

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки 05.04.06 Экология и природопользование

Отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Эколого-гидролитогеохимическая характеристика бассейна реки Кисловка (Томский район)

УДК 551.312.3:550.4(282.2:571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Клюквина Анастасия Сергеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Иванов Андрей Юрьевич	К.Г – М.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

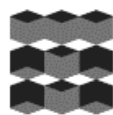
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

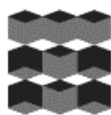
Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Барановская Наталья Владимировна	Д.Б.Н.		



**Результаты освоения по ООП 05.04.06 «Экология и природопользование»
профиль «Экологический инжиниринг и устойчивое развитие»**

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

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



Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 05.04.06 «Экология и природопользование»

Уровень образования магистратура

Отделение геологии

Период выполнения (весенний семестр 2022/2023 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы студента гр. 2ГМ11 Клюквиной А.С. на тему: «Эколого-гидролитогеохимическая характеристика бассейна реки Кисловка (Томский район)»

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
21.11.2022	<i>Литературный обзор</i>	
19.12.2022	<i>Административно – географическая характеристика Томской области</i>	
30.01.2022	<i>Методика исследования</i>	
10.03.2023	<i>Расчетная часть и обсуждение результатов</i>	
16.03.2023	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	
16.04.2023	<i>Социальная ответственность</i>	
30.05.2023	<i>Оформление ВКР</i>	

СОСТАВИЛ:

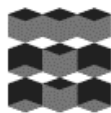
Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Иванов Андрей Юрьевич	К.Г – М.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

Инженерная школа природных ресурсовНаправление подготовки (специальность) 05.04.06 «Экология и природопользование»Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

Барановская Н.В.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)**ЗАДАНИЕ****на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ11	Клюквиной Анастасии Сергеевне

Тема работы:

Эколого-гидролитогеохимическая характеристика бассейна реки Кисловка (Томский район)	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	30.01.2023, №30-91/с

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Литературные данные, материалы по ранее проведенным исследованиям, результаты собственных научных исследований (проб донных отложений, отобранных на территории Томского района Томской области).
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Обзор литературы, связанной с изучением донных отложений; определение минерального состава изучаемой среды; проведение статистического анализа геохимического спектра по данным инструментального нейтронно-активационного анализа; изучение геохимических особенностей донных отложений р. Кисловка Томского района.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович
Английский язык (Приложение А)	Болсуновская Людмила Михайловна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
1. Обзор литературных источников, связанных с изучением донных отложений 2. Административно-географическое описание Томского района	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Иванов Андрей Юрьевич	К.Г – М.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Клюквина Анастасия Сергеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ11	Клюквиной Анастасии Сергеевне

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	05.04.06 «Экология и природопользование»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 11268879,9 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 30643,8 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4,7 баллов из 5
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	В соответствии с налоговым кодексом РФ. Отчисления во внебюджетные фонды (30%)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	03.02.2023
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Клюквина Анастасия Сергеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ11	Клюквина Анастасия Сергеевна

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	05.04.06 «Экология и природопользование»

Тема ВКР:

Эколого-гидролитогеохимическая характеристика бассейна реки Кисловка (Томский район)	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования являются данные анализа донных отложений реки Кисловка Томской области. Область применения: геоэкология. Рабочие места расположены в аналитической лаборатории НИ ТПУ ИШПР МИНОЦ «Урановая геология» на пятом этаже здания (20 корпус ТПУ, пр. Ленина 2/5) в аудиториях 530, 533-534. Работа с ЭВМ по анализу полученных результатов проходит в аудитории 439 в 20 корпусе ТПУ. В аудитории имеется 10 персональных компьютеров, на них производится обработка информации (обработка баз данных, набор текста и т.д.)
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	ГОСТ 12.0.003-2015, ГОСТ 12.4.011-89, ГОСТ 12.1.038-82, ГОСТ 12.1.019-2017, ГОСТ 12.4.009-83, ГОСТ 12.1.004-91, НПБ 105-03, 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, СанПин 2.2.4/2.1.8.56 2-96, МР 2.2.8.0017-10, МР 2.2.9.2311-07, "Трудовой кодекс Российской Федерации", Федеральный закон "О специальной оценке условий труда", Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
2. Производственная безопасность:	Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов: – Отклонение показателей климата на открытом воздухе; – Тяжесть и напряженность физического труда; – Отклонение показателей микроклимата в помещении; – Недостаточная освещенность; – Электромагнитное излучение; – Шумовая нагрузка; – Монотонный режим работы. Опасные факторы при проведении полевых, лабораторных и камеральных работ: – Механические травмы при пересечении местности; – Электрический ток; – Пожароопасность. Выводы на соответствие допустимым условиям труда согласно специальной оценке условий труда
3. Экологическая безопасность:	Во время проведения полевых, лабораторных и камеральных работ негативного воздействия на окружающую среду оказано не было.

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС: авария, опасное природное явление, катастрофа, стихийное или иное бедствие. Наиболее типичная ЧС: пожар.
--	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Клюквина Анастасия Сергеевна		

Реферат

Магистерская диссертация содержит: 156 страниц, 52 рисунка, 37 таблиц, 58 источников.

Ключевые слова: донные отложения, элементный состав, минеральная фаза, латеральное распределение элементов, вертикальное распределение элементов.

Объектом исследования являются донные осадки бассейна реки Кисловка, который расположен на территории Томского района, на юге Томской области.

Цель данной работы состоит в определении эколого-геохимических особенностей накопления и распределения химических элементов в донных осадках данного бассейна, а также в сравнении полученных данных со средними содержаниями элементов в донных осадках других водных объектов Томской области, и с данными по осадочным породам.

В данной диссертационной работе использовались современные методы анализа, такие как:

- атомно-абсорбционный, для измерения наличия и количества ртути в донных отложениях;
- рентгеновская дифрактометрия, для определения кристаллических фаз минералов, входящих в состав донных отложений, а также их концентраций;
- сканирующая электронная микроскопия, для визуализации элементного состава донных осадков;
- инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА), для количественного определения содержания элементов в донных отложениях.

Для статистической обработки данных было использовано программное обеспечение "STATISTICA 12".

В ходе работы было исследовано 22 пробы донных отложений бассейна реки Кисловка.

Данные, полученные в рамках магистерской диссертации, могут быть использованы различными организациями, занимающимися охраной окружающей среды, для осуществления экологического мониторинга и разработки мер по охране природы.

Значимость проведенных исследований заключается в том, что полученные результаты могут быть широко использованы для дальнейших исследований и детального изучения эколого-геохимических особенностей Томского района и Томской области.

Содержание

Введение.....	15
1. Обзор литературных источников, связанных с изучением донных отложений	17
1.1 Тяжелые металлы в донных отложениях.....	17
1.2 Исследования ртути в донных осадках.....	21
1.3 Загрязнение донных отложений нефтью	25
2. Характеристика Томского района	29
2.1 Административно-географическое описание Томского района	29
2.2 Геологическая изученность района.....	30
2.3 Минерально-сырьевые ресурсы Томского района	33
2.4 Климатическая характеристика Томского района.....	34
2.5 Поверхностные и подземные воды	35
2.6 Почвенная характеристика.....	36
2.7 Флора и фауна Томского района	38
3. Методика исследований донных отложений	40
3.1 Отбор проб и пробоподготовка	40
3.2 Аналитические методы определения химических элементов в донных осадках.....	42
3.2.1 Определение ртути атомно-абсорбционным методом.....	42
3.2.2 Определение минерального состава с помощью рентгеновской дифрактометрии	44
3.2.3 Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ)	45
3.2.4 Инструментальный нейтронно-активационный анализ.....	47
4. Минеральный состав донных отложений реки Кисловка.....	48

5. Содержание химических элементов в донных отложениях бассейна р. Кисловка.....	52
5.1 Основные закономерности распределения химических элементов в донных отложениях	52
5.2 Латеральная изменчивость.....	69
5.3 Вертикальное распределение.....	77
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность ресурсосбережение.....	81
6.1. Предпроектный анализ	81
6.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	81
6.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	83
6.1.3. SWOT-анализ.....	84
6.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	86
6.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	89
6.2. Инициация проекта	89
6.2.1. Цели и результаты проекта	90
6.2.2. Организационная структура проекта	91
6.2.3. Ограничения и допущения проекта	92
6.3. Планирование управления научно-техническим проектом.....	93
6.3.1. Иерархическая структура работ проекта.....	93
6.3.2. План проекта.....	94
6.3.3. Бюджет научного исследования	96
6.3.4. Организационная структура проекта	102
6.3.5. План управления коммуникациями проекта.....	103
6.3.6. Реестр рисков проекта	103
6.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	104

6.4.1. Оценка абсолютной эффективности исследования.....	104
6.4.2 Оценка сравнительной эффективности исследования	109
7. Социальная ответственность	112
7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	113
7.2 Производственная безопасность	115
7.2.1 Анализ вредных производственных факторов и мероприятий по их устранению	116
7.2.2 Анализ опасных производственных факторов и мероприятий по их устранению	122
7.3 Экологическая безопасность.....	124
7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	124
Заключение	127
Список литературы	129
Приложение А	137

Введение

Донные отложения – это многокомпонентные природные объекты, включающие в себя минеральные вещества и твердые частицы, которые оседают на дно водного объекта, и образуются в результате различных внутриводоёмных процессов, таких как физико-химические и биохимические, в которых участвуют вещества естественного и техногенного происхождения [1].

Донные осадки представляют собой уникальную запись процессов, происходящих во всем водном объекте. Изменения минерального состава осадков и содержания в них макро- и микроэлементов являются важными параметрами, характеризующими процессы, происходящие в реках и различных водоемах. Химический состав отложений в основном зависит от типа отложившегося материала, процессов выветривания, диагенеза и геохимии отдельных элементов.

Геохимический состав донных отложений отражает современное состояние окружающей среды. Знание общего содержания элементов дает важную информацию о геохимических свойствах осадка.

Предметом изучения данной диссертационной работы являются донные осадки бассейна реки Кисловка, отобранные вблизи деревни Кисловка, микрорайона Северный парк, поселка Нижний склад, села Дзержинского и села Тимирязевского. Также предметом изучения является элементный состав донных осадков.

Пробы отбирались автором и научным руководителем Ивановым А.Ю. Количество проб – 22 шт.

Цель данной работы состоит в определении эколого-геохимических особенностей накопления и распределения химических элементов в донных осадках бассейна реки Кисловка, а также в сравнении полученных данных со средними содержаниями элементов в донных осадках других водных объектов Томской области, и с данными по осадочным породам.

Задачи:

- Поиск и анализ зарубежных и отечественных литературных источников, связанных с изучением донных осадков.
- Отбор и подготовка проб донных отложений к аналитическим исследованиям.
- Анализ минерального состава донных осадков бассейна реки Кисловка.
- Оценка содержаний химических элементов в донных отложениях р. Кисловка и сравнение полученных результатов с данными исследований озер и рек Томской области прошлых лет, а также же с данными по осадочным породам.
- Анализ латерального и вертикального распределения химических элементов в донных отложениях бассейна р. Кисловка.
- Проведение статистического анализа при помощи программного обеспечения “STATISTICA 12” на основании полученных данных инструментальным нейтронно-активационным анализом (ИНАА).

Актуальность данной магистерской диссертации состоит в том, что р. Кисловка расположена на территории высокой техногенной нагрузки, на территории исследований находятся многочисленные сельскохозяйственные угодья, проходит трасса Томск-Новосибирск, а также идет стройка крупного микрорайона. Также бассейн реки Кисловка является малоизученным в плане геохимических исследований донных отложений.

1. Обзор литературных источников, связанных с изучением донных отложений

Водные объекты служат накопителями различных загрязнений. Донные отложения, которые накапливаются на дне водоемов, представляют собой осадки, содержащие различные материалы, такие как минералы, органические вещества и загрязнители, которые оседают в течение длительного времени [13].

Анализ донных отложений может предоставить информацию о уровне загрязнения и накопления элементов в биосфере на протяжении исторического времени. Поскольку эти отложения накапливаются со временем, они могут сохранять информацию о прошлых условиях окружающей среды, включая климатические изменения, геохимические процессы и экологическое состояние. Также при помощи исследований донных отложений можно отследить изменения в окружающей среде, такие как изменения уровня загрязнения, концентрацию определенных элементов, а также их источники [13].

1.1 Тяжелые металлы в донных отложениях

На данный момент нормативы концентраций химических элементов для донных осадков в Российской Федерации не разработаны, поэтому в рамках гидролитогеохимических исследований стоит задача определения фоновых концентраций элементов для регионов.

Наиболее подходящим объектом для геохимических исследований являются тяжелые металлы, поскольку их содержания в донных осадках стабильны во времени, а также полностью связаны с режимом взвешенных веществ и продукционными процессами в водных объектах. Также содержание в донных осадках тяжелых металлов позволяет оценить степень загрязнения водоемов [45]. Тяжелые металлы отличаются от других загрязнителей тем, что их токсичность связана с их физико-химическими формами, а не столько с биологической средой. Тяжелые металлы, такие как свинец, кадмий, ртуть, медь и цинк, могут длительно сохраняться в окружающей среде, особенно в воде, седиментах и гидробионтах [45].

Атмосферные осадки и сточные воды, содержащие химические вещества, являются причинами накопления тяжелых металлов в донных осадках в результате с/х, индустриальной и городской деятельности [51].

Для оценки фоновых значений тяжелых металлов в донных осадках используется определение основных геохимических уровней. Однако, для получения более точных данных об изменении концентрации тяжелых металлов во времени, необходимо использовать более сложные методы исследований. Например, изучение стратифицированных слоев донных осадков, отобранных из самых глубоких частей колонок седиментов, которое позволяет определить особенности накопления металлов за длительный период времени и более точно оценить степень загрязнения окружающей среды. На основе полученных данных об изменении концентрации тяжелых металлов во времени в донных осадках, можно разработать соответствующие меры для предотвращения и уменьшения загрязнения [14].

Зная скорость накопления донных осадков, можно приблизительно определить, какой период времени охватывает каждый слой осадков в колонке седиментов. Так, например, исследование содержания тяжелых металлов в донных осадках озер Республики Татарстан было проведено учеными Ивановым Д.В., Зиганшиным И.И. и Осмелкиным Е.В. В своей статье "Региональные фоновые концентрации металлов в донных отложениях озер Республики Татарстан" [15] они определили скорость накопления донных осадков в водоемах Средней Волги, которая составляет 3-5 мм в год, а также провели описание маркерного слоя отложений "доиндустриального" периода в виде слоя 90-100 см, датированный концом XVII - началом XIX века. Фоновые концентрации металлов в донных осадках озер Республики Татарстан были определены следующим образом: Cd - 2, Co - 18, Pb - 29, Cu - 26, Ni - 48, Zn - 84, Cr - 33, Mn - 648 мг/кг (рис. 1). Однако, содержание металлов в поверхностных слоях донных отложений может колебаться в пределах регионального геохимического фона. Эти колебания обусловлены различными факторами, включая условия накопления осадков и геологические особенности региона [18].

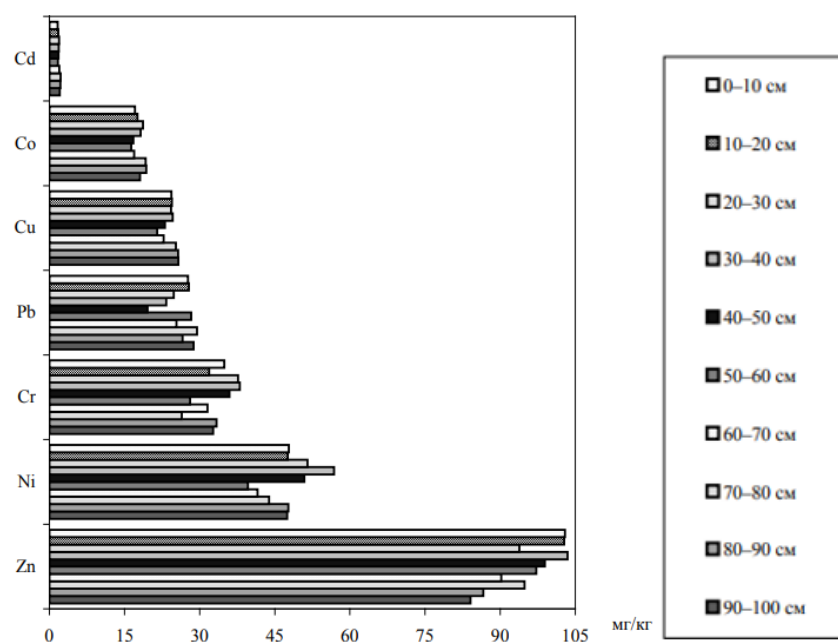


Рисунок 1 – Изменение содержания тяжелых металлов в стратифицированных слоях донных отложений озер Республики Татарстан [18]

Также одним из результатов исследований тяжелых металлов в донных отложениях был получен учеными Института водных проблем Академии наук Республики Узбекистан. В частности, Матсапаева И.В., Осинская Н.С. и Данилова Е.А. [19] обнаружили, что зимой в водоемах наблюдается дефицит кислорода в придонных слоях, что увеличивает важность процессов десорбции веществ на границе между водой и донными отложениями. Это приводит к значительному увеличению концентраций многих элементов, включая медь и железо. Более того, их исследования показали, что в этот процесс могут быть вовлечены и другие металлы, что указывает на сложность и многофакторность процессов, происходящих в придонных слоях водоемов.

В ходе проведения исследования Удачным В.Н. изучены водные объекты Южного Урала (рис. 2), с разной удаленностью от источника загрязнения – труб медеплавильного завода, с целью выявления закономерностей вноса техногенных примесей в озера в различные исторические периоды. Результаты исследования, основанные на использовании короткоживущих радионуклидов ^{137}Cs и ^{210}Pb в качестве геохимических индикаторов, позволили выявить количественные зависимости в привнесении загрязняющих веществ в озера [44].

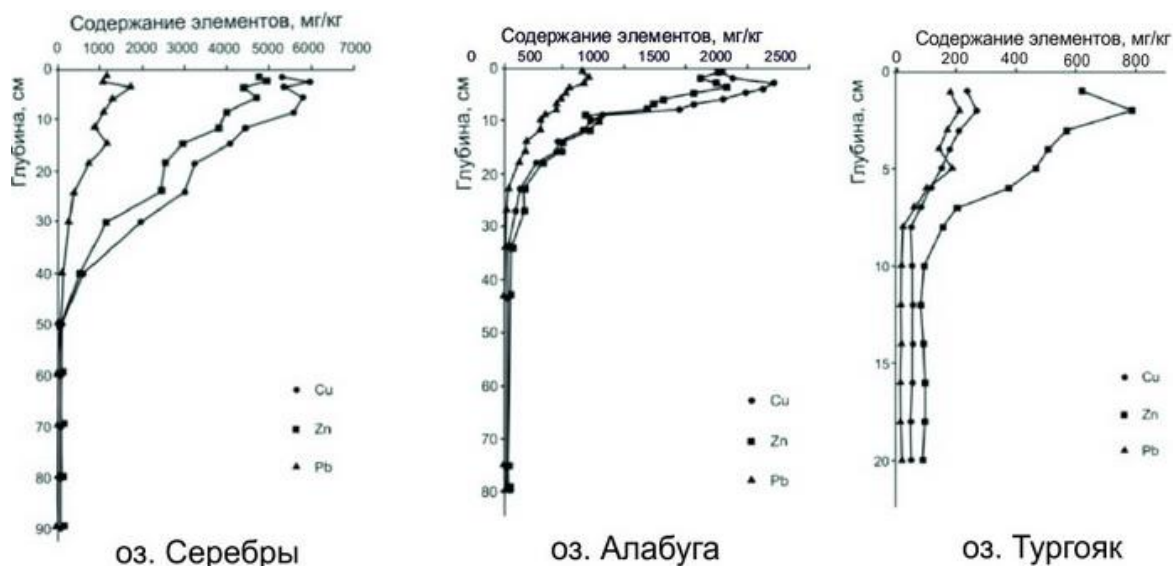


Рисунок 2 – Концентрации тяжелых металлов в вертикальном профиле колонки донных отложений [44]

Учеными из Польши были проведены исследования и выявлено, что содержание тяжелых металлов в донных отложениях является индивидуальной особенностью водоемов. Cd, Cr, Cu, Ni и Pb в донных отложениях происходят из геогенных источников (выветривание горного материала), а Zn поступает из антропогенных источников [55, 56]. Был сделан вывод о том, что водоемы с более высокой частотой водообмена имеют более высокие концентрации тяжелых металлов. Также их концентрации и пространственное распределение зависят от содержания ила [57].

Можно выделить еще одно польское исследование, в котором было продемонстрировано влияние урбанизации и антропогенной деятельности на реки. Это влияния такие как: сбросы неочищенных или недостаточно очищенных городских и промышленных сточных вод, поверхностный сток, выбросы с путей сообщения [54].

Исследование также показало влияние сельскохозяйственной деятельности (слегка повышенный уровень Cd). Территории, прилегающие к исследуемым объектам, в большинстве случаев являются участками, на которых ведется сельскохозяйственная деятельность, связанная с внесением минеральных и органических удобрений [54].

1.2 Исследования ртути в донных осадках

Изучение наличия ртути в донных отложениях является эффективным способом оценки уровня загрязнения природных объектов. Этот подход не только позволяет отслеживать хронологию накопления загрязнителей, но и выявлять содержание и распространение различных реагентов. Анализ вертикального распределения ртути в донных отложениях помогает определить периоды, наиболее интенсивного загрязнения и выявить естественные факторы или антропогенную нагрузку, ответственные за эти изменения.

Один из примеров таких исследований проводился на территории республики Хакасия, где были исследованы водные объекты Беле, Чумпас, Баланкуль, Теплое, Пионерное и Тус [1]. Построение графика концентраций Hg донных осадков по результатам исследования озера Тус показало, что концентрация ртути в одной из точек пробоотбора гораздо выше, чем в других точках на глубине 10-12 см. (рис. 3). Это может свидетельствовать о сильном негативном воздействии как природных, так и техногенных факторов на данном объекте.

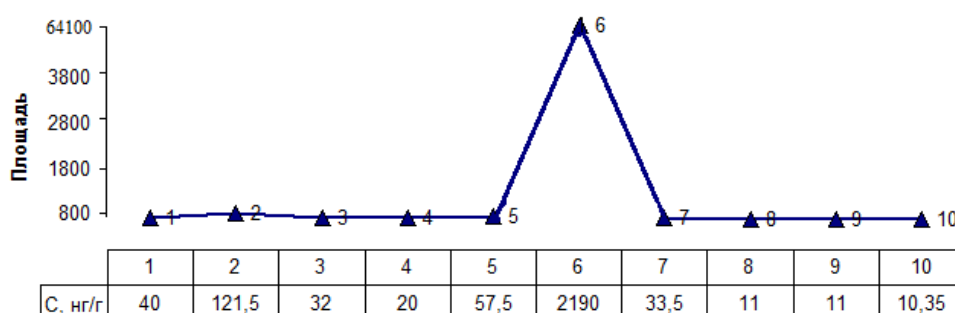


Рисунок 3 – График концентраций Hg донных отложений озера Тус, нг/г [1]

В исследовании вертикального характера накопления ртути в донных осадках озер Томского района была проведена детальная оценка уровня загрязнения различных водных объектов [19]. Изучение влияния различных антропогенных источников, таких как ЯТЦ (ядерный топливный цикл), радиотехническая и нефтехимическая промышленности, на содержание ртути в донных отложениях, позволяет получить уникальные данные о распространении этого тяжелого металла в природной среде.

Построенные диаграммы на основе анализа данных о глубине залегания отложений и концентрации ртути помогают выявить закономерности и тенденции накопления ртути на разных глубинах и определить периоды наиболее интенсивного поступления ртути в природную среду (рис. 4).

Проведенные исследования, связанные с распределением ртути в донных отложениях Томского района, указывают на то, что это распределение зависит от природных и техногенных факторов (рис. 4). Природные факторы влияют на уровень ртути в донных отложениях в соответствии с естественными условиями региона, тогда как техногенные факторы свидетельствуют о степени антропогенного воздействия на исследуемые объекты [19].

