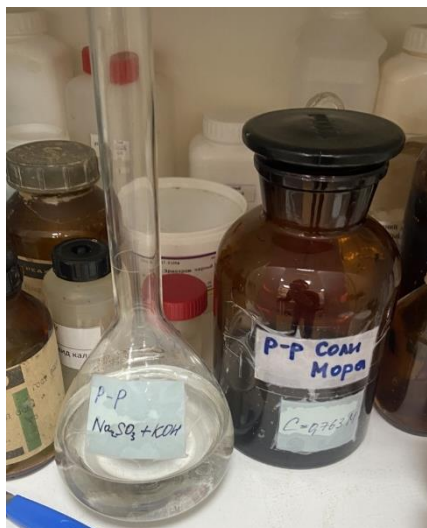


Рисунок 8 – Приготовленные химические растворы для проведения анализа

Концентрацию раствора проверяли титрованием с помощью раствора перманганата калия концентрацией $0,1 \text{ моль/дм}^3$, приготовленного из стандарт-титра. Для титрования в три конические колбы отмеривали с помощью бюретки по 10 см^3 приготовленного раствора восстановителя и приливали по 1 см^3 концентрированной серной кислоты, 50 см^3 воды. Титровали раствор приготовленным перманганатом калия до появления появления слабо-розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин . Для вычисления коэффициента поправки использовали среднее арифметическое значение результатов трех титрований. Раствор хранили в склянке из темного стекла.

Коэффициент поправки вычисляли по уравнению:

$$K = \frac{V_1}{V_2}, \quad (3)$$

где V_1 - объем раствора перманганата калия, израсходованный на титрование, см^3 ;

V_2 - объем раствора восстановителя, отобранный для титрования, см³ .

Для приготовления щелочного раствора сернистокислого натрия 4 г 7-водного сернистокислого натрия растворяли в 700 см³ воды. 10 г гидроксида калия растворяли в 300 см³ воды. Приготовленные растворы смешивали.

Массу пробы для анализа определяли согласно ГОСТу 26213-91 от 01.07.1993 г. Предполагая, что массовая доля органического вещества в пробе лежит в пределах от 4 до 7 процентов, брали массу пробы для анализа 100 мг.

Таблица 2 – Определение массы пробы для анализа

Массовая доля органического вещества, %	Масса пробы для анализа, мг
До 2	500 - 700
2 - 4	250 - 350
4 - 7	100 - 200
Св. 7	50 - 100

Анализ проводили в несколько этапов. На первом этапе пробы почвы взвешивали с погрешностью не более 1 мг и помещали в конические колбы объёмом 100 см³. В каждую колбу приливали по 10 см³ заранее приготовленной хромовой смеси. В каждую колбу помещали стеклянную палочку и перемешивали для растворения пробы.

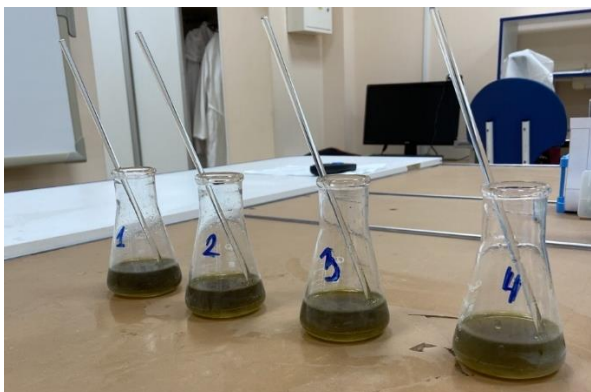


Рисунок 9 – Растворы с пробами и хромовой смесью на первом этапе анализа

Далее колбы помещали в кипящую водяную баню и нагревали в течение 1 часа. Уровень воды в водяной бани превышает уровень раствора в колбе на 2 см. Растворы периодически перемешивали стеклянной палочкой.



Рисунок 10 – Колбы с растворами на водяной бане на втором этапе анализа

После завершения кипячения колбы с раствором охлаждали с помощью холодной водяной бани. После охлаждения в пробирки приливали 40 см³ дистиллированной воды. Далее растворы тщательно перемешивали барботацией воздуха и фильтровали с помощью беззольных фильтров синяя лента.



Рисунок 11 – Готовые растворы для анализа после протекания окислительно-восстановительной реакции по методу Тюрина

Для определения органического углерода готовили растворы сравнения. В 9 конических колб наливали 10 см³ дистиллированной воды и нагревали их на водяной бане в течение 1 часа. После растворы охлаждали на водяной бане и приливали в каждую колбу дистиллированную воду и раствор соли Мора объемами в соответствии с таблицей 3. Растворы приобретали различную окраску от оранжевой до темно-зеленой в соответствии с протеканием окислительно-восстановительной реакции. Темно-зеленая окраска раствора свидетельствует о большом количестве четырехвалентного хрома.



Рисунок 12 – Приготовленные растворы сравнения для проведения спектрофотометрического анализа

Таблица 3 – Характеристика и состав растворов сравнения

Характеристика раствора	Номер раствора сравнения								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Объем воды, см ³	40	38	36	32	30	25	20	15	10
Объем раствора восстановителя, см ³	0	2	4	8	10	15	20	25	30
Масса органического вещества, эквивалентная объему восстановителя в	0	1,03	2,07	4,14	5,17	7,76	10,3	12,9	15,5

растворе сравнения, мг									
---------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Оптическую плотность растворов после протекания реакции и раствором сравнения проводили на спектрофотометре. Для определения оптической плотности использовали кюветы с толщиной просвечивающего слоя 1,5 см относительно раствора сравнения №1 при длине волны 590 нм, которая соответствует длине волны максимального поглощения излучения аквасульфатных комплексов трехвалентного хрома. К достоинствам этого метода можно отнести высокую воспроизводимость итоговых результатов, автоматизацию процесса, возможность использовать мутные и цветные растворы.

Содержание углерода в пробах определяли с помощью математических вычислений. Массовую долю органического (X) в процентах вычисляют по уравнению [13]:

$$X = \frac{m \cdot K}{m_1} \cdot 100 \quad (4)$$

где m - масса органического вещества в анализируемой пробе, найденная по графику, мг;

K - коэффициент поправки концентрации восстановителя;

m₁ - масса пробы, мг;

100 - коэффициент пересчета в проценты.

Коэффициент поправки концентрации восстановителя согласно формуле 2 равен 0,955. Масса пробы составила 10 мг.

Массу органического вещества в анализируемой пробе находили по градуировочному графику, построенному на основании спектрофотометрических данных растворов сравнения.

Готовые в результате метода Тюрина распоры проб анализировали с помощью спектрофотометра. Для этого наливали растворы в кювету и определяли оптическую плотность раствора при длине волны 590 нм, сравнивая растворы с раствором сравнения №1.

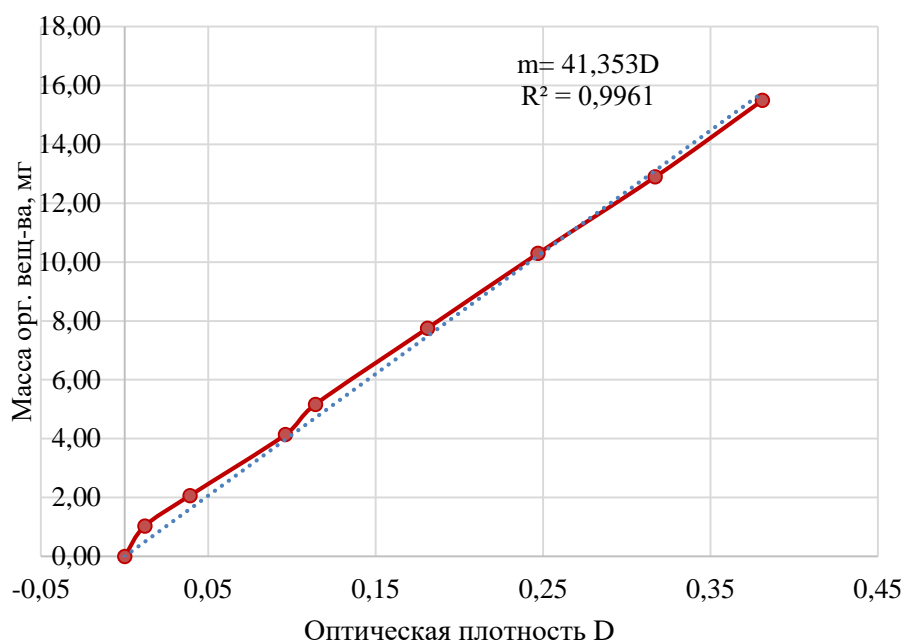


Рисунок 13 – Градуировочная зависимость оптической плотности растворов сравнения от содержания органического вещества (мг)

Результаты фиксировали и согласно полученной градуировочной зависимости определяли массовую долю органического вещества в пробах и его массу. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Полученные в результате метода Тюрина результаты содержания органического углерода в пробах

№ пробы	Массовая доля орг вещ-ва, %	D	m орг вещ-ва, мг	m орг вещ-ва средняя по участку, мг	Массовая доля орг вещ-ва средняя по участку, %
1.1.	3,16	0,080	3,3082	2,9498	2,82
1.2.	3,87	0,098	4,0525		
1.3.	1,42	0,036	1,4887		
2.1.	2,49	0,063	2,6052	2,7293	2,61
2.2.	2,72	0,069	2,8533		
3	1,03	0,026	1,0751	1,0752	1,03
4	2,21	0,056	2,3157	2,3158	2,21
5	0,59	0,015	0,6202	0,6203	0,59
6	1,90	0,048	1,9849	1,9849	1,90

7	0,99	0,025	1,0338	1,0338	0,99
---	------	-------	--------	--------	------

Массовая доля органического вещества для проб, отобранных с территории нижней части реки Кисловка, колеблется в пределах от 0,59% до 3,87%.

3.3 Определение содержания ртути в пробах методом атомно-адсорбционного анализа

Для определения ртути в пробах проводили атомно-адсорбционный анализ с использованием анализатора ртути «РА-915+» с приставкой «ПИРО-915+» в лаборатории микроэлементного анализа Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» отделения геологии ИШПР ТПУ.

Действие приставки ПИРО-915+ основано на термодиструкции вещества (пробы) и последующего восстановлении ртути методов пиролиза до состояния атомов. При этом атомы ртути переносятся с помощью газа носителя в измерительную кювету, нагретую до 700 °С. Блок питания приставки обеспечивает постоянство скорости прокачки воздуха и температуры испарителя, реактора и кюветы.

Двухсекционный атомизатор «ПИРО-915+» состоит из:

- испарителя, в котором происходит испарение жидких и пиролиз твердых проб,
- нагретого реактора, в котором происходит каталитическая деструкция соединений матрицы пробы.

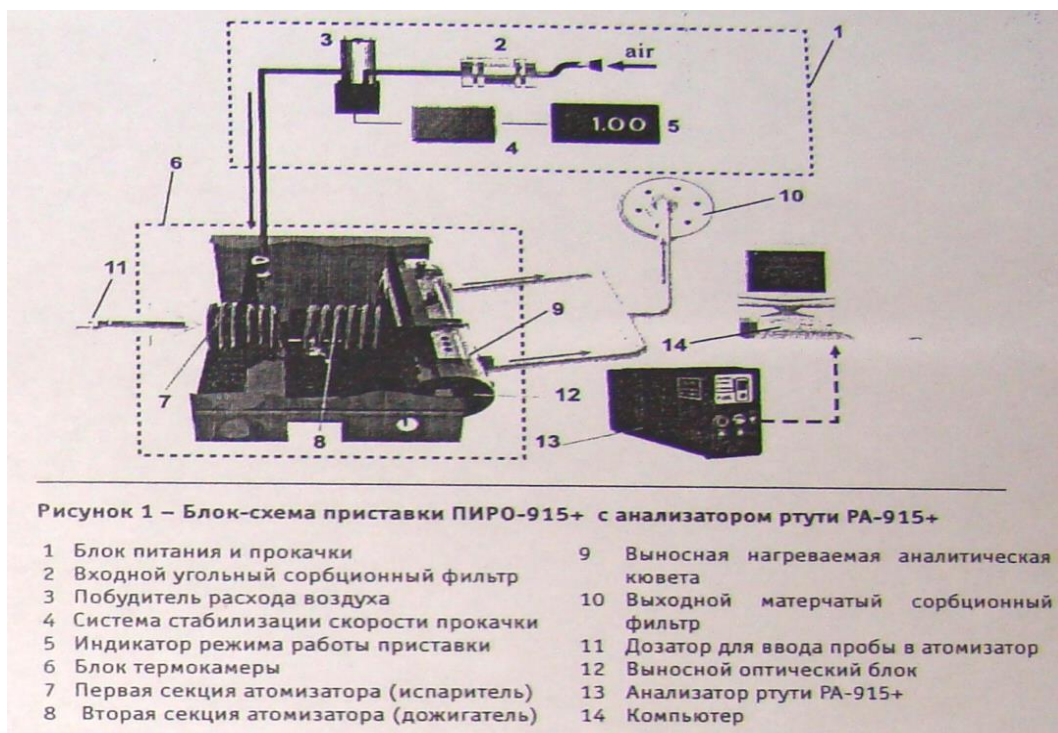


Рисунок 14 – Блок – схема приставки ПИРО – 915+ с анализатором ртути РА – 915+

Блок – схема приставки ПИРО – 915+ с анализатором ртути РА – 915+ представлена на рисунке 2. Побудитель расхода воздуха (3), входящий в блок питания и прокачки приставки (1), используется для нагнетания воздуха в атомизатор и аналитическую кювету. Входной угольный сорбционный фильтр (2) используется для очистки от паров ртути воздуха, поступающего в термокамеру. Скорость прокачки воздуха задается и поддерживается автоматически в зависимости от выбранного режима работы. Навеску пробы помещают в лодочку дозатора (11), которую вводят в первую секцию (испаритель) атомизатора (7), где происходит нагревание пробы. Температура испарителя может меняться от 200 до 800° С в зависимости от выбранного режима работы. Соединения ртути испаряются и частично диссоциируют с образованием элементарной ртути и вместе с газом – носителем поступают во вторую секцию (дожигатель) атомизатора (8). В дожигателе при температуре 600 - 700° С происходит полная диссоциация соединений ртути и дожигание органической матрицы пробы. Из атомизатора газовый поток поступает в нагреваемую до 700° С выносную

аналитическую кювету (9). Регистрация атомов ртути осуществляется анализатором РА – 915+ (13), при этом результат анализа выводится на компьютер (14).

