

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт природных ресурсов  
Направление подготовки Природообустройство и водопользование  
Кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Гидрогеохимические условия района озера Имандра (Кольский полуостров)</b> УДК 550.461 (282.247.181.1)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ51	Воробьева Дарья Андреевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ГИГЭ	Гусева Н.В.	К. Г-М. Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭПР	Шарф И.В.	К.Э.Н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Задорожная Т.А.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ГИГЭ	Гусева Н.В.	К. Г-М. Н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Использовать <i>фундаментальные</i> математические, естественно-научные, социально-экономические и профессиональные <i>знания в области специализации</i> при осуществлении изысканий и <i>инновационных</i> проектов сооружения и реконструкции объектов природообустройства и водопользования	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ПК-1, ПК-2) Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов ЕШ-АСЕ и РЕА№
P2	Ставить и решать научно-исследовательские и <i>инновационные</i> задачи инженерных изысканий для проектирования объектов природообустройства и водопользования <i>в условиях неопределенности</i> с использованием <i>глубоких фундаментальных и специальных</i> знаний	Требования ФГОС ВПО (ОК-5, ОК-7, ПК-3, ПК-4, ПК-5) Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов ЕШ-АСЕ и РЕА№
P3	Выполнять <i>инновационные</i> проекты, эксплуатировать объекты природообустройства и водопользования с применением <i>фундаментальных</i> знаний и <i>оригинальных</i> методов для достижения <i>новых</i> результатов, обеспечивающих <i>конкурентные преимущества</i> в условиях <i>жестких</i> экономических, экологических, социальных и других ограничений	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ПК-6, ПК-8) Критерий 5 АИОР (п.1.3), согласованный с требованиями международных стандартов ЕШ-АСЕ и РЕА№
P4	<i>Разрабатывать</i> на основе <i>глубоких и принципиальных</i> знаний программы мониторинга объектов природообустройства и водопользования, мероприятия по снижению негативных последствий антропогенной деятельности в условиях <i>жестких</i> экономических, экологических, социальных и других ограничений	Требования ФГОС ВПО (ОК-5, ОК-7, ПК-7) Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов ЕШ-АСЕ и РЕА№
P5	Планировать, организовывать и выполнять <i>исследования</i> антропогенного воздействия на компоненты природной среды, включая <i>критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, формулировку выводов в условиях неоднозначности</i> с помощью <i>глубоких и принципиальных</i> знаний и оригинальных методов	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ОК-7, ПК-9, ПК-10) Критерий 5 АИОР (п.1.4), согласованный с требованиями международных стандартов ЕШ-АСЕ и РЕА№
P6	Профессионально выбирать и использовать <i>инновационные</i> методы исследований, современное научное и техническое оборудование, программные средства для решения научно-исследовательских задач с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ПК-11, ПК-12, ПК-13) Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов ЕШ-АСЕ и РЕА№
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать <i>глубокие</i> знания в области проектного <i>менеджмента</i> , находить и принимать управленческие решения с	Требования ФГОС ВПО (ОК-6, ОК-7, ПК-1, ПК-7) Критерий 5 АИОР (п.2.1,

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	соблюдением профессиональной этики и норм ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов в области природообустройства, водопользования и охраны природной среды	2.4) согласованный с требованиями международных стандартов ЕШ-АСЕ и РЕА№
P8	<i>Активно владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, включая разработку документации и презентацию результатов проектной и <i>инновационной</i> деятельности.	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-3, ОК-4). Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов ЕШ-АСЕ и РЕА№
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве <i>руководителя группы</i> , в том числе и <i>международной</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать <i>ответственность за работу коллектива</i> , готовность следовать профессиональной этике и нормам, <i>корпоративной культуре</i> организации	Требования ФГОС ВПО (ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ПК-1) Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов Е^К-АСЕ и РЕА№
P10	Демонстрировать <i>глубокое знание</i> правовых, социальных, экологических и культурных аспектов <i>инновационной</i> инженерной деятельности, <i>осведомленность</i> в вопросах безопасности жизнедеятельности, быть <i>компетентным</i> в вопросах <i>устойчивого развития</i>	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ПК-12). Критерий 5 АИОР (пп. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов ЕШ-АСЕ и РЕА№
P11	<i>Самостоятельно</i> приобретать с помощью новых информационных технологий <i>знания и умения</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, ОК-2, ПК-3), Критерий 5 АИОР (пп. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов ЕШ-АСЕ и РЕА№