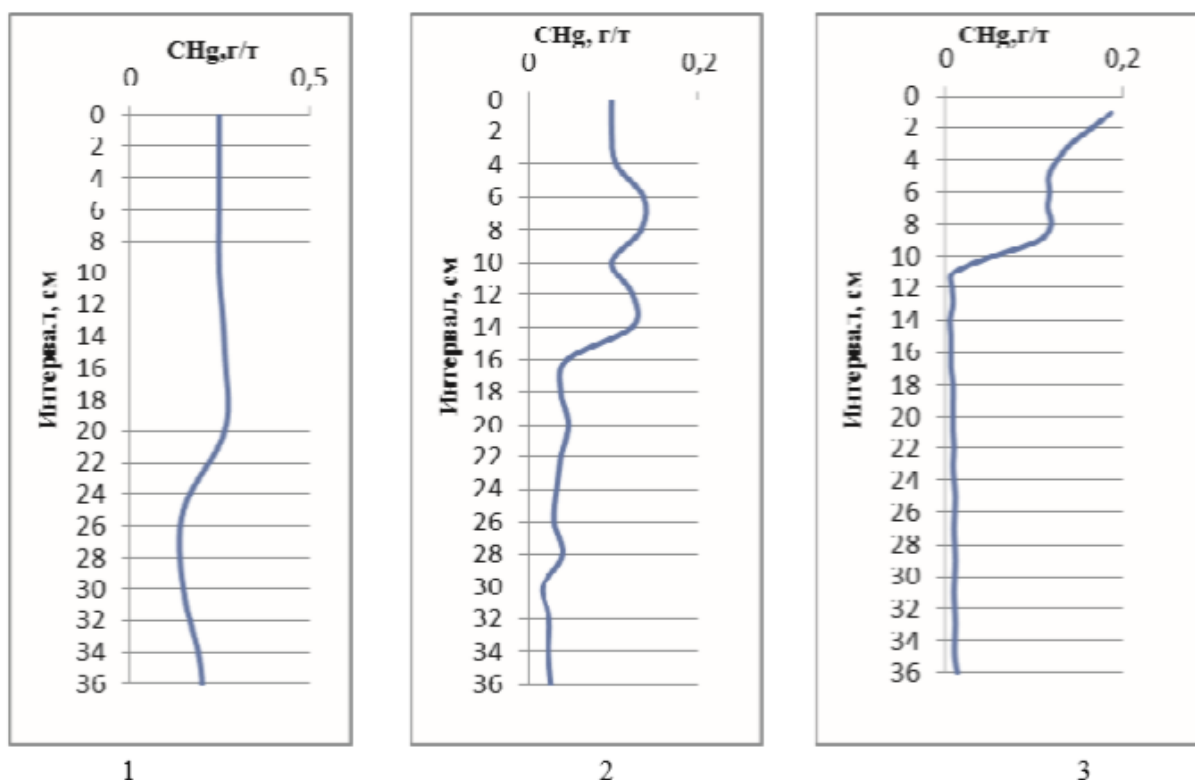


Рисунок 4 – Основные типы распределения ртути в донных отложениях: 1 – равномерное распределение со слабо проявленными аномалиями (оз. Ларино); 2 – слабо дифференцированное распределение с проявлением слабовыраженных аномалий в верхней части (оз. в с. Тимирязевское); 3 – резко дифференцированное распределение с ярко выраженными аномалиями (оз. Черное) [19]

К.И. Аксентов провел исследования в 2015 году в Амурском заливе Японского моря, посвященные накоплению ртути в донных отложениях (рис. 5) [2]. В ходе исследования были оценены скорости аккумуляции ртути и общее количество ртути, которое накопилось за период промышленного освоения. Практически во всей акватории Амурского и Уссурийского заливов содержится "антропогенная" ртуть в донных отложениях, что свидетельствует о негативном воздействии хозяйственной деятельности на окружающую среду в современный период. Кроме того, увеличение содержания ртути в поверхностном слое донных отложений залива Петра Великого является еще одним проявлением этого негативного воздействия.

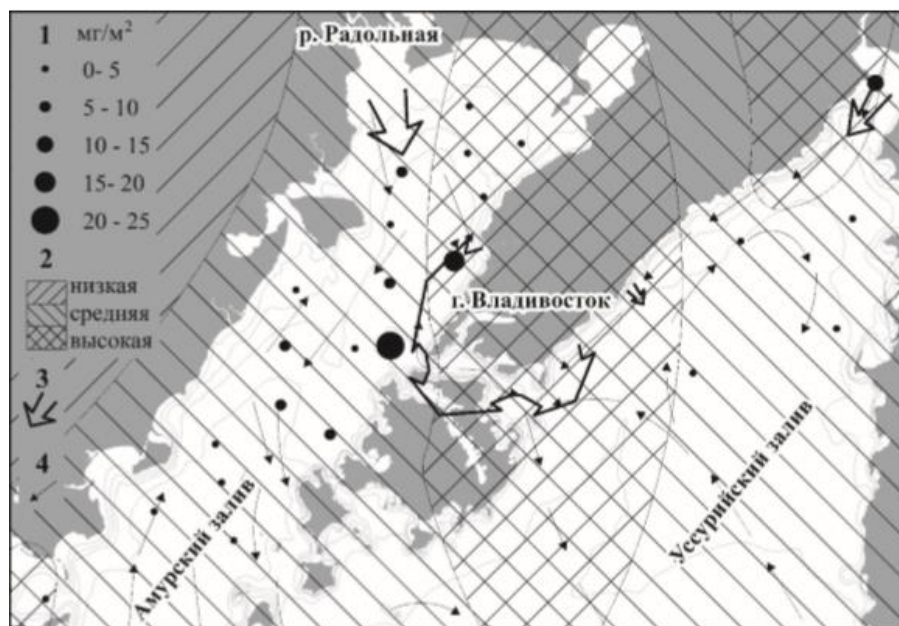


Рисунок 5 – Распределение антропогенной ртути, накопленной в период индустриального развития региона. 1 – удельное количество ртути; 2 – интенсивность загрязнения воздушного бассейна; 3 – основное поступление загрязняющих веществ; 4 – направление поверхностных течений [2]

Исследования ртути в донных отложениях проводятся также и за рубежом. Так, например, одно из таких исследований было проведено в Китае. На ртуть были изучены донные отложения озера Нанси (рис. 6), которое находится под серьезным влиянием длительной интенсивной промышленной и человеческой деятельности. Таким образом было выявлено, что средняя концентрация ртути в

3,1 раза выше, чем ее фоновое значение (0,015 мг/кг). Преобладающей химической фракцией ртути в отложениях была остаточная фракция. Доля биодоступной ртути была относительно низкой, но она также может представлять прямую опасность для окружающей среды [58].

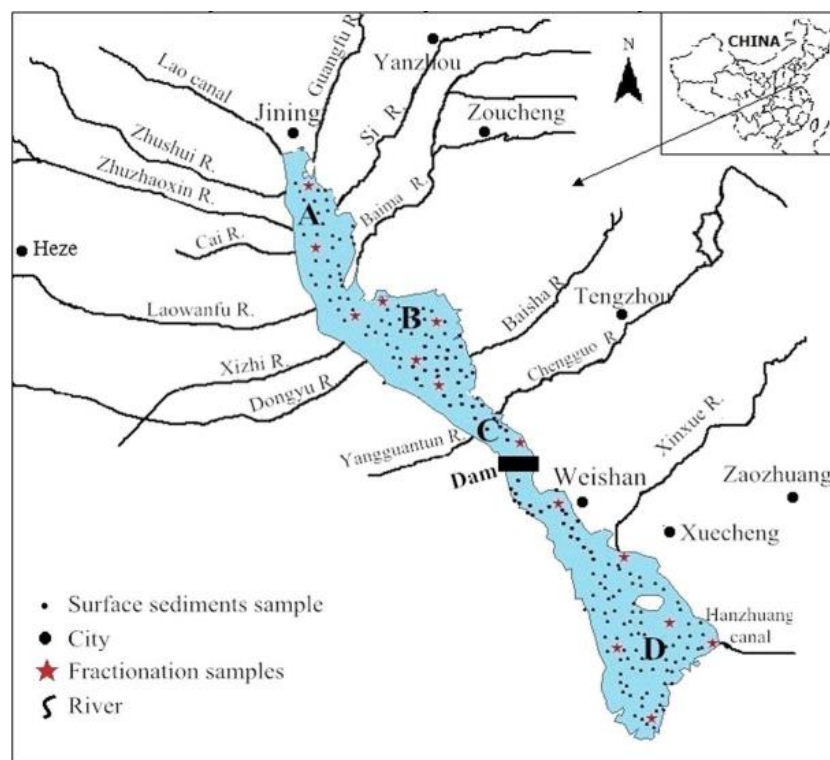


Рисунок 6 – Расположение мест отбора проб в поверхностных отложениях озера Нанси [58]

Еще одно исследование проводилось в Канаде, в окрестностях угольных электростанций в центральной провинции Альберта (рис. 7) [53]. Угольные электростанции в этой провинции, в совокупности являются одним из крупнейших точечных источников ртути и других микроэлементов на национальном уровне.

Задача исследования состояла в том, чтобы определить влияние выбросов в девяти озерах с момента запуска первой угольной электростанции в регионе в 1956 году и до катастрофического разлива нефти на озере Вабамун в 2005 году.

Таким образом, скорость потока ртути после 1956 г. как правило, больше всего в кернах отложений, полученных из двух озер, прилегающих к электростанциям. Однако переменные преобладающие направления ветра

сыграли важную роль в определении распределения ртути и других микроэлементов в воздухе к юго-востоку и западу от электростанций. После 1956 г. потоки большинства элементов снизились с подветренной стороны (на запад), что соответствует сильным восточным ветрам, переносящим загрязнение металлами дальше к западу от электростанций. Тем не менее, пространственная интерполяция данных позволила предположить, что область максимального осаждения металлов существенно расширилась на юг.

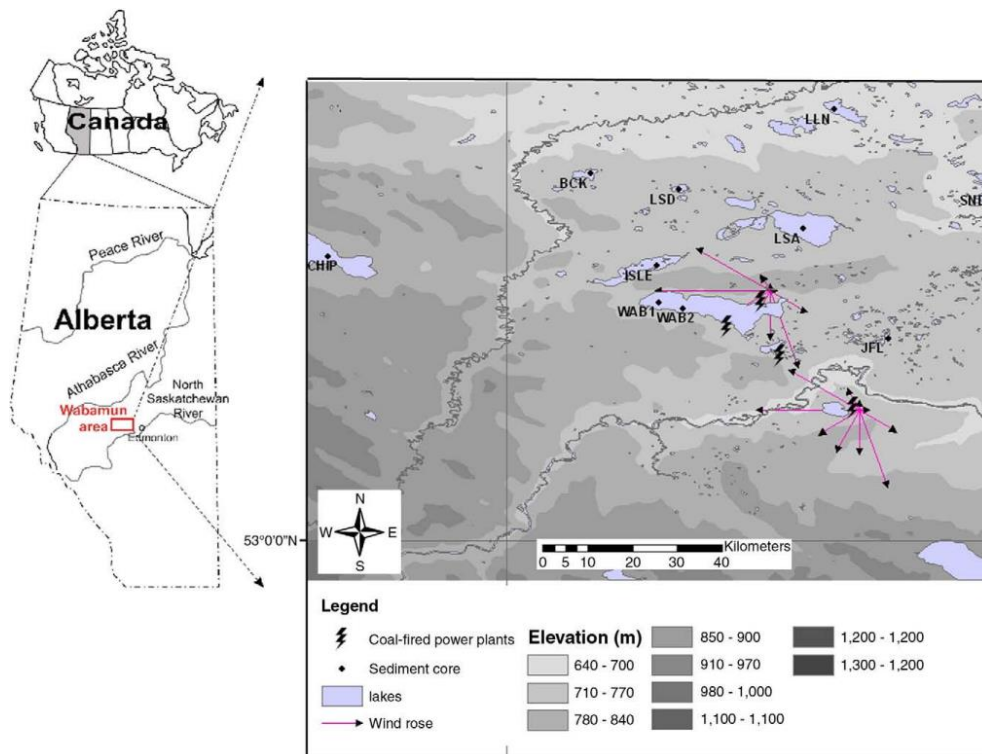


Рисунок 7 – Карта района исследования с указанием исследуемых озер и четырех электростанций региона (Вабамун, Сандэнс, Кифиллс и Джинеси) [53]

1.3 Загрязнение донных отложений нефтью

Современные исследования нацелены на изучение уровня загрязнения донных отложений водных объектов тяжелыми металлами и нефтепродуктами. Большинство таких исследований проводится на территории Западной Сибири. Например, Л.П. Паничева, С.С. Волкова и Т.А. Кремлева провели исследование 22 малых фоновых озер Западной Сибири, чтобы определить степень загрязненности донных отложений нефтепродуктами. Согласно их отчету, концентрация нефтепродуктов в донных осадках малых фоновых озер может

превышать концентрацию в воде в $218 \div 24667$ раз, главным образом, из-за водной и атмосферной миграции. Кроме того, исследователями было обнаружено, что органические вещества являются основными сорбентами нефтепродуктов в донных отложениях (рис. 8) [33].

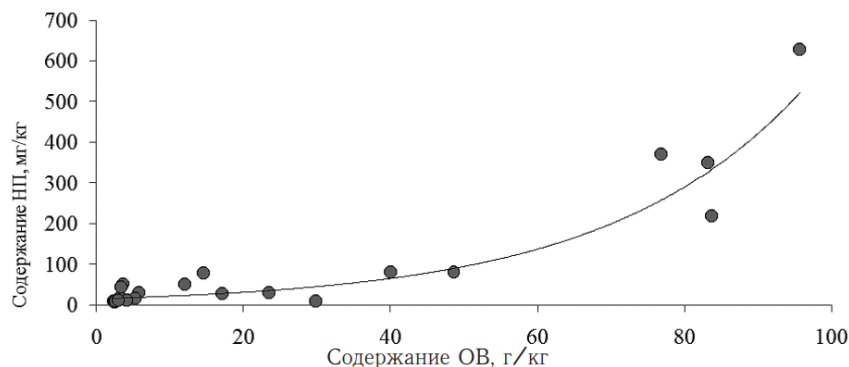


Рисунок 8 – Зависимость содержания нефтепродуктов от содержания органических веществ в донных отложениях озер Западной Сибири [33]

Согласно исследованию, проведенному Савичевым О.Г. и Льготиным В.А., были выявлены категории донных отложений рек Томской области (рис. 9) на основе их химического состава, в частности содержания нефтепродуктов. Определены следующие категории: 1) "чистые" – содержание нефтепродуктов до 65 мг/кг; 2) "чистые" для малых рек с заболоченными водосборами и "умеренно загрязненные" в остальных случаях – содержание нефтепродуктов от 65 до 260 мг/кг; 3) "загрязненные" – содержание нефтепродуктов от 260 до 550 мг/кг; 4) "грязные" – содержание нефтепродуктов свыше 550 мг/кг [40].

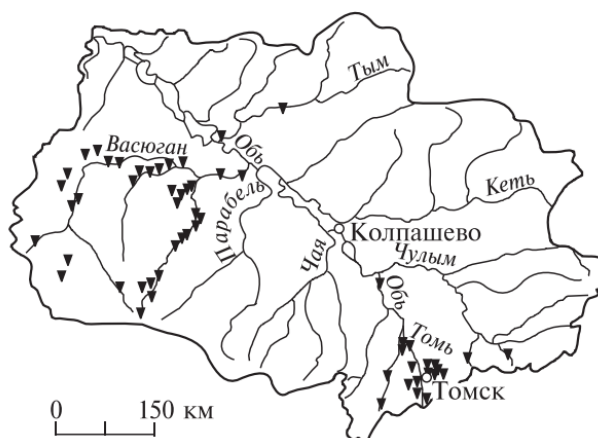


Рисунок 9 – Схема размещения забора проб донных осадков рек на территории Томской области [40]

Ученые после проведения токсикологических исследований установили норматив ПДУДО (предельно допустимый уровень веществ в донных отложениях) для сибирской нефти в песчано-илистых отложениях поверхностных водных объектов, который составил 0.02 г/кг. Была представлена классификация уровней загрязнения донных отложений пресноводных объектов компонентами нефти и их характеристика [29].

Уровень загрязнения может быть фоновым, слабым, умеренным, сильным, экстремальным и критическим, в зависимости от содержания компонентов нефти в донных отложениях (табл. 1).

Таблица 1 – Классификация уровней загрязнения донных отложений пресноводных объектов компонентами нефти по состоянию сообществ зообентоса [29]

Уровень загрязнения	Содержание НП, г/кг	Характеристика состояния донного сообщества
Фоновый	<0.02	Не отмечается значительного изменения видового разнообразия и количественных показателей бентосного сообщества.
Слабый	0.021 - 0.050	Незначительные изменения количественных показателей бентоса, такие как увеличение численности и биомассы сапрофитных и нефтеокисляющих микроорганизмов и увеличение видового разнообразия и численности хирономид
Умеренный	0.051 - 0.150	Пороговое состояние, при котором происходит выпадение из сообщества чувствительных видов и перестройка в сторону преобладания наиболее устойчивых видов хирономид, олигохет, и пик плотности олигохет р. <i>Limnodrilus</i> . Встречаются наиболее устойчивые виды поденок, ручейников и пиявок
Сильный	0.160 - 0.500	Нарастающие изменения, такие как замена мелких форм хирономид на крупные устойчивые виды рода <i>Chironomus</i> , массовое развитие олигохет рода <i>Limnodrilus</i> и снижение количественных показателей как отдельных групп, так и зообентоса в целом
Экстремальный	0.501 - 1.0	Резкое обеднение донного сообщества. Пик плотности устойчивых хирономид и олигохет рода <i>Tubifex</i> . Выпадение из сообщества чувствительных видов ручейников, поденок, вислокрылок, мокрецов, жуков, слепней, нематод, остракод, пиявок, двустворчатых моллюсков. Стимуляция размножения нефтеокисляющих бактерий и снижение численности сапрофитов

Критический	>5.0	Нарушение сообщества по всем структурно-функциональным показателям, резкое снижение количественных показателей, доминирование только устойчивых видов хирономид рода <i>Chironomus</i> , снижение численности нефтеокисляющих микроорганизмов
-------------	------	---

Определение нефтепродуктов в донных отложениях проводилось и в г. Мурманске. Полученные значения содержания углеводородов значительно превышают (более чем в 30 раз) региональное фоновое содержание нефтепродуктов и установленные нормативы (в 3-13 раз), что свидетельствует о наличии высокой техногенной нагрузки на водоемы г. Мурманска [30].

Авторы отмечают, что донные отложения могут служить источником вторичного загрязнения воды и негативно сказаться на ситуации в сфере водоснабжения и экологической безопасности. Данный факт указывает на необходимость принятия мер по уменьшению техногенной нагрузки на водоемы и предотвращению загрязнения донных отложений [30].

Подводя итоги главы, можно сделать вывод о том, что исследование донных осадков водных объектов является важным методом для получения информации о концентрации химических элементов в составе этих осадков.

Анализ содержания химических элементов в донных осадках позволяет оценить их концентрацию и распределение в водоеме. Это важно для определения состояния водных ресурсов и выявления потенциальных источников загрязнения. Кроме того, изучение донных осадков позволяет выявить геохимические аномалии, то есть области с необычно высоким или низким содержанием определенных химических элементов.

С использованием данных о ранее изученных донных отложениях возможно проследить закономерности накопления химических элементов в водоемах и оценить степень техногенной загрязненности. Сравнение с данными из разных временных периодов может помочь определить изменения концентрации элементов и выявить причины загрязнения.

2. Характеристика Томского района

2.1 Административно-географическое описание Томского района

Томский район расположен в юго-восточной части Томской области (рис. 10), которая является частью Западно-Сибирской низменности. Площадь района составляет 10 тыс. км² [41].

Административным центром Томского района является город Томск, который является крупнейшим населенным пунктом в районе с населением 570 776 человек по данным на 2022 год. В район входят 19 муниципальных образований со статусом сельских поселений [41].

Томский район граничит на севере с Кривошеинским и Асиновским районами, на востоке – с Асиновским и Зырянским районами, на западе – с Кожевниковским и Шегарским районами, на юге – с Кемеровской областью [41].



Рисунок 10 – Схема расположения районов Томского района [31]

2.2 Геологическая изученность района

Исследуемая территория является зоной сочленения нескольких структур: Колывань-Томской складчатой зоны, Кузнецкого Алатау и Кузбасса, которые пересекаются с палеозойским фундаментом на небольшой глубине. Эта область известна как Томский выступ (Томско-Каменское междуречье) и характеризуется более подробной геологической изученностью благодаря своему экономическому положению, особенностям геологического строения и металлогении.

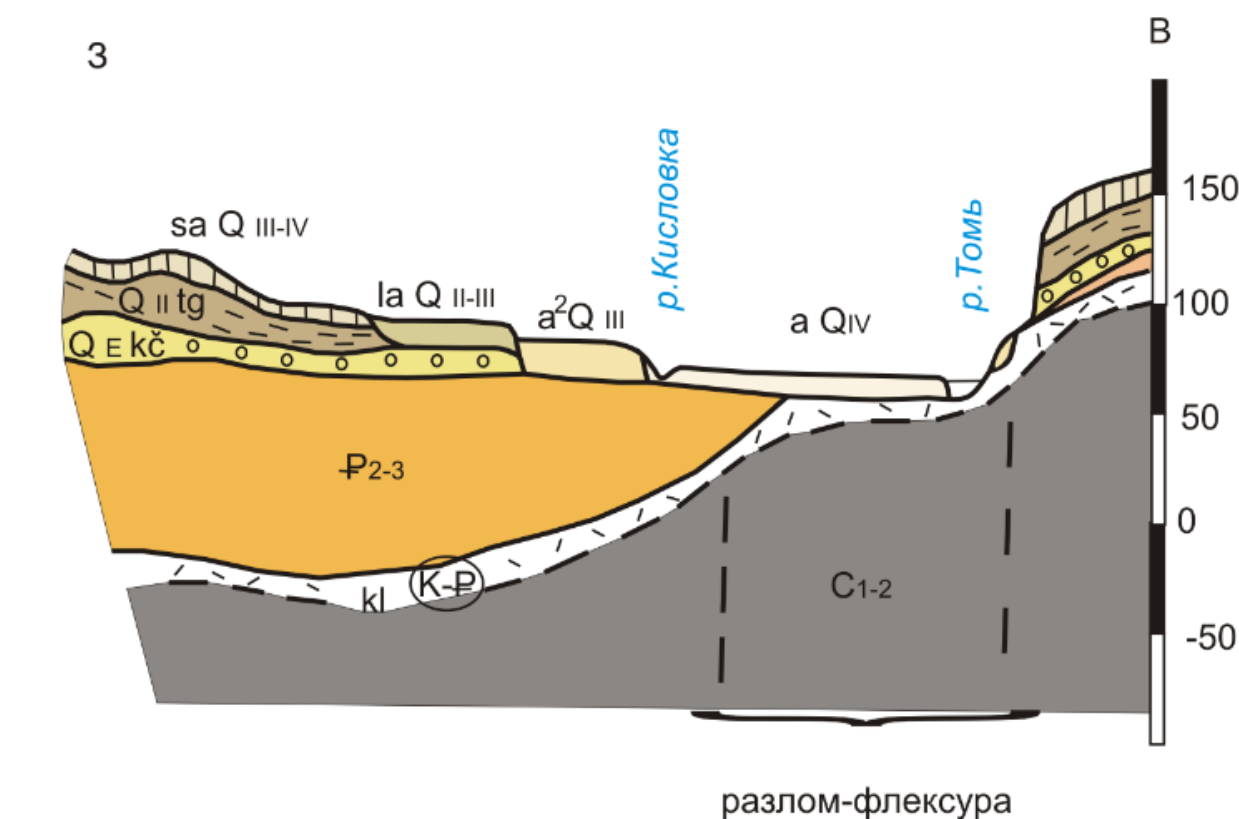
Исследуемый участок, расположенный в пределах неглубокого залегания палеозойских структур, занимает водораздел древней озерно-болотной равнины. Рельеф сильно расчленен, поверхность его изрезана густой сетью глубоких оврагов, балок, речных долин. В пределах листа он занимает самое высокое гипсометрическое положение [16].

Речные долины, особенно пойменные террасы, имеют самые низкие отметки поверхности [16].

Исходя из длительного формирования геологического строения, можно выделить следующую структуру [42]:

1. Палеозойский складчатый каменный фундамент – основание, на котором лежат последующие отложения. Включает в себя породы докембрия и палеозоя, такие как сланцы, песчаники, аргиллиты, граниты, кварцевые диориты и другие.
2. Мезозойские породы – чехол пород, покрывающих палеозойский фундамент. Они включают различные типы пород мезозойской эры, такие как известняки, песчаники, аргиллиты и другие.
3. Рыхлые третичные и четвертичные отложения – молодые отложения кайнозойской эры, которые накапливаются поверх предыдущих пород. Мощность этих отложений увеличивается с юга на север. Они включают в себя различные типы пород, такие как суглинки, глины, пески, супеси, болотные и озерные илы, а также торф.

4. Четвертичные отложения – породы, образующие почвенный слой. Они могут включать глины, пески и другие отложения, которые образовались в последние несколько миллионов лет.