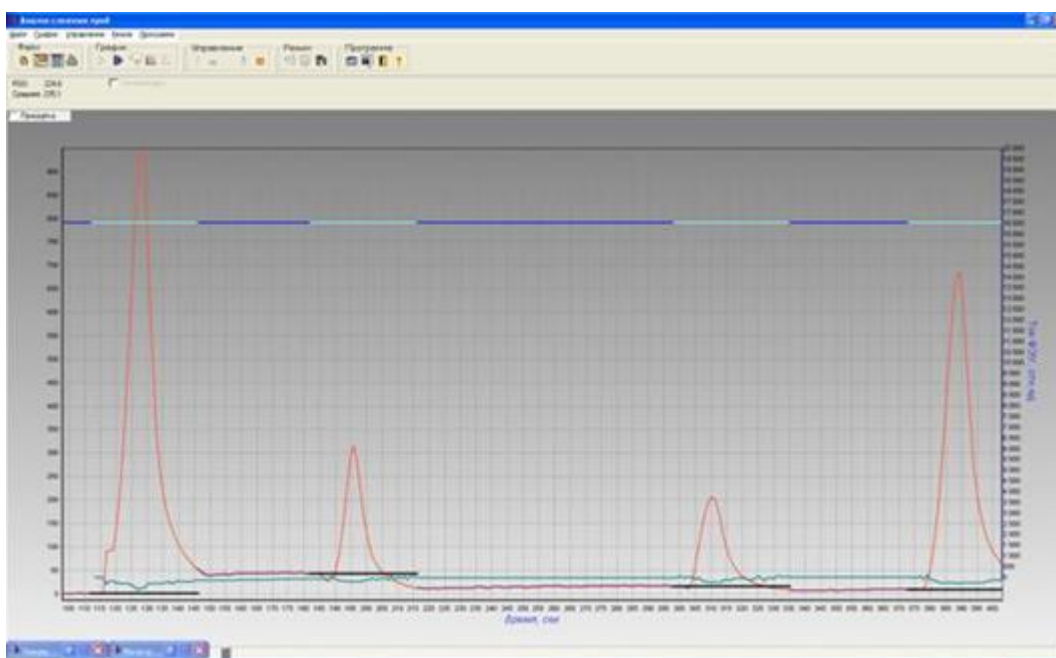


Рисунок 15 – Система регистрации сигналов на приставке ПИРО-915+

№	Описание	М, мг	С, мг/г	Площадь	Максимум	Время
1	Std_290	50,8		7450	945	13:14:56
2	BLANK 75	50,3		1440	272	13:16:06
3	BLANK 75	50,4		1500	189	13:18:39
4	BLANK 85	50,5		7180	677	13:19:51
5						

Рисунок 16– Табличный вывод данных анализа проб сложного состава

Достоинствами и особенностями комплекса являются [12]:

– уникальная возможность прямого определения (без пробоподготовки) содержания ртути в жидких и твердых пробах: сточной воде, крови, продуктах питания, нефти и нефтепродуктах, почве, донных отложениях, горных породах и т.д.;

- определение ртути без ее предварительного накопления на золотом сорбенте;
- широкий динамический диапазон измерений (более трех порядков);
- устранение влияния высоких содержаний хлорид-ионов и бензола в пробе на результаты анализа нагревом аналитической кюветы до 700°C;
- возможность выбора оптимальной температуры испарителя и функция «Форсаж» (ступенчатое увеличение температуры испарителя) позволяет снизить предел обнаружения;
- визуализация процесса выхода ртути из образца;
- стабильность градуировочного коэффициента обеспечивается встроенной системой контроля скорости прокачки и мощности нагревателей.

Общее количество изученных проб почв составило: 10 проб.



Рисунок 17– Анализатор ртути «РА-915+» с пиролитической приставкой «ПИРО-915+»

Таблица 5 – Границы относительной погрешности измерений при числе параллельных измерений $n = 2$ и доверительной вероятности $P=0,95$

Диапазон измерений массовой доли общей	Навеска пробы угля,	Границы относительной погрешности ($P=0,95$,
---	------------------------	---

ртути, мкг/кг	мг	n=2),%
От 5 до 100 включительно	от 200 до 300	±45
Свыше 100 до 10000 включительно	от 20 до 200	±25

Для управления анализатором ртути РА-915+ с компьютера, обработки, визуализации, хранения данных, получаемых с анализатора, использовалась программа RA915P. Программа работает в графической операционной среде Windows 95-2000 (NT), разрешение экрана монитора 600x800.

Таблица 6 – Результаты содержания ртути в пробах

№ пробы	С ртути, нг/г	СКО
1.1.	67,7	2,3
1.2.	378,8	3,7
1.3.	22,8	1,4
2.1.	88,9	4,8
2.2.	74,8	4,8
3	10,7	0,7
4	20,5	0,3
5	7,5	0,1
6	32,7	2,4
7	9,7	0,1

Содержание ртути практически во всех пробах не превышает фоновое содержание ртути для почв Томской области (90 нг/г). Содержание пробы №1.3 в 4 раза больше фонового значения по Томской области, что может быть связано с высокой техногенной нагрузкой территории и наличием примесей в пробе.

3.4 Инструментальный нейтронно-активационный анализ

Инструментальный нейтронно-активационный анализ является достаточно чувствительным методом определения качественного и количественного состава различных объектов. Данный метод основан на фиксации возбуждении ядер, полученных в результате индуцированных ядерных превращений. При этом облучение ядер может происходить с помощью различных частиц, таких как: быстрые нейтроны, тепловые и эпитепловые нейтроны, радиоизотопные частицы, а также γ -кванты. Такой вид анализа проводится в ядерных реакторах, поскольку это наиболее мощный источник нейтронов.

Главным преимуществом ИНАА является отсутствие химической подготовки пробы, что исключает погрешности за счёт привноса или удаления элементов вместе с реактивами.

Для проведения такого вида анализа требуется специальная пробоподготовка, которая проводится в несколько этапов. Пробу предварительно измельчают с помощью электромеханической ступки для достижения однородности пробы. Для упаковки пробы используют алюминиевую фольгу, поскольку продукты активации алюминия имеют очень малый период полураспада. Из алюминиевой фольги готовится упаковка размером 3 на 3 см, которая обрабатывается спиртом. Для аккуратности в работе используется пинцет. Вес каждой упаковки определяется на электронных весах. Для каждой упаковки он должен быть примерно равен. В полученную упаковку добавляют исходную пробу массой примерно 100 мг. Определяется общий вес полученной упаковки с пробой. На каждую упаковку наносят с помощью черной гелиевой ручки шифр пробы и формируют реестр проб для аналитика, который будет проводить анализ.



Рисунок 18– Пробоподготовка для проведения ИНАА

В работе инструментальный нейтронно-активационный анализ 10 проб аллювиальной почвы проводился в аккредитованной (аттестат № РОСС RU.0001.511901) ядерно-геохимической лаборатории на исследовательском реакторе ИРТ-Т Национального исследовательского Томского политехнического университета по аттестованным методикам (НСАМ ВИМС № 410-ЯФ). Аналитик – инженер НИ ТПУ Судыко А.Ф.

В результате измерения была определена концентрация 28 элементов, таких как: 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.

В атомном реакторе пробы подвергались облучению потоками тепловых нейтронов, в результате активность частиц фиксировалась на гамма-спектрометре с полупроводниковыми детекторами. Плотность потока тепловых нейтронов в канале облучения составляла $2 \cdot 10^{13}$ нейтр./см²·с. Продолжительность облучения проб - до 20 часов. Измерения производились на многоканальном анализаторе импульсов АМА 02Ф с полупроводниковым Ge-Li детектором ДГДК-63А.

Предел обнаружения элементов в зависимости от их активационных свойств и состава матрицы анализируемой пробы в основном колеблется от $n \cdot 1$ до $n \cdot 10^{-6}$ %.

Таблица 7 – Нижние пределы определения содержания химических элементов в природных средах (почва, твердый осадок снега, биота и др.) методом ИНАА

Элемент	Предел, мг/кг	Элемент	Предел, мг/кг
Натрий (Na)	20	Барий (Ba)	8
Кальций (Ca)	300	Лантан (La)	0,007
Скандий (Sc)	0,002	Церий (Ce)	0,01
Хром (Cr)	0,1	Самарий (Sm)	0,01
Железо (Fe)	100	Европий (Eu)	0,01
Кобальт (Co)	0,1	Тербий (Tb)	0,001
Никель (Ni)	20	Иттербий (Yb)	0,05
Цинк (Zn)	2	Лютеций (Lu)	0,01
Рубидий (Rb)	0,6	Гафний (Hf)	0,01
Мышьяк (As)	1	Тантал (Ta)	0,05
Стронций (Sr)	7	Золото (Au)	0,002
Серебро (Ag)	0,02	Торий (Th)	0,01
Цезий (Cs)	0,3	Уран (U)	0,01
Сурьма (Sb)	0,007	Бром (Br)	0,3

3.5 Методика обработки результатов

Все полученные в результате нейтронно-активационного анализа данные были переведены в мг/кг. Концентрация ртути представлена в нг/г, органического углерода – в %. Обработка результатов лабораторно-аналитических исследований проб почв, отобранных с горизонта 0- 20 см на территории нижнего бассейна реки Кисловка, была проведена в Отделении геологии ИШПР ТПУ.

Обработку полученных данных проводили с помощью статистического и эколого-геохимического анализа. Перед началом расчета математико-

статистических параметров база данных с результатами инструментального нейтронно-активационного анализа была преобразована. Элементы, которые в большинстве точек отбора, имели концентрации в разы меньше предела обнаружения, были удалены из базы данных.

В программном обеспечении Statistica 10.0 была определена описательная статистика выборки. Она включала в себя следующие числовые характеристики: объем выборки, минимум и максимум, среднее, усеченное среднее, винзоризованное среднее, геометрическое среднее, медиана, мода, частота моды, стандартная ошибка, коэффициент вариации

Для определения оценки содержания химических элементов в почвах проводили определение кларка концентрации.

$$Kk_{п_зк} = \frac{C_{п}}{K_{зк}}, \quad (4),$$

где $C_{п}$ – содержание химического элемента в почве, мг/кг

$K_{зк}$ - Кларк химических элементов в земной коре по данным Григорьева 2009 г., г/т.

$$Kk_{н_п} = \frac{C_{п}}{K_{н.п}}. \quad (5),$$

где $C_{п}$ – содержание химического элемента в почве, мг/кг

$K_{н_п}$ - Кларк химических элементов ноосферы по данным М.А. и Н.Ф. Глазовских 1968г., мг/кг

Помимо этого, был рассчитан коэффициент концентрации относительно фонового значения

$$Kk_{фон.к} = \frac{C_{п}}{C_{фон.к}}. \quad (6),$$

Где $C_{п}$ – содержание химического элемента в почве, мг/кг

$C_{фон.к}$ – содержание химического элемента в почвах г. Томка по Л.В. Жорняк, 2009 г.

$$Kk_{фон.к} = \frac{C_{п}}{C_{фон.к}}, \quad (5),$$

Где $C_{п}$ – содержание химического элемента в почве, мг/кг

$C_{\text{фон.к}}$ – содержание химического элемента в почвах пос. Киреевского по Е.В. Ляпиной, 2012г.

По данным расчетов кларков концентрации и коэффициента концентрации химических элементов были построены геохимические ряды. Также был произведен расчет суммарного показателя.

$$Z_{\text{спз п,п,п,фон}} = \sum Kk_{\text{п,п,п,фон}} \cdot (n-1) \quad (6),$$

где n - число химических элементов, учитываемых в расчетах при выполнении условия $Kk_{\text{п,п,п,фон}} > 1$.

$Kk_{\text{п,эк}}$ – кларк концентрации химических элементов, который рассчитан относительно в земной коре по данным Григорьева, 2009 г.;

$Kk_{\text{н,п}}$ – кларк концентрации химических элементов, который рассчитан относительно кларк химических элементов ноосферы данным по М.А. и Н.Ф. Глазовских, 1968 г.;

$Kk_{\text{фон}}$ – коэффициент концентрации химических элементов, который рассчитан относительно концентрации химических элементов в почвах г. Томка по Л.В. Жорняк, 2009 г.;

$Kk_{\text{фон.к}}$ – коэффициент концентрации химических элементов, который рассчитан относительно концентрации химических элементов в почвах пос. Киреевского по Е.В. Ляпиной, 2012 г.

Для величины суммарного показателя загрязнения используется градация:

менее 16 – низкая степень загрязнения;

16-32 – средняя степень загрязнения;

32-128 – высокая степень загрязнения;

более 128 – очень высокая степень загрязнения.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель данной выпускной квалификационной работы заключается в выявлении особенностей накопления и распределения химических элементов и органического углерода в аллювиальных почвах нижнего бассейна р. Кисловка Томского района Томской области. на основании проб почв. Основной задачей является определение основного перечня элементов-загрязнителей, которые концентрируются в аллювиальных почвах нижнего бассейна р. Кисловка. Для данного исследования были отобраны 10 проб аллювиальных почв. Время проведения работ: 2022 год.

Выполнение работы включает в себя несколько этапов, которые проводятся друг за другом:

- 1) Эколого- геохимических работы литогеохимическим методом по почвам территории исследования;
- 2) Проведение маршрутов при эколого-геохимических работах литогеохимическим методом по почвам при геолого-экологических исследованиях территорий;
- 3) Лабораторные работы по первичной обработке проб (просушивание, просеивание, истирание почв);
- 4) Определение органического углерода по методу Тюрина;
- 5) Определение ртути беспламенным атомно-абсорбционным методом;
- 6) Инструментальный нейтронно-активационный анализ химического состава проб;
- 7) Выполнение стандартного комплекса операций камеральной обработки материалов эколого-геохимических работ (без использования ЭВМ)
- 8) Камеральная обработка материалов (с использованием ЭВМ).

В связи с тем, что реализация данного проекта весьма трудоёмка и затратна с финансовой точки зрения, так важно рассмотреть ценность исследования с коммерческой точки зрения. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников

финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- организовать работы по научному исследованию;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В работе исследуются аллювиальные почвы. Особенностью аллювиальных почв является их поёмные и аллювиальные процессы почвообразования. Такие почвы формируются за счет затопления поймы полыми водами, которое способствует поднятию грунтовых вод, смягчению климата, направленности микробиологической активности, а также влияет на характер природной растительности и ее продуктивности, на солевой режим почв и почвенногрунтовых вод. За счет аллювиальных процессов происходит принос паводковыми водами взмученного материала, размывание поймы и переотложение на её поверхности слоя иллка, или аллювия.

Изучение аллювиальных почв позволяет выяснить характерные для данного объекта природные и фоновые уровни содержания тех или иных веществ и связать их накопление с нагрузкой на водный источник.

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

В данном проекте сегментами рынка являются:

- Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области;
- Научно-исследовательские организации, университеты;
- Граждане.

Данные, которые будут получены в результате исследования, могут быть использованы в последующем исследовании аллювиальных почв Томской области, и могут быть применены для проведения сравнительной характеристики. Следовательно, основными потребителями являются другие исследователи.

5.1.2 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 геохимический состав почв и определение основного перечня элементов-загрязнителей, которые концентрируются в аллювиальных почвах нижнего бассейна реки Кисловка. Основной в работе сделан на определении органического углерода в почвах. Определение проводили с помощью методики, разработанной по методу Тюрина.

Позиция методов оценивается по каждому показателю экспертным путем по 5 бальной шкале, где 1 – наименее слабая позиция, а 5 – наиболее

сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять единицу.

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;

B_ϕ – определение углерода по методу Тюрина;

$B_{к1}$ – определение углерода по методу Уолкли-Блека;

$B_{к2}$ – определение углерода по методу мокрого сжигания;

$B_{к3}$ – определение углерода по методу сухого сжигания.