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов  
 Направление подготовки (специальность) **Природообустройство и водопользование**  
 Кафедра **Гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии**

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой ГИГЭ  
 \_\_\_\_\_ Гусева 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
2ВМ51	Воробьёвой Дарье Андреевне

Тема работы:

Гидрогеохимические условия района озера Имандра (Кольский полуостров)
---

Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 14.04.2017 №2607/С
---	-----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	09.06.2017
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования являются поверхностные и подземные воды района озера Имандра(Кольский полуостров, Мурманская область).</p> <p>Исходные материалы – пробы воды, отобранные автором при гидрогеохимических экспедиционных исследованиях (лето 2014, 2016 гг), результаты химического анализа вод, опубликованные данные.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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,</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- анализ опубликованной литературы по теме исследования;</li> <li>- природно-климатические и геолого-гидрогеологические условия района исследований;</li> <li>- химический состав подземных и поверхностных вод;</li> <li>- формы миграции химических элементов в исследуемых природных водах;</li> <li>- равновесие вод с вторичными минералами;</li> </ul>

<i>подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	- создание модели формирования химического состава подземных вод; - формирование химического состава вод района исследований.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Лист 1 – Физико-географическая характеристика района исследования. Лист 2 – Объект исследования. Лист 3 – Химический состав природных вод района озера Имандра (Кольский полуостров). Лист 4 – Миграция химических элементов. Лист 5 – Равновесие вод с вторичными минералами. Лист 6 – Формирование химического состава подземных вод.

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шарф Ирина Валерьевна
Социальная ответственность	Задорожная Татьяна Анатольевна
Раздел на иностранном языке	Матвеевко Ирина Алексеевна

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

Обзор литературы
Химический состав
Модель формирования химического состава подземных вод

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	18.04.2016
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующая кафедрой ГИЭ	Гусева Н.В.	к. г-м. н.		18.04.2016

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ51	Воробьева Дарья Андреевна		18.04.2016

## РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация содержит 126 страниц, 13 рисунков, 14 таблиц, 59 источников, 2 приложения, 6 листов графического материала.

Ключевые слова: химический состав, гидрогеохимические условия, природные воды, родники, озеро Имандра, Кольский полуостров, равновесие вод, насыщение вод, индекс насыщения, миграция химических элементов, формы миграции.

Объектом исследования являются природные воды района озера Имандра (Кольский полуостров).

Цель работы - исследование процессов формирования химического состава природных вод района озера Имандра (Кольский полуостров).

В процессе исследования проводилось гидрогеохимическое опробование в районе озера Имандра (Кольский полуостров) в 2014, 2016 гг. Изучение химического состава вод выполнено в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии НОЦ «Вода» ИПР ТПУ. Полученные данные обработаны с помощью программных комплексов ArcGis, CorelDraw, PHREEQC, а также средств Microsoft Office.

В результате исследования изучены природно-климатические и геолого-гидрогеологические условия района исследований, макро- и микрокомпонентного химического состава подземных и поверхностных вод, формы миграции химических элементов, оценка насыщенности вод вторичными минералами, определены геохимические типы вод. Создана концептуальная модель формирования химического состава подземных вод района исследований.

## Оглавление

Введение .....	9
1 Обзор литературы.....	11
2 Физико-географическая характеристика района исследования.....	14
2.1 Административное положение.....	14
2.2 Климат .....	14
2.3 Рельеф.....	17
2.4 Гидрография.....	19
2.5 Почвенный покров.....	22
2.6 Растительность.....	24
2.7 Геологическое строение.....	25
2.8 Гидрогеологические условия .....	27
2.9 Характеристика хозяйственной деятельности