Масштаб горизонтальный 1:200 000
 вертикальный 1:5 000

aQ _{IV}	Голоцен. Пойменные отложения р.Томь
saQ _{III-IV}	Верхний неоплейстоцен-голоцен. Субаэральные покровные суглинки
a ² Q _{III}	Верхний неоплейстоцен. Отложения II -ой н/п террасы р.Томь
laQ _{II-III}	Средний-верхний неоплейстоцен. Отложения каналов стока
Q _{II} tg	Средний неоплейстоцен. Глины тайгинской свиты
Q E kč	Эоплейстоцен. Галечники кочковской свиты
P ₂₋₃	Палеогеновые отложения нерасчлененные (юрковская, новомихайловская и лагернотомская свиты)
kl (K-P)	Каолиновая кора выветривания мел-палеогенового возраста
C ₁₋₂	Каменноугольные отложения (лагерносадская и басандайская свиты)

Рисунок 11 – Фрагмент геологического разреза южнее г. Томска [12]

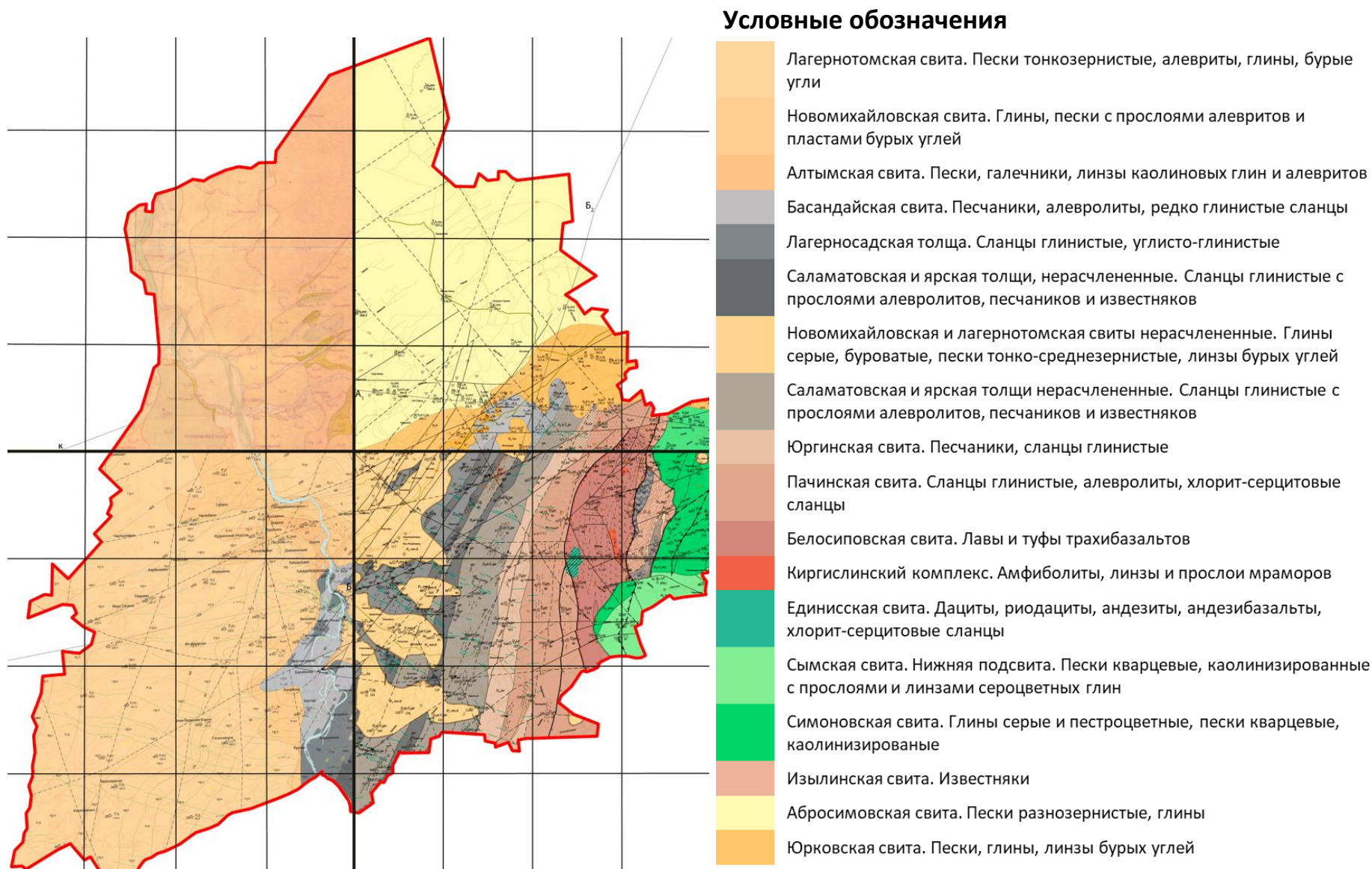


Рисунок 12 – Карта дочетвертичных образований Томского района [4]

2.3 Минерально-сырьевые ресурсы Томского района

Исследуемая территория представляет собой значимый ресурсный потенциал, благодаря богатству полезными ископаемыми. В Томском районе распространены месторождения неметаллических полезных ископаемых, которые востребованы в строительной индустрии и сельском хозяйстве.

Среди твердых полезных ископаемых особое место занимают месторождения титана и циркония. Минералогическую специализацию области определяют циркон-ильменитовые россыпи, которые встречаются в прибрежно-морских и континентальных отложениях мел-палеогенового возраста и входят в Западно-Сибирскую циркон-ильменитовую россыпную провинцию [4].

Циркон-ильменитовые россыпи представляют собой единственные металлические объекты, которые подвергаются промышленной добыче. Однако, освоение данных месторождений затрудняется отсутствием мощностей по добыче [4].

Местные предприятия перерабатывающей промышленности используют неметаллические полезные ископаемые, которые выступают основой для производства промышленного сырья и строительных материалов. Наиболее значимыми среди них являются тугоплавкие глины, каолин и кварцевые стекольные пески [4].

Бурые угли, несмотря на их ценность как химико-технологического и энергетического сырья, мало изучены и почти не используются на исследуемой территории и в области. Бурый уголь применяется в качестве топлива и сырья для химической промышленности [4].

Имеются также месторождения строительного камня и формовочного песка. Кроме того, исследуемый район имеет перспективу на добычу золота, сурьмы и полиметаллов [46].

Месторождения полезных ископаемых Томского района представлены на рисунке 13.

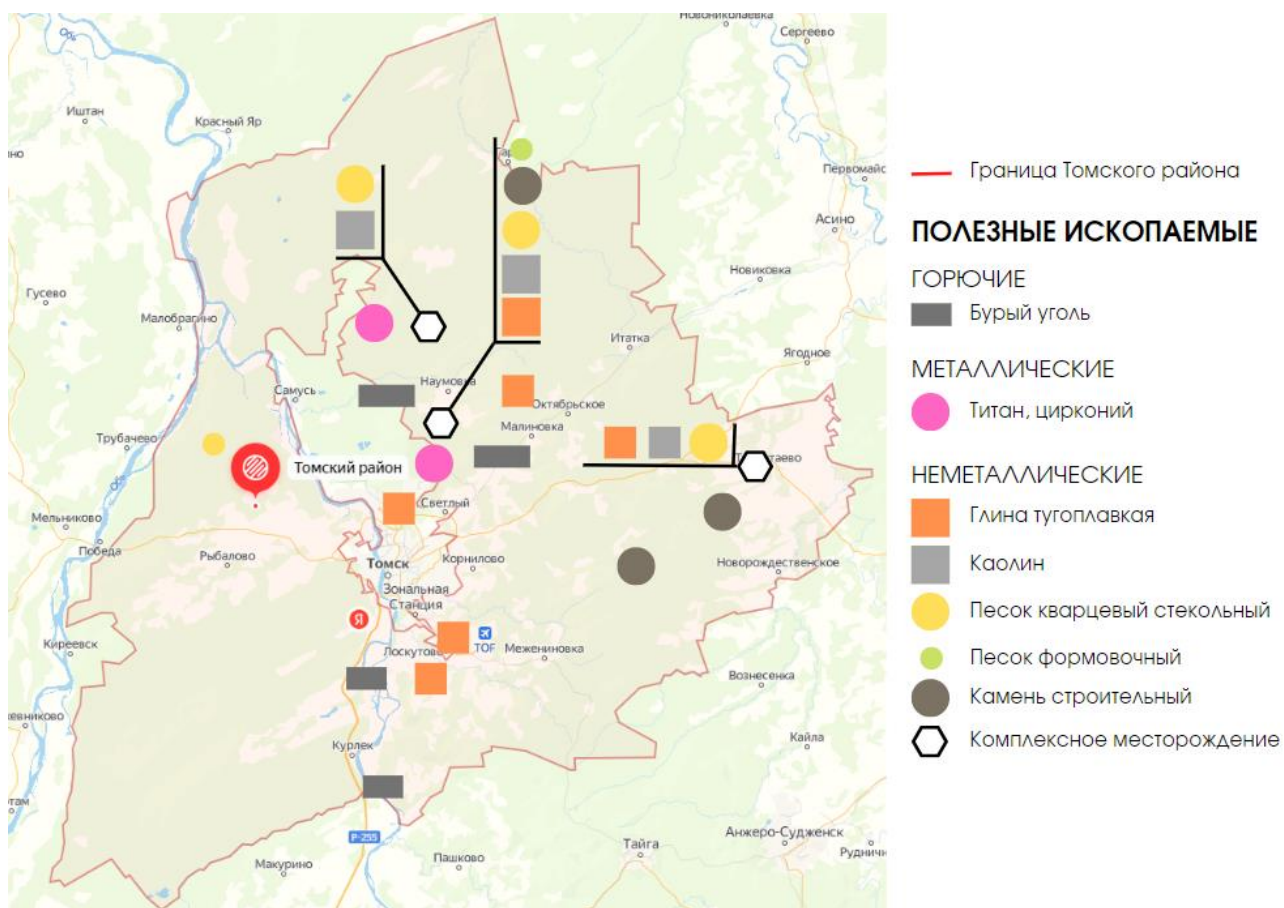


Рисунок 13 – Месторождения полезных ископаемых Томской области [4]

2.4 Климатическая характеристика Томского района

Исследуемая территория находится в таежной зоне. Климат Томского района континентальный, с отличительными суточными и годовыми амплитудами. Среднегодовая температура составляет $-0,5^{\circ}\text{C}$. Зимы холодные и длительные, средняя температура января составляет $-17,1^{\circ}\text{C}$. Лето отличается жаркими, но непродолжительными периодами, средняя температура июля составляет $+18,7^{\circ}\text{C}$. Годовое количество осадков составляет 400-600 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в летний период [42]. Климатическая характеристика представлена в таблице 2.

Период снежного покрова 180 дней, с конца октября и до конца апреля. Высота снежного покрова – 60-80 см. Томский район характеризуется избыточным увлажнением атмосферными осадками (450-590 мм/год) [34].

По сравнению с севером Томской области, климат Томского района более мягкий. Также в сравнении с северной частью Томской области на исследуемой территории зимы менее продолжительные [43].

Таблица 2 – Климатическая характеристика для Томского района [22]

Месяц	Средняя температура (°C)	Средний min (°C)	Средний max (°C)	Норма осадков (мм)	Влажность (%)
Январь	-17,1	-20,9	-13	35	81
Февраль	-14,7	-18,9	-9,6	24	78
Март	-7	-12	-1,1	25	72
Апрель	1,3	-3,4	7	34	65
Май	10,4	4,7	17,5	41	61
Июнь	15,9	10,5	22,3	61	70
Июль	18,7	13,7	24,8	75	76
Август	15,7	11	21,7	67	79
Сентябрь	9	5,1	14,4	50	79
Октябрь	1,7	-1,4	6	56	80
Ноябрь	-8,3	-11,4	-4,7	52	83
Декабрь	-15,1	-18,9	-11,1	49	82

2.5 Поверхностные и подземные воды

На территории изучаемого района 114 рек, общая протяженность которых 2193 км. Питание рек – смешанное, с преобладанием снегового. Преобладают реки длиной менее 10 км (94,4%) [8].

Основная река – Обь, протяженностью в пределах области – 1065 км. Также Обь обладает многочисленными притоками, на территории исследуемого района это притоки такие как Томь, Таган, Андрава, Ташлаир, Черная, Малая Ушайка, Большая Киргизка, Басандайка [5].

Средняя скорость течения рек в паводки составляет 4-6 км/час, что свидетельствует о достаточно быстром и сильном движении воды в реке во время паводков, вызванных увеличенным стоком воды из-за атмосферных осадков или таяния снега. В межень – 0.5-1.5 км/час, в этот период сток рек уменьшается, и вода течет медленнее [5].

Питание рек происходит за счет нескольких источников, включая атмосферные осадки (дождь, снег), талую воду и подземные воды. Доля

подземных вод в стоке реки Томи составляет около 17%, что указывает на значительный вклад подземных вод в общий объем воды в реке [5].

Ледостав обычно устанавливается в начале ноября, вскрытие рек происходит в конце апреля, когда лед начинает таять и реки освобождаются ото льда [5].

Максимальный сток рек приходится на апрель-май, что связано с таянием снега и повышенным количеством осадков весной. В это время реки могут переполниться и достигнуть своего максимального стока. Сток рек в эти месяцы составляет около 70% от общего годового стока. Минимальный – на зимние месяцы, когда осадков меньше, и реки могут иметь более низкий уровень воды. Сток рек в зимние месяцы составляет около 10% от годового стока [5].

Район является поставщиком питьевой воды для г. Томска. В районе большой запас подземных вод, 58,3% от всего объема области. Всего в Томском районе 5 месторождений подземных вод, самое большое из которых носит одноименное название – Томское. Основной объем забора воды используется для хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжений [8].

Также на территории Томского района находится многочисленное количество озёр (Беленькое, Большое Боярское, Кирекское, Кривое, Ларино, Нестояново, Нижние озера, Круглое, Курок, Лобаевское, Мальцево, Песчаное, Пиявочное, Старое, Таратаново, Тихоновское, Черное, Щучье, Яково, Позднеевское, Порос, Рожневое, Савинское, Сенная Курья, Тартма, Трубачевское, Федосеевское, Целлофанка, Шайтан, Тартма, а также Кандинское водохранилище и др.) [9].

2.6 Почвенная характеристика

Почвенный покров территории своеобразен. Здесь можно встретить почвы с явно выраженными признаками формирования различных процессов.

Факторы образования почв Томского района [15]:

- Влияние материнских пород, неоднородность почвенного покрова, специфическое строение профиля почв;

2.7 Флора и фауна Томского района

Леса занимают более половины территории Томского района – 756 тыс. га (75% от всей территории) [42].

Растительный покров характеризуется наличием различных типов лесов, включая хвойные, лиственные и смешанные леса. В составе этих лесов преобладают такие древесные виды, как сосна, кедр, лиственница, ель, пихта, береза и осина. Каждый из этих видов имеет свои уникальные особенности и адаптации к местным условиям [42].

Помимо древесных растений, вблизи лесов Томского района также можно наблюдать разнообразные кустарники и травы. Например, вблизи лесов встречаются брусника, малина, голубика, черника, клюква, которые являются типичными представителями ягодных кустарников в регионе. Вдоль рек и водоемов можно обнаружить такие растения, как тальник, черёмуха, шиповник и смородина, которые адаптированы к влажным условиям и часто растут на берегах [42].

Животный мир Томского района характеризуется обилием видового разнообразия и насчитывает около 48 видов. Фауна представлена мелкими хищниками, грызунами и насекомоядными [26].

Изучая территорию, можно наблюдать крупных млекопитающих, таких как косули, включенных в Красную книгу Томской области, и лосей. В отряде насекомоядных обитают кроты сибирские, а также малые, средние и обыкновенные бурозубки, а также обыкновенные куторы. Отряд хищных животных представлен лаской и лисицей, в то время как наибольшее разнообразие встречается среди грызунов, таких как обыкновенные белки, бурундуки, различные виды мышей, включая северную мышовку, мышью-малютку, ондатру и заяц беляк [42].

Территория также обладает богатой орнитофауной с более чем 190 видами зарегистрированных птиц. Среди них можно наблюдать много зерноядных и насекомоядных воробьиных [42].

На исследуемой территории встречаются множество видов пресмыкающихся и земноводных животных, а также разнообразные беспозвоночные, включая насекомых, паукообразных и наземных улиток [42].

В реках и озерах, расположенных поблизости от города Томска, обитает разнообразие водных организмов: простейшие, губки, кишечнополостные черви, членистоногие, моллюски и рыбы, которые выполняют важную роль в очистке воды от загрязнений, проникающих в нее из промышленных стоков, и служат источником питания для рыб [42].

Существует множество видов рыб, которые обитают в водоемах окрестностей Томска, включая чебака, окуня, ельца, карася, щуку, ерша, пескаря и голяна. Кроме того, время от времени можно заметить редкие экземпляры, такие как язь, хариус, манерка и щиповка [42].

В теплые месяцы года наблюдается высокая численность клещей, в том числе энцефалитных [42].

3. Методика исследований донных отложений

3.1 Отбор проб и пробоподготовка

В январе 2020 года в рамках исследования автором совместно с научным руководителем Ивановым А.Ю. был проведен отбор проб донных отложений на территории Томского района. Пробы были отобраны в нескольких местах, включая деревню Кисловка, микрорайон Северный парк, поселок Нижний склад, села Дзержинское и Тимирязевское (рис. 15).

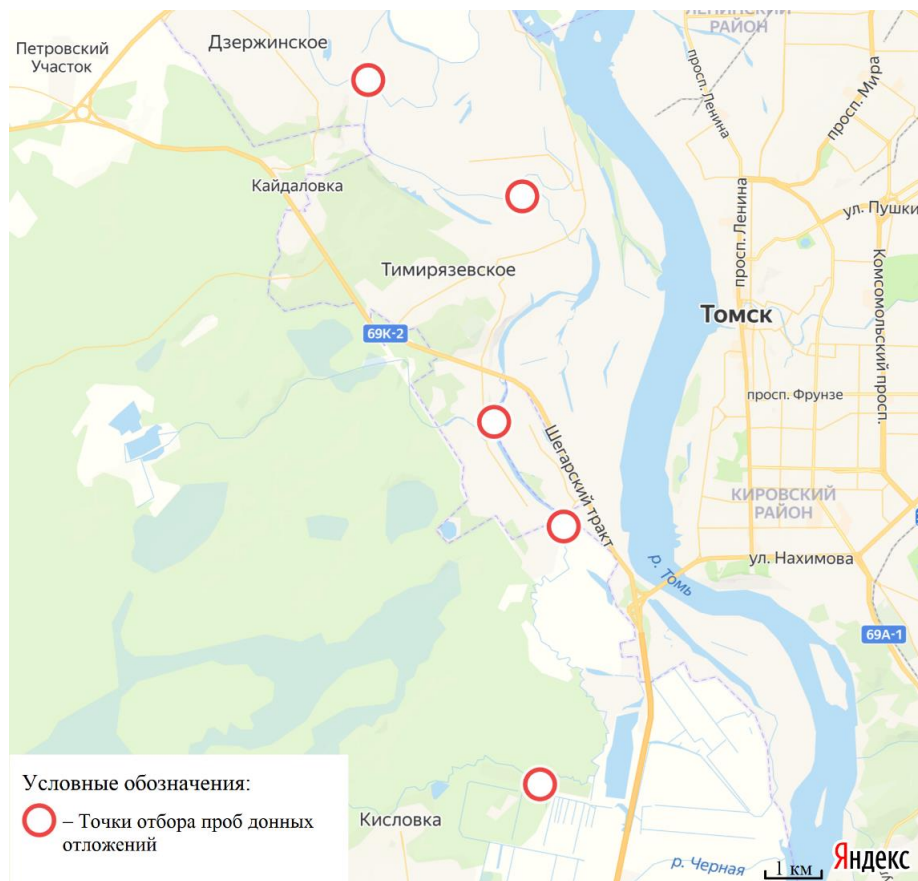


Рисунок 15 – Карта-схема отбора проб донных отложений на территории Томского района [21]

Исследование донных осадков реки Кисловка включало следующие этапы:

1. Пробоотбор. Было проведено взятие 22 проб донных отложений в разных точках реки Кисловка;
2. Пробоподготовка. Следующим этапом была подготовка проб для последующего анализа. Процесс включал просушивание, удаление посторонних частиц, измельчение и просеивание (рис. 16);

3. Анализ. После пробоподготовки пробы донных отложений были подвергнуты анализу различными методами (атомно-абсорбционный, рентгеновская дифрактометрия, электронная микроскопия, ИНАА);
4. Камеральная обработка результатов. Полученные данные были обработаны и проанализированы.

Пробоотбор донных отложений реки Кисловка был проведен в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80 “Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность” [10] и РД 52.24.609-2013 “Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов” [35].

Для пробоотбора был использован специальный инструмент, длиной 50 см. – сапропелевый бур БС-1, снабженный пробоотборочным челноком. Пробы донных отложений были взяты на глубине до 50 см с интервалом 2-3 см. Это позволяет получить образцы, охватывающие разные слои донных отложений.

После пробоотбора проводилось измерение различных физических свойств донных отложений, таких как включения, запах, цвет и консистенция. Эти параметры могут дать дополнительную информацию о состоянии и характеристиках донных отложений.

После проведения пробоотбора и измерения свойств пробы донных отложений упаковывались в соответствии с требованиями и отправлялись в лабораторию для дальнейшего анализа.

Виды анализов, выполненные для изучения состава, отобранных донных отложений исследуемого бассейна реки:

1. Атомно-абсорбционный, для определения концентрации ртути при помощи ртутного газоанализатора РА 915+;
2. Рентгеновская дифрактометрия, с использованием дифрактометра Bruker D2 Phaser;
3. Электронная микроскопия, с использованием сканирующего электронного микроскопа Hitachi S-3400N;
4. Инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА).



Рисунок 16 – Схема обработки проб донных отложений [48]

3.2 Аналитические методы определения химических элементов в донных осадках

3.2.1 Определение ртути атомно-абсорбционным методом

Атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС) является аналитическим методом, который использует способность атомов поглощать свет определенной длины волны для определения содержания различных химических элементов в образцах. Этот метод используется в различных областях, включая геологию, медицину, пищевую промышленность и др. [5].

В данном случае, для определения содержания ртути в донных отложениях, применяется прибор РА-915+ с приставкой ПИРО-915+ (рис. 17), согласно ПНД Ф 16.1:2.23-2000 “Методика выполнения измерений массовой доли общей ртути в пробах почв и грунтов на анализаторе ртути «РА-915+» с приставкой «РП-91С»” [35], в лаборатории микроэлементного анализа Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология», отделение геологии ИШПР ТПУ. Работа проводилась под руководством Осиповой Н.А.

Принцип работы этого прибора заключается в пиролизе пробы, что позволяет восстановить связанную ртуть до атомарного состояния, а затем перенести ее в аналитическую кювету. Там происходит атомизация ртути, которая затем поглощает свет определенной длины волны, что позволяет измерить ее концентрацию в образце.

Блок питания "ПИРО-915+" предоставляет возможность контролировать и регулировать параметры работы прибора РА-915+, включая скорость прокачки воздуха и температуру различных компонентов системы. Это позволяет оптимизировать процесс анализа и достичь наилучших результатов. Данный метод анализа является достаточно точным и часто используется в научных исследованиях.

Методика, основанная на приборе РА-915+ с приставкой "ПИРО-915+", обладает значительными преимуществами, позволяющими проводить анализ ртути в донных отложениях с минимальной подготовкой образцов, а также обеспечивать высокую точность и надежность результатов при широком диапазоне измерений.

Количество проб, проанализированных на ртутном газоанализаторе, составило 22 шт.



Рисунок 17 – Ртутный газоанализатор «РА 915+» с приставкой «ПИРО-915+»

3.2.2 Определение минерального состава с помощью рентгеновской дифрактометрии

Рентгеновская дифрактометрия (XRD, X-ray diffraction) – это метод исследования структуры кристаллических материалов, основанный на дифракции рентгеновских лучей на кристаллической решетке образца. При попадании рентгеновского луча на кристаллы происходит интерференция, в результате чего образуется дифракционная картина – узор ярких точек и линий, который можно зафиксировать на детекторе [45].

Каждый кристалл имеет свою уникальную дифракционную картину, которая определяется его кристаллической структурой, т.е. расположением атомов внутри кристаллической решетки. Исследование дифракционной картины позволяет определить такие параметры кристаллической структуры, как расстояние между атомами, углы между связями в молекулах, ориентацию кристаллических осей в пространстве и т.д. [45].

Рентгеновская дифрактометрия 2 проб донных отложений проводилась на дифрактометре Bruker D2 Phaser (рис. 18), в лаборатории микроэлементного анализа природных сред Международного инновационного научно-образовательного центра (МИНОЦ) «Урановая геология» отделения геологии ИШПР ТПУ, под руководством аналитика Соктоева Б.Р.



Рисунок 18 – Дифрактометр Bruker D2 Phaser

С помощью XRD можно определить кристаллическую структуру, т.е. расположение атомов в кристаллической решетке, а также диагностировать минерал или фазу по их структурным параметрам. Это достигается путем сравнения экспериментальных данных с данными стандартных образцов [45].

Кроме того, XRD позволяет изучать изоморфные серии твердых растворов и выявлять блочный изоморфизм, т.е. наличие различных блоков в кристаллической решетке, которые могут быть замещены другими ионами.

Фазовый качественный анализ с помощью XRD заключается в определении количества и типа фаз в образце, основываясь на характеристических пиковых позициях и интенсивностях [45].

Процесс подготовки пробы для рентгеновской дифрактометрии включает несколько этапов. Сначала проба донных отложений измельчается в агатовой ступке до состояния пудры. Затем полученная пудра плотно помещается в кювету из органического стекла, и поверхность выравнивается до одного уровня с кюветой. Такая подготовка пробы необходима для обеспечения равномерного и однородного распределения материала при измерении.

С помощью данного метода изучались 2 пробы донных отложений.

Полученные дифрактограммы далее анализируются с помощью программы Diffrac.EVA, которая позволяет расшифровывать и интерпретировать дифракционные данные, полученные в результате анализа. Она использует базу данных рентгеновской порошковой дифрактометрии PDF2, которая содержит информацию о различных кристаллических фазах и их характеристиках.

3.2.3 Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ)

Электронная микроскопия – это метод исследования структуры и свойств материалов при помощи электронных микроскопов. Электронные микроскопы используют пучки электронов, вместо света, для создания изображения образца. Электроны сильно ускоряются при помощи электронных линз и направляются на поверхность образца. Когда электроны взаимодействуют с образцом, они

могут рассеиваться или отражаться, и это происходит с разной интенсивностью в зависимости от структуры и состава образца [47].