В таблице 14 приведена оценка технических решений конкурентов (разработок).

Таблица 14 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		B_ϕ	$B_{к1}$	$B_{к2}$	$B_{к3}$	K_ϕ	$K_{к1}$	$K_{к2}$	$K_{к3}$
1	2	3	4	5	6	7	7		
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
1. Селективность	0,15	5	5	4	4	0,75	0,75	0,6	0,6
2. Точность	0,15	5	4	5	4	0,75	0,6	0,75	0,6
3. Экспрессность	0,15	4	4	5	5	0,6	0,6	0,75	0,75
4. Технологичность	0,15	4	4	5	5	0,6	0,6	0,75	0,75
Экономические критерии оценки эффективности									
1. Конкурентоспособность продукта	0,14	5	4	4	5	0,7	0,56	0,56	0,7
2. Цена	0,14	5	4	3	3	0,7	0,56	0,42	0,42
3. Время	0,12	4	4	5	5	0,48	0,48	0,6	0,6
Итого	1	31	29	31	31	4,58	4,15	4,40	4,42

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

Таким образом, результаты данного анализа показывают, что проект превосходит своих конкурентов – методов определения органического углерода. Данный метод уступает лишь в технологичности, экспрессности и времени за счет относительно длительных химических этапов и участия в работе лаборантов, а не электрических приборов.

5.1.3. SWOT-анализ

SWOT-анализ является комплексным и эффективным анализ научно-исследовательского проект. Его применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта посредством планирования. Анализ проводится в 3 этапа.

На первом этапе проходит описание сильных и слабых сторон проекта, выявляются возможности и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 15 – Матрица SWOT-анализа

<p>Сильные стороны С1. Низкая цена проекта С2. Отсутствие подобного исследования на исследуемой территории С3. Достаточно высокая точность результатов С4. Распространённость и доступность объектов исследования С5. Интерес со стороны органов исполнительной власти</p>	<p>Слабые стороны Сл1. Удаленность и труднодоступность территории объекта исследования Сл2. Погрешность методов анализа Сл3. Для реализации исследования необходимо привлечение большого массива информации Сл4. Необходимость в специальном программном обеспечении Сл5. Необходимость большого количества лабораторного оборудования</p>
<p>Возможности В1. Возможность получения грантов и именных стипендия для развития своего проекта В2. Использование инженерных мощностей ТПУ В3. Участие в симпозиумах и конференциях для повышения квалификации</p>	<p>Угрозы У1. В отсутствии интереса у населения У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства У3. Выход из строя специального 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 3. Каждый фактор помечается:

- знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям);
- знаком «-» (что означает слабое соответствие);
- «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 16 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта				
		С1.	С2.	С3.	С4.	С5.
Возможности проекта	В1.	+	+	+	+	+
	В2.	+	+	+	-	0
	В3.	-	0	+	0	+

		Слабые стороны проекта				
		Сл1.	Сл2.	Сл3.	Сл4.	Сл5.
Возможности проекта	В1.	-	-	+	-	0
	В2.	-	-	+	+	+
	В3.	-	-	-	-	-

		Сильные стороны проекта				
		С1.	С2.	С3.	С4.	С5.
Угрозы	У1.	-	-	-	-	-
	У2.	+	-	-	-	+
	У3.	-	+	+	-	-

		Слабые стороны проекта				
		Сл1.	Сл2.	Сл3.	Сл4.	Сл5.
Угрозы	У1.	+	-	-	-	-
	У2.	-	-	+	+	+
	У3.	+	-	-	+	+

В рамках *третьего этапа* составляется итоговая матрица SWOT-анализа.

Таблица 17 –SWOT-анализ

	Сильные стороны С1. Низкая цена проекта С2. Отсутствие подобного исследования на исследуемой территории С3. Достаточно высокая точность результатов С4. Распространённость и доступность объектов исследования С5. Интерес со стороны органов исполнительной власти	Слабые стороны Сл1. Удаленность и труднодоступность территории объекта исследования Сл2. Погрешность методов анализа Сл3. Для реализации исследования необходимо привлечение большого массива информации Сл4. Необходимость в специальном программном обеспечении Сл5. Необходимость большого количества лабораторного оборудования
Возможности В1. Возможность получения грантов и именных стипендия для развития своего проекта В2. Использование инженерных мощностей ТПУ В3. Участие в симпозиумах и конференциях для повышения квалификации	Возможное увеличение спроса на подобные исследования в силу увеличивающейся обеспокоенности общества об экологической обстановке в мире	Дополнительный спрос может быть незначительным, в силу трудоемкости выполнения отбора материала для анализа и отсутствия бюджетных средств
Угрозы У1. В отсутствии интереса у населения У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства У3. Выход из строя специального аналитического оборудования	Исследование слабо зависит от внешних условий, однако зависит от работы аналитических инструментов и любой их выход из строя может навредить реализации проекта	Длительные процесс по отбору и подготовке проб, а также быстрая утрата актуальности данного исследования

5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для оценки степени готовности научной разработки к коммерциализации и выяснении уровня собственных знаний для ее проведения заполняется специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (таб. 18).

При проведении анализа по таблице, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую 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 означает 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 18 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	2	2
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	3	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	2	2
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	5
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и	1	1

	выхода на зарубежный рынок		
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	2
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	41	41

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. Итоговые значения говорят о том, что перспективность данного проекта оцениваются как средние.

Для улучшения данного проекта, разработчику следует задуматься о проработке путей для выхода на международный рынок со своим проектом, а также начать поиск единомышленников в этом направлении.

5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического проекта

Для коммерциализации результатов, научная работы со всеми выводами и интерпретациями полученных результатов, будет использоваться метод передачи интеллектуальной собственности. Передача интеллектуальной собственности будет производиться в уставной капитал заинтересованного учреждения или в органы исполнительной власти, т.к. данная работа может представлять интерес для образовательных учреждений, которые

располагаются ближе к исследуемой территории и работают в этом направлении.

5.2 Инициирование научно-исследовательского проекта

На этапе инициирования происходят процессы, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта (таб. 19).

Таблица 19 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Выпуск высококвалифицированных специалистов
Департамент природных ресурсов и охраны окружающей сред Томской области	Получение эколого-геохимического исследования на территории нижней части бассейна реки Кисловка (Томская область)

В таблице 20 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 20 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Эколого-литогеохимическая оценка состояния окружающей среды на территории нижней части бассейна реки Кисловка на основании проб почв для определения основного перечня элементов-загрязнителей, которые концентрируются в почвах при разработке месторождения
Ожидаемые результаты проекта:	Определение основного перечня элементов-загрязнителей, которые концентрируются в почвах нижней части бассейна реки Кисловка
Критерии приемки результата проекта:	Произвести расчеты КК, выявить геохимическую специализацию почв относительно построенных геохимических рядов,
Требования к результату проекта:	Отобрать пробы почв, произвести пробоподготовку для лабораторных аналитических исследований;
	Подготовить пробы для анализа в лаборатории, сделать анализ и отдать пробы на анализ;
	Провести обработку/интерпретацию полученных данных;
	Выявить факторы, влияющие на химический состав природных объектов.

В таблице 21 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 21 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1.	Осипова Н.А., НИ ТПУ, доцент ОГ ИШПР	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения.	200
2.	Швалова Е.В., магистрант гр. 2ГМ11 ОГ ИШПР	Исполнитель по проекту	Анализ литературных источников, пробоподготовка, анализ лабораторных данных, написание работы	800
ИТОГО:				1000

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 (таб. 22).

Таблица 22 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	1529682,63
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.09.2021-30.05.2023
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	20.09.2020
3.2.2. Дата завершения проекта	30.05.2023

5.3 Планирование научно-исследовательского проекта

Организационный этап

На организационном этапе совместно с научным руководителем проводится планирование основных этапов научно-исследовательской деятельности и распределяются обязанности для осуществления мероприятий по проведению работ. Проводится выбор темы для литературного обзора и подготовки данных для исследования. Определяются необходимые методы исследования, изучается их точность и обоснованность. Также, производится комплектование недостающим снаряжением и материалами

Полевой этап

На данном этапе происходит выбор участка для отбора аллювиальных проб почвы, проводится проботбор и регистрируются координаты, после чего отобранные пробы нумеруются и регистрируются в журнале, затем проводится маркировка пакетов для проб и упаковка проб. Опробование аллювиальных почв выполнено автором работы Шваловой Е.В. в сентябре 2022 года.

Лабораторный этап

Этот этап работ включает подготовку проб к дальнейшему изучению, который включает следующие виды работы: просушивание проб почвы, удаление любых включений, растирание и просеивание проб через сито. Изучение вещественного состава аллювиальных почв проводилось на базе учебно-научной лаборатории Международного инновационного образовательного центра (МИНОЦ) «Урановая геология» кафедры геоэкологии и геохимии при использовании метода Тюринга, атомно-адсорбционным методом с использованием ртутного газоанализатора РА 915+, и инструментального нейтронно-активационного анализа аккредитованной лабораторией. Вес просеянных проб (фракция ≤ 1 мм) для перечисленных выше методов исследования составлял от 10 до 200 мг. Всего изучено 10 проб аллювиальных почв.

Камеральный этап

Камеральная обработка полученных материалов проводится в два этапа. На первоначальном этапе происходит систематизация информации о полученных пробах. Данный этап проводится во время полевых работ. Второй этап представляет собой изучение и обсуждение результатов анализов проб, а также и их систематизация. Данный этап проводится при использовании программ Excel и Statistica 10.0. С помощью данных программ происходит составление таблиц и графиков из полученных результатов анализа.

Таблица 23 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
<i>Организационный этап</i>	1	Разработка технического задания	Науч. руководитель
	2	Подбор персонала	Науч. руководитель

	3	Определение методов исследования	Науч. руководитель, магистр
	4	Выбор оборудования, аппаратуры и материалов	Науч. руководитель, магистр
	5	Распределение обязанностей между сотрудниками	Науч. руководитель
<i>Полевой этап</i>	6	Выбор территории отбора проб	Науч. руководитель
	7	Отбор проб, нумерация и регистрация в журнале, маркировка пакетов и упаковка проб	Магистр
	8	Отражение и закрепление на схеме пунктов отбора проб	Магистр
<i>Лабораторный этап</i>	9	Пробоподготовка	Магистр
	10	Исследование проб методом Тюринга	Науч. руководитель, магистр
	11	Исследование проб атомно-адсорбционным методом	Магистр
	12	Исследование проб инструментальным нейтронно-активационным анализом	Науч. руководитель, магистр
<i>Камеральный этап</i>	13	Сбор информации об исследуемой территории	Магистр
	14	Камеральная обработка результатов	Магистр
	15	Составление таблиц, графиков и схем	Магистр
	16	Систематизация данных	Магистр
	17	Оформление результатов	Магистр

Таблица 24 – Календарный план график проведения работы

Наименование этапа	Т, дней	2021				2022								2023									
		Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	
Утверждение темы магистерской диссертации	50																						
Согласование плана работ	40																						
Литературный обзор	180																						
Пешие проходимые маршруты. Отбор проб.	1																						

5.4 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;
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, необходимых для выполнения работ по данной теме (таб. 25).

Таблица 25 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество, шт	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Тетрадь	1	40,0	40,0
Клейкие листы	50	2,0	100,0
Ручка шариковая	4	30,0	120,0
Полиэтиленовые пакеты	30	5,0	150,0
Маркер	1	60,0	60,0
Спирт этиловый	1	150,0	150,0
Вата медицинская	1	100,0	100,0
Зип- пакеты	30	3,0	90,0
Перчатки одноразовые	10	10,0	100,0
Конические колбы 250 мл	30	350,0	10500,0
Конические колбы 1000 мл	5	800,0	4000,0
Стеклянные палочки	30	50,0	1500,0
Кружка форфоровая	3	300,0	900,0

Бюретка вместимостью 50 мл	2	400,0	800,0
Фильтры обеззоленные	100	2,0	200,0
Мерный цилиндр 10 мл	2	150,0	300,0
Мерный цилиндр 50 мл	1	250,0	250,0
Мерный цилиндр 100 мл	1	345,0	345,0
Бюретка 10 мл	3	250,0	750,0
Штатив для пробирок	2	800,0	1600,0
Пробирки стеклянные термостойкие 50 мл	20	200,0	4000,0
Аммоний-железо (II) сернокислый (соль Мора)	1	740,0	740,0
Калия гидроокись	1	1050,0	1050,0
Калий двухромовокислый	1	500,0	500,0
Калий марганцовокислый, стандарт-титр для приготовления раствора	1	850,0	850,0
Натрий сернистокислый	1	150,0	150,0
Кислота серная концентрированная	1	1000,0	1000,0
Всего за материалы		30345,00	
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			910,35
Итого по статье			31255,35

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР, а стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного научного проекта и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в виде амортизационных отчислений. (таб. 26).

Таблица 26 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Годовая норма амортизации, %	Годовая сумма амортизационных исчислений, руб.
1	Компьютер (НР)	1	50000,0	12,5	6250,0
2	Программное обеспечение MicrosoftOffice	1	5990,0	12,5	748,75

3	Программное обеспечение Statistica	1	20000	12,5	2500
4	Программное обеспечение Statistica 10.0	1	20000	12,5	2500
5	Электронные весы	1	25000,0	12,5	3125
6	Исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т	1	1000000	12,5	125000
7	Ртутный газоанализатор РА 915+	1	100000	12,5	12500
8	Фотоэлектроколориметр КФК-3-01 ЗОМЗ	1	154613,0	12,5	19326,63
9	Водяная баня	1	14500,0	12,5	1812,50
Итого, руб.:					173762,875

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 27.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

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 исполнителя. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 27.

Таблица 27 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	99	99
- выходные дни	14	14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	24	24
- отпуск	14	14
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	212	212

Месячный должностной оклад работника:

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

$Z_{\text{б}}$ – 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 Томска).

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

$$Z_m = Z_b \cdot K_p, \text{ где}$$

Z_b – базовый оклад, руб.;

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

Согласно информации сайта Томского политехнического университета, должностной оклад (ППС) доцента кандидата наук в 2023 году без учета РК составил 33664 руб. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 28.

Таблица 28 – 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	33664	1	0,02	1,3	44638,46	2374,4	212	497318,7
Магистрант	3371	-	-	1,3	4469,95	236,15	212	50063,4

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:

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

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

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

В таблице 16 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 16 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	497318,7	50063,4
Дополнительная зарплата	49731,8	5006,3
Итого по статье С _{зп}	547050,5	55069,7

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

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

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

Стипендиальный выплаты студентам, магистрам и аспирантам не облагаются налогом.

Отчисления на социальные нужды руководителя и исполнителя составляют соответственно:

$$C_{\text{внеб(руководитель)}} = 0,3 \cdot 547050,5 = 164115,1 \text{ рублей};$$

$$C_{\text{внеб(исполнитель)}} = 0,3 \cdot 55069,7 = 16520,9 \text{ рублей.}$$

$$C_{\text{внеб(общее)}} = 164115,1 + 16520,9 = 180636 \text{ рублей.}$$

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 60212,0 руб.

Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями.

На эту статью расходов в данном проекте относится использование Internet. Величина этих расходов определялась по договорным условиям и составляет 3600 руб.

Накладные расходы. Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

$$C_{\text{накл(руководитель)}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot (497318,7 + 49731,8) = 437640,4$$

$$C_{\text{накл(исполнитель)}} = 0,8 \cdot (50063,4 + 5006,3) = 44055,8$$

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

Таким образом, затраты проекта составляют 1479869,3, которые приведены в таблице 29.

Таблица 29 – 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	Дополнительная 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	31255,35	173762,88	547382,10	54738,10	180636,00	60212,00	-	-	481696,20	<u>1529682,63</u>
Аналог	40000,00	200000,00	765347,60	76534,70	259732,10	84188,20	250000,00	-	673505,60	2432802,40

5.4.1 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура настоящего проекта представлена на рисунке 33.



Рисунок 33 – Организационная структура проекта

5.4.2 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таб. 30).

Таблица 30 – 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

5.4.3 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 31.

Таблица 31 – 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	Погрешность расчетов	3	5	Средний	Пересчет, проверка	Невнимательность
3	Отсутствие интереса к результатам исследования	2	5	Низкий	Привлечение предприятий, публикация результатов	Отсутствие результатов исследования
4	Выход из строя аналитического оборудования	2	5	Низкий	Привлечение сторонних организаций для проведения анализов	Неправильная эксплуатация оборудования

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

5.5.1 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 32. При расчете рентабельность проекта составляла **20-25 %**, норма амортизации - 10 %.

$Ag = Cперв \cdot Na / 100$, себестоимость = **1529682,63**

Выручка = себестоимость $\cdot 1,25 = 1912103,29$ рублей.

Таблица 32 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	1912103,29	1912103,29	1912103,29	1912103,29
2	Итого приток, руб.	0	1912103,29	1912103,29	1912103,29	1912103,29
3	Инвестиционные издержки, руб.	- 1529682,63	0	0	0	0

4	Операционные затраты, руб. (35% от бюджета)	0	669236,15	669236,15	669236,15	669236,15
5	Налогооблагаемая прибыль (1-4)	0	1242867,14	1242867,14	1242867,14	1242867,14
6	Налоги 20 %, руб.	0	248573,43	248573,43	248573,43	248573,43
8	Чистая прибыль, руб.(5-6)	0	994293,71	994293,71	994293,71	994293,71
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.(чистая прибыль+амортизация)	- 1529682,63	1147262,01	1147262,01	1147262,01	1147262,01
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)	- 1529682,63	955669,25	796199,84	663117,44	552980,30
12	Σ ЧДД		2967966,83 руб.			
12	Итого NPV, руб.		1438284,19			

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 1390511,2 рублей, что позволяет судить об его эффективности, так как выполняется условие $x > NPV$.

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:

$$PI = \frac{2967966,83}{1529682,63} = 1,94$$

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 33 и на рисунке 34.

Таблица 33 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-1529682,63	1147262,01	1147262,01	1147262,01	1147262,01	
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	-1529682,63	1042861	947638,4	861593,8	783580,0	2105991,0
	0,2	-1529682,63	955669,3	796199,8	663117,4	552980,3	1438284,0
	0,3	-1529682,63	882244,5	679179,1	522004,2	401541,7	955286,9

	0,4	-1529682,63	819145,1	585103,6	417603,4	298288,1	590457,6
	0,5	-1529682,63	765223,8	509384,3	338442,3	227157,9	310525,7
	0,6	-1529682,63	717038,8	447432,2	279931,9	175531,1	90251,37
	0,7	-1529682,63	674590,1	384332,8	232894,2	128493,3	-109372,2
	0,8	-1529682,63	637877,7	354504,0	196181,8	108989,9	-232129,2
	0,9	-1529682,63	603459,8	317791,6	167500,3	88339,17	-352591,8
	1,0	-1529682,63	573631,0	286815,5	143407,8	71130,24	2105991,0

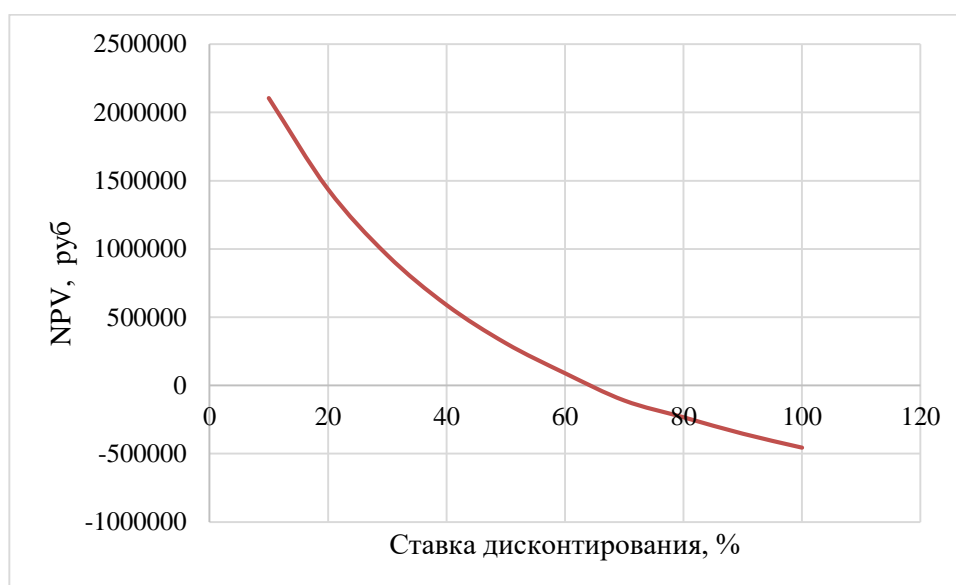


Рисунок 34 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

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 (таб. 34).

Таблица 34 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i = 0,20$), руб.	- 1529682,63	955669,3	796199,8	663117,4	552980,3
2	То же нарастающим итогом, руб.	- 1529682,63	- 574013,33	222186,17	885303,57	1438283,87
3	Дисконтированный срок окупаемости	$DRR_{дск} = 1 + (574013,33 / 796199,8) = 1,72$ 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 (таб. 35).

Таблица 35 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Отсутствие информации об элементном составе аллювиальных почв нижнего бассейна реки Кисловка	Впервые получены данные об элементном составе аллювиальных почв нижнего бассейна реки Кисловка
Нехватка обширных и достоверных данных по содержанию элементов-загрязнителей в аллювиальных почвах	Получены данные по содержанию элементов-загрязнителей в аллювиальных почвах

5.5.2 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 размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (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 форме таблицы (таб. 35).

Таблица 36 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Выход (продукта)	0,20	5	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	3	3
3. Надежность	0,15	4	4	4
4. Безопасность	0,15	4	3	4
5. Простота эксплуатации	0,15	5	4	5
6. Возможность автоматизации данных	0,20	5	4	5
Итого	1	28	23	25

$$I_m^p = 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,7$$

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

$$I_2^A = 4 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,2$$

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

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

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

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

где: $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта;

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

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

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 37.

Таблица 37 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,18	0,16	0,16
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,50	3,85	4,00
3	Интегральный показатель эффективности	23,12	22,83	23,03
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,02	1,01	1,0

Выводы: Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость, (NPV), равная 1438283,87 руб.; индекс доходности $PI=1,94$, внутренняя ставка доходности $IRR=65\%$, срок окупаемости $PP_{\text{дск}}=1,72$ года.

Таким образом мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и удовлетворительным сроком окупаемости.

6. Социальная ответственность при проведении эколого-геохимической оценки почв нижней части бассейна реки Кисловка (Томская область)

В ходе научно-исследовательской работы выполнения магистерской работы были отобраны пробы почвы на территории нижней части бассейна реки Кисловка (Томская область). Все анализы проб почвы проводились в 20 корпусе Томского политехнического университета. Научно-исследовательская работа включает в себя отбор проб почвы, анализы проб (метод Тюрина, атомно-абсорбционный анализ, ИНАА) и обработку результатов. На территории нижней части бассейна реки Кисловка Томской области было отобрано 10 проб аллювиальных почв.

Потенциальным пользователем может быть Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, которому информация может понадобиться для наблюдения за состоянием окружающей среды Томского района Томской области, а также исследователи в области темы выполнения работы.

Цель данного раздела заключается в том, чтобы описать правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при полевом этапе, лабораторном этапе и обработке данных с помощью персонального компьютера, а также в анализе вредных и опасных факторов, которые возникают при данных видах деятельности, и разработке мер по защите в чрезвычайных ситуациях и характеристике влияния рассматриваемого вида деятельности на экологию.

Рабочее место располагается в Учебном корпусе №20 Научного Исследовательского Томского Политехнического университета на 4 этаже. Лаборатория имеет как естественное, так и искусственное освещение. Длина помещения 8 м, ширина 4 м. Помещение предназначено для работы с исследуемыми образцами проб и подготовки к отправке на аналитические исследования. Кабинет оснащён искусственной вентиляцией, аналитическими весами, электрической плитой, муфельной печью,

сушильными шкафами и рабочими местами. Подготовка проб проходила в соответствии с нормативными документами, после чего они были доставлены в лабораторию.

Выполнение данной выпускной квалификационной работы осуществлялось с помощью специализированного программного обеспечения. Для обработки статистических параметров использовались «Microsoft Excel» и «Statistica 10.0».

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно статье 36 Конституции Российской Федерации каждый человек имеет право выбирать род деятельности, а также каждый имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены, на вознаграждение за труд без какой бы то ни было дискриминации и не ниже установленного федеральным законом минимального размера оплаты труда, а также право на защиту от безработицы. А также «каждый имеет право на отдых. Работающему по трудовому договору гарантируются установленные федеральным законом продолжительность рабочего времени, выходные и праздничные дни, оплачиваемый ежегодный отпуск» [9].

Трудовым кодексом РФ регулируются трудовые отношения между работником и работодателем. Трудовым Кодексом РФ устанавливаются правила трудового законодательства: права и обязанности работников; вопросы охраны труда; трудоустройство; профподготовки и повышения квалификации; права и обязанности работодателя; оплата труда; нормирование труда.

В статье 5 ФЗ №426 «О специальной оценке условий труда» закреплены права и обязанности работника в ходе проведения специальной оценки условий труда [6].

ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» устанавливает требование об отсутствии вредного воздействия на человека на рабочем месте [2].

Организационные мероприятия по обеспечению безопасности на рабочем месте регулируются санитарными правилами и нормами СанПин 1.2.3685-21, где содержатся сведения о нормативных показателях площади помещения, параметров мебели и электронных средств обучения, о коэффициенте отражения на месте выполнения исследовательских задач в рамках выпускной квалификационной работы магистра [3].

Также в статье 91 Трудового кодекса Российской Федерации регулируется продолжительность рабочего времени. «Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю» [19].

Подготовка выпускной квалификационной работы включала полевой этап исследования местности и отбора проб, лабораторный этап, состоящий из подготовки проб донных отложений к лабораторному анализу. Пробоподготовка и анализ проводились в лабораториях МИНОЦ «Урановая геология» Томского политехнического университета. Концентрация органического углерода определялась по методу Тюрина в химической лаборатории №437 Учебного корпуса №20 Томского политехнического университета. Концентрации ртути определялись на анализаторе РА915+ с приставкой «ПИРО-915+» методом атомной абсорбции. Был проведен инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА) для определения химического состава проб. На камеральном этапе работ осуществлялась обработка результатов анализов проб, их систематизация; расчет статистических параметров; оформление итоговых данных в виде таблиц, диаграмм, графиков, рисунков, а также набор текста на персональном компьютере (ПЭВМ).

Отбор проб проводится в теплое время года и регулируется ГОСТ Р 53091 – 2008 (ИСО 10381 -3: 2001) Качество почвы. Отбор проб. Часть 3. Руководство по безопасности, в котором указаны подготовка к работе, опасности при отборе проб, правила техники безопасности [3].

Пробы отбираются строго в пределах выбранной пробной площади с помощью специализированного оборудования. Лаборант при проведении анализа обеспечивается средствами индивидуальной защиты в соответствии с действующими отраслевыми нормами. Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной и электробезопасности. Рабочая аудитория №437 располагается в учебном корпусе №20 на четвертом этаже, имеет искусственные источники освещения. В аудитории имеется 1 персональный компьютер. Площадь на одно рабочее место соответствует требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 к помещениям для работы ПВЭМ и составляет не менее 4,5 м². Еще одно рабочее место расположено в аудитории 529 на пятом этаже здания. Помещение имеет искусственное освещение, площадь на одно рабочее место также оставляет не менее 4,5 м².

Большая часть работы выполнялась сидя, рабочее место регламентировалось исходя из правовых документов ГОСТ 12.2.032-78 [4]. Магистранту так же был предоставлен эргономический стул, подходящий под общие требования ГОСТ 21889-76 [5]:

- Плавная регулировка с шагом 15 мм;
- Надежная фиксация в заданном положении;
- Конструкция кресла не затрудняла рабочих действий.

Для выполнения некоторых задач положение студента регламентировалось ГОСТ 12.2.033-78 [6]. Конструкция, взаимное расположение элементов рабочего места соответствовали антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

Во избежание влияния на здоровье человека вредных факторов производственной среды при работе с персональной электро-вычислительной машиной СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 установлены следующие требования: оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами (жалюзи, занавеси, внешние козырьки и др.); влажная уборка проводится

ежедневно, систематическое проветривание – после каждого часа работы на ЭВМ; рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева; искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения; расстояние между рабочими столами с видеомониторами должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м; Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм; конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования; рабочий стул (кресло) должен быть подъемноповоротным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки [42].

Все этапы пробоподготовки проводились в аналитической лаборатории во избежание несчастных случаев, в соответствии с ПНД Ф 12.13.1-03 [7], были выполнены правила безопасной работы в химической лаборатории, включая правила пожарной безопасности и электробезопасности, а также проведён инструктаж о способах оказания первой помощи. Инструктаж проводился дважды в год, лицом, ответственным за безопасность в данной лаборатории.

Работа в лаборатории регулируется ПНДФ 12.12.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения). Перед началом работы в химической лаборатории необходимо прохождение инструктажа. При работе в химической лаборатории необходимо надевать хлопчатобумажный халат, также при работе с ядовитыми или едкими веществами применяются средства индивидуальной защиты. При работе в лаборатории также необходимо соблюдать правила пожарной безопасности и электробезопасности [13].

При выполнении данной магистерской работы большая ее часть была выполнена с использованием компьютера, в связи с чем необходимо рассмотреть требования безопасности в области эксплуатации персонального компьютера.

Для предотвращения головных болей, головокружения, нарушения сна и подавленности эмоционального состояния на протяжении всей работы проводилась проверка шумового воздействия, так как превышение установленных нормативами показаний может привести как ухудшению слуха или его потере.

Допустимые уровни звукового давления и уровней звука, создаваемых ПК, представлены в таблице 2.