Исследования проб данным методом проводились на сканирующем электронном микроскопе Hitachi S-3400 (рис. 19), в учебно-научной лаборатории оптической и электронной микроскопии МИНОЦ «Урановая геология» отделения геологии ИШПР ТПУ, под руководством консультанта Ильенка С.С.

Основное преимущество сканирующей электронной микроскопии заключается в возможности наблюдения микроструктурных особенностей объектов с высокой детализацией. Она позволяет исследовать поверхность пробы на микрометровом и нанометровом уровнях, а также определить элементный состав образцов с помощью метода рентгеновской дисперсионной спектроскопии [32].

Для подготовки пробы к исследованию при помощи электронной микроскопии, образец помещают в вакуумную камеру для избежания рассеивания электронов на молекулах воздуха. Для изучения локального состава образца, используют режим обратно-рассеянных электронов, при котором электроны рассеиваются на атомах образца и возвращаются назад в детектор, что позволяет определить состав и расположение элементов в образце.



Рисунок 19 – Сканирующий электронный микроскоп Hitachi S-3400 [23]

3.2.4 Инструментальный нейтронно-активационный анализ

ИНАА – это метод анализа, основанный на использовании нейтронного облучения для активации проб и последующей регистрации радиоактивных радионуклидов, которые образуются в результате этой активации. Данный метод позволяет определить концентрации различных элементов в пробе с высокой точностью и чувствительностью. Данный анализ проводился в учебном исследовательском ядерном реакторе ТПУ, в научной лаборатории ядерно-геохимических исследований отделения геологии ИШПР ТПУ. Аналитики – инженеры НИ ТПУ Судыко А.Ф., Богутская Л.В.

Для проведения анализа проба помещается в реактор и облучается нейтронами. В результате облучения происходит активация атомов элементов в пробе, что приводит к образованию радиоактивных изотопов элементов. Далее, при помощи спектрометра регистрируются радиоактивные изотопы, что позволяет определить концентрацию элементов в пробе [39].

ИНАА имеет ряд преимуществ, которые включают неdestructивность пробы и высокую чувствительность. Неdestructивность означает, что проба не подвергается разрушению или изменению своей структуры в процессе облучения нейтронами. Это важно для сохранения целостности и возможности последующего использования пробы для других анализов или исследований. Высокая чувствительность ИНАА обеспечивается тем, что метод способен обнаруживать очень низкие концентрации элементов в пробе. Даже следовые количества элементов могут быть обнаружены благодаря специфическим радиационным переходам, характерным для каждого элемента. Это позволяет получать точные и количественные данные о концентрациях различных химических элементов в пробе [39].

Анализ 22 проб донных отложений с использованием инструментального нейтронно-активационного анализа позволил измерить концентрации ряда макро-, микро- и редкоземельных элементов. Среди анализируемых элементов были включены следующие: 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.

4. Минеральный состав донных отложений реки Кисловка

Для изучения минерального состава донных отложений реки Кисловка применялась рентгеновская дифрактометрия. Результаты анализа показали присутствие следующих минералов: кварц, альбит, мусковит, анортит, натролит и фторапофиллит. Также были обнаружены следы других минералов, включая клинохлор, гетит и мелантерит, но их присутствие было менее выражено в сравнении с ранее упомянутыми минералами (рис. 20-21).

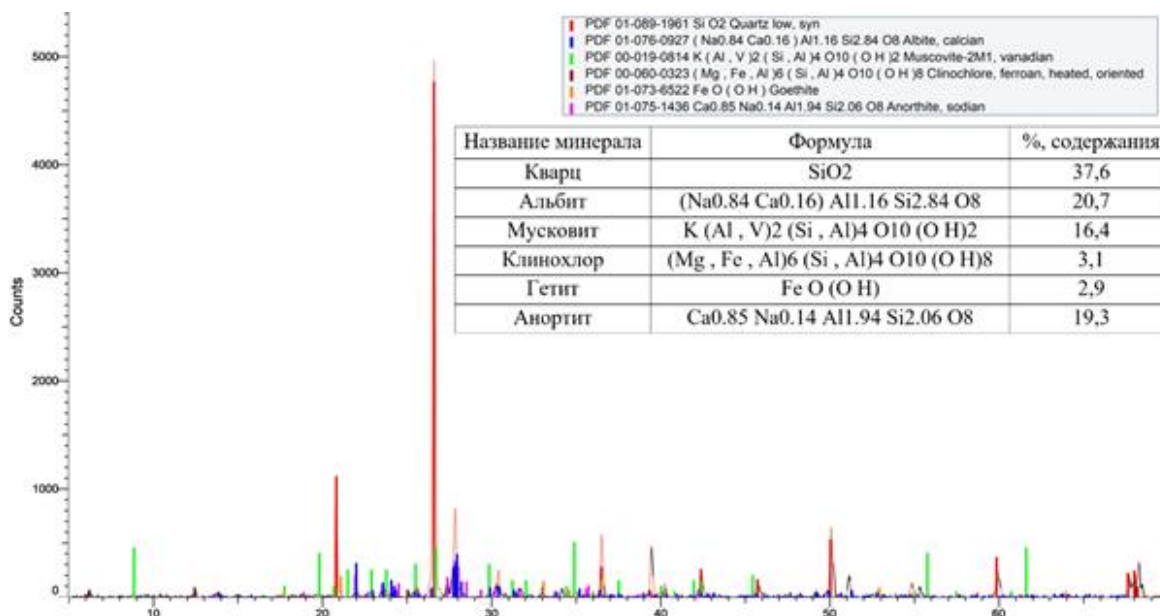


Рисунок 20 – Результаты рентгеновской дифрактометрии проб донных отложений реки Кисловка (фон Кисловка)

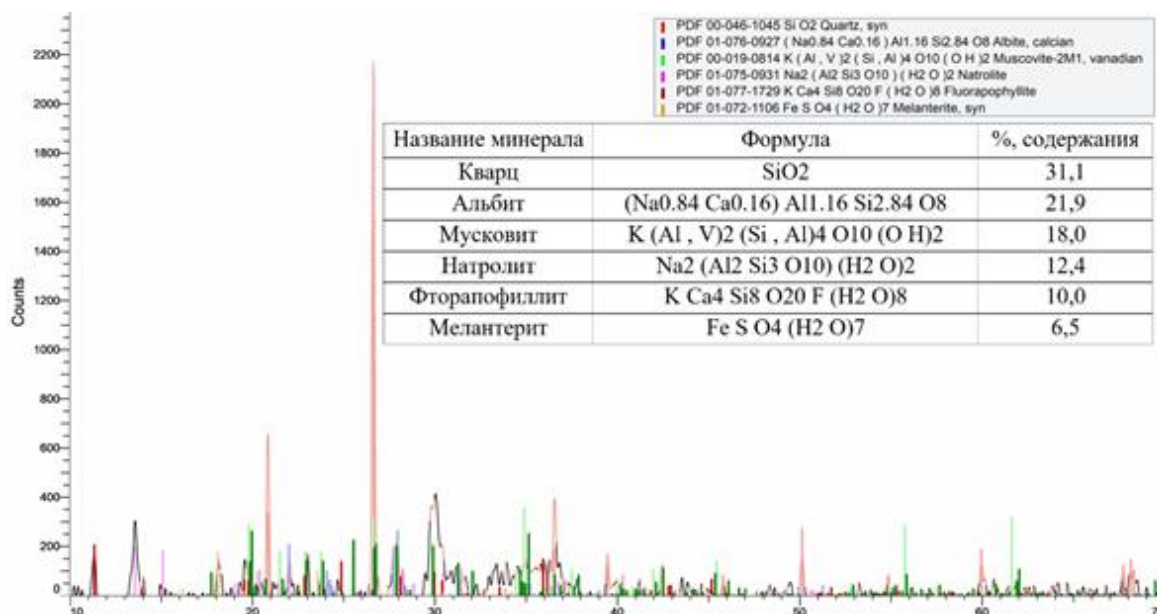


Рисунок 21 – Результаты рентгеновской дифрактометрии проб донных отложений реки Кисловка (сброс водозабора)

Анализ донных отложений с использованием сканирующего электронного микроскопа Hitachi S-3400N с приставкой для микроанализа позволил выявить следующие минеральные фазы, представленные в тяжелой минеральной фракции: фосфаты лантаноидов, алюмосиликат натрия, оксидом железа, карбонат железа и хлорид калия (рис. 22-23).

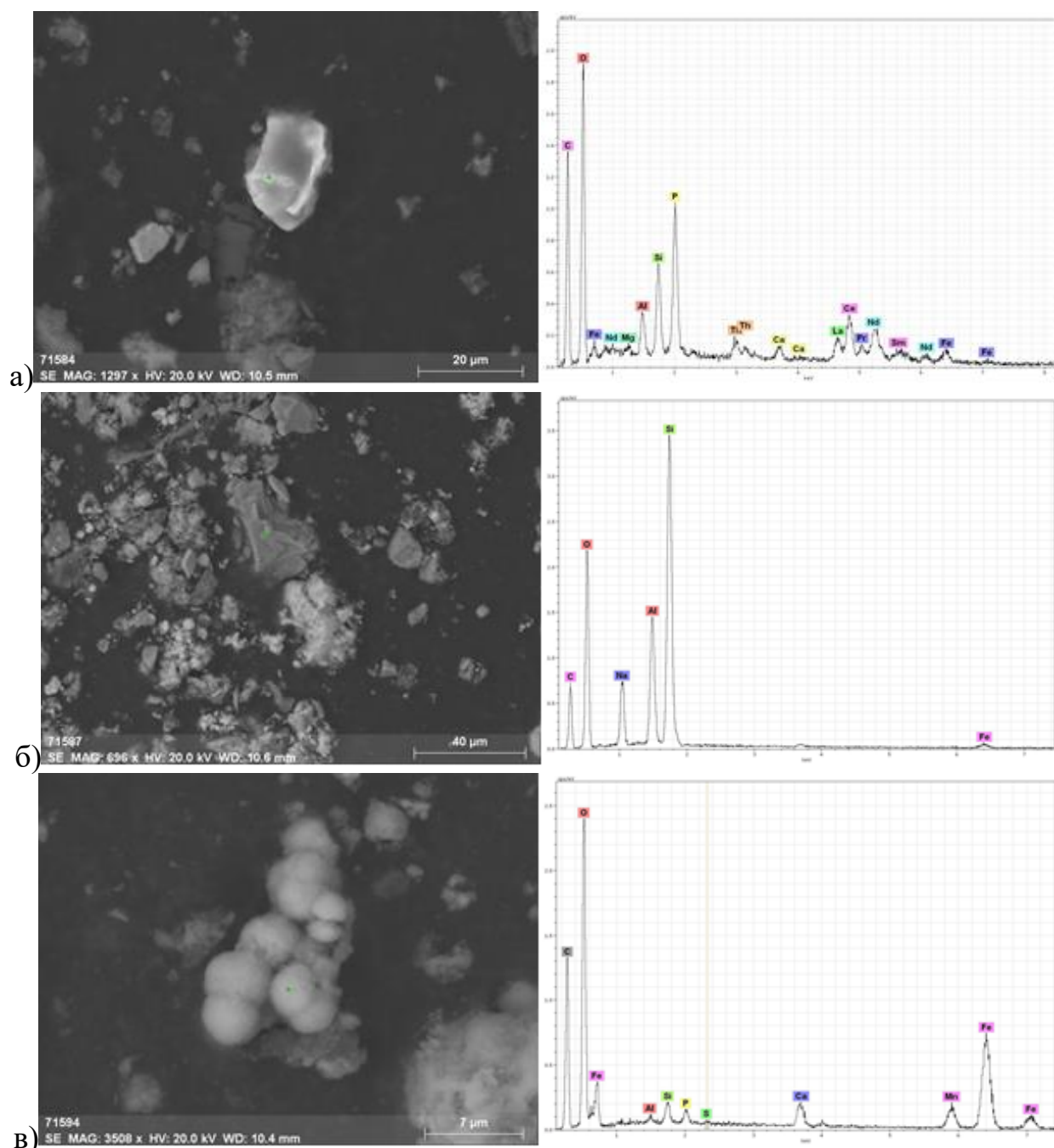


Рисунок 22 – Результаты электронной микроскопии донных отложений.
Кисловка фон: а) фосфаты лантаноидов; б) алюмосиликат натрия (альбит); в)
оксид железа (гематит?)

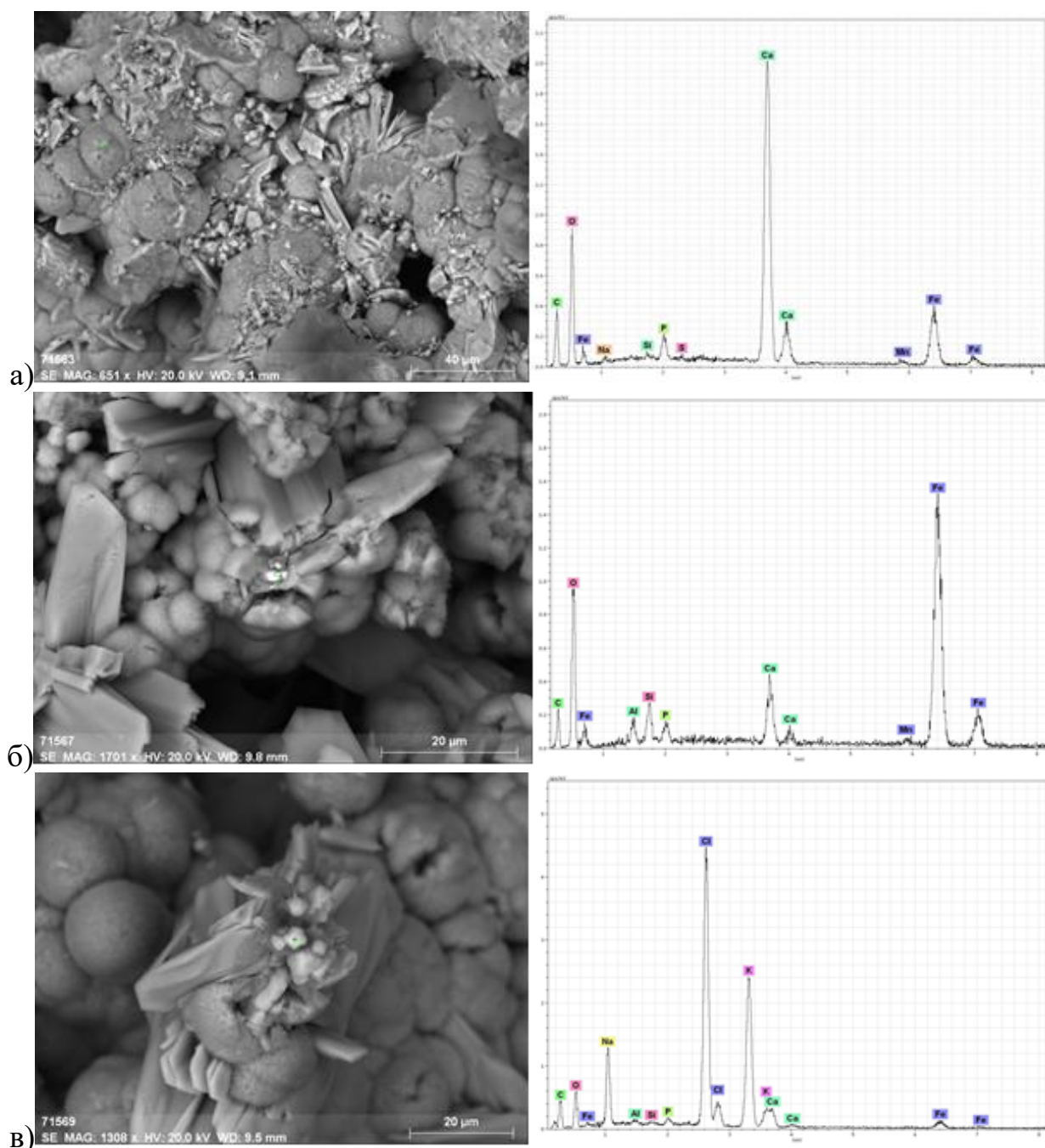


Рисунок 23 – Результаты электронной микроскопии донных отложений. Сброс водозабора: а) карбонат железа (сидерит?); б) оксид железа; в) хлорид калия (сильвин?)

Отдельно была диагностирована оолитовая конкреция, обнаруженная в донных отложениях в месте сброса Томского водозабора, которая представлена кальцитом с примесью железа, а также графтонитом (рис. 24).

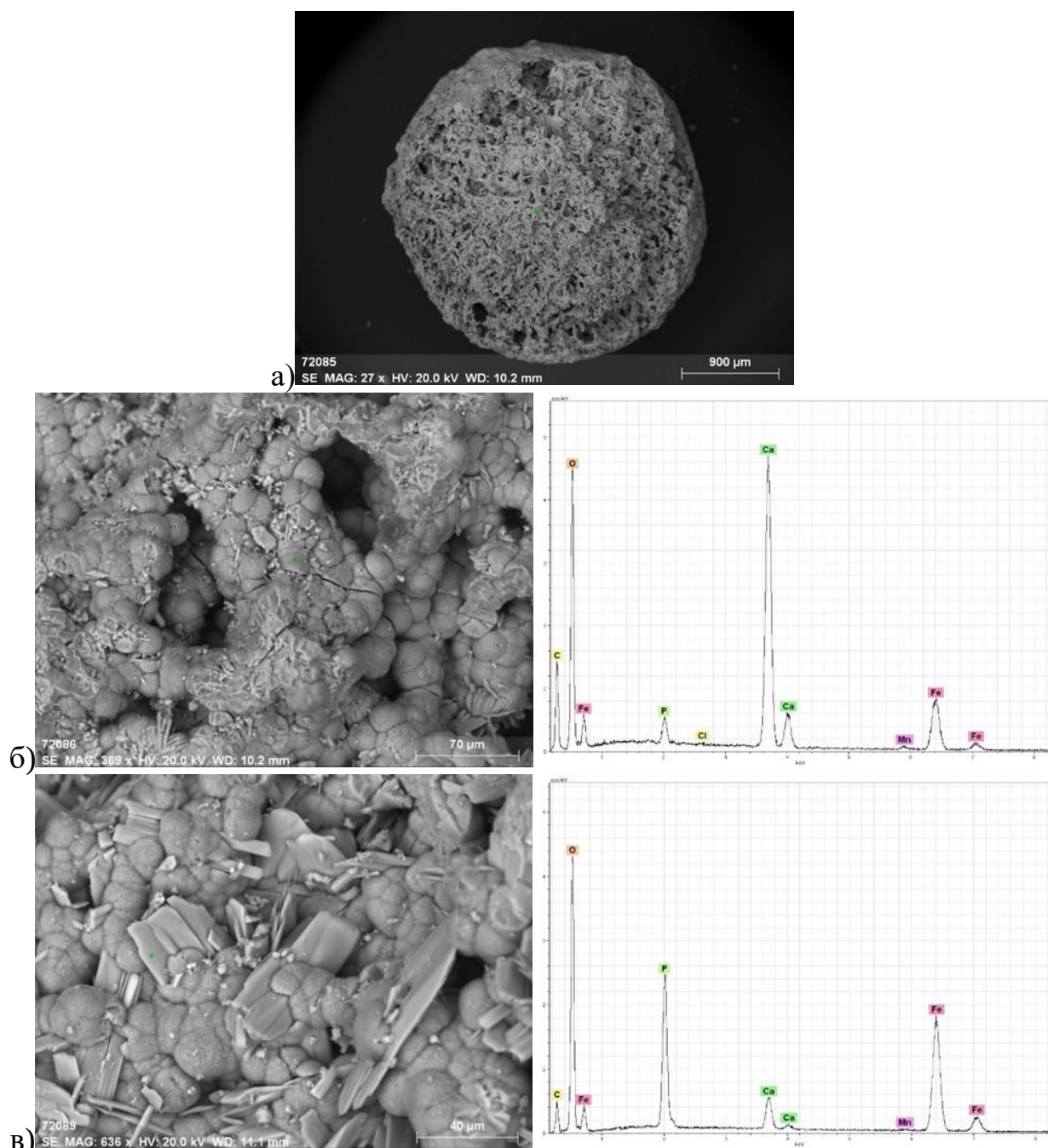


Рисунок 24 – Результаты электронной микроскопии донных отложений. Сброс водозабора: а) оолитовая конкреция; б) кальцит с примесью железа; в) графтонит

Таким образом, можно сделать вывод, что донные осадки р. Кисловка представлены преимущественно кварцем, альбитом и мусковитом.

Также было установлено наличие в донных осадках таких элементов, как Р, РЗЭ (лантаноиды), Si, Al, Na, Fe, Ca, Cl, K и др.

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность ресурсосбережение

Данная магистерская диссертация представлена научно-исследовательской работой, целью которой является изучение донных отложений реки Кисловка, как гидролитогеохимического индикатора состояния окружающей среды урбанизированных территорий.

Место проведения работ: Томская область, район исследования: Томский.

Время проведения работ: 2023 год.

Объект исследований: донные отложения водных объектов.

Метод и вид исследований: геохимические исследования (гидролитогеохимическое опробование).

Объём работ: количество проб – 22.

Необходимо произвести следующие виды работ, которые выполняются последовательно:

1. Эколого-геохимические;
2. Лабораторные;
3. Камеральная обработка результатов.

Типовой состав отряда: геоэколог, рабочий.

6.1. Предпроектный анализ

6.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Донные отложения – это донные наносы и твёрдые частицы, образовавшиеся и осевшие на дно водного объекта в результате внутриводоёмных физико-химических и биохимических процессов, происходящих с веществами как естественного, так и техногенного происхождения.

Изучение донных отложений позволяет не только отследить хронологию накопления различных компонентов, а также выяснить характерные для данного объекта природные и фоновые уровни содержания тех или иных веществ.

Сегментирование рынка услуг по опробованию донных отложений осуществляется по таким критериям как: размер лаборатории и этапы анализа донных отложений.

Таблица 8 – Карта сегментирования услуг по опробованию снежного покрова

		Этапы анализа донных отложений		
		Опробование	Пробоподготовка	Анализ
Размер лаборатории	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

Примечание: – Лаборатория А; – Лаборатория Б; – Лаборатория В.

Лаборатория А – филиал «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Томской области» ФГБУ «ЦЛАТИ по СФО» – г. Томск (ЦЛАТИ по Томской области). Адрес местонахождения: г. Томск, Кирова проспект, 14;

Лаборатория Б – филиал ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Томской области». Адрес местонахождения: г. Томск, ул. Елизаровых, 42, ул. Фрунзе, 103а, стр. 1, ул. Розы Люксембург, 13, а;

Лаборатория В – Проблемная научно-исследовательская лаборатория гидрогеохимии. Адрес местонахождения: г. Томск, пр-кт. Ленина, д.2 стр.5

Таким образом, основным сегментом данного рынка является опробование донных отложений. Опробование дает возможность дальнейшего изучения донных отложений.

Данные, которые будут получены в результате исследования могут быть использованы в последующем исследовании донных отложения Томской области, и могут быть использованы для проведения сравнительной характеристики. Следовательно, основные потребителями являются другие исследователи.

6.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Одно из исследований донных отложений проводилось с использованием электронного сканирующего микроскопа Hitachi S-3400N.

Детальный анализ оборудования, использующегося конкурентами, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы получать более точные результаты исследований. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны оборудования.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты (табл. 9). Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырех видов оборудования для исследований.

Позиция разработки 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:

$$K = \sum B_i \cdot b_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

b_i – балл i -го показателя;

$B_{\text{ф}}$ – электронный сканирующий микроскоп Hitachi S-3400N;

$B_{\text{к1}}$ – электронный сканирующий микроскоп JEOL JSM-IT300;

$B_{\text{к2}}$ – электронный сканирующий микроскоп Axia ChemiSEM;

$B_{\text{к3}}$ – электронный сканирующий микроскоп Verios 5.

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	Б _{к3}	Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	Б _{к3}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
Помехоустойчивость	0,15	5	4	3	4	0,75	0,60	0,45	0,60
Надежность	0,20	5	5	5	4	1	1	1	0,80
Уровень шума	0,10	5	4	4	5	0,50	0,40	0,40	0,50
Функциональная мощность	0,30	4	5	4	3	1,20	1,50	1,20	0,90
Простота в эксплуатации (предоставляемые возможности)	0,05	5	3	3	5	0,25	0,15	0,15	0,25
Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,10	5	5	5	4	0,50	0,50	0,50	0,40
Экономические критерии оценки эффективности									
Конкурентоспособность продукта	0,02	5	5	5	4	0,10	0,10	0,10	0,08
Цена	0,03	4	4	4	5	0,12	0,12	0,12	0,15
Уровень проникновения на рынок	0,02	5	4	4	3	0,10	0,08	0,08	0,06
Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	5	5	5	5	0,15	0,15	0,15	0,15
Итого	1	47	45	42	42	4,67	4,60	4,15	3,89

Таким образом, можно сказать, что электронный сканирующий микроскоп Hitachi S-3400N имеет наивысшую оценку конкурентоспособности из-за высокой помехоустойчивости и простоты в эксплуатации, однако данный микросом уступает в функциональных возможностях электронному сканирующему микроскопу JEOL JSM-IT300.

6.1.3. SWOT-анализ

SWOT-анализ (сильные и слабые стороны, возможности, угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Данный анализ проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде (таблица 10).

Таблица 10 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Высокая точность результатов; С2. Оценка загрязнения окружающей среды; С3. Возможность использования данных в других исследованиях; С4. Наличие бюджетного финансирования; С5. Квалифицированный персонал.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Трудоемкий процесс пробоотбора и лабораторных исследований; Сл2. Погрешность методов анализа; Сл3. Узкий круг потенциальных пользователей.
Возможности: В1. Необходимость в достоверных данных о содержании элементного состава в донных отложениях; В2. Появление спроса на исследование со стороны природоохранных организаций; В3. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.	Высокая точность и уникальность результатов может вызвать спрос на нее, а это в свою очередь увеличит количество спонсоров.	Инновационные инфраструктуры ТПУ могут оказать помощь в финансировании проекта. Возможность обучения или повышения навыков работы с лабораторной методикой за счет квалификационного уровня работников проекта в области данного исследования.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на результаты научного исследования; У2. Отсутствие финансирования; У3. Развитая конкуренция среди научно-исследовательских вузов.	В силу того, что в данная работа отличается высокой точностью и уникальностью результатов, это может повысить спрос и конкуренцию разработки.	Поиск дополнительных источников финансирования на начальных этапах исследования.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа была построена интерактивная матрица проекта (табл. 11). Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта

	Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности проекта	B1	+	+	+	+	+
	B2	–	+	+	–	+
	B3	+	+	+	+	+
Угрозы проекта	У1	–	–	–	–	–
	У2	–	+	+	–	+
	У3	–	–	–	+	+
	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3		
Возможности проекта	B1	+	–	+		
	B2	–	–	+		
	B3	+	+	+		
Угрозы проекта	У1	–	–	+		
	У2	–	–	+		
	У3	–	–	+		

6.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице 12.

При проведении анализа по таблице 12, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, 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 12 – Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

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

13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	3
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	ИТОГО БАЛЛОВ	42	43

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.

Таким образом, перспективность разработки научного проекта и уровень имеющихся знаний у разработчика находятся примерно на одном уровне и имеют среднюю перспективность. Необходимо проработать слабые стороны проекта и улучшить показатели выхода на мировой рынок. Для дальнейшего развития проекта и подготовки его к коммерциализации необходимо провести анализ рынка сбыта и разработать бизнес-план по продвижению продукта на рынок. В будущем также необходимо рассмотреть возможность международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок. Так как уровень компетенций разработчиков в сфере коммерциализации не является достаточным, в дальнейшем потребуются привлечение дополнительных специалистов в команду проекта.

Необходимо также сосредоточить свое внимание на вопросах финансирования научной разработки при ее коммерциализации, рассмотреть возможности использования услуг инфраструктуры поддержки и получения льгот.

6.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать, вложить) полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания.

При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела магистерской диссертации – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности.

Для данной научно-исследовательской работы наиболее целесообразными методами коммерциализации будут инжиниринг или передача интеллектуальной собственности в капитал какого-либо предприятия.

6.2. Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, 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.

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

6.2.1. Цели и результаты проекта

Информация о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта (табл. 13).

Таблица 13 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Выпуск высококвалифицированных специалистов
Разработчик проекта (магистрант)	Определение эколого-геохимических особенностей накопления и распределения химических элементов в донных отложениях бассейна реки Кисловка Томского района Томской области
Научно-исследовательские институты и федеральные государственные учреждения с центрами лабораторного анализа	Появление достоверного и актуального исследования на территории региона

В таблице 14 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 14 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Определение эколого-геохимических особенностей накопления и распределения химических элементов в донных отложениях бассейна реки Кисловка Томского района Томской области. Сравнение средних содержаний химических элементов в донных отложениях с результатами исследований прошлых лет
Ожидаемые результаты проекта:	Изученность элементного состава образцов донных отложений, изученность особенностей пространственного распределения химических элементов

Критерии приемки результата проекта:	Выявление содержания элементного состава и характера распределения химических элементов
Требования к результату проекта:	Требование:
	Освоить методику пробоотбора, пробоподготовки донных отложений и определения содержания в них химических элементов различными методами
	Оценить содержание химических элементов в пробах донных отложений
	Провести сравнение с ранее проведенными исследованиями

6.2.2. Организационная структура проекта

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эта информация представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Иванов А.Ю., ТПУ, ОГ, доцент, к.г.-м.н.	Руководитель проекта	Реализация проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координация деятельности участников проекта	100
2	Болсуновская Л.М., ТПУ, ОИЯ, доцент, к.ф.н.	Эксперт проекта	Консультирование по выполнению английской части	3
3	Рыжакина Т.Г., ТПУ, ОСГН, доцент, к.э.н.	Эксперт проекта	Консультирование по выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	3
4	Сечин А.А., ТПУ, ООД, доцент, к.т.н.	Эксперт проекта	Консультирование по выполнению раздела «Социальная ответственность»	3
5	Осипова Н.А. ТПУ, ОГ, доцент, к.х.н.	Эксперт проекта	Руководство работы по определению ртути атомно-абсорбционным методом	3

6	Соктоев Б.Р., ТПУ, ОГ, доцент, к.г- м.н.	Эксперт проекта	Руководство работы по определению минерального состава с помощью рентгенофазового анализа	3
7	Ильенок С.С., ТПУ, ОГ, старший преподаватель, к.г-м.н.	Эксперт проекта	Руководство работы по исследованию проб на сканирующем электронном микроскопе	3
8	Судыко А.Ф., Богутская Л.В., аналитики- инженеры НИ ТПУ	Эксперт проекта	Определение элементного состава донных осадков в учебном исследовательском ядерном реакторе ТПУ при помощи инструментального нейтронно-активационного анализа	3
9	Клюквина А.С., ТПУ, ОГ, магистрант	Исполнитель по проекту	Определение содержания селена в мышечной ткани окуня обыкновенного (<i>Perca fluviatilis</i>)	1000
ИТОГО:				1121

6.2.3. Ограничения и допущения проекта

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 (табл.16).

Таблица 16 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
3.1. Бюджет проекта	11268879,9
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	15.12.2020 – 31.05.2023
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	10.09.2020
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2023

6.3. Планирование управления научно-техническим проектом

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

6.3.1. Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рисунке 50 представлена иерархическая структура работ, выполненных по данному проекту.



Рисунок 50 – Иерархическая структура работ

6.3.2. План проекта

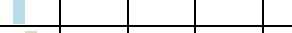
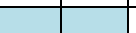
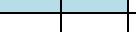
В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Таблица 17 – Календарный план проекта.

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Подготовительный этап	96	10.09.2020	14.01.2021	Иванов А.Ю., Клюквина А.С.
1.1	Выбор территории исследований	3	10.09.2020	12.09.2020	Иванов А.Ю., Клюквина А.С.
1.2	Составление графика работ	3	14.09.2020	16.09.2020	Иванов А.Ю., Клюквина А.С.
1.3	Изучение литературы по теме исследований	60	1.10.2020	1.12.2020	Клюквина А.С.
1.4	Сбор данных по предыдущим исследованиям на выбранной территории	30	14.12.2020	14.01.2021	Клюквина А.С.
2	Экспериментальный этап	69	18.01.2021	8.03.2021	Иванов А.Ю., Клюквина А.С.
2.1	Отбор проб	2	18.01.2021	19.01.2021	Иванов А.Ю., Клюквина А.С.
2.2	Пробоподготовка	7	20.01.2021	27.01.2021	Клюквина А.С.
2.3	Лабораторные исследования	30	1.02.2021	2.03.2021	Клюквина А.С.
2.4	Камеральная обработка полученных результатов	30	8.03.2021	8.04.2021	Клюквина А.С.
3	Заключительный этап	123	3.10.2022	9.03.2023	Клюквина А.С.
3.1	Обработка результатов	60	3.10.2022	3.12.2022	Клюквина А.С.
3.2	Вывод о проведенном исследовании	3	5.12.2022	7.12.2022	Клюквина А.С.
3.3	Оформление магистерской диссертации	60	9.01.2023	9.03.2023	Клюквина А.С.
Итого:		288			

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ (табл. 18).

Таблица 18 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код работы	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал. дн.	2020				2021				2022			2023		
				Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март
1	Подготовительный этап	Иванов А.Ю., Клюквина А.С.	96														
1.1	Выбор территории исследований	Иванов А.Ю., Клюквина А.С.	3														
1.2	Составление графика работ	Иванов А.Ю., Клюквина А.С.	3														
1.3	Изучение литературы	Клюквина А.С.	60														
1.4	Сбор данных по предыдущим исследованиям на выбранной территории	Клюквина А.С.	30														
2	Экспериментальный этап	Иванов А.Ю., Клюквина А.С.	69														
2.1	Отбор проб	Иванов А.Ю., Клюквина А.С.	2														
2.2	Пробоподготовка	Клюквина А.С.	7														
2.3	Лабораторные исследования	Клюквина А.С.	30														
2.4	Камеральная обработка	Клюквина А.С.	30														
3	Заключительный этап	Клюквина А.С.	123														
3.1	Обработка результатов	Клюквина А.С.	60														
3.2	Вывод о проведенном исследовании	Клюквина А.С.	3														
3.3	Оформление магистерской диссертации	Клюквина А.С.	60														

Примечание:  – Научный руководитель (Иванов А.Ю.);  – Магистрант (Клюквина А.С.)

6.3.3. 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 группируются по статьям:

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов);
2. Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
3. Расчет основной заработной платы;
4. Отчисления на социальные нужды и накладные расходы;
5. Научные и производственные командировки;
6. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов). В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3-5% от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Журнал регистрационный	2 шт.	100	200
Ручка шариковая	2 шт.	25	50
Мешки полиэтиленовые	22 шт.	1	22
Неметаллическая лопатка	1 шт.	200	200

Сито лабораторные	1 комплект	500	500
Перчатки латексные	4 шт.	25	100
Пакеты с застежкой «zip-look»	1 упаковка	300	300
Бумага офисная	1 упаковка	500	500
Фольга 10 м × 30 см	1 шт.	50	50
Пинцет	1 шт.	200	200
Всего за материалы			2122
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			106
Итого по статье С _м			2228

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме (табл. 20). Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Таблица 20 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Анализатор «РА 915 М»	1 шт.	1152	1152
2	Пиролитическая приставка	1 шт.	252	252
3	Аналитические весы AND GR-120	1 шт.	140,3	140,3
4	Электронный микроскопа Hitachi S-3400N	1 шт.	5000	5000
5	Дифрактометр Bruker D2 Phaser	1 шт.	4500	4500
6	Анализ проб на ИНАА	22 пробы	2,5	55
7	Персональный компьютер	1 шт.	40	40
8	Программное обеспечение «Surfer»	1 шт.	16	16
9	Программное обеспечение «ArcGIS»	1 шт.	40	40
10	Программное обеспечение Microsoft Office	1 шт.	5	5
Итого				11200,3

Представленное выше оборудование имеет срок полезного использования – 7 лет. Используя линейный метод начисления амортизации, норма амортизации составляет – 14%.

Основная заработная плата. 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. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда).

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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:

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

где $Z_{м}$ – 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_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 21)

Таблица 21 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Магистрант	Консультант	Инженер лаборатории
Календарное число дней	365	365	365	365
Количество нерабочих дней				
- выходные дни	96	96	96	96
- праздничные дни	22	22	22	22
Потери рабочего времени				
- отпуск	24	24	24	24
- невыходы по болезни	10	10	10	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	218	218	218	218

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{np} + k_d) \cdot k_p,$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

k_d – коэффициент доплат и надбавок;

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

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор. Базовый оклад Z_b определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия.

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р раб. дн.	З _{осн} , руб.
Научный руководитель	33535	0,3	0,2	1,3	21797,8	1039,9	13	13518,7
Магистрант	1923	0,3	0,2	1,3	1250	59,6	125	7450
Консультант	28324	0,3	0,2	1,3	18410,6	878,3	3	2634,9
Инженер лаборатории	24232	0,3	0,2	1,3	15750,8	751,4	5	3757
Итого:								27360,6

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 выполнение темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн},$$

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

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы;

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

В таблице 23 приведена форма расчета основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 23 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Научный руководитель	Магистрант	Консультант	Инженер лаборатории
Основная зарплата	13518,7	7450	2634,9	3757
Дополнительная зарплата	1622,2	894	316,2	450,8
Зарплата исполнителя	15140,9	8344	2951,1	4207,8
Итого по статье С _{зп}	30643,8			

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

$$C_{\text{внеб.}} = k_{\text{внеб.}} (З_{\text{осн.}} + З_{\text{доп.}}) = 0,3 \cdot 30643,8 = 9193,1 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{внеб.}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления на социальные нужды составляют 9193,1 руб.

Научные и производственные командировки. В эту статью включаются расходы по командировкам научного и производственного персонала, связанного с непосредственным выполнением конкретного проекта.

Научные командировки в ходе исследований не осуществлялись.

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 2000 руб.

Накладные расходы. В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70-90% от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80-100% от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} (З_{\text{осн.}} + З_{\text{доп.}}) = 0,8 \cdot 30643,8 = 24515 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

Таким образом, бюджет проекта составляет 11268879,9 руб., приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Группировка затрат по статьям

Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	2228
Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	11200300
Основная заработная плата	27360,6
Дополнительная заработная плата	3283,2
Отчисления на социальные нужды	9193,1
Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	2000
Накладные расходы	24515
Итого плановая себестоимость	11268879,9

6.3.4. Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная.

Для выбора наиболее подходящей организационной структуры используем таблицу 25.

Таблица 25 – Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

Для данного научного проекта выбираем проектную организационную структуру.

6.3.5. План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта. План управления коммуникациями приведен в таблице 26.

Таблица 26 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежеквартально (первая декада квартала)
2	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Участникам проекта	Еженедельно (пятница)
3	Документы и информация по проекту	Ответственное лицо по направлению	Руководителю проекта	Не позже сроков графиков и к. точек
4	О выполнении контрольной точки	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану управления

6.3.6. 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 данному разделу представлена в таблице 27.

Таблица 27 – Реестр рисков проекта

Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
Отсутствие спроса на результаты научного исследования	3	4	Средний	Увеличение заинтересованности природоохранных организаций в исследовании	Неактуальность работы

Развитая конкуренция среди научно-исследовательских вузов	2	2	Низкий	Использование надежных методов в проведении исследования и наличие квалифицированного персонала повышает конкуренцию	Рост конкуренции
Отсутствие финансирования	2	5	Высокий	Поиск дополнительного финансирования. Использование инфраструктуры ТПУ	Сокращение финансирования
Погрешность методов анализа	3	5	Высокий	Пересчет, проверка	Невнимательность

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

6.4.1. Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков (cash flow). 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:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{ont}}{(1+i)^t} - I_0, \text{ где}$$

ЧДП_{онт} – 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 28. При расчете рентабельность проекта составляла 20-25 %, норма амортизации – 10 %.

Таблица 28 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	14086100	14086100	14086100	14086100
2	Итого приток, руб.	0	14086100	14086100	14086100	14086100
3	Инвестиционные издержки, руб.	-11268880	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб. (35% от бюджета)	0	3944108	3944108	3944108	3944108
5	Налогооблагаемая прибыль (1-4)	0	10141992	10141992	10141992	10141992
6	Налоги 20 %, руб. (5*20%)	0	2028398	2028398	2028398	2028398
8	Чистая прибыль, руб. (5-6)	0	8113594	8113594	8113594	8113594
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб. (чистая прибыль + амортизация)	-11268880	9240482	9240482	9240482	9240482
10	Коэффициент дисконтирования при $i = 20\%$ (КД)	1	<u>0,83</u>	<u>0,69</u>	<u>0,58</u>	<u>0,48</u>
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб. (9*10)	-11268880	7669600	6375933	5359480	4435431
12	Σ ЧДД	23840444 руб.				
13	Итого NPV, руб.	12571564 руб.				

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1+i)^t}, \text{ где}$$

i – ставка дисконтирования, 20%;

t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 12571564 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

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

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

ЧДД – чистый денежный поток, руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{23840444}{11268880} = 2,12$$

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 29 и на рисунке 51.

Таблица 29 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-11268880	9240482	9240482	9240482	9240482	
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	-11268880	8399598	7632638	6939602	6311249	18014207
	0,2	-11268880	7697322	6412895	5340999	4453912	12636247
	0,3	-11268880	7105931	5470365	4204419	3234169	8746004
	0,4	-11268880	6597704	4712646	3363535	2402525	5807531
	0,5	-11268880	6163401	4102774	2725942	1829615	3552853
	0,6	-11268880	5775301	3603788	2254678	1413794	1778681
	0,7	-11268880	5433403	3095561	1875818	1034934	170837
	0,8	-11268880	5137708	2855309	1580122	877846	-817895
	0,9	-11268880	4860494	2559614	1349110	711517	-1788145
	1,0	-11268880	4620241	2310121	1155060	572910	-2610548

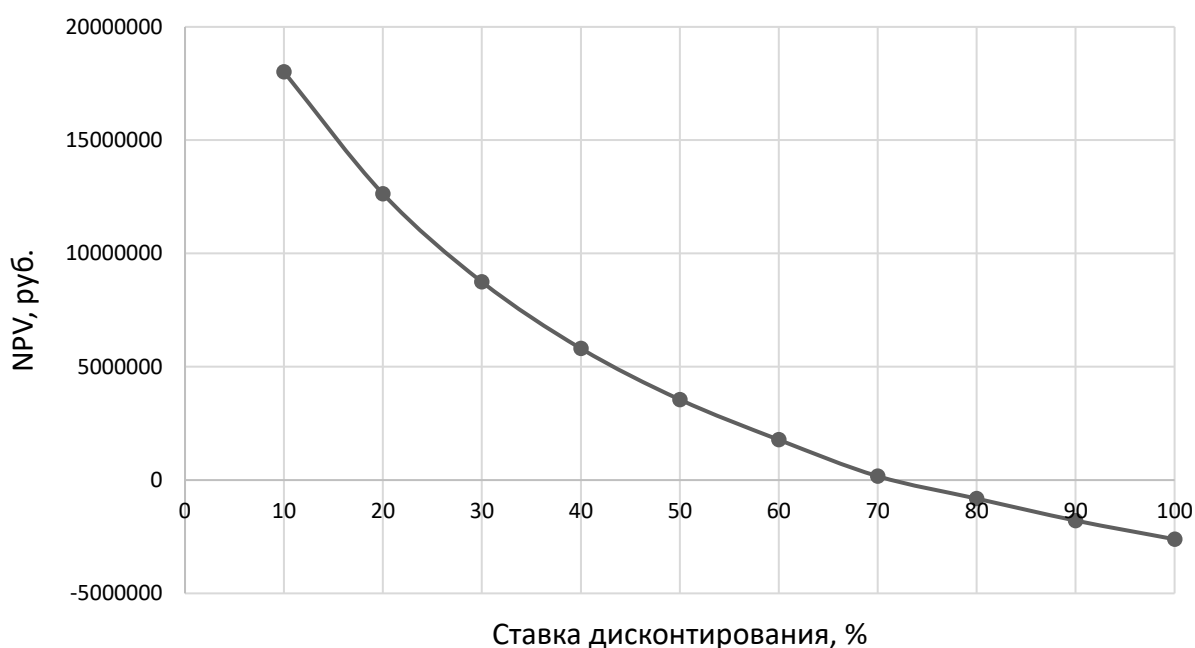


Рисунок 51 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

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 0,72.

$IRR > i$, проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта: $72\% - 20\% = 52\%$.

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

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

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 30).

Таблица 30 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i = 0,20$), руб.	-11268880	7669600	6375933	5359480	4435431
2	То же нарастающим итогом, руб.	-11268880	-3599280	2776653	8136133	12571564
3	Дисконтированный срок окупаемости	$PP_{ДСК} = 1 + (3599280/6375933) = 1,6$ года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 31).

Таблица 31 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Отсутствие информации об элементном составе бассейна р. Кисловка	Впервые получены данные об элементном составе и количественных оставляющих в бассейне р. Кисловка
Загрязнение окружающей среды в пределах бассейна р. Кисловка	Оценена степень загрязнения

6.4.2 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:

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

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – 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:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \text{ где}$$

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 – балльная 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 (таблице 32).

Таблица 32 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2	Аналог 3
1. Помехоустойчивость	0,15	5	4	3	4
2. Надежность	0,20	5	5	5	4
3. Уровень шума	0,10	5	4	4	5
4. Функциональная мощность	0,30	4	5	4	3
5. Простота в эксплуатации (предоставляемые возможности)	0,15	5	3	3	5
6. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,10	5	5	5	4
Итого	1	29	26	24	25

$$I_m^p = 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,1 = 4,7$$

$$I_1^A = 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,1 = 4,45$$

$$I_2^A = 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,1 = 4$$

$$I_3^A = 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 = 3,95$$

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

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

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

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

$\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – 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 33.

Таблица 33 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2	Аналог 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,77	0,78	1	0,95
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	4,45	4	3,95
3	Интегральный показатель эффективности	6,14	5,71	4	4,15
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,1	0,93	0,65	0,68

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 12571564 руб.; индекс доходности $PI = 2,12$, внутренняя ставка доходности $IRR = 72\%$, срок окупаемости $PP_{\text{ДСК}} = 1,6$ года.

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

7. Социальная ответственность

Данная магистерская диссертация “Эколого-гидролитогеохимическая характеристика бассейна реки Кисловка (Томский район)” представляет собой научно-исследовательскую работу, выполнение которой можно разделить на следующие этапы:

- 1) Полевой этап, заключающийся в отборе проб донных отложений;
- 2) Лабораторный этап (пробоподготовка и анализы проб (атомно-абсорбционный анализ, ИНАА, рентгенофазовый анализ и электронная микроскопия);
- 3) Камеральный этап, в ходе которого были обработаны результаты анализов проб; полученные данные оформлены в виде таблиц, схем, графиков, диаграмм, а также набран текст на персональном компьютере.

Было отобрано и проанализировано 22 пробы донных отложений. Отбор производился в зимнее время в январе 2020 года.

Актуальность работы представлена в обобщении данных предыдущих годов и добавлении новых данных о распределении химических элементов в бассейне реки Кисловка.

Целью данного раздела является выявление возможных опасных и вредных факторов при проведении научно-исследовательской работы и решение вопросов обеспечения экологической безопасности исследования и безопасности при возникновении внештатных чрезвычайных ситуаций.

Потенциальным пользователем может быть Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, а также Федеральная служба по надзору в сфере природопользования и Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Сибирскому федеральному округу» Томской области, которым информация может понадобиться для наблюдения за состоянием окружающей среды Томского района.

7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Государственные гарантии трудовых прав и свобод граждан, вопросы создания благоприятных условий труда, защиты прав и интересов работников и работодателей установлены Трудовым кодексом Российской Федерации №197-ФЗ от 30.12.2001. Согласно статье 91 Трудового кодекса Российской Федерации регулируется продолжительность рабочего времени. Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю.

Согласно статье 36 Конституции РФ каждый человек имеет право на выбор рода деятельности, на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены, на вознаграждение за труд не ниже минимального размера оплаты труда, установленного законодательством РФ, каждый гражданин имеет право на защиту от безработицы, а также каждый человек имеет право на отдых. Работнику по трудовому договору гарантируются установленные федеральным законом продолжительность рабочего времени, выходные, выходные в праздничные дни, а также оплачиваемый ежегодный отпуск.

Согласно статье 37 Конституции РФ, каждый гражданин имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены, на вознаграждение за труд без дискриминации и не ниже установленного федеральным законом минимального размера оплаты труда, а также право на защиту от безработицы.

Подготовка магистерской диссертации 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. Концентрации ртути определялись на анализаторе РА915+ с приставкой «ПИРО-915+» методом атомной абсорбции. Был проведен анализ на дифрактометре Bruker D2 Phaser и сканирующем электронном микроскопе Hitachi S-3400N. Также, был проведен инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА). 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).

Полевой отбор проб, подготовительные и аналитические работы должны проводиться в соответствии с существующими инструкциями по охране труда, например, МР 2.2.7.2129-06 и методическим рекомендациям по проведению полевых и лабораторных исследований. Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях установлены методическими рекомендациями МР 2.2.7.2129-06.

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 №439 располагается в учебном корпусе №20 на четвертом этаже, имеет искусственные источники освещения. В аудитории имеется 13 персональных компьютеров. 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. Остальные рабочие места расположены в аудиториях 529, 533-534 на пятом этаже здания, имеют искусственное освещение, площадь на одно рабочее место также оставляет не менее 4,5 м².

Большая часть работ выполнялась сидя. Эргономические требования по организации рабочего места при выполнении работ сидя изложены в системе стандартов безопасности труда ГОСТ 12.2.032-78. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов согласно стандарту, должны соответствовать 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.

7.2 Производственная безопасность

В данном разделе анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать на всех этапах работы.

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для лабораторных исследований представлен в таблице 34.