Таблица 38 – Допустимые значения СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПК [9]

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука в дБ
31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	
86 дБ	71 дБ	61 дБ	54 дБ	49 дБ	45 дБ	42 дБ	40 дБ	38 дБ	

Измерение уровня звука и уровней звукового давления проводится на расстоянии 50 см от поверхности оборудования и на высоте расположения источника(ков) звука.

Помимо всего вышеперечисленного, период работы строго регламентировался Трудовым кодексом Российской Федерации N 197-ФЗ, с перерывами на обед не менее чем на 30 минут. После каждого часа, проведенного за компьютером, были произведены перерывы на 10-15 минут для снятия усталости с глаз. Ежедневная работа не составляла более чем 12 часов в сутки.

6.2 Производственная безопасность

В данной части будут рассмотрены и проанализированы вредные и опасные факторы производственной деятельности, которые возникают на всех этапах работы. К основным вредным и опасным факторам при проведении научно-исследовательской работы относятся: -отклонение показателей микроклимата; -электрический ток; - тяжесть и напряжённость работы; - недостаточная освещённость рабочей зоны; -электромагнитные излучения; -электрический ток; - пожарная опасность.

Таблица 39 – Возможные опасные и вредные факторы на лабораторном этапе работ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) [5]	Этапы работы			Нормативные документы
	Полевой этап	Лабораторный этап	Камеральный этап	
Вредные факторы				
1. Отклонение показателей погодных условий на открытом воздухе	+	-	-	Р 2.2.2006-05[14]
2. Отклонение показателей микроклимата в помещении	-	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 [17] Р 2.2.2006-05 [14] ГОСТ30494—2011[2]
3. Тяжесть и напряженность физического труда, монотонность работы	+	+	+	Р 2.2.2006-05[14]
4. Недостаточная освещённость рабочей зоны	-	+	+	СНиП 23-05-95 [18] ГОСТ Р 55710-2013 [4] ГОСТ 12.0.003-2015[5] ГОСТ 12.4.011-89[6]
5. Превышение уровней электромагнитных излучений	-	+	+	СанПиН 2.2.2.542-96 [15] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[16]
6. Электрический ток	-	+	+	ГОСТ 12.1.030-81 [7] ГОСТ 12.1.038-82 [8] ГОСТ 12.1.019-2017 [9]
7. Пожарная безопасность	-	+	+	НПБ 105-03 [12] ГОСТ 12.4.009-83 [10] ГОСТ 12.1.004-91 [11]

6.2.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

По ГОСТу 12.0.003-2015 вредными производственными факторами (ВПФ) – факторы, приводящие к заболеванию, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания [5]

Отклонение показателей погодных условий на открытом воздухе

Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на организм и самочувствие человека. Неблагоприятные метеорологические условия приводят к быстрой утомляемости, повышают заболеваемость и снижают производительность труда. Средняя температура сентября 12,8⁰С. Профилактика воздействия факторов микроклимата при проведении полевых работ на здоровье человека заключается в том, что необходимо выбирать одежду по погодным условиям для того, чтобы избежать переохлаждение или нагревание человека, а также при себе в аптечке обязательно должны быть противовоспалительные и обезболивающие средства.

Отклонение показателей микроклимата в помещении

Микроклиматические параметры оказывают значительное влияние как на функциональную деятельность человека, его самочувствие и здоровье, так и надежность работы ЭВМ. Их отклонение может негативно отражаться на организме, становясь причиной пересыхания и растрескивания кожи и слизистой, а также последующего заражения болезнетворными микроорганизмами, и общей работоспособности организма. В помещениях на микроклимат больше всего влияют источники теплоты. К ним относятся вычислительное оборудование, микроволновая печь для разложения почв, приборы освещения (лампы накаливания, солнечная радиация).

Таблица 40 – Параметры микроклимата для лабораторий и учебных аудиторий [2]

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Теплый	Температура воздуха в	23-25 °С

	помещении	
	Относительная влажность	40-60%
	Скорость движения воздуха	0,1— 0,2м/с

Для регулирования микроклимата в помещениях используются увлажнители и осушители воздуха, вентиляторы и кондиционеры, а также отопление.

Тяжесть и напряженность физического труда, монотонность работы.

Работоспособность снижается при длительном и однообразном ее выполнении, а также тяжести труда. Показатели можно разделить на «объективные» и «субъективные». К объективным показателям работоспособности обычно относят: а) изменения количественных и качественных показателей труда, б) изменения функционального состояния нервной системы.

К субъективным показателям относят ощущения усталости, вялости, болезненные ощущения.

Профилактические меры представляют из себя перерывы каждые 2 часа 15 минутные. Также желательно стараться более 4 часов не заниматься одной и той же работой, необходимо менять занятие и обстановку, правильно нормировать нагрузки на организм в режиме труда.

Недостаточная освещённость

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, который может вызвать ослепленность или привести к быстрому утомлению и снижению работоспособности [5].

Свет влияет на физиологическое состояние человека, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность. При недостаточном освещении человек работает менее продуктивно, быстро устает, растет вероятность ошибочных действий, что может привести к травматизму.

Согласно ГОСТ 12.4.011-89 к средствам нормализации освещенности производственных помещений рабочих мест относятся: -источники света; - осветительные приборы; -световые проемы; -светозащитные устройства; - светофильтры; -защитные очки [6].

В связи с большим количеством электрических приборов и установок в лаборатории, необходимо обеспечить собственную безопасности при работе с приборами, связанными с электрическим током. Специальные нормативные документы регламентируют правила обращения и способы защиты от производственных травм.

Возникновение электротравм чаще всего обусловлено следующими обстоятельствами:

- случайным прикосновением к токоведущим частям, находящимся под напряжением
- неисправности защитных средств, посредством которых пострадавший прикасается к токоведущим частям
- отсутствия четкой и правильной маркировки электрооборудования
- самовольного снятия ограждений, переносных защитных заземлений

В связи с тем, что при выполнении исследовательских задач, исполнитель вынужден длительное время работать за компьютером, есть необходимость в том, чтобы дать характеристику допустимой величине напряженности электростатического поля, зависящего от времени воздействия. Таким образом, при полноценном рабочем дне исполнителя (8 часов), предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля будет составлять 20 кВ/м [2].

В течении периода по выполнению лабораторных работ может возникнуть пожар. Основными причинами его появления могут послужить:

- неисправность проводки и сбои в работе приборов и компьютерной технике

- халатность сотрудника при выполнении работ.

При возникновении пожара человек подвергается действию высоких температур, вдыханию едких и удушливых газов, влиянию задымленности.

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91.

Произведем расчет системы равномерного искусственного освещения для помещения, в котором происходила работа.

Размещение светильников в помещении определяется следующими параметрами:

1. H - высота помещения, которая составляет 4,5 м;
2. h_c – расстояние светильников от перекрытия, 0,5 м;
3. h_n – высота светильника над полом, 4 м;
4. h_{rp} – высота рабочей поверхности над полом, 1,2 м;
5. h – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью составляют 2,8 м;
6. L – расстояние между соседними светильниками или рядами;

Размещение светильников рассчитывается по формуле:

$$L = \lambda * h,$$

где λ – наивыгоднейшее расположение светильников, значение для светильников типа ГС, ЛЦ составляет 1,6. Следовательно L можно вычислить как отношение 2,5 к 1,6. $L=4$ м.

Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным $L/3$. Следовательно $l= 4/3=1,33$ м.

Количество рядов светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{B - \frac{2}{3}L}{L} + 1 = \frac{3 - \frac{2}{3}4}{4} + 1 = 1,085$$

где $n_{\text{ряд}}$ – количество рядов;

B – ширина помещения, м;

L – расстояние между рядами светильников, м.

Количество светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{св}} = \frac{A - \frac{2}{3}L}{l_{\text{св}} + 0,5} = \frac{10 - \frac{2}{3}4}{1 + 0,5} = 4,93$$

где $n_{\text{св}}$ – количество светильников в ряду;

A – длина помещения, м;

$l_{\text{св}}$ – длина светильника, м.

Общее количество светильников с люминесцентными лампами в помещении определяется по формуле:

$$N = n_{\text{ряд}} * n_{\text{св}} = 5,34$$

где N – общее количество светильников;

$n_{\text{ряд}}$ – количество рядов;

$n_{\text{св}}$ – количество светильников в ряду.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h} (A + B) = \frac{30}{2,8(10 + 3)} = 0,82$$

Значения коэффициента использования светового потока светильников для наиболее часто встречающихся сочетаний коэффициентов отражения и индексов помещения приведены в таблице 41.

Таблица 41 – Коэффициенты использования светового потока светильников с люминесцентными лампами

Тип светильника	ГС		
	ρ_n , %	30	50
ρ_c , %	10	30	50
i	Коэффициент использования, %		

0,7	29	31	34
0,8	32	33	37

Расчёт светового потока производится по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n * S * K_3 * Z}{N_l * \eta},$$

где E_n – нормативная освещённость по СП 52.13330.2016 [10], лк (в случае рабочего помещения – 150 лк, как для работ средней точности при продолжительности зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность более 70%);

S – площадь освещаемого помещения, м²;

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т. е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли (для помещений с малым выделением пыли – 1,5);

Z – коэффициент неравномерности освещения (для люминисцентных ламп – 1,1),

N_l – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока.

$$\Phi = \frac{150 * 30 * 1,5 * 1,1}{10 * 0,32} = 2320 \text{ лм.}$$

Рассчитав световой поток Φ , зная тип лампы, по таблице 42 выбирается ближайшая стандартная лампа.

Таблица 42 – Основные характеристики люминисцентных ламп

Мощность, Вт	Напряжение сети, В	Световой поток, лм			
		ЛД	ЛХБ	ЛБ	ЛТБ
20	127	880	1020	1060	1060
30	220	1650	1940	2020	2020
40	220	2300	2700	2800	2850

Далее определяется электрическая мощность всей осветительной системы по формуле:

$$P = N_{л} p_{л},$$

где $N_{л}$ – число ламп в помещении,

$p_{л}$ - мощность, Вт.

$$P = N_{л} p_{л} = 10 * 40 = 400 \text{Вт}$$

Далее выполняется проверка полученных значений с помощью формулы (7).

Если необходимый поток лампы будет выходить за пределы диапазона ($-10...+20$ %), то необходимо скорректировать число светильников либо высоту подвеса светильников.

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{л.станд} - \Phi_{л.расч}}{\Phi_{л.станд}} * 100\% \leq 20\%,$$

$$-10\% \leq -0,86\% \leq 20\%.$$

Неравенство верно.

В ходе расчёта общего искусственного освещения было установлено, что световой поток в рабочем помещении равняется 2320 лм, а номинальная электрическая мощность осветительной системы равна 400 Вт.

Превышение уровней электромагнитных излучений

Источниками электромагнитных полей на рабочем месте могут быть: монитор; системный блок ПК, электрооборудование. Переменное электромагнитное поле имеет электрическую и магнитную составляющие, поэтому контроль проводится отдельно по двум показателям: напряженность электрического поля (E), в В/м (Вольт-на-метр); индукция магнитного поля (B), в нТл (наноТесла).

Измерение и оценка этих параметров выполняются в двух частотных диапазонах: диапазон № I (от 5 Гц до 2 кГц); диапазон № II (от 2 кГц до 400 кГц).

Электростатическое поле характеризуется напряженностью электростатического поля (E), в кВ/м (килоВольт-на-метр).

Таблица 43 – Санитарные нормы параметров электромагнитных полей на рабочих местах [16]

Параметр	Частота	Санитарная норма
Фоновый уровень индукции магнитного поля промышленной частоты (В)	50 Гц	5 мкТл
Фоновый уровень напряжённости электрического поля (Е)	50 Гц	500 В/м
Напряжённость электрического поля (Е)	5Гц – 2кГц	25 В/м
	2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Напряжённость электростатического поля (Е)	0 Гц	15 кВ/м
Индукция магнитного поля (В)	5Гц – 2кГц	250 нТл
	2 кГц – 400 кГц	25 нТл

При постоянной не защищенной работе с ПК происходит воздействие на нервную систему, ухудшается зрение и падает иммунитет.

Для защиты организма от негативного воздействия электромагнитного излучения, необходимо сократить время пребывания в зоне излучения, так же при работе с ПК необходимы защитные экраны, которые помогают существенно снизить негативное воздействие.

6.2.2 Анализ опасных производственных факторов и мероприятий по их устранению *Электрический ток*

При полевых работах на открытой местности при некоторых условиях человек может подвергаться опасности воздействия электрического тока. Проходя около опоры линии электропередачи, человек может попасть под шаговое напряжение и подвергнуться действию тока, проходящего через ноги. Находясь под проводами линии высокого напряжения, человек может оказаться под опасным воздействием электрического поля. При грозе появляется повышенная опасность поражения атмосферным электричеством и прямым ударом молнии. При этом происходит потеря сознания, остановка или резкое угнетение самостоятельного дыхания, часто аритмичный пульс, расширение зрачков.

Элементарными средствами защиты от электрического тока, который проходит по проводам – это избежание маршрутов отбора проб под ними.

Электрические установки (компьютер, принтер, оборудование для анализа проб, сканер, настольные лампы, розетки, провода и др.) представляют для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании. Проходя через организм человека, электрический ток оказывает: термическое действие; электролитическое действие; биологическое действие.

Поражение электрическим током или электрической дугой может произойти в случае, если произошло прикосновение к токоведущим частям установки или ошибочным действием выполнения работ или прикосновением к двум точкам земли, имеющим разные потенциалы и др. Опасным напряжением для человека, является 42 В, а опасным током - 0,01 А. По опасности поражения электрическим током помещения с ЭВМ и лаборатория относятся к категории без повышенной опасности. В этих помещениях отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность (высокая влажность и температура, токопроводящая пыль и полы, химически активная или органическая среда, разрушающая изоляцию и токоведущие части электрооборудования). К работе с электроустановками должны допускаться лица, прошедшие инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью и выполняемой работой. Перед началом работы на электроприборе рабочий персонал должен убедиться в исправности оборудования, проверить наличие заземления, при работе с электроустановками необходимо на пол постелить изолирующий коврик[9] Защита от электрического тока подразделяется: -защита от прикосновения к токоведущим частям электроустановок (изоляция проводов, ограждения, блокировка, пониженные напряжения, сигнализация, знаки безопасности и плакаты); -защиты от поражения электрическим током на электроустановке

(защитное заземление, защитное отключение, молниезащита). Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [16], помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

Не следует размещать рабочие места с ЭВМ вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ЭВМ. Во избежание несчастных случаев от действия электрического тока применяются основные правила безопасного пользования электроэнергией:

1. не устраиваются временные электропроводки;
2. не пользуются самодельными электронагревательными приборами, инструментом;
3. постоянно следят за исправным состоянием электропроводки, распределительных щитков, выключателей, ламповых патронов, а также шнуров, при помощи которых электроприборы включаются в электросеть;
4. замену ламп производят только при отключении выключателя.

Одним из распространенных средств защиты от статического электричества является уменьшение генерации электростатических зарядов или их отвод с наэлектризованного материала, что достигается:

- 1) заземлением металлических и электропроводных элементов оборудования;
- 2) увеличением поверхностей и объемной проводимости диэлектриков;
- 3) установкой нейтрализаторов статического электричества.

Более эффективным средством защиты является увеличение влажности воздуха до 65%.

Пожароопасность

Возможные источники пожарной опасности: неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях, короткое замыкание. В современных ЭВМ очень высока плотность

размещения элементов электронных схем. При этом возможно оплавление изоляции соединительных проводов, их оголение и, как следствие, короткое замыкание, которое сопровождается искрением. В результате возникновения пожара или взрыва, человек подвергается воздействию токсичных продуктов горения, огня и лучистых потоков, дыма (воздействует на слизистые оболочки), недостаток кислорода, вызывающий ухудшение двигательной функции, ранение осколками, химические ожоги, отравления. Пожарная безопасность является важной составной частью безопасности, представляющая собой единый комплекс организационных и технических мероприятий по предупреждению пожаров и в лабораторных и камеральных условиях. Профилактические мероприятия: - выявление и устранение неполадок в сети, своевременный ремонт либо замена электрооборудования, скрытие электропроводки для уменьшения вероятности короткого замыкания; - в качестве первичных средств пожаротушения в помещении имеется углекислотный огнетушитель ОУ-8 [21]. В исследуемых помещениях обеспечены следующие средства противопожарной защиты: - план эвакуации людей при пожаре; - для отвода избыточной теплоты от ЭВМ служат системы вентиляции; - установлена система автоматической противопожарной сигнализации (датчики-сигнализаторы типа ДТП) [21]. Также необходимо прохождение инструктажа по технике безопасности. К средствам индивидуальной защиты при пожаре относят противогаз, огнезащитные накидки, пожарные костюмы, противогазоаэрозольный респиратор.

6.2.3 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя

Для улучшения микроклиматических показателей в помещении выполнения работ необходимо проводить влажную уборку на регулярной основе, систематическом проветривании помещения после часовой работы на компьютере, а также использовать батареи для установления оптимального температурного режима.

Для защиты от чрезмерного облучения, возникающего при работе с компьютером и дисплеем, проводятся мероприятия: для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы – при 8-часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы, а кроме того, дисплей должен быть установлен таким образом, чтобы от экрана до пользователя было не менее 50 см [15].

Для защиты исследователя от чрезмерного шумового воздействия требуется применять средства индивидуальной защиты – наушники и беруши.

Необходимо предусмотреть мероприятия для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям электрического оборудования: применение защитных оболочек, изоляция токоведущих частей оборудования, защитные ограждения и системы отключения.

6.3 Экологическая безопасность

При проведении пробоподготовки проб золото и серебросодержащих руд, горных пород, продуктов их обогащения и переработки (разваривание) используются токсичные реагенты, которые представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким относятся:

- соляная кислота (может привести к удушью, ожогам слизистой и кожи);
- азотная кислота (поражает дыхательные пути, вызывая отек и пневмонию);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу).

Поэтому при проведении анализов необходимо использовать СИЗы, такие как перчатки, респиратор, халат резиновый, очки защитные, спец-одежду для предотвращения попадания кислоты на кожу, а впоследствии ожогов и так же обезопасить себя от вдыхания паров кислот и щелочей.

После проведения анализов необходимо специальным методом утилизировать растворы, содержащие кислоту. Для этого необходимо

нейтрализовать все разваренные пробы в небольшой ёмкости с добавлением кальцинированной соды. И только после этого провести утилизацию, без угрозы окружающей среде. Таким методом нейтрализации кислотных и щелочных растворов воздействие на сточные воды сводится к минимуму.

К твёрдым отходам в пробирно-аналитической лаборатории относятся ткань фильтрованная из полимерных волокон при очистке воздуха отработанная, полиэтиленовая и полипропиленовая тары незагрязнённая, полиэтилен, лом из изделий стекла, упаковочный картон. Снижения количества образования отходов на предприятии происходит за счёт их сортировки и передачи их на переработку. Так же используются пустые горные породы для нужд предприятия, например, отсыпка производственных площадок, технологических дорог.

Кроме этого, есть выбросы загрязняющих веществ атмосферу, к ним относятся выбросы пыли при дроблении руды, выбросы паров щелочей и кислот при проведении исследований проб руды. Согласно ГОСТ Р 56929-2016 диапазон допустимой концентрации пыли в мг/м от 0,2 до 100 мг/м. Выбросы пыли не превышают данный диапазон. Для снижения количества выбросов парниковых газов в атмосферу производится экономия расхода дизельного топлива, бензина и угля. Дополнительно эксплуатируется солнечная электростанция мощностью 2500 кВт. для снижения удельных выбросов парниковых газов.

Еще стоит упомянуть оборудование и компьютеры, так как в них огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды. К таким веществам относятся: свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему); ртуть (поражает мозг и нервную систему); никель и цинк (могут вызывать дерматит); щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу).

Поэтому списанное оборудование и компьютеры необходимо утилизировать специальными комплексными методами. В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- металлические части переплавляются для последующего производства;

- неметаллические части оборудования и компьютеров подвергаются специально переработке.

- копир-порошок упаковать в отдельную упаковку, точно также, как и все проклассифицированные и измельченные компоненты оргтехники, и после накопления на складе транспортных количеств отправить предприятиям и фирмам, специализирующимся по переработке отдельных видов материалов.

Люминесцентные лампы утилизируют следующим образом. Не работающие лампы немедленно после удаления из светильника должны быть упакованы в картонную коробку, бумагу или тонкий мягкий картон, предохраняющий лампы от взаимного соприкосновения и случайного механического повреждения. После накопления ламп объемом в 1 транспортную единицу их сдают на переработку на соответствующее предприятие. Недопустимо выбрасывать отработанные энергосберегающие лампы вместе с обычным мусором, превращая его в ртутьсодержащие отходы, которые загрязняют ртутными парами.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 [47] ЧС – это обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Нередко, при определенных работах, в лабораториях возникает опасность пожара. При возникновении пожара основными вредными и опасными факторами воздействия на здоровье и жизнь людей являются задымленность и высокие температуры.

В целях предотвращения распространения пожара используются меры по ограничению площади, интенсивности и продолжительности горения. Рабочее помещение, где проводятся лабораторные и камеральные работы, имеет категорию Ф4.2 пожароопасности [19], соответствует требованиям пожарной безопасности [1] и имеет необходимые средства пожаротушения [2].

Основные источники возникновения пожара: неисправности в проводках, розетках, короткие замыкания, неработоспособное электрооборудование.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Меры по предупреждению и ликвидации ЧС: наличие пожарной сигнализации, углекислотных огнетушителей, нескольких эвакуационных выходов; проходы, коридоры и рабочие места не должны быть ничем загромождены.

Согласно ФЗ-123, НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении обеспечены следующие средства противопожарной защиты: «План эвакуации людей при пожаре»; памятка соблюдения правил техники пожарной безопасности; системы вентиляции для проветривания воздуха и отвода избыточной теплоты от газоанализатора; порошковые огнетушители (ОП-3 3 шт.); асбестовое полотно; песок; система автоматической противопожарной сигнализации.

Помещения, в которых производились лабораторные исследования и обработка данных, являются безопасными с точки зрения возникновения чрезвычайных ситуаций.

Вывод по разделу

В ходе написания данного раздела магистерской диссертации были рассмотрены и описаны правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при полевом, лабораторном и камеральном этапе. Проведен анализ вредных факторов таких как отклонение показателей погодных условий на открытом воздухе и показателей микроклимата в помещении, тяжесть и напряженность физического труда, монотонность работы, недостаточная освещенность рабочей зоны, а также превышение уровней электромагнитных излучений. Проведен анализ опасных факторов: электрический ток и пожарная опасность.

Потенциальными сценариями эти сценарии считаются лишь в случае, если не будут соблюдаться прописанные нормы и стандарты поведения в рабочих условиях.

Помещение, расположенная в Учебном корпусе №20 Научного Исследовательского Томского Политехнического университета на 4 этаже, относится к III классу (мало опасные). Группа персонала, которая отвечает за электробезопасность согласно Правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок относится к I классу (неэлектротехнический персонал). Категория тяжести труда по СанПиН 1.2.3685-21 [20] – Ia (энерготраты организма до 139 Вт).

Категория помещения по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 [21] – Д (пониженная пожароопасность). Категория рабочего места, как объекта, оказывающего значительное негативное воздействие на окружающую среду (НВОС) – IV (минимальное НВОС).

В ходе анализа были рассмотрены меры безопасности в случае возникновения непредвиденных чрезвычайных ситуаций, изучены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, а также обозначена экологическая безопасность методики исследования.

Для оповещения сотрудников корпуса о возникновении ЧС применяются противопожарные датчики-сигнализаторы. Для уменьшения распространения его влияния в помещениях учебного корпуса применяются средства пожаротушения – углекислотные огнетушители.

В целях обеспечения снижения уровня влияния вредных и опасных факторов на исследователя предлагается проводить периодическое проветривание и использование батарей для отопления помещения, выполнение перерывов для защиты зрительных органов и использование средств индивидуальной защиты для шумового воздействия.

Заключение

В Томской области располагается большое количество водных ресурсов, к таким относится малая река Кисловка, которая протекает в Томском район. Аллювиальные почвы нижней части бассейна реки Кисловка являются объектом исследования для изучения содержания органического углерода и способности удерживать органику и химические элементы, а также индикатором для изучения влияния природных и антропогенных факторов.

В работе определяли содержание углерода по разработанной методике метода Тюрина. Среднее содержание органического углерода составило 2,1 % или 2,13 г.

В соответствии с результатами содержания химических элементов на территории нижней части бассейна реки Кисловка можно говорить об их равномерном распределении. Содержание практически всех элементов соответствует нормальному распределению, т.к. показатели T_a и T_e не превышают пороговое значение, за исключением Ce, Nd, Hg.

Описательная статистика позволила построить гистограммы распределения химических элементов в пробах, а также представить диаграммы размаха, которые графически подтверждают нормальность распределения. Диаграммы размаха и гистограммы показали различия дисперсий выборок лишь для некоторых элементов, среди которых наибольшие различия наблюдаются у ртути, неодима, цезия.

Корреляционный анализ методом линейного коэффициента корреляции r -Пирсона показывает множество ассоциативных связей между элементами. К таким элементам относятся: La, Hf, Lu, Sc, Co, Yb, Fe, Th, C_{орг}, Cs, Na, Au, Ca, Hg, Zn при $r > 0,8$.

Коэффициент корреляции с органическим углеродом свыше 0,7 наблюдается у 8 элементов, таких как: Lu, Hf, Sc, Fe, Zn, Co, La, Hg, что говорит о высокой степени корреляции содержания данных элементов с концентрацией органического углерода.

С помощью регрессионного анализа рассчитали элементы- предикторы для уравнения регрессии органического углерода: Hg, Sm, Br, Ba, Th, Na, Cr, Cs. Парный регрессионный анализ показывает, что парной органический углерод и ртуть обладают парной корреляцией элементов.

С помощью кластерного анализа были определены группы элементов и построена дендрограмма корреляционной матрицы. Значимые корреляции располагаются ниже уровня 0,76. Геохимические спектры микроэлементов образуют разные следующие значимые микроассоциации химических элементов: Nd-Sr-Na; Ba-Rb; Tb-Eu-U; Br-C_{орг}-Co-Fe-Th-La-Hf-Yb-Sc-Lu; Cr-Ca; Ta-Ce; Sb-Hg-Zn; Cs-As-Sm.

Таким образом, в результате работы проведен статистический анализ проб почв, отобранных на территории нижней части бассейна реки Кисловка.

Список используемых источников

1. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа: учебное пособие / М. А. Иванова, М. В. Белоглазкина, И. В. Богомолова, Е. В. Федоренко. — Москва: РИОР, 2014. — 289 с.
2. Большая российская энциклопедия. [в 35 т.] / под ред. Ю. С. Осипов. — М.: Большая российская энциклопедия, 2004—2017. — 767 с.
3. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. — Москва, 2008. — 86 с.
4. Герасько Л.И., Пашнева Г.Е. Почвы Томского Приобья // Генезис и свойства почв Томского Приобья. — Томск: Издательство Томского университета, 1980. — С. 32-83.
5. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве
6. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
7. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности
8. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
9. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1)
10. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1)
11. ГОСТ 12.4.009-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание (с Изменением N 1)
12. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация
13. ГОСТ 26213-91 "Почвы. Методы определения органического вещества"
Дата введения: 29.12.1991 г. № 2389

14. ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки
15. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещении
16. ГОСТ Р 53091-2008 Качество почвы. Отбор проб. Часть 3. Руководство по безопасности
17. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений
18. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Томской области в 2017 году» / глав. ред. Ю. В. Лунева ;редкол. : Ю. В. Лунева, Н. А. Чатунова ; сост. Н. А. Чатунова ; Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». — Томск : Дельтаплан, 2018. — 158 с., ил.
19. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экологические функции почвы. – Москва: Издательство МГУ, 1986. – 138 с.
20. Долгова Л.А. Кредит [Электронный ресурс] // Википедия: Свободная энциклопедия. – URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/361915> (дата обращения:20.03.2023).
21. Евсеева Н.С. География Томской области (Природные условия и ресурсы). – Томск: Издательство Томского университета, 2001. – 223 с.
22. Законодательная Дума Томской области // Информационная система: Законодательная Дума Томской области. – URL: https://duma.tomsk.ru/content/tomsk_region#:~:text=Климат%20умеренно-континентальный%20циклический%2С%20отличается,Осадки%20—%20435%20мм (Дата обращения: 20.03.2023)
23. Зырин Н. Г. Распределение ртути по профилю почв равнинной части Северной Осетии / Н. Г. Зырин, Б. А. Звонарев, Л. К. Садовникова, Н. И. Воронова // Почвоведение. - 1981. - № 9. - С. 40–50.
24. Каракеян, В. И. Экологический мониторинг: учебник для вузов / Е. А. Севрюкова ; под общей редакцией В. И. Каракеяна. — Москва: Издательство

- Юрайт, 2022. — 397 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02491-3.
— Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. —
URL: <https://urait.ru/bcode/490089> (дата обращения: 22.05.2023).
25. Кисловка // Энциклопедия рыбалки и охоты Catcher.fish. — URL:
<https://catcher.fish/enciklopedia/vodoemy/sfo/kislovka/>. (Дата обращения:
20.03.2023)
26. Кошинский С. Д., Трифонова Л. И., Швер Ц. А. (1982). Климат Томска.
— Л.: Гидрометеиздат. 176 с.
27. Латыпова М.М. Методы и средства контроля качества окружающей
среды [Электронный ресурс]: учебное пособие / М.М. Латыпова. —
Электрон. Текстовые данные. — Белгород: Белгородский государственный
технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2017. — 121 с. —
2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/80424.html>
28. Латышенко К.П. Экологический мониторинг: учебник и практикум для
вузов / К. П. Латышенко. // 2-е изд., пер. и доп. — Электрон. дан. — Москва:
Юрайт, 2022. — 424 с. — (Высшее образование). —
URL: <https://urait.ru/bcode/489160>
29. Марчик Т.П., Ефремов А.Л. Почвоведение с основами растениеводства.
— Гродно: УО «ГГРУ», 2006. — 249 с.
30. Михальчук А.А., Е.Г. Языков Многомерный статистический анализ
эколого-геохимических измерений. Часть II. Компьютерный практикум.
Учебное пособие. - Томск: Изд. ТПУ, 2014.- 150 с.
31. Наумова Н.Б. К вопросу об определении содержания органического
углерода в почве / Почвы и окружающая среда. — 2018. — № 1(2). — С. 98–
103.
32. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных
установок по взрывопожарной и пожарной опасности
33. Парначев В.П., Парначев, С.В. Геология и полезные ископаемые
окрестностей города Томска: Справочное пособие. — Томск: Томский
государственный университет, 2010. — 144 с.