Таблица 34 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003- 2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Полевой этап	Лабораторный этап	Камеральный этап	
1. Отклонение показателей климата на открытом воздухе	+	–	–	Р 2.2.2006-05
2. Тяжесть и напряженность физического труда	–	+	+	Р 2.2.2006-05
3. Отклонение показателей микроклимата в помещении	–	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96

4. Недостаточная освещенность	—	+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03
5. Электромагнитное излучение	—	+	+	СанПиН 2.2.2.542-96 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
6. Шумовая нагрузка	—	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ СН 2.2.4/2.1.8.562-96
7. Монотонный режим работы	—	+	+	РД 2.2.2006-05
8. Механические травмы при пересечении местности	+	—	—	ГОСТ 12.1.03882 ССБТ
9. Электрический ток	—	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017
10. Пожароопасность	—	+	+	НПБ 105-03 ГОСТ 12.4.009-83 ГОСТ 12.1.004-91

7.2.1 Анализ вредных производственных факторов и мероприятий по их устранению

Отклонение показателей климата на открытом воздухе

Климат оказывает воздействие на организм и самочувствие человека. Неблагоприятные метеорологические условия могут привести к утомляемости, снижению производительности труда, повышению заболеваемости, возможно перегревание или переохлаждение.

Мероприятия для профилактики – при необходимости, периодический кратковременный отдых; средства защиты кожи (предметы одежды и обуви, которые могут быть у каждого человека, рабочая одежда (спецовка)); наличие аптечки с собой.

Тяжесть и напряженность физического труда

Работоспособность снижается при длительном и однообразном ее выполнении, а также тяжести труда. Существуют «объективные» и «субъективные» показатели работоспособности.

«Объективные»: изменения количественных и качественных показателей труда; изменения функционального состояния нервной системы.

«Субъективные»: ощущение усталости, вялости, болезненные ощущения.

Профилактические меры: пятнадцатиминутные перерывы после каждых 2 часов работы, периодическая смена занятия и обстановки, правильное нормирование нагрузки на организм в режиме труда.

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, приборы освещения (лампы накаливания, солнечная радиация).

Компьютерная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. Для подачи свежего воздуха в помещения используются естественная вентиляция (проветривание).

Регулирование микроклимата в помещениях осуществляется с помощью увлажнителей и осушителей воздуха, вентиляторов и кондиционеров, а также отопления.

Таблица 35 – Параметры микроклимата для лабораторий и учебных аудиторий

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

Недостаточная освещенность

Недостаточная освещенность рабочего места уменьшает остроту зрения, также вызывает утомление организма в целом, что приводит к снижению производительности труда и увеличению опасности заболеваний.

Очень яркое освещение ослепляет, раздражает и вызывает резь в глазах. Неправильное направление света создает резкие тени, блики, дезориентирует. В связи с этим возможно возникновение несчастных случаев, либо заболеваний.

Согласно ГОСТ 12.4.011-89 средствами нормализации освещенности производственных помещений рабочих мест являются: источники света; осветительные приборы; световые проемы; светозащитные устройства; светофильтры; защитные очки.

Компьютерный класс, в котором расположено рабочее место имеет как естественное, так и искусственное освещение. Естественное освещение представлено двумя окнами. Искусственное освещение представлено 6 светильниками, встроенными в потолок. Светильники расположены в 3 ряда, параллельно столам с ПК, таким образом, что они обеспечивают равномерное освещение помещения. Далее проведем расчёт искусственного освещения 439 аудитории 20-го корпуса ТПУ.

Расчет общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отраженный от потолка и стен. Помещение $S = 45,6 \text{ м}^2$, длина $A = 5,4 \text{ м}$, ширина $B = 8,45 \text{ м}$, высота $H = 3,5 \text{ м}$. Высота рабочей поверхности $h_{\text{рп}} = 0,75 \text{ м}$. Согласно СП 52.13330.2016 требуется создать освещенность $E = 300 \text{ лк}$, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Коэффициент отражения стен $\rho_{\text{ст}} = 50\%$, потолка $\rho_{\text{п}} = 70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $k = 1,5$, коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$.

Светильники в аудитории типа ОД. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1230 мм, ширина – 265 мм, высота 158 мм. Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников без защитной решётки типов ОД равна 1,4. Расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_{\text{с}} = 0,5 \text{ м}$.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_{\text{п}} - h_{\text{рп}} = H - h_{\text{с}} - h_{\text{рп}} = 3,5 - 0,5 - 0,75 = 2,25 \text{ м}.$$

Расстояние между светильниками L определяется как:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,25 = 3,15 \text{ м.}$$

Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным $L/3$. Таким образом $L/3 = 3,15/3 = 1,05 \text{ м.}$

Количество рядов светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{(B - \frac{2}{3}L)}{L} + 1 = \frac{(8,45 - 2,1)}{3,15} + 1 = 3,$$

где $n_{\text{ряд}}$ – количество рядов; B – ширина помещения, м; L – расстояние между рядами светильников, м.

Количество светильников с люминесцентными лампами определяется как:

$$n_{\text{св}} = \frac{(A - \frac{2}{3}L)}{l_{\text{св}} + 0,5} + 1 = \frac{(5,4 - 2,1)}{1,23 + 0,5} + 1 = 2,$$

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:

$$N = n_{\text{ряд}} \cdot n_{\text{св}} = 3 \cdot 2 = 6,$$

где N – общее количество светильников; $n_{\text{ряд}}$ – количество рядов; $n_{\text{св}}$ – количество светильников в ряду.

Светильники будут размещены в три ряда. В каждом ряду 2 светильника типа ОД мощностью 40 Вт (с длиной 1,23 м), при этом разрыв между светильниками составляет 50 см.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = S / h (A + B) = 45,6 / 2,25 (5,4 + 8,45) = 1,46$$

Далее определяем коэффициент использования светового потока: $\eta = 0,56$.

Световой поток лампы Φ определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N_l \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 45,6 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,56} = 3359,$$

где E_n – нормативная освещённость по СП 52.13330.2016, лк; S – площадь освещаемого помещения, м^2 ; K_3 – коэффициент запаса, учитывающий

загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т. е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли; Z – коэффициент неравномерности освещения; $N_{\text{л}}$ – число ламп в помещении (необходимо учесть число ламп в светильнике); η – коэффициент использования светового потока.

Рассчитав световой поток Φ , зная тип лампы, выбирается стандартная лампа – ЛД 65 Вт с потоком 3750 лм и определяется электрическая мощность всей осветительной системы $P = N_{\text{л}} p_{\text{л}} = 12 * 65 = 780$ Вт.

Далее выполняется проверка полученных значений:

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

$$-10\% \leq \frac{3750 - 3359}{3750} * 100\% \leq +20\%$$

Получаем $-10\% \leq 10,4\% \leq +20\%$.

На рисунке 52 изображен в масштабе план помещения и размещения на нем светильников. Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $N = 12$.

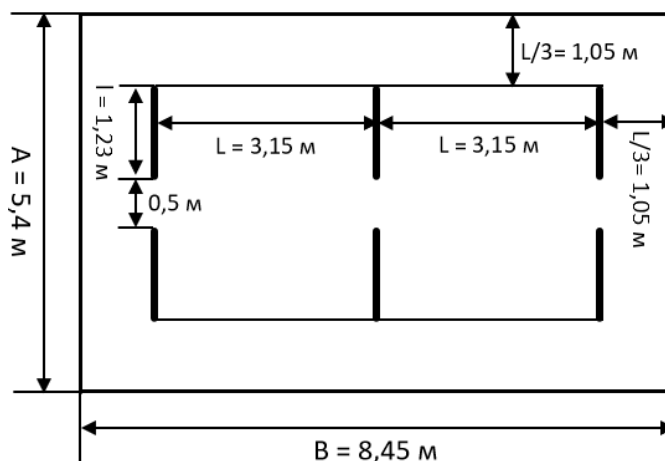


Рисунок 52 – Схема размещения светильников в помещении для люминесцентных ламп

Электромагнитное излучение

Источниками электромагнитных полей на рабочем месте могут быть: монитор; системный блок персонального компьютера, 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 двухчастотных 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 36 – Санитарные нормы параметров электромагнитных полей на рабочих местах

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

При постоянной и 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.

Шумовая нагрузка

Шумовое воздействие в лаборатории происходит прежде всего от работы ЭВМ, приборов вентиляции, отопления и аналитических приборов, но не несут негативного воздействия на слуховой аппарат работника лаборатории.

Монотонный режим работы

Истирание и анализ проб, а также внесение результатов и обработка баз данных являются монотонным процессом.

Монотонность труда может привести к возникновению неприятных ощущений у работников, таких как снижение уровня бодрствования, снижение тонуса скелетной мускулатуры, снижении тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы (снижение частоты пульса и артериального давления, увеличение аритмии пульса и др.). Основными последствиями монотонного труда являются: снижение работоспособности и производительности труда, производственный травматизм, повышенная заболеваемость и т.д.

Рекомендации предполагают введение частых (через 60-120 мин.), но коротких (5-10 мин.) регламентированных перерывов при факторе монотонии.

Полезным является введение физической активности (гимнастика) продолжительностью 7-10 минут в начале смены, а также физкультурных пауз один-два раза за рабочую смену.

7.2.2 Анализ опасных производственных факторов и мероприятий по их устранению

Механические травмы при пересечении местности

В полевых условиях возможность получения механических травм многократно возрастает. При отборе проб донных отложений повреждения могут быть разной тяжести, требующие первой помощи, либо дальнейшей госпитализации. Это могут быть порезы, растяжение мышц, переломы костей. Для предотвращения таких повреждений необходимо соблюдать технику безопасности и индивидуальную безопасность жизнедеятельности.

Электробезопасность. Электрический ток

Источником электрического тока могут быть перепады напряжения, высокое напряжение, вероятность замыкания человеком электрической цепи (компьютер, оборудование, анализирующее пробы, принтер, сканер, настольные лампы, розетки, провода и др.).

Воздействие на человека – поражение электрическим током, пребывание в шоковом состоянии, психические и эмоциональные расстройства. Может быть

оказано: термическое действие (ожоги, нагрев до высоких температур внутренних органов); электролитическое действие (разложение органических жидкостей тела и нарушение их состава); биологическое действие (раздражение и возбуждение живых тканей организма, что сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями мышц).

Нормирование осуществляется согласно ГОСТ 12.1.038-82. Основными организационными мероприятиями являются: инструктаж персонала; аттестация оборудования; соблюдение правил безопасности и требований при работе с электротехникой. Основное воздействие на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляется в виде электротравм и профессиональных заболеваний.

Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются прикосновения к токоведущим частям установки или ошибочным действием выполнения работ или прикосновением к двум точкам земли, имеющим разные потенциалы и др.

По опасности поражения электрическим током помещения с ЭВМ и лаборатории относятся к категории без повышенной опасности (так как 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).

Основными техническими средствами защиты, согласно ПУЭ, являются: защита от прикосновения к токоведущим частям электроустановок (изоляция проводов, ограждения, блокировка, пониженные напряжения, сигнализация, знаки безопасности и плакаты); защита от поражения электрическим током на электроустановке (защитное заземление, защитное отключение, молниезащита).

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 помещения с ЭВМ должны быть оборудованы защитным заземлением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации, при этом не следует размещать рабочие места с

ЭВМ вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ЭВМ.

7.3 Экологическая безопасность

Полевые, лабораторные и камеральные работы не вызовут нарушений компонентов природной среды.

Проведение пробоподготовки проб донных отложений (просушивание при комнатной температуре, просеивание), а также проведение анализов не влияют на состояние окружающей среды, тем самым являются экологически безопасными.

Специальной утилизации не требуется, крупные частицы, неподходящие для анализа, утилизируются в мусорную урну.

7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 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.

Иногда, при определенных работах, в лабораториях возникает опасность пожара. Основные нормативные документы по вопросам пожарной и взрывной безопасности – ГОСТ 12.1.004-91.

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; углекислотный и порошковый огнетушители (ОУ-3 2 шт., ОП-3 2 шт.); система автоматической противопожарной сигнализации.

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

Таблица 37 – Типы используемых огнетушителей при пожаре в электроустановках

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	порошковый (серии ОП)
До 10,0	углекислотный (серии ОУ)

В корпусе 20 ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения загорания происходит оповещение о пожаре.

В исследуемых помещениях не обнаружено предпосылок к пожароопасной ситуации. Это обеспечивается соблюдением норм при монтаже электропроводки, отсутствием электрообогревательных приборов и дефектов в розетках и выключателях.

Пожароопасность

Источниками пожарной опасности являются – неисправности в проводках, розетках, короткие замыкания, неработоспособное электрооборудование.

Согласно ГОСТ 12.1.004–91 при пожаре на человека оказывают воздействие следующие факторы: пламя и искры; повышенная температура окружающей среды; токсичные продукты горения и термического разложения;

дым; пониженная концентрация кислорода. Вторичными проявлениями являются: осколки, части разрушившихся аппаратов, установок, конструкций; радиоактивные и токсичные вещества и материалы, вышедшие из разрушенных аппаратов и установок; электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкций, агрегатов.

Для пожарной безопасности необходимо применение таких профилактических мероприятий, как: выявление и устранение неполадок в сети, своевременный ремонт либо замена электрооборудования, скрытие электропроводки для уменьшения вероятности короткого замыкания.

Первичным средством пожаротушения является углекислотный огнетушитель ОУ–8.

Средства индивидуальной защиты при пожаре: противогаз, огнезащитные накидки, пожарные костюмы, противогазоаэрозольные респираторы.

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

Выводы по разделу

В ходе проведенной работы по разделу «Социальная ответственность» были рассмотрены с различных сторон вредные и опасные факторы, которые являются потенциальными сценариями при проведении научно-исследовательской работы по теме “Эколого-гидролитогеохимическая характеристика бассейна реки Кисловка (Томский район)”. Потенциальными сценариями эти сценарии считаются лишь в случае, если не будут соблюдаться прописанные нормы и стандарты поведения в рабочих условиях.

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.

Заключение

В ходе выполнения данной научно-исследовательской работы были проведены:

1) Рентгеновская дифрактометрия, результаты которой показали, что минеральные фазы, содержащиеся в образцах, преимущественно состоят из кварца, альбита и мусковита;

2) Сравнительный анализ концентрации химических элементов в донных отложениях реки Кисловка, который показал, что следующие элементы имеют повышенные концентрации: Fe (железо), As (мышьяк), Sr (стронций), Ba (барий) и Hg (ртуть). Особенно выделяются такие элементы как Ba, Fe и As, поскольку их концентрация в донных отложениях реки Кисловка превышает кларк по осадочным породам более чем в два раза;

3) Статистический анализ, который включал в себя:

- Расчет коэффициента вариации, который показал, что из всего количества исследуемых химических элементов только Ca (кальций), Cr (хром) и Sb (сурьма) имеют однородную выборку;
- Тест Колмогорова-Смирнова, с помощью которого удалось выявить, что распределение концентрации большинства химических элементов в донных отложениях не соответствует нормальному закону распределения, кроме Rb (рубидий), у которого был обнаружен нормальный закон распределения;
- Корреляционный ранговый анализ Спирмена, с помощью которого были построены графы ассоциаций элементов и отмечены особо выделившиеся элементы: Ca имеет отрицательные связи со всеми элементами кроме Ba, Sr, Fe и Hg; Cs, Tb, Sc имеют положительные связи со всеми элементами за исключением Ca, Ba, Hg, Fe и Sr; Fe имеет отрицательные связи со всеми элементами кроме Ca, Ba, Hg и Sr; Ta имеет положительные связи со всеми элементами кроме Ba, Sr и Fe; Co, Na, La и Eu – имеют положительные

связи со всеми элементами за исключением Ca, Ba, Sr и Fe; Hg имеет отрицательные связи со всеми элементами кроме Ca, Ba, Sr и Fe;

- Построение графиков парной корреляционной связи для наиболее значимых корреляционных связей (между РЗЭ). С помощью которых удалось выявить зависимость увеличения концентрации одного элемента, при увеличении концентрации другого;
- Кластерный анализ, который показал, что наиболее сильная связь наблюдается между элементами Br и As, Fe и Ba, Zn и Cr, Ta и Nd, Na и Hf, Co и Cs, La и Ce, Eu и Sm;
- Факторный дисперсионный анализ, который показал, что большинство элементов находятся под влиянием фактора 1, а Zn, Cr, Au и Hg попадают под влияние фактора 2;

4) Анализ латерального распределения элементов, с помощью которого были отмечены повышенные концентрации для большинства элементов: Sm, Yb, Ce, La, Th, Lu, Sb, Eu, Hf, Sc в п. Нижний склад и мкр. Северный парк; As в мкр. Северный парк; Ba, Sr, Hg, Ca и Fe в с. Дзержинское; Na в п. Нижний склад, с. Тимирязевское, мкр. Северный парк и д. Кисловка; Zn, Tb, Ta, Nd, Br и Cr в п. Нижний склад;

Геохимический ряд ассоциаций элементов, с помощью которого были выявлены элементы с наиболее контрастным выделением среди других элементов: As, Ba, Fe и Hg.

5) Изучение вертикального распределения элементов, которое являлось заключающим этапом работы. Таким образом, у Fe, Sr и Ba отмечается характер устойчивого снижения концентрации, начиная с глубины 15 см; концентрация As и Hg увеличивается снизу-вверх; Ca, Cr и Ce в фоновой точке отбора имеют природный характер накопления, а в точке отбора сброса водозабора слабо и резко дифференцированный характер поступления элементов.

Список литературы

1. Агафонова, Т.С. Методы исследования вещественного состава природных объектов. – Томск: Издательство ТПУ, 2013 г. – 17 с.
2. Аксентов К.И. Ртуть в донных осадках Берингова моря и прикамчатского сектора Тихого океана // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. – Новосибирск, 2015. – С. 19-20.
3. Анализ донных отложений [Электронный ресурс]: Инженерные изыскания, экологическая экспертиза, комплексное проектирование - Сибирский Стандарт. Режим доступа: <https://sibstgroup.com/lab/scurf> (Дата обращения 04.02.2023)
4. Атлас Томской области. Минерально-сырьевые ресурсы / Под. ред. В.А. Лыготина. - Т.: Томскгеомониторинг. - 2006. - 33 с.
5. Атомно-абсорбционная спектроскопия [Электронный ресурс]: Люмэкс – Производство аналитических приборов и лабораторного оборудования. Режим доступа: https://www.lumex.ru/methods/atomnaya_absorbciya (Дата обращения 05.02.2023)
6. Белоус Н.М. Влияние различных систем удобрения на накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции / Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, Ф.В. Моисеенко, М.Г. Драганская // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – Брянск, 2006. – С. 22-29
7. Водные ресурсы, наличие рек, озер. Томская область [Электронный ресурс]: Система обмена туристской информации NBCRS. Режим доступа: <https://nbcrs.org/regions/tomskaya-oblast/vodnye-resursy-nalichie-rek-ozer> (Дата обращения 05.02.2023)
8. Водные ресурсы [Электронный ресурс]: Томский район. Режим доступа: <https://www.tradm.ru/o-rayone/prirodnye-resursy/vodnye-resursy/> (Дата обращения 05.02.2023)
9. Водные ресурсы Томского района Томская область [Электронный ресурс]: Родники святы минеральные источники термы купели России. Режим

- доступа: <http://svyato.info/1513-vodnye-resursy-tomskogo-rajjona.html> (дата обращения: 05.02.2023)
- 10.ГОСТ 17.1.5.01-80 Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200012787> (Дата обращения 05.02.2023)
 - 11.Григорьев Н.А., Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. Екатеринбург: УрО РАН, 2009 г. – 382 с.
 - 12.Гудымович С.С., Рычкова И.В., Рябчикова Э.Д., Геологическое строение окрестностей г. Томска (территории прохождения геологической практики): учебное пособие // Томский политехнический университет, 2009. – 84 с.
 - 13.Даувальтер В. А. Геоэкология донных отложений озер / В. А. Даувальтер. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2012. – 242 с.: ил.
 - 14.Даувальтер В.А. Закономерности распределения концентраций тяжелых металлов в донных отложениях в условиях загрязнения и закисления озер (на примере Кольского Севера): Дис. ... канд. геогр. наук. – Спб, 1994. – С. 231.
 - 15.Евсеева Н.С. География Томской области. Природные условия и ресурсы: учебное пособие / Н.С. Евсеева ; Томский государственный университет. – Томск: ТГУ, 2001. – С.144-153.
 - 16.Ермашова, Н. А. Эколого-гидрогеологические проблемы использования подземных вод в зоне сочленения Западно-Сибирского артезианского бассейна и Колывань-Томской складчатой области / Н. А. Ермашова, Д. С. Покровский, Г. М. Рогов // Природокомплекс Томской области. - Томск : Изд-во ТГУ, 1995. - Т. 2 : Биологические и водные ресурсы. - С. 109-115.
 - 17.Иванов Д.В., Зиганшин И.И., Осмелкин Е.В. Региональные фоновые концентрации металлов в донных отложениях озер Республики Татарстан

- // Ученые записки Казанского государственного университета. – 2010. – Т. 152. – № 1. – С. 185-191.
- 18.Иванов Д.В., Зиганшин И.И. Характеристика осадконакопления в водоемах Республики Татарстан // Двадцать первое пленарное межвуз. совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. – Чебоксары, 2006. – С. 115–116.
- 19.Иванов А.Ю., Губина К.А., Перегудина Е.В. Закономерности распределения ртути в вертикальном профиле донных отложений слабопроточных водоёмов Томского района // Перспективные направления развития современной науки: сб. тр. межд. науч.-практич. конф. ЕНО. – Москва, 2015, Вып. 200. – С. 184-186.
- 20.Иванов А. Ю. Экогеохимия донных отложений малых водоёмов юга Томской области : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук : спец. 25.00.36 / А. Ю. Иванов ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет ; науч. рук. С. И. Арбузов. — Томск, 2018. — 22 с. : ил.
- 21.Карта Томска с улицами и номерами домов [Электронный ресурс]: Яндекс Карты – транспорт, навигация, поиск мест. Режим доступа: <https://yandex.ru/maps/67/tomsk/> (Дата обращения 04.02.2023)
- 22.Климат Томска [Электронный ресурс]: Погода и климат. Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/29430.htm> (Дата обращения 05.02.2023)
- 23.Клокова, Ю. В. Литогеохимическая оценка почв территории Нежданинского месторождения / Ю. В. Клокова, О. А. Екимова, И. Г. Петрова // Инженерная и рудная геофизика 2022 : Сборник материалов 18-ой научно-практической конференции и выставки, Геленджик, 05–08 сентября 2022 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ЕАГЕ ГЕОМОДЕЛЬ", 2022. – С. 206-213.