34. ПНДФ 12.12.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения)
35. Подробные планы реки Томи от г. Томска до ее устья по исследованиям, произведенным описной партией при Управлении Томского округа путей сообщения в 1896 г. под рук. инж. Стрижова. – СПб.: Издательство отдела статистики и картографии Министерства путей сообщения, 1906. – 22 л.
36. Полякова, Н.В. Органическое вещество аллювиальных почв разной степени гидроморфизма / Н.В. Полякова, М.Г. Лавринова, Е.Н. Володина. – Нижегородская ГСХА. –С.13-15.
37. Природные зоны России [Электронный ресурс] // GoToNature – URL: <https://gotonature.ru/1555-prirodnnye-zony-rossii.html> (дата обращения: 03.03.2023).
38. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
39. Савичев, О. Г. Методика эколога-геохимических исследований. Учебное пособие. Ч. 1. / О. Г. Савичев, Ю. Г. Копылова, Р. Ф. Зарубина [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/m012.pdf> (дата обращения: 13.03.2023). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.
40. СанПиН 2.2.2.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ
41. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" (с изменениями на 21 июня 2016 года
42. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений

43. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып.2. Геолого-экологические работы. (ВНИИ экон. минерального сырья и геологоразведочных работ (ВИЭМС). - М.: ВИЭМС, 1992. - с.
44. Сборник укрупненных сметных норм на геологоразведочные работы, выпуск 7 - "Лабораторные исследования полезных ископаемых и горных пород -). - М.: ВИЭМС, 1992. - с.
45. Сельское хозяйство: агрономия и земледелие. 2018. URL: <https://universityagro.ru/земледелие/органическое-вещество-почвы/> (дата обращения: 25.05.2023).
46. Серая Н. Ю., Кижнер Л. И. Многолетние изменения ветра в г. Томске. (2012). / В сб. Климатология и гляциология Сибири: материалы межд. научно-практической конф. Томск, 16–20 октября 2012 г. — Томск: Изд-во Томского ЦНТИ. С. 276—278.
47. Система обмена туристской информацией // Водные ресурсы, наличие рек, озер: Томская область – URL: <https://nbcrs.org/regions/tomskaya-oblast/vodnye-resursy-nalichie-rek-ozer> (дата обращения: 20.03.2023).
48. Система обмена туристской информацией // Водные ресурсы, наличие рек, озер: Томская область – URL: <https://nbcrs.org/regions/tomskaya-oblast/vodnye-resursy-nalichie-rek-ozer> (дата обращения: 20.03.2023).
49. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1
50. Собгайда, Н. А. Методы контроля качества окружающей среды: учебное пособие / Н. А. Собгайда. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2018. — 112 с. — Текст: электронный // Znanium.com : электронно-библиотечная система. — URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/937519> (дата обращения: 12.03.22. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.
51. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)

52. Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 N 426-ФЗ (последняя редакция)
53. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ (последняя редакция).
54. Химия окружающей среды и мониторинг окружающей среды: в 2 частях. Часть 1: учебное пособие (лабораторные работы по дисциплине для студентов 4-го курса экологического факультета, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 04.03.01 «Химия»). 2022. <https://e.lanbook.com/book/314657>
55. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метерология и климатология. — М.: Изд во МГУ, — 582 с.
56. Шоба С.А Национальный атлас почв Российской Федерации. — Астель, Москва, 2011. — 632 с. — Текст: электронный // Информационная система: Почвенно-географическая база данных России. – URL: <https://soil-db.ru/soilatlas/razdel-8-ispolzovanie-zemelnyh-resursov-i-pochv/8-2-regiony-rossiyskoi-federacii/tomskaya-oblast> (дата обращения: 20.03.2023).
57. Щепашенко Д.Г. и др. Запасы органического углерода в почвах России// Почвоведение. – 2013. – № 2. – С. 123–132.
58. Bolan N.S. Methods of Measurement of Dissolved Organic Carbon of Plant Origin in Soils, Manures, Sludges and Stream Water / S. Baskarin, S. Thigarajan / Modern Methods of Plant Analysis – 1999. – V. 20.
59. Chen Q. Soil Organic Carbon and Geochemical Characteristics on Different Rocks and Their Significance for Carbon Cycles / p. Zhang, Z. Hu, S. Li [et al.] // Front. Environ. Sci. – 2022.
60. Chenu C. Methods for studying soil organic matter: Nature, dynamics, spatial accessibility, and Interactions with minerals / C. Rumpel, J. Lehmann // Année. – 2015.
61. Ismail-Meyer K. Soil Organic / M. H. Stolt, D. L. Lindbo // Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. – 2018. – V. 17. – p. 471.

62. Liu J. Mercury and arsenic in the surface peat soils of the Changbai Mountains, northeastern China: distribution, environmental controls, sources, and ecological risk assessment / Z. Wang, H. Zhao, M. Peros [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2018.
63. Mercury in the Tapajos River basin, Brazilian Amazon: A review / B.J.J. Nevado [at al.]// Environment International. - 2010. - V. 36, №6. - P. 593-600.
64. NSW Government. 2018. URL: <https://www.environment.nsw.gov.au/topics/land-and-soil/soil-degradation/soil-carbon> (дата обращения: 25.05.2023).
65. Pausch, J., Kuzyakov, Y. Soil organic carbon decomposition from recently added and older sources estimated by $\delta^{13}\text{C}$ values of CO_2 and organic matter. / Soil Biol. Biochem. – 2012. – V. 55. – p. 40–47
66. Permaculture news. 2015. URL: <https://www.permaculturenews.org/2015/10/13/how-soil-and-carbon-are-related/> (дата обращения: 25.05.2023).
67. Roper W.R. Comparing Four Methods of Measuring Soil Organic Matter in North Carolina Soils / W.R. Robarge, D.L. Osmond [et al.] // Nutrient Management & Soil & Plant Analysis. – 2019.
68. Shamrikova E.V. Transferability between soil organic matter measurement methods for database harmonization / B.M. Kondratenok, E.A. Tumanova, E.V. Vanchikova [et al.] // Geoderma. – 2022. – №412. – p. 501.
69. Skyllberg U. Mercury transformations in wetland soils in relation to C, S and Fe biogeochemistry / U. Skyllberg // 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 1 – 6 August 2010, Brisbane, Australia. – 2010. - P. 44-47.
70. Stoops G.S. Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections/ M. Vepraskas, A.G. Jongmans // SSSA, Madison. – 2003.

Приложение А
(справочное)

Раздел 2
The role of organic carbon in soil

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Швалова Елизавета Викторовна		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

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

The soil is the main link of all terrestrial biocenoses and the Earth's biosphere as a whole, as well as one of the main natural resources.

The role and place of soil in the biosphere are predetermined by the fact that soil is a habitat and physical support for a significant number of organisms as well as a link and a regulator of biogeochemical cycles.

The soil is a depository medium for the products of technogenesis, therefore, the study of the soil cover to determine its qualitative and quantitative composition plays an important role in state estimation of the environment. The residence time of technogenic pollutants in the soil is longer than in other components of the biosphere; therefore, soil pollution has a steadily progressive character.

The soils are a combination of many microenvironments in which the components and physical and physical-chemical conditions (e.g. redox potential) can vary significantly between the microenvironments and average characteristics of the soil.

As a consequence, the traditional and pragmatic approach that predicting the properties and functions of the soil based on its average composition and characteristics is very limited.

Interest in organic carbon in the soil has been intensified all over the world due to a global problem, namely, the accumulation of carbon dioxide emissions in the components of natural environments. Carbon dioxide accumulates in water and the soils, thereby affecting the stocks of organic carbon. Soil organic carbon plays a major role in the global carbon cycle. The soil is the third largest reservoir of carbon on the Earth's surface after the ocean and geological basins. The amount of organic carbon stored in soil has a strong influence on carbon dioxide emissions to the atmosphere, and a small change in it can have a significant impact on the concentration of CO₂ in the atmosphere. Therefore, studying the composition of the soils and analyzing the accumulation and distribution of organic carbon in them is an relevant task at the moment.

2.1. The notion of soil organic matter

Soil organic matter means a set of organic substances in the form of humus, animal and plant residues in the soil, which is a number of complex chemical organic substances of biogenic origin [29].

Despite the fact that a number of dictionaries and scientific publications give rather similar definitions of organic carbon in the soils [29,45,62], the analysis of foreign and Russian literature of recent years shows a rather ambiguous interpretation of this notion.

Thus, Ismail-Mayer [61] notes that organic matter is universal for all the soils. The shape and distribution of soil organic matter depends on a number of processes that may act independently or jointly. Most of these processes are associated with the initial decomposition of accumulated plant residues by various representatives of the soil fauna and with the ongoing decomposition, transport and accumulation of by-products. Descriptions of the forms, distribution, and genesis of organic components in the soils can vary from fairly simple to extremely complex.

The author focuses on the descriptive system [68] for organic matter. According to this descriptive system, soil organic matter includes all organic matter derived from living organisms in the soils. Examples range from recently fallen leaves, roots, animal remains and droppings to carbon gel such as dopplerite or organic pigment [70].

The term "humus" refers to materials containing 60-80% of decomposed soil organic matter. Humus is rich in lignin and forms amorphous colloids. Of all the properties, horizons, and constituents of the soils studied with the microscope, soil organic matter, according to [61], is the most dynamic one. In an environment where microbes, fungi, and macroinvertebrates are very active (humid aerobic conditions during the warmest season), elements of soil organic matter such as fine roots can decompose within a few days [61].

The author of [60] defines soil organic matter as all organic materials found in the soil that are or have ever been a part of living organisms. This is a collection

of materials that are at various stages of transformation as a result of both abiotic and biotic processes.

Despite the low concentration of organic matter in the soil, it is of great qualitative importance. It contributes to the chemical fertility of the soil, being a reserve of nutrients released during mineralization (N, P, and S), and retains nutrient cations at its negative charges (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+}). Also, organic matter is the basis of soil biological activity, being a source of vitamin C and energy for heterotrophs, from microorganisms to all food chains. Taking into account the diversity of starting materials (i.e. different plants and plant tissues, microorganisms and animals) and the different stages of their decomposition, soil organic matter is an extremely complex mixture. The complexity of the notion of organic matter, which intrigued early chemists and soil scientists, led to attempts to divide it into several fractions using various approaches. Each approach gives different performances, which makes it even more difficult to understand. The soils are extremely heterogeneous materials and habitats due to the diversity of their mineral and organic constituents and their living inhabitants, their range of sizes from nanometer to meter, and the complex three-dimensional spatial arrangement of these constituents, which form a network of voids of various sizes, more or less water- and air-filled.

The author of [60] distinguishes two categories of methods that attempt to take into account the structural heterogeneity of the soil even at nanometer scale: fractionation methods that attempt to divide organic matter into meaningful subsets, and imaging methods that intend to observe organic matter in its habitat.

The author of the article [31] defines organic matter as a heterogeneous mixture of polydisperse substances that affect such soil properties as buffering capacity, bioavailabilities, provide ecosystem functions and services, and also determine the mobility and toxicity of microelements.

The definition of organic matter in [66] is consistent with the definition of Naumova N.B. [31]. However, the author means organic matter as a mixture of substances that are in the process of decomposition, from fresh plant remains to

highly decomposed materials called humus. Soil organic carbon levels are directly related to the amount of organic matter contained in the soil, and therefore soil organic carbon is often an indicator of soil organic matter content. Soil organic matter is formed through the interaction of a number of ecosystem processes, which include respiration, photosynthesis, and decomposition. Each of these processes affects soil organic carbon in a different way, where photosynthesis is the conversion of atmospheric carbon dioxide into plant biomass.

All these factors of respiration, decomposition and the photosynthesis rate are determined in a certain way by climatic factors, mainly by the level of moisture and temperature of the soil. In addition, soil sedimentation and erosion processes redistribute soil carbon according to landscape topography, where soil organic carbon is higher in low-lying areas compared to slopes.

These definitions presented in the work do not contradict the notion of "organic matter" according to Ismail-Mayer [61] and are consistent with it.

2.2. The relevance of determination of organic carbon

At the moment, the global problem of climate change is a concern in the world; it is associated with an increase in the amount of greenhouse gases. These include carbon dioxide. The main property of organic carbon in the soil is its participation in the organic carbon cycle.

However, the soil is involved not only in the removal of carbon from the atmosphere (the process of photosynthesis). At the same time, with the help of the soil, it is carried out the opposite process of returning previously bound carbon to the air. This return is carried out primarily in the course of the decomposition of organic matter, which is annually formed in the soil and enters its surface. There are data [19] that during aerobic decomposition, up to 60% of organic matter is accumulated by microorganisms, and 40% is released in the form of carbon dioxide. Thus, the planetary cycle of this element is carried out due to the removal and conservation of part of the carbon of the air and the opposite process of its

returning to the atmosphere, so the carbon influences the development and functioning of a number of the main shells of the Earth.

The exchange of carbon between the soil and the atmosphere is of great importance in the carbon cycle. A number of factors influence the differences that primarily exist between soil carbon and soil organic matter, which are affected by humans and agricultural systems. The loss of soil organic carbon has been caused by a number of human activities, such as, for example, the use of fire, which works by removing soil cover, resulting in immediate and ongoing loss of soil organic carbon. Tillage and drainage also expose soil organic matter to oxygen and oxidation. The lack of organic carbon in the soil leads to a decrease in microbial biomass and mineralization of nutrients due to a lack of energy sources. Deficit of soil organic carbon can lead to a decrease in the diversity of soil biota, causing the risk of imbalance in the food chain, and this leads to disturbance of the soil environment [66].

The normal development of the biosphere is possible only with a certain content of carbon dioxide. In the case of an excess of carbon dioxide, conditions arise that are close to those that take place on Venus. With a large deficiency of CO₂, photosynthesis is strongly suppressed and, in addition, the heat radiation of the Earth into outer space increases, since the greenhouse effect from the carbon dioxide of the atmosphere is removed.

Maintaining a certain CO₂ concentration in the atmosphere is one of the main conditions for the normal functioning of the biosphere. According to [68], the concentration of CO₂ in the atmosphere has a direct dependence on global temperature. Such evidence has been traced back over the past 500,000 years, but there is still intense debate about what the driving force is and what the consequences are.

Over the past 150-200 years, the concentration of carbon dioxide in the atmosphere began to steadily increase, which is also associated with industrialization processes. Therefore, it is critical to understand how increased

CO₂ concentration in the atmosphere will affect the processes in the soil, which is an essential part of every ecosystem.