24. Кузьмин, С. И. Пестициды в Республике Беларусь: инвентаризация, мониторинг, оценка воздействия на окружающую среду / С. И. Кузьмин, А. А. Савастенко. – Минск : Бел НИЦ «Экология», 2011. – 84 с.
25. Лаборатория Электронно-оптической диагностики [Электронный ресурс]: Корпоративный портал ТПУ. Режим доступа: https://portal.tpu.ru/departments/kafedra/gegx/departments/LAB_EOD (Дата обращения 05.02.2023)
26. Лесные ресурсы [Электронный ресурс]: Томский район. Режим доступа: <https://www.tradm.ru/o-rayone/prirodnaye-resursy/lesnye-resursy/> (Дата обращения 05.02.2023)
27. Матсапаева И.В., Осинская Н.С., Данилова Е.А. Содержание тяжелых металлов в донных отложениях озера Дауткуль как показатель антропогенного воздействия в южном Приаралье // Водные ресурсы. – 2010. – Т. 37. – № 4. – С. 505-509.
28. Металлы. Их разновидности и свойства [Электронный ресурс]: Оборудование для уличного освещения Режим доступа: <https://vertical-opora.ru/metally-ih-svojstva-i-raznovidnosti> (Дата обращения 28.04.2023)
29. Михайлова Л.В., Исаченко-Боме Е.А. Разработка и апробация норматива содержания нефти в донных отложениях поверхностных водных объектов // Водные ресурсы. – 2012. – Т. 39. – № 5. – 530 с.
30. Мязин В.А. Нефтепродукты в донных отложениях озер г. Мурманска // География: развитие науки и образования. Том II. Коллективная монография по материалам ежегодной международной научно-практической конференции LXXIII Герценовские чтения. – 2020. – С. 101-105.
31. О компании [Электронный ресурс]: Томские Магистральные Сети. Режим доступа: <http://tomskieseti.ru/o-kompanii.html> (Дата обращения 04.02.2023)
32. Основы растровой электронной микроскопии. Использование РЭМ в процессе электронной литографии [Электронный ресурс]: Центр коллективного пользования. "Материаловедение и диагностика в

- передовых технологиях". Режим доступа: <https://nnc.cdu.edu.ua/wp-content/uploads/2016/09/Основырастровой-электронной-микроскопии.pdf> (Дата обращения 05.02.2023)
- 33.Паничева, Л.П. Кремлева Т.А., Волкова С.С. Аккумуляция нефтепродуктов донными отложениями в фоновых водоемах Западной Сибири // Вестник Тюменского государственного университета: Экология / главный редактор Г. Ф. Шафранов-Куцев. – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2013. – № 12. – С. 204-211.
- 34.Парначев В. П. Геология и полезные ископаемые окрестностей города Томска : материалы к полевой геологической экскурсии : справочное пособие / В. П. Парначёв, С. В. Парначёв ; Том. гос. ун-т. - Томск : Том. гос. ун-т, 2010.
- 35.Пегматиты [Электронный ресурс]: Сайт Вологодской областной универсальной научной библиотеки - ВОУНБ. Режим доступа: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/087/578.htm> (Дата обращения 28.04.2023)
- 36.ПНДФ 16.1.2.23-2000. МВИ массовой доли общей ртути в пробах почв, грунтов и донных отложений на анализаторе РА-915+ с приставкой ПИРО-915, издание 2005 г. Режим доступа: <http://www.lumex.ru> (Дата обращения 05.02.2023)
- 37.Почвы // Атлас Томской области. - М., 1998.- С. 12.
- 38.РД 52.24.609-2013 Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200110276> (Дата обращения 05.02.2023)
- 39.Рихванов Л.П., Язиков Е.Г. Сухих Ю.И., Барановская Н.В., Волков ВТ., Волкова Н.Н., Архангельский В.В., Архангельская Т.А., Денисова ОА, Шатилов А.Ю., Янкович Е.П. Эколого-геохимические особенности

- природных сред Томского района и заболеваемость населения. Томск, 2006 г. – 216 с.
- 40.Савичев О.Г., Льготин В.А. Пространственные изменения химического состава донных отложений рек Томской области // География и природные ресурсы. – 2008. – № 3. – С. 46–51.
- 41.Томский район [Электронный ресурс]: Администрация Томской области. Режим доступа: <https://www.tomsk.gov.ru/Tomskiy-rayon> (Дата обращения 04.02.2023)
- 42.Томская область [Электронный ресурс]: Большая российская энциклопедия. Режим доступа: <https://bigenc.ru/geography/text/4196582> (Дата обращения 05.02.2023)
- 43.Томская область [Электронный ресурс]: Законодательная Дума Томской области. Режим доступа: https://duma.tomsk.ru/content/tomsk_region (Дата обращения 05.02.2023)
- 44.Удачин, В.Н. Экогеохимия горнопромышленного техногенеза Южного Урала: автореф. дис. ... д. геол.-мин. наук: 25.00.09. – Томск, 2012. – 44 с.
- 45.Фазовый анализ, рентгенофазовый анализ [Электронный ресурс]: Ресурсный центр «Рентгенодифракционные методы исследования». Режим доступа: <http://xrd.spbu.ru/research/phase-analysis/> (Дата обращения 05.02.2023)
- 46.Черняев Е.В., Бернатонис В.К., Боярко Г.Ю. Твердые полезные ископаемые Томской области // Материалы Международной конференции «100 лет на службе науки и производства». Региональная геология. Геология месторождений полезных ископаемых. Томск: ТПУ, 2001. С. 361–368.
- 47.Электронная микроскопия [Электронный ресурс]: Вологодская областная универсальная научная библиотека - ВОУНБ. Режим доступа: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/126/079.htm> (Дата обращения 05.02.2023)

48. Язиков Е.Г. Геоэкологический мониторинг. Учебное пособие / Е.Г. Язиков, А.Ю. Шатилов ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск : ТПУ, 2003. – 287 с.
49. Förstner U., Wittmann G.T.W. Metal Pollution in the Aquatic Environment. – Berlin-Heidelberg-New York: Springer, 1983. – P. 481.
50. Hakanson, L. An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control a Sedimentological approach // Water Research, - 1980. – V. 14. – P. 975-1001.
51. Joldasova I.M., Pavlovskaya L.P., Lubimova S.K. Biological bases of fishery development in the waterbodies of southern Aral region // Ecological research and monitoring of the Aral Sea deltas. A basis for restoration. Paris: UNESCO, 2002. P. 213–233.
52. Park, S. Impact of invasive plant and environmental conditions on denitrification potential in urban riparian ecosystems / S. Park, H. Kang // Chemistry and Ecology. – 2010. – V. 26. – №5. – P. 353-360.
53. Saneia H., Goodarzia F., Outridge P.M. Spatial distribution of mercury and other trace elements in recent lake sediments from central Alberta, Canada: An assessment of the regional impact of coal-fired power plants // International Journal of Coal Geology. – 2010. – №82. – P. 105-115.
54. Skorbiłowicz M., Skorbiłowicz E., Górka M. The Content of Heavy Metals in Bottom Sediments of Selected Rivers of the Podlasie Province // Journal of Ecological Engineering. – 2018. – V. 19. – №. 4. – P. 197-206.
55. Smal, H.; Ligęza, S.; Wójcikowska-Kapusta, A.; Baran, S.; Urban, D.; Obroślak, R.; Pawłowski, A. Spatial distribution and risk assessment of heavy metals in bottom sediments of two small dam reservoirs (south-east Poland). Arch. Environ. Prot. 2015, 41, 67–80.
56. Sojka, M.; Siepak, M.; Gnojska, E. Assessment of heavy metal concentration in bottom sediments of Stare Miasto pre-dam reservoir on the Powa river. Annu. Set Environ. Prot. 2013, 15, 1916–1928.
57. Sojka M., Jaskuła J., Siepak M. Heavy Metals in Bottom Sediments of Reservoirs in the Lowland Area of Western Poland: Concentrations,

- Distribution, Sources and Ecological Risk // Water. – 2019. – V. 11. – № 1. – P. 1-20.
58. Wei Zhang, Feifei Cao, Liyuan Yang, Jierui Dai, Xugui Pang. Distribution, fractionation and risk assessment of mercury in surficial sediments of Nansi Lake, China // Environmental Geochemistry and Health. – 2018. – Vol. 40. – № 1. – P. 115-125.

Приложение А

Literature review of sources related to the study of bottom sediments

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Клюквина Анастасия Сергеевна		

Руководитель ВКР

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

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

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

1. Review of literature sources related to the study of bottom sediments

Water bodies are accumulators of various pollutants. With the help of bottom sediments, it is possible to obtain information about the level of accumulation of elements in the biosphere in a historical cross-section. Bottom sediments carry information about the climate, geochemistry and ecology of the studied area. Also, by studying bottom sediments, it is possible to assess the ecological state of air and water environments [49].

1.1. Heavy metals in bottom sediments

At the moment, the standards for concentrations of chemical elements for bottom sediments in the Russian Federation have not been developed, therefore, within the framework of hydrolithogeochemical studies, the task is to determine the background concentrations of elements for the regions.

Heavy metals are the most suitable object for geochemical studies, since their contents in bottom sediments are stable over time, and are also completely related to the regime of suspended solids and production processes in water bodies. Also, the content of heavy metals in bottom sediments makes it possible to assess the degree of pollution of reservoirs [2]. Heavy metals differ from other pollutants in that their toxicity is related to their physico-chemical forms, and not so much to the biological environment. Heavy metals such as lead, cadmium, mercury, copper and zinc can persist in the environment for a long time, especially in water, sediments and hydrobionts [3].

Atmospheric precipitation and wastewater containing chemicals are the causes of the accumulation of heavy metals in bottom sediments as a result of agricultural, industrial and urban activities [4].

To estimate the background values of heavy metals in bottom sediments, the determination of the main geochemical levels is used. However, in order to obtain more accurate data on changes in the concentration of heavy metals over time, it is necessary to use more sophisticated research methods. One of such methods is the study of stratified layers of bottom sediments selected from the deepest parts of sediment

columns. [5]. This approach makes it possible to determine the features of the accumulation of metals over a long period of time and more accurately assess the degree of environmental pollution. Based on the data obtained on changes in the concentration of heavy metals over time in bottom sediments, appropriate measures can be developed to prevent and reduce pollution.

Knowing the rate of accumulation of bottom sediments, it is possible to determine approximately what period of time each layer of sediment in the sediment column covers. For example, a study of the content of heavy metals in the bottom sediments of lakes of the Republic of Tatarstan was conducted by scientists Ivanov D.V., Ziganshin I.I. and Osmelkin E.V. In their article "Regional background concentrations of metals in the bottom sediments of the lakes of the Republic of Tatarstan" [6], they determined the rate of accumulation of bottom sediments in the reservoirs of the Srednyaya Volga, which is 3-5 mm per year, and also described the marker layer of sediments of the "pre-industrial" period in the form of a layer of 90-100 cm, dated the end of the XVII - beginning of the XIX century. Background concentrations of metals in bottom sediments of lakes of the Republic of Tatarstan were determined as follows: Cd – 2, Co – 18, Pb – 29, Cu – 26, Ni – 48, Zn – 84, Cr – 33, Mn – 648 mg/kg (Fig. 1). However, the metal content in the surface layers of bottom sediments may vary within the regional geochemical background, as it depends on many factors, including the conditions of precipitation accumulation [7].

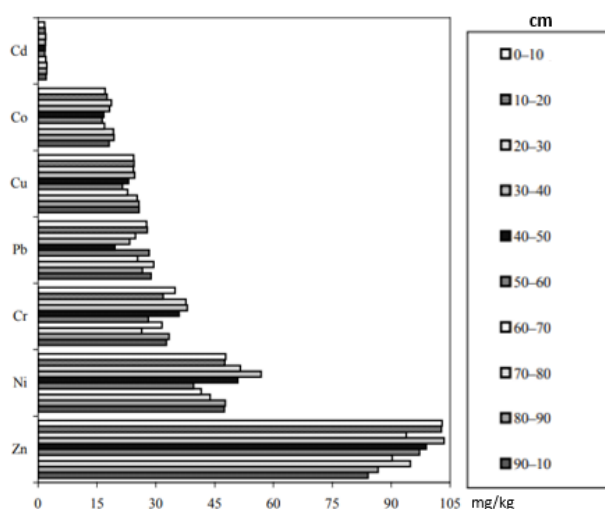


Figure 1 – Changes in the content of heavy metals in stratified layers of bottom sediments of lakes of the Republic of Tatarstan [7]

Also, one of the results of studies of heavy metals in bottom sediments was obtained by scientists of the Institute of Water Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan. In particular, Matsapaeva I.V., Osinskaya N.S. and Danilova E.A. [8] found that in winter there is a shortage of oxygen in the bottom layers in reservoirs, which increases the importance of the processes of desorption of substances at the boundary between water and bottom sediments. This leads to a significant increase in the concentrations of many elements, including copper and iron [9]. Moreover, their research has shown that other metals may be involved in this process, which indicates the complexity and multifactorial nature of the processes occurring in the bottom layers of reservoirs.

In the course of the study, V.N. Udachin studied water bodies of the Southern Urals (Fig. 2), with different distances from the source of pollution – pipes of a copper smelter, in order to identify patterns of the introduction of man-made impurities into lakes in various historical periods. The results of the study, based on the use of short-lived radionuclides ^{137}Cs and ^{210}Pb as geochemical indicators, revealed quantitative dependencies in the introduction of pollutants into lakes.

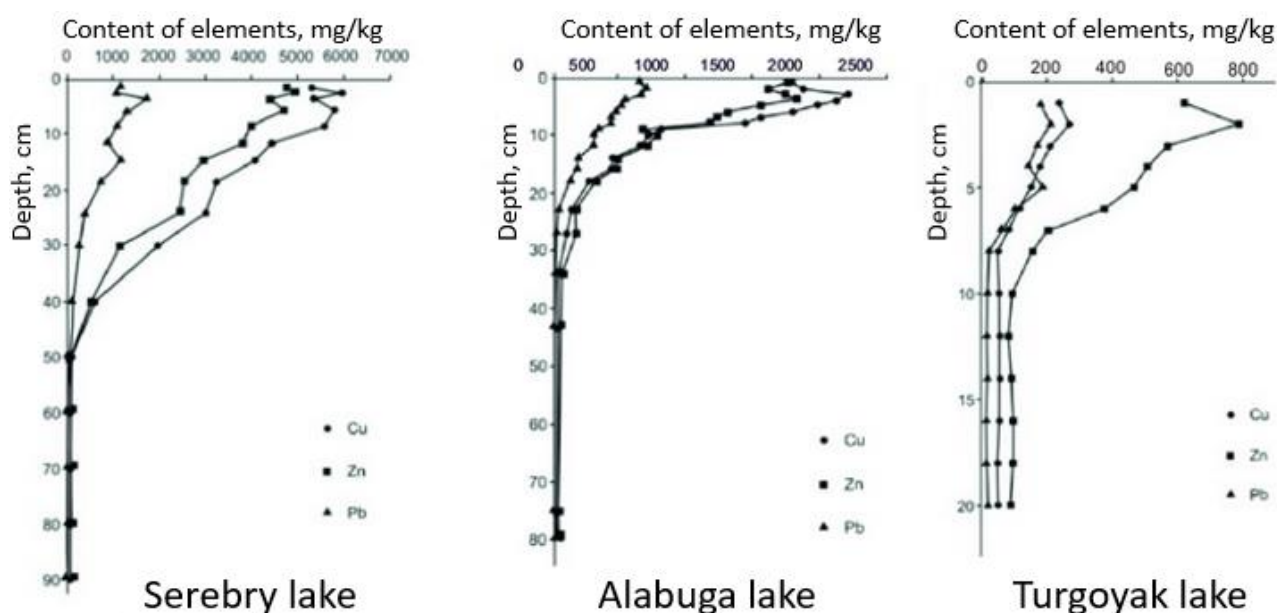


Figure 2 – Concentrations of heavy metals in the vertical profile of the column of bottom sediments [10]

Scientists from Poland conducted research and found that the content of heavy metals in bottom sediments is an individual feature of reservoirs. Cd, Cr, Cu, Ni and Pb in bottom sediments come from halogen sources (weathering of rock material), and Zn comes from anthropogenic sources [11, 12]. It was concluded that reservoirs with a higher frequency of water exchange have higher concentrations of heavy metals. Also, their concentrations and spatial distribution depend on the silt content [13].

One more Polish study can be singled out, in which the influence of urbanization and anthropogenic activity on rivers was demonstrated. These are influences such as: discharges of untreated or insufficiently treated urban and industrial wastewater, surface runoff, emissions from communication routes [14].

The study also showed the impact of agricultural activity (slightly elevated Cd levels). The territories adjacent to the studied objects, in most cases, are sites where agricultural activities related to the application of mineral and organic fertilizers are carried out [14].

1.2. Mercury studies in bottom sediments

The study of the presence of mercury in bottom sediments is an effective way to assess the level of pollution of natural objects. This approach not only allows you to track the chronology of the accumulation of pollutants, but also to identify the content and distribution of various reagents. The analysis of the vertical distribution of mercury in bottom sediments helps to determine the periods of the most intense pollution, which can be caused by both natural factors and an increase in anthropogenic load.

One of the examples of such studies was conducted on the territory of the Republic of Khakassia, where the water bodies of Bele, Chumpas, Balankul, Teploe, Pionernoye and Tus were studied [15]. Plotting the Hg concentrations of bottom sediments based on the results of the study of Lake Tus showed that the mercury concentration at one of the sampling points is much higher than at other points at a depth of 10-12 cm. (fig. 3). This may indicate a strong negative impact of both natural and man-made factors at this facility.

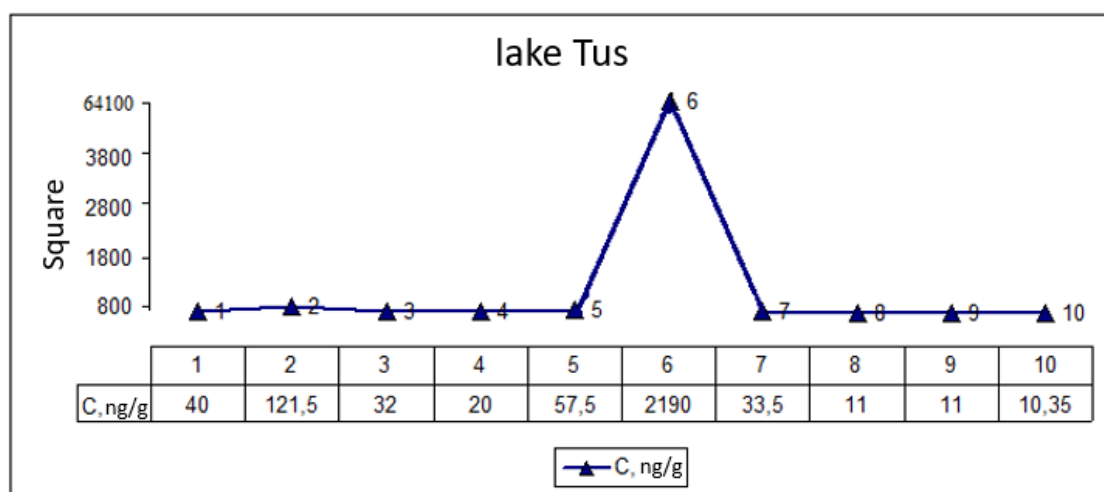


Figure 3 – Graph of Hg concentrations of bottom sediments of Lake Tus [15]

In the study of the vertical nature of mercury accumulation in the bottom sediments of the lakes of the Tomsky district, a detailed assessment of the level of pollution of various water bodies was carried out [16]. The study of the influence of various anthropogenic sources, such as NFC (nuclear fuel cycle), radio engineering and petrochemical industries, on the mercury content in bottom sediments, allows us to obtain unique data on the distribution of this heavy metal in the natural environment.

The constructed diagrams based on the analysis of data on sediment depth and mercury concentration help to identify patterns and trends of mercury accumulation at different depths and determine the periods of the most intensive mercury intake into the natural environment (Fig. 4).

It follows from the conducted studies that the distribution of mercury in the bottom sediments of the Tomsky district depends on natural and man-made factors (Fig. 4). Natural factors determine the level of mercury in bottom sediments against the background of natural conditions of the region, while man-made factors indicate the degree of anthropogenic influence on the studied objects. The high sensitivity of geochemical parameters makes it possible to accurately determine the time periods of the onset of changes in the environment, analyze the dynamics of industrial development of the area and assess the level of anthropogenic impact on mercury and its sources of entry into the bottom sediments of low-flow reservoirs of the Tomsky district [16].

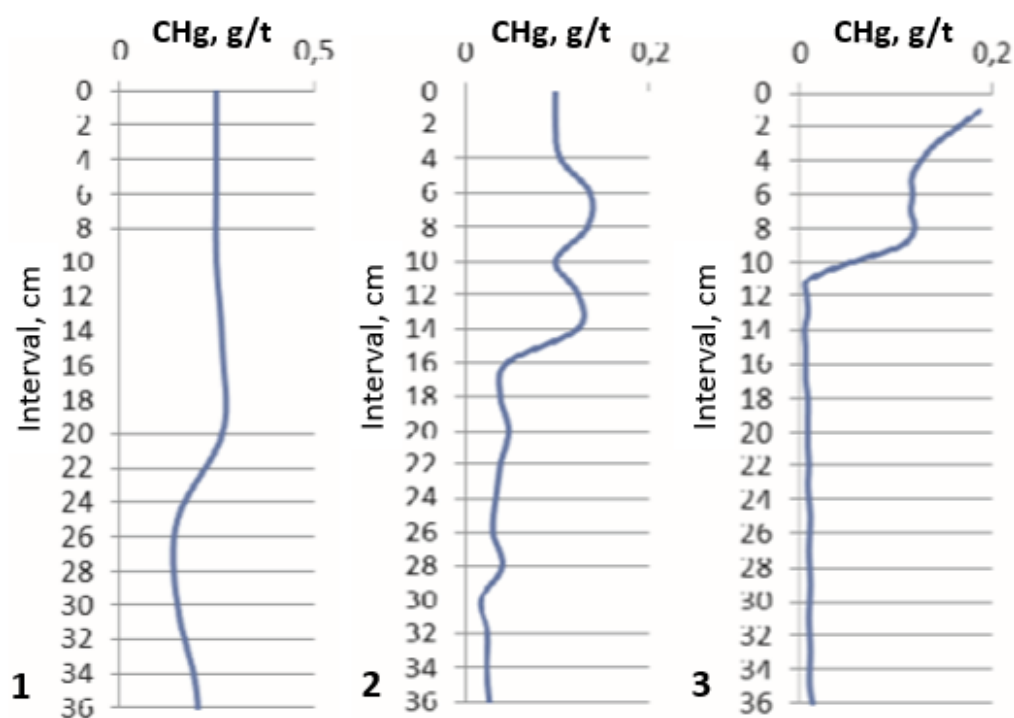


Figure 4 – The main types of mercury distribution in bottom sediments: 1 – uniform distribution with weakly manifested anomalies (Lake Larino); 2 – weakly differentiated distribution with the manifestation of weakly expressed anomalies in the upper part (lake in the village of Timiryazevskoye); 3 – sharply differentiated distribution with pronounced anomalies (lake Chernoe) [16]

K.I. Aksentov conducted research in 2015 in the Amur Bay of the Sea of Japan on the accumulation of mercury in bottom sediments (Fig. 5) [17]. In the course of the study, the rates of mercury accumulation and the total amount of mercury that accumulated during the period of industrial development were estimated. Almost the entire water area of the Amur and Ussuri Bays contains "anthropogenic" mercury in bottom sediments, which indicates the negative impact of economic activity on the environment in the modern period. In addition, the increase in mercury content in the surface layer of the bottom sediments of Peter the Great Bay is another manifestation of this negative impact.

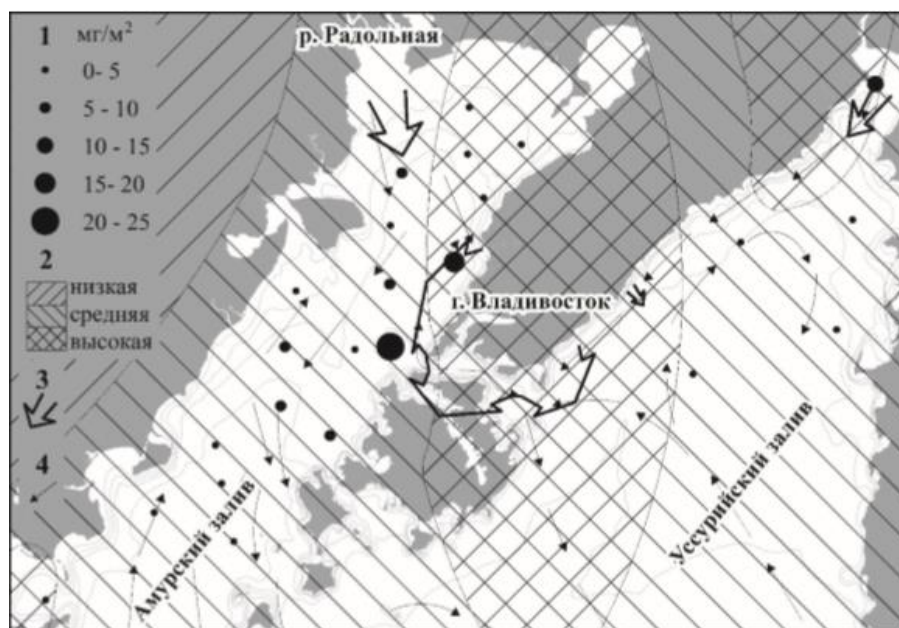


Figure 5 – Distribution of anthropogenic mercury accumulated during the industrial development of the region. 1 – the specific amount of mercury; 2 – the intensity of pollution of the air basin; 3 – the main intake of pollutants; 4 – the direction of surface currents [17]

Studies of mercury in bottom sediments are also carried out abroad. For example, one of these studies was conducted in China. The bottom sediments of Lake Nancy were studied for mercury (Fig. 6), which is under the serious influence of prolonged intensive industrial and human activity. Thus, it was found that the average mercury concentration is 3.1 times higher than its background value (0.015 mg/kg). The predominant chemical fraction of mercury in the sediments was the residual fraction. The proportion of bioavailable mercury was relatively low, but it can also pose a direct danger to the environment [18].

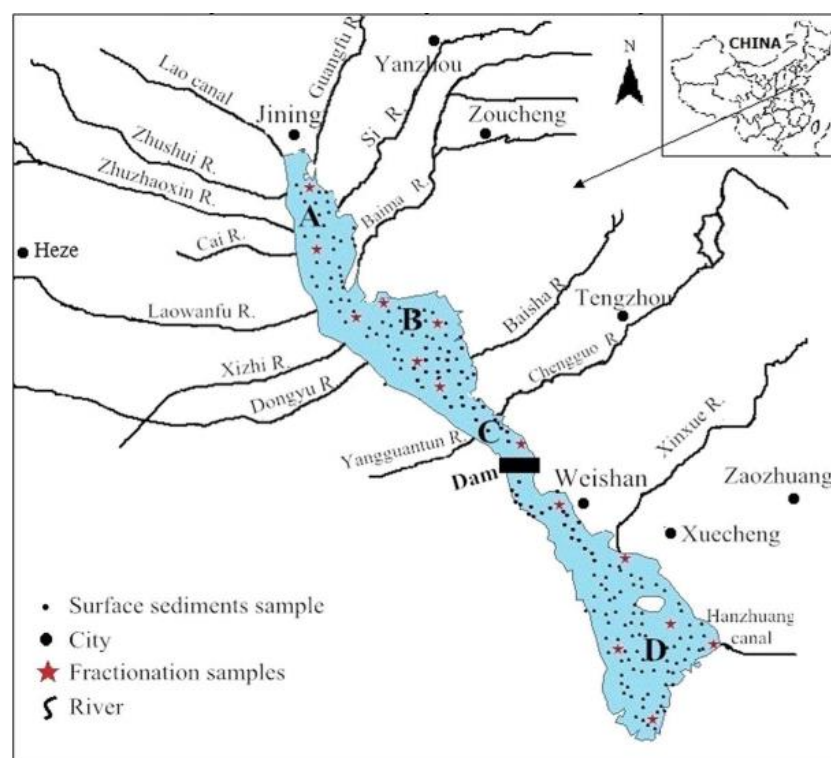


Figure 6 – Location of sampling sites in the surface sediments of Lake Nancy [18]

Another study was conducted in Canada, in the vicinity of coal-fired power plants in the central province of Alberta (Fig. 7) [19]. Coal-fired power plants in this province, collectively, are one of the largest point sources of mercury and other trace elements at the national level.

The aim of the study was to determine the impact of emissions in nine lakes from the launch of the first coal-fired power plant in the region in 1956 until the catastrophic oil spill at Lake Wabamun in 2005.

Thus, the mercury flow rate after 1956 is usually the highest in sediment cores obtained from two lakes adjacent to power plants. However, variable prevailing wind directions played an important role in determining the distribution of mercury and other trace elements in the air to the southeast and west of power plants. After 1956, the flows of most elements decreased downwind (to the west), which corresponds to strong easterly winds that carry metal pollution further west of power plants. Nevertheless, spatial interpolation of the data suggested that the area of maximum deposition of metals has significantly expanded to the south.

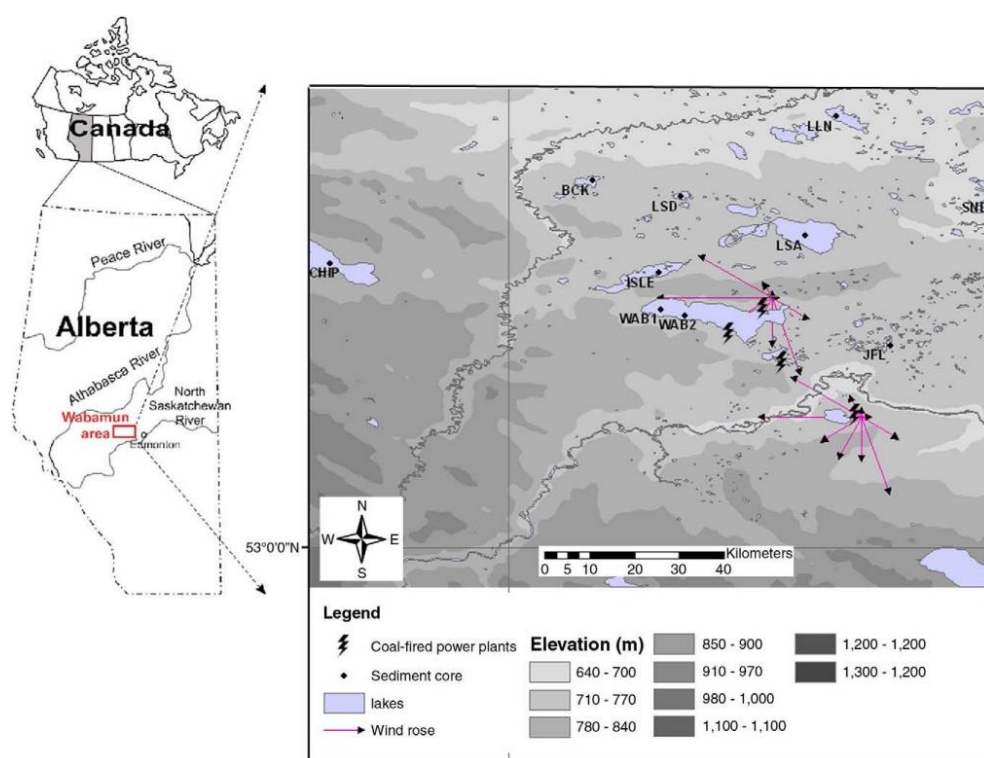


Figure 7 – A map of the study area with an indication of the studied lakes and four power plants in the region (Wabamun, Sundance, Keefills and Genesee) [19]

1.3 Oil pollution of bottom sediments

Modern research is aimed at studying the level of contamination of bottom sediments of water bodies with heavy metals and petroleum products. Most of these studies are conducted on the territory of Western Siberia. For example, L.P. Panicheva, S.S. Volkova and T.A. Kremleva conducted a study of 22 small background lakes in Western Siberia to determine the degree of contamination of bottom sediments with petroleum products. According to their report, the concentration of petroleum products in the bottom sediments of small background lakes may exceed the concentration in water by 218÷24667 times, mainly due to water and atmospheric migration. In addition, the researchers found that organic substances are the main sorbents of petroleum products in bottom sediments (Fig. 8) [20].

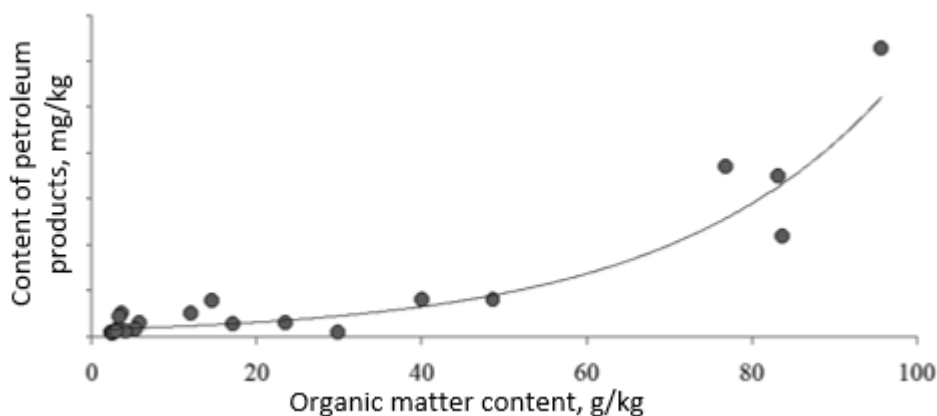


Figure 8 – Dependence of the content of petroleum products on the content of organic substances in the bottom sediments of lakes in Western Siberia [20]

According to a study conducted by Savichev O.G. and Preferential V.A., categories of bottom sediments of rivers of the Tomsk region were identified (Fig. 9) based on their chemical composition, in particular the content of petroleum products. The following categories are defined: 1) "clean" – the content of petroleum products up to 65 mg / kg; 2) "clean" for small rivers with swampy catchments and "moderately polluted" in other cases – the content of petroleum products from 65 to 260 mg / kg; 3) "polluted" – the content of petroleum products from 260 to 550 mg /kg; 4) "dirty" – the content of petroleum products over 550 mg/kg [21].



Figure 9 – Layout of sampling of bottom sediments of rivers on the territory of the Tomsk region [21]

Scientists, after conducting toxicological studies, established the standard of the maximum permissible level of substances in bottom sediments for Siberian oil in sandy-silty sediments of surface water bodies, which amounted to 0.02 g/kg. The classification of levels of contamination of bottom sediments of freshwater objects with oil components and their characteristics was presented [22].

The level of pollution can be background, weak, moderate, strong, extreme and critical, depending on the content of oil components in bottom sediments (Table 1).

Table 1 – Classification of pollution levels of bottom sediments of freshwater objects by oil components according to the state of zoobenthos communities [22]

Pollution level	Content of petroleum products, g/kg	Characteristics of the state of this community
Background	<0.02	There are no changes in species diversity and quantitative indicators of the benthic community
Weak	0.021 – 0.050	Minor changes in quantitative indicators of benthos (abundance, biomass). Stimulation of the abundance and biomass of saprophytic and oil-oxidizing microorganisms, increase in species diversity and abundance of chironomids
Moderate	0.051 – 0.150	Threshold state: loss of sensitive species from the community and restructuring towards the predominance of the most stable species of chironomids, oligochaetes, peak density of oligochaetes R. Limnodrilus. There are the most stable types of mayflies, brooks, leeches
Strong	0.160 – 0.500	The area of increasing changes: reduction of species diversity, replacement of small forms of chironomids with large stable species of the genus Chironomus, mass development of oligochaetes of the genus Limnodrilus. Reduction of quantitative indicators of both individual groups and zoobenthos as a whole
Extreme	0.501 – 1.0	Sharp impoverishment of the bottom community. Peak density of resistant chironomids and oligochaetes of the genus Tubifex. Loss from the community of sensitive species of brooks, mayflies, lice, woodlice, beetles, horseflies, nematodes, ostracods, leeches, bivalves. Stimulation of reproduction of oil-oxidizing bacteria and reduction of the number of saprophytes
Critical	>5.0	Violation of the community in all structural and functional indicators, a sharp decrease in quantitative indicators, the dominance of only resistant species of chironomids of the genus Chironomus, a decrease in the number of oil-oxidizing microorganisms

Determination of petroleum products in bottom sediments was also carried out in Murmansk. The obtained values of the hydrocarbon content significantly exceed (by more than 30 times) the regional background content of petroleum products and the established standards (by 3-13 times), which indicates the presence of a high anthropogenic load on the reservoirs of Murmansk [23].

The authors note that bottom sediments can serve as a source of secondary water pollution and negatively affect the situation in the field of water supply and environmental safety. This fact indicates the need to take measures to reduce the anthropogenic load on reservoirs and prevent pollution of bottom sediments [23].

Summing up the chapter, we can conclude that the study of bottom sediments of water bodies allows us to obtain information about the concentration of chemical elements in their composition, as well as to identify geochemical anomalies. With the help of data on previously studied bottom sediments, it is possible to trace the regularity of the accumulation of chemical elements and the degree of technogenic pollution of reservoirs. The research results emphasize the importance of preserving the ecological safety of water bodies and the need to take measures to protect them from man-made impacts.

2. Characteristics of the Tomsky district

2.1. Administrative and geographical description of the district

The Tomsky district is located in the southeastern part of the Tomsk region (Fig. 10), which is part of the West Siberian Lowland. The area of the district is 10 thousand km² [24].

The administrative center of the Tomsk district is the city of Tomsk, which is the largest settlement in the district with a population of 570,776 people as of 2022. The district includes 19 municipalities with the status of rural settlements [24].

Tomsk district borders on the north with Krivosheinsky and Asinovsky districts, in the east – with Asinovsky and Zyryansky districts, in the west – with Kozhevnikovskiy and Shegarsky districts, in the south – with the Kemerovo region [24].



Figure 10 – Layout of the districts of the Tomsky district [25]

2.2. Geological study of the area

The studied area is a zone of articulation of several structures: the Kolyvan-Tomsk folded zone, the Kuznetsk Alatau and Kuzbass, which intersect with the Paleozoic basement at a shallow depth. This area is known as the Tomsk salient (Tomsk-Kamenskoye interfluvium) and is characterized by more detailed geological study due to its economic position, features of the geological structure and metallogeny.

The studied area, located within the shallow occurrence of Paleozoic structures, occupies the watershed of the ancient lake-swamp plain. The relief is strongly dissected, its surface is cut by a dense network of deep ravines, gullies, river valleys. Within the sheet, it occupies the highest hypsometric position.

River valleys, especially floodplain terraces, have the lowest surface marks.

The result of the long-term formation of the geological structure can be distinguished: at the base there is a Paleozoic folded stone foundation, covered with a cover of Mesozoic rocks and then loose sediments of the tertiary and Quaternary periods of the Cenozoic era. The foundation is composed of Precambrian and Paleozoic rocks such as shales, sandstones, mudstones, granites, quartz diorites, etc. are also found. The thickness of loose tertiary and quaternary sediments increases from south to north, respectively. They are represented by loams, clays, sands, sandy loams, marsh and lake silts, peat. Quaternary deposits are rocks forming the soil layer [27].

2.3. Mineral resources of the Tomsk region

The territory under study represents a significant resource potential, due to the wealth of minerals. Deposits of non-metallic minerals are common in the Tomsk region, which are in demand in the construction industry and agriculture.

Titanium and zirconium deposits occupy a special place among solid minerals. The mineralogical specialization of the region is determined by zircon-ilmenite placers, which are found in coastal-marine and continental deposits of Cretaceous-Paleogene age and are part of the West Siberian zircon-ilmenite placer province [29].

Zircon-ilmenite placers are the only metal objects that are subjected to industrial extraction. However, the development of these deposits is hampered by the lack of production capacity [29].

Local enterprises of the processing industry use non-metallic minerals, which serve as the basis for the production of industrial raw materials and building materials. The most significant among them are refractory clays, kaolin and quartz glass sands [29].

Brown coals, despite their value as chemical-technological and energy raw materials, have been little studied and are almost not used in the study area and in the region. Brown coal is used as fuel and raw materials for the chemical industry [29].

There are also deposits of building stone and molding sand. In addition, the area under study has prospects for the extraction of gold, antimony and polymetals [28].

Mineral deposits of the Tomsky district are shown in Figure 13.

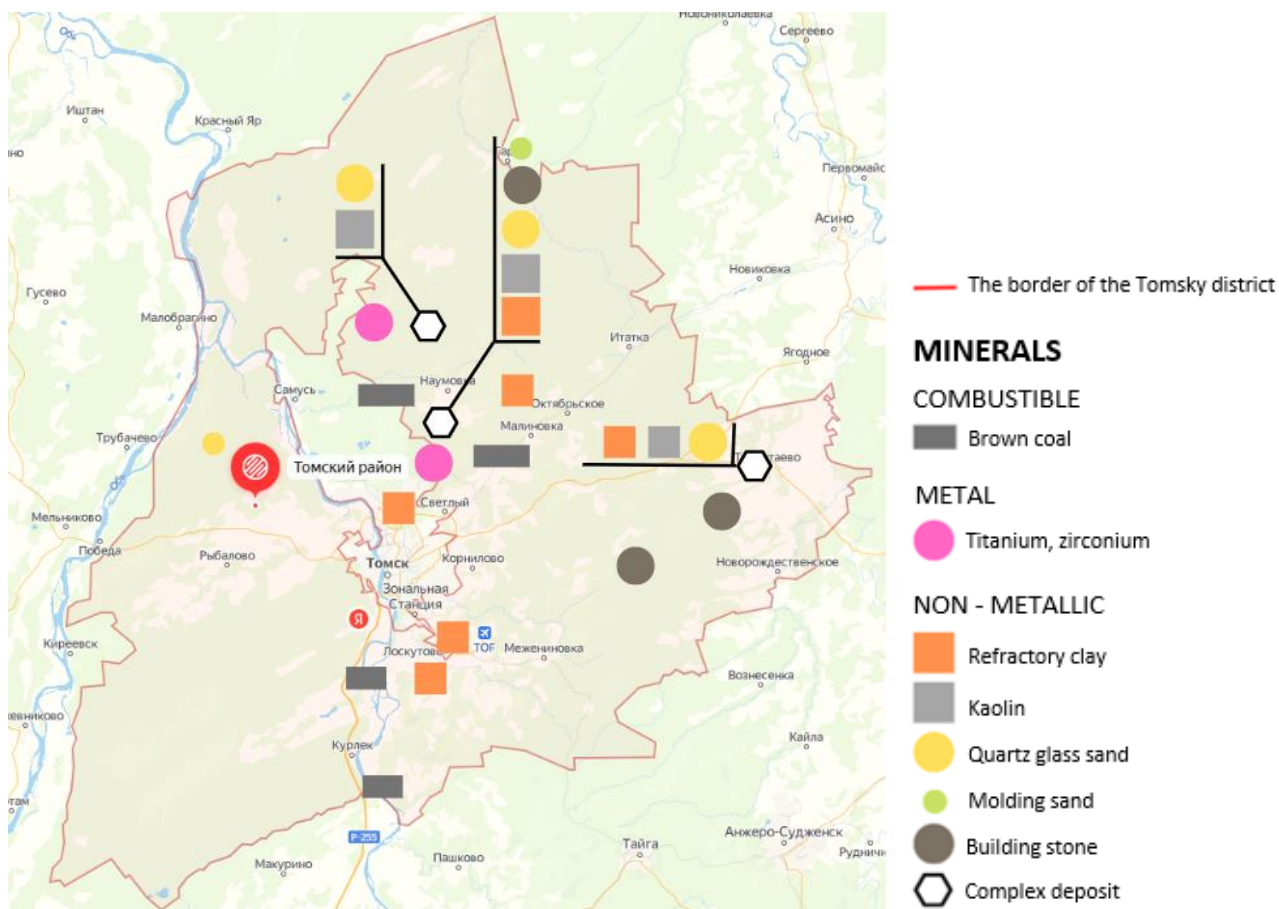


Figure 13 – Mineral deposits of the Tomsk region [29]

2.4. Climatic characteristics of the Tomsky district

The territory under study is located in the taiga zone. The climate of the Tomsky district is continental, with distinctive daily and annual amplitudes. The average annual temperature is -0.5 °C. Winters are quite cold and long, the average temperature in January is -17.1 °C. Summer is hot, but short-lived, the average temperature in July is +18.7 °C. The annual precipitation is 400-600 mm, with the greatest amount in summer [27]. The climatic characteristics are presented in Table 2.

The snow cover period is 180 days, from the end of October to the end of April. The height of the snow cover is 60-80 cm. The Tomsky district is characterized by excessive humidification by precipitation (450-590 mm/year) [30].

The climate of the Tomsky district is milder compared to the north of the Tomsk region, the winter period is less prolonged [31].

Table 2 – Climatic characteristics for the Tomsky district [32]

Month	Average temperature (°C)	Average minimum (°C)	Average maximum (°C)	Precipitation rate (mm)	Humidity (%)
January	-17,1	-20,9	-13	35	81
February	-14,7	-18,9	-9,6	24	78
March	-7	-12	-1,1	25	72
April	1,3	-3,4	7	34	65
May	10,4	4,7	17,5	41	61
June	15,9	10,5	22,3	61	70
July	18,7	13,7	24,8	75	76
August	15,7	11	21,7	67	79
September	9	5,1	14,4	50	79
October	1,7	-1,4	6	56	80
November	-8,3	-11,4	-4,7	52	83
December	-15,1	-18,9	-11,1	49	82

2.5 Surface and underground waters

There are 114 rivers on the territory of the studied area, the total length of which is 2,193 km. The nutrition of rivers is mixed, with a predominance of snow. Rivers with a length of less than 10 km (94.4%) predominate [34].

The main river is the Ob, with a length of 1065 km within the region. The Ob also has numerous tributaries, on the territory of the studied area these are tributaries

such as the Tom, Tagan, Andrava, Tashlair, Chernaya, Malaya Ushayka, Bolshaya Kirghizka, Basandayka [33].

The average flow rate of rivers in floods is 4-6 km/h, in low water – 0.5-1.5 km/h. The rivers are fed by precipitation, melt, rain and groundwater; moreover, the share of the underground component in the Tom River is about 17%. Ice is usually set in early November, the opening of rivers occurs at the end of April. The maximum river flow occurs in April-May (70%), the minimum – in the winter months (10%) [33].

The district is a supplier of drinking water for the city of Tomsk. The district has a large supply of groundwater, 58.3% of the total volume of the region. In total, there are 5 groundwater deposits in the Tomsky district, the largest of which bears the same name – Tomskoe. The main volume of water intake is used for domestic drinking and industrial water supply [34].

There are also 5 lakes on the territory of the Tomsky district (Kirek, Nizhniye Lakes, Larino, Tartma, Shaitan, as well as the Kandinsky reservoir [35].

2.6 Soil characteristics

The soil cover of the studied territory is peculiar. Here you can find soils with pronounced signs of the formation of various processes.

Factors of formation of soils of the Tomsk region [36]:

- Influence of parent rocks, heterogeneity of the soil cover, specific structure of the soil profile;
- Strong influence of meso- and microrelief;
- Depletion of carbonates of soil-forming rocks within the middle taiga and their enrichment in the south;
- Increased water availability in the northern and central parts of the territory;
- Severe climatic conditions, such as prolonged freezing and slow thawing of taiga soils, which contribute to waterlogging and affect the development of soil processes;
- Influence of large swamp systems, etc.

The above-mentioned number of features forms gray forest, sod-podzolic, floodplain soil types on the territory of the Tomsk region (Fig. 14).

Each soil is favorable for a certain vegetation. Sod-podzolic – characteristic of mixed and deciduous forests with developed grass cover. Gray forest soils are formed under deciduous grassy forests. Floodplain soils are confined to the valleys of large rivers [52].

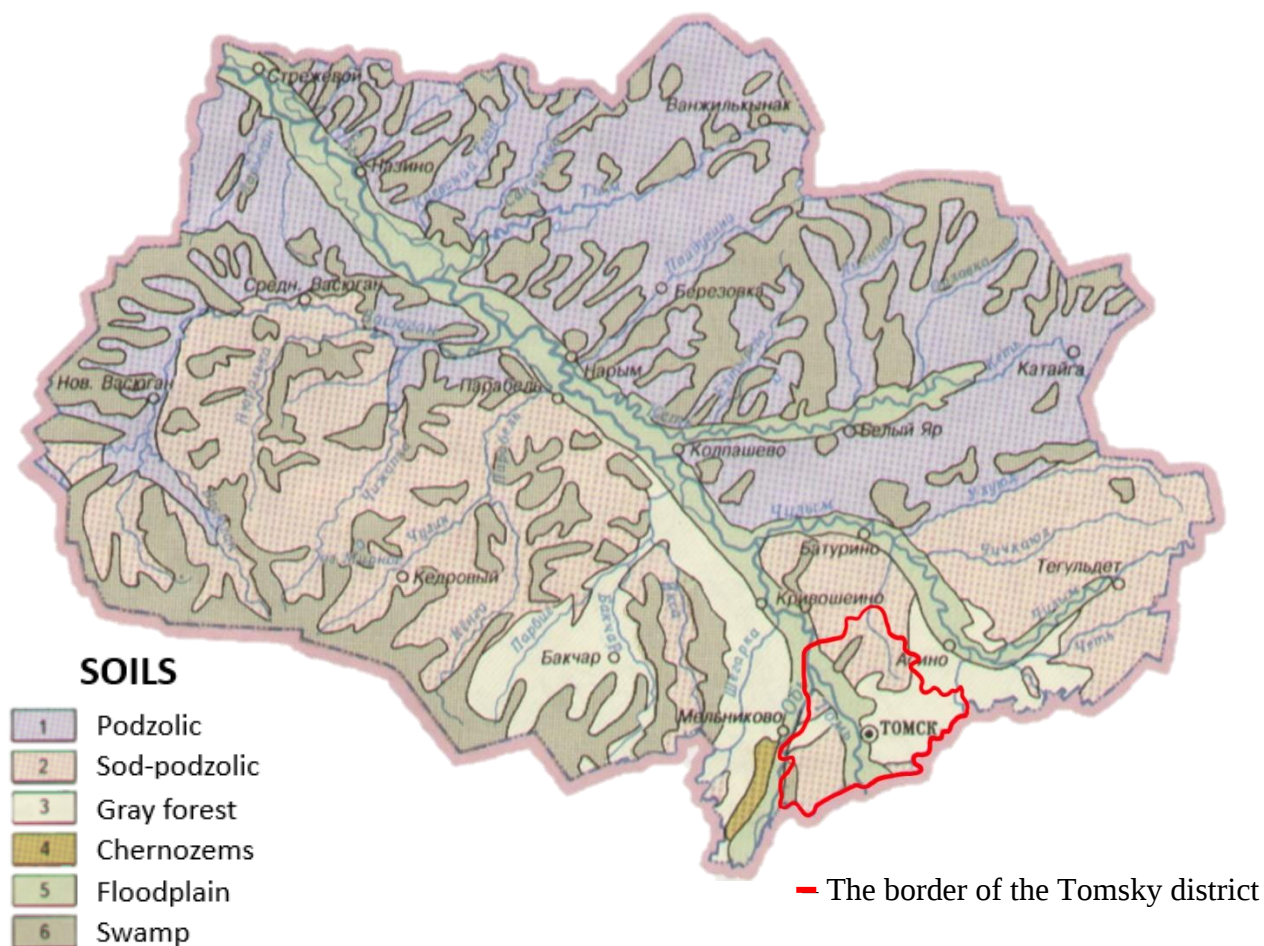


Figure 14 – Soil map of the Tomsky district [52]

2.7 Flora and fauna of the Tomsky district

Forests occupy more than half of the territory of the Tomsky district – 756 thousand hectares (75% of the entire territory). The vegetation cover is characterized by the predominance of coniferous, deciduous and mixed forests. Forests mainly consist of plants such as pine, cedar, larch, spruce, fir, birch and aspen. Cranberries, raspberries, blueberries, blueberries, cranberries grow nearby forests, and talnik, bird cherry, rosehip and currant grow near rivers [27].

The fauna of the Tomsky district is characterized by an abundance of species diversity and has about 48 species. The fauna is represented by small predators, rodents and insectivores [37].

Studying the territory, you can observe large mammals, such as roe deer, included in the Red Book of the Tomsk region, and moose. The order of insectivores is inhabited by Siberian moles, as well as small, medium and ordinary brown-toothed moles, as well as common cutlets. The order of predatory animals is represented by a weasel and a fox, while the greatest diversity is found among rodents, such as common squirrels, chipmunks, various types of mice, including the northern mouse, baby mouse, muskrat and white hare [27].

The territory also has a rich avifauna with more than 190 species of registered birds. Among them, many grain-eating and insectivorous passerines can be observed [27].

There are many species of reptiles and amphibians, as well as a variety of invertebrates, including insects, arachnids and land snails in the study area [27].

In the rivers and lakes located near the city of Tomsk, you can observe various representatives of protozoa, sponges, coelenterates, arthropods, mollusks and fish, which play an important role in cleaning water from pollutants entering it from industrial effluents, and serve as a food source for fish [27].

There are many species of fish that live in the reservoirs of the Tomsk environs, including chebak, perch, spruce, crucian carp, pike, ruff, minnow and minnow. In addition, from time to time you can notice rare specimens, such as ide, grayling, manerka and mudfish [27].

There is a high number of ticks, including encephalitic ones [27].