Despite the continuous increase in the concentration of CO₂ in the atmosphere, the rate of this increase has noticeably stabilized over the past 3-4 years, which indicates the adaptation of the biosphere [68]. In this paper, considering the entire soil ecosystem (plants, soil microorganisms) and based on the classical Le Chatelier principle, it is hypothesized that an increase in the concentration of carbon dioxide in the atmosphere will lead to a maximum change. The authors suggest that an increase in the concentration of CO₂ in the atmosphere will lead to the intensification of processes in the soil with the main goal of overcoming nutrient deficiency. This general hypothesis can be refined by the fact that the mobilization of nutrients in the soil will be enhanced by abiotic processes, mainly chemical weathering, for example, the release of more acidic substances by roots and microorganisms, and biotic processes which are microbial cycling and extracellular enzyme activity that catalyzes the decomposition of organic matter in the soil and litter, thereby releasing nutrients.

All effects (including the influence of increased CO₂ concentration on the interaction of microorganisms with the soil and plants) can be direct or indirect. It is generally assumed that the direct effects are much stronger than the indirect ones. However, this does not always apply to the soils. To assess the direct impact of increased CO₂ concentrations on soil processes, atmospheric and soil CO₂ concentrations are compared. The concentration of CO₂ in the soil is usually one or two orders of magnitude higher [11] than in the atmosphere and it increases strongly with depth. In addition, the change in CO₂ concentration in the soil is much greater than the total concentration of CO₂ in the atmosphere. Therefore, a “small” increase in the concentration of CO₂ in the atmosphere will not even affect the CO₂ gradient between the soil and the atmosphere. An increased concentration of carbon dioxide will not directly affect any soil processes. The indirect impact on the soils plays an important role here. However, the study of indirect effects is

much more difficult, since they are based on various multilevel interactions between sets of elements, limiting factors, organisms, and flows.

Soil organic carbon concentrations are highly sensitive to human-induced changes, both directly in lakes and other watersheds, and indirectly through forest fires, logging, wetland drainage, acid rain, eutrophication and climate change. Soil organic matter controls a large number of important physical, chemical and biological processes in soil and water bodies. Thus, in [10], it is stated that increased concentrations of organic carbon in soils and brooks have a significant impact on water quality and the metabolism of water populations. Easily oxidized compounds in soil organic matter can act as chemical and biological compounds that reduce the oxygen concentration in aquifers.

Precipitation and temperature are the strongest influences on soil organic matter levels. Soil organic matter content is generally higher in more rainfall places. Soil organic matter tends to decompose faster in warmer soils. Thus, according to the author's data, throughout the catchment area of the boundary rivers the Gvidir levels of organic matter in the soil tend to decrease from east to west as the average precipitation decreases and average temperatures increase. Wet soils, including wetlands, contain more carbon than their drier counterparts.

More fertile soils tend to have higher organic matter content due to the greater amount of both living and dead organic matter (biomass) that can be produced. The soils with high clay content tend to retain more organic matter than sandy soils. For these reasons, basalt and clay soils in the catchment area of boundary rivers tend to contain more organic matter than sandy or granite soils. Soils have a limit on how much carbon can be taken up before they become carbon saturated, which is determined by their physical environment.

Soils at the bottom of slopes tend to contain higher levels of organic matter because these areas tend to be wetter and have higher clay content. Poorly drained areas also experience much lower rates of organic matter decomposition and, as a result, higher organic matter content. Soil aeration is inversely related to organic

carbon. For example, the soils with more oxygen are more likely to lose carbon in the form of carbon dioxide.

Therefore, factors that can influence potential soil carbon are environmental change, including current land management strategies, historical land use patterns, climate constraints, aeration, soil type, soil moisture and aeration, and topographic heterogeneity. These combined effects of changes in carbon input and loss lead to a change in the ability of carbon absorption in different landscapes [64].

Soil organic carbon plays an important role in soil physical fertility by increasing water retention, aggregating mineral particles and thus reducing soil erosion. Moreover, it plays an important role in the environment. Organic matter retains organic pollutants, heavy metals and radionuclides. Organic carbon plays the role of a catalyst for biological processes, contributes to the conservation of moisture and is an indicator of soil fertility. With an increased content of organic carbon, the soil is protected from erosion and wind degradation. Organic carbon in soil contributes to good soil structure by binding soil particles together into stable aggregates. Improved structure promotes aeration, water holding capacity, etc. Sufficient amount of carbon in the soil reduces the severity and cost of natural events (e.g. droughts, floods, and disease) and can increase agricultural production. By contributing to or protecting the soil, organic carbon in the soil contributes to agricultural production. Due to the large reserves of this substance, the vegetation cover develops more intensively and releases more oxygen, which accelerates biochemical processes. The decomposition of organic materials in the soil releases nutrients such as nitrogen, phosphorus, etc. [57].

According to the 2013 data, the total stocks of organic carbon in a one-meter soil layer on the territory of the Russian Federation are 317.1 Gt (or an average for the country's territory - 19.2 kg·C/m²), including 14.4 Gt (or 0.90 kg·C/m²) in litter [7].

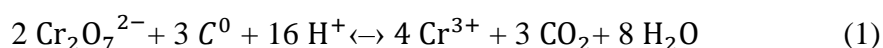
2.3. Methods for determination of organic carbon in soils

Soil organic matter provides many beneficial soil ecosystem functions for their sustainable development. However, the accuracy of determining organic carbon and comparing the results of various measurement methods is a topical question at present.

To carry out the analysis of samples, preliminary soil sample preparation is carried out. The quantitative analysis of organic matter is usually carried out in soil passed through a 2 mm sieve, thus excluding plant roots, litter, large plant debris or large fauna. The author of [67] claims that the conversion of organic carbon into the total content of this element occurs by multiplying the value by 1.72-2 times. These conversion factors are consistent with the fact that the organic carbon content generally ranges from 50% to 58% in general.

In [67], several methods for determination of organic carbon in soils are compared. One of the main methods for determination of organic matter is the Tyurin Method, founded in 1931. The method is based on the oxidation of soil organic matter with potassium dichromate in the presence of sulfuric acid. At the same time, trivalent chromium formed as a result of the reaction is equivalent to the content of organic carbon in the soil. The content of organic matter is calculated spectrophotometrically by determining the optical density of the solution obtained as a result of the reaction at a wavelength of 590 nm. Reference solutions in this method are solutions of Mohr's salts of various concentrations.

In Russia, the Tyurin method in laboratories is carried out in accordance with GOST 26213-91 dated July 1, 1993 [8]. The basic reaction equation for the determination of organic carbon by the Tyurin method:



A foreign analogue of the Tyurin method is the Walkley-Black method, which allows the titrimetrically and colorimetrically determination of the content of organic matter. In the titrimetric method of determination, in addition to the standard Tyurin reaction, phosphoric acid and an indicator in the form of o-phenanthroline or barium diphenylamine sulfonate are added to the solution. The

resulting solution is filtered with a 0.5 M solution of ferrous sulfate or 0.5 M 6-aquasulfate complex ammonium-iron sulfate (II). When titrated with o-phenanthroline, the solution turns red at the equivalence point, changing from dark green. When titrated with diphenylamine, the end point of the titration is reached when the color of the solution changes from dark purple to bright green. Fixing the values is carried out using potentiometric titration with a platinum electrode, fixing the values of the electrode potential. The colorimetric method is carried out similarly to the Tyurin method. Sucrose solution is used as a reducing agent in reference solutions.

As a third method, the work [67] considers the method of wet oxidation of samples containing organic carbon, and the subsequent measurement of either the released CO₂ or the amount of consumed oxidant. Dichromate or permanganate is the most common oxidizers used in the wet oxidation of soil organic carbon. The amount of oxidizing agent consumed during the oxidation of organic matter is measured either by titration with a reducing agent or by calorimetric methods.

The third way to analyze organic matter is the dry oxidation of samples to CO₂ at high temperature in the presence of a stream of oxygen. The amount of carbon dioxide produced is measured either with an infrared detector or by titration after absorption with alkali. The most commonly used dry combustion methods involve the determination of total organic carbon.

The researchers in [60] carry out the determination of organic carbon also by the dry combustion method, converting soil organic carbon into CO₂, which is quantified by various methods, such as infrared detection or thermal conductivity. If there are carbonates in the soil, i.e. inorganic carbon, the determination is carried out after pre-treatment with acid and combustion of carbonates to remove them. It is also possible to carry out pH adjustment in an acid solution or acid fumigation. Also, one way to correct the total carbon content is to take into account the content of inorganic carbon, which is measured separately.

In accordance with the work (methods for measuring the organic), one of the ways to determine organic carbon in the soils is the dissolution of organic matter in

solution and its further filtration through a filter 0.45 μm thick. However, some researchers use thinner 0.2 μm filter paper to separate dissolved organic matter from colloidal materials that are not retained by 0.45 μm filters. Dissolution is carried out by extraction in water or dilute salt solution [58].

The paper [31] presents the most modern automated method for determining total organic carbon using automatic elemental analyzers. The principle of the method is the process of burning in elements of a small aliquot of a soil sample at a temperature of 900° to 1200°C in an oxygen atmosphere. In this case, the oxidation product, namely carbon dioxide, is fixed using a detector. The disadvantage of this research method is the probability of determining inorganic carbon along with organic matter, which are various compounds of carbonates. Therefore, before the definition, it is first necessary to separate the inorganic form from the organic one. This process is labor intensive and time consuming. However, some researchers neglect this stage and consider that the total carbon content in the soil is equal to organic matter. By definition, an example of such works is presented in several works of Russian and foreign researchers [31].

Comparison analysis of the Walkley-Black, wet and dry combustion methods, as well as the colorimetry of humic substances, showed a correlation between the values of the first three methods ($p < 0.0001$). For organic matter measured from the total soil population, the humic colorimetry method has no correlation with other methods.

2.4. Specificity of accumulation of mercury and other metals in soils.

Affiliation with organic carbon

Particular interest is the correlation of organic carbon with other substances. Correlations of these substances will indicate that the elements in the soil are bound to organic carbon in common molecules. Particular importance are the volatile elements (mercury, arsenic, etc.).

The reactivity and chemical form of various metals affects their bioavailability and relationship with organic carbon in the soils. The chemical form

of an element is understood as a set of properties of a chemical element, such as the degree of oxidation of the element in the composition of the compound, the empirical formula of the compound and its molecular structure, as well as the physical status, which includes such properties of the compounds as phase composition, amorphous or crystalline structure of solid-phase particles, separation in colloids, animal and plant cells, presence on the surface of a solid particle in the form of a thin film [3].

In the geological classification, mercury and many other metals (antimony, cadmium, copper, etc.) belong to the group of chalcophiles. But in the zone of hypergenesis, the formation of other compounds is possible: amalgams and organic complexes, of which methylmercury is the most dangerous. Thus, in the soils, mercury acts not only as a chalcophile, but also as an organophile and an amalgamophile. As a rule, the chalcophile group is not stable in the soils, so mercury and other metals are converted to other more stable organometallic complexes under given acid-base and redox conditions.

The work [62] examined the distribution, control factors, sources, and potential environmental risks of Hg and As in 96 samples from 42 peatlands in the Changbai Mountains in northeast China. The results showed that the distribution of Hg is largely determined by latitude and altitude, while As is more controlled by pH, total organic carbon and its ratio with nitrogen (C/N) on a regional scale.

The authors of the study [59] found that soil organic carbon is associated with soil geochemistry. The authors took soil samples on various bedrocks in Zhenxiong and Weixin counties. In particular, the work focuses on soils in the mineral horizon, which are less affected by the external environment than surface soils, in order to reveal the influence of bedrocks on organic carbon. The content of SOC in the mineral horizon is 0.19–2.74% (average 1.24%), and in the surface horizon it is 1.26–4.01% (average 2.63%). It is important to note that the analysis revealed positive correlations of organic carbon ($p < 0.01$) with Co, Cu, Ti, V and Zn, as well as a positive correlation ($p < 0.05$) with Ni in the mineral horizon. The complex formation of organic transition metals seems to play an important role in

the regulation of organic carbon in the mineral horizon. Complex formation maintains the stability of organic carbon, slows down its decomposition rate, and accumulates organic carbon. Positive correlations were also observed for Co, Cu, and $V-C_{org}$ ($p < 0.05$).

Work [3] is of great importance for the analysis of the relationship between organic carbon and mercury in alluvial soils. It investigated the contamination of alluvial soils with metals in the city of Perm. The authors argue that hydrogenic pollution can be more dangerous than aerogenic pollution, because untreated sewage entering small rivers pollute limited masses of the soils, but with a high concentration of pollutants, while aerogenic pollution disperses emissions over a large area. Alluvial soils are enriched with natural and technogenic precipitation due to suspended matter contaminated with heavy metals and metalloids. As a result of these factors, the contamination of alluvial soils with some chemical elements in the floodplain of small rivers may be higher than that of soils in urban areas in automorphic positions.

The ability to fix metals in alluvial soils is low, because the content of organic carbon is not high. Despite this, metals can be sorbed in the soil in the form of special complexes. The study of the content of metals in the work showed a high content of nickel and zinc in alluvial soils of the rivers of the Perm city. Cu, Pb and Sr are very evenly distributed in alluvial soils. Their coefficient of variation in alluvial soils is 2-5 times lower than in urbanozems and replantozems. This emphasizes the more compact accumulation of copper and lead in the case of hydrogenous ingress of pollutants and their dispersion in the case of aerial pollution. Strontium has a more uniform background in alluvial soils than in mixed urban surface formations. Decisive importance in the accumulation of chemical elements is the high filtration capacity of light soils, which allows Sr, Zn, Ni, Cu, and Cr ions to migrate a long distance from the river. In heavy soils, hydrogenic pollutants restrained directly in the river bed, not penetrating far from the it.

Conclusion

Soil organic carbon is a key element that determines soil quality, fertility, agricultural profitability and carbon dioxide (CO₂) fixation in the atmosphere. Organic carbon affects the physical-chemical and biological properties of the soil, which simultaneously improves soil structure, water retention and nutrient retention.

Soil organic matter is the most dynamic of the soil components, so the effects of changing soil environments often appear primarily in the quality and distribution of organic matter.

There are several methods for determining organic carbon in soils. These are the Tyurin method, the Walkley-Black method, the method of dry and wet combustion, extraction and subsequent determination of dissolved carbon. Automated detection methods are also being developed at the moment. These methods include methods for determining organic carbon using electrical analyzers. Each of the methods has its own disadvantages and advantages.

Understanding the changes associated with anthropogenic activities and the spatial distribution of organic matter in the soil (interaction with mineral components) can help to plan activities related to a particular area.

One of the properties of soil organic carbon is the ability to bind metals into organic complexes with metal cations. Such complexes are quite stable. In the study of soil samples, a correlation of a number of metals with organic carbon is observed. The introduction of metals into soils is usually associated with the anthropogenic impact of the study area.

In conclusion, soil organic carbon is important in the soil, having a significant impact on the functioning of the terrestrial ecosystem. Therefore, the study of its content in the soils and its relationship with other chemical elements helps to draw a conclusion about the technogenic impact in the region and in the whole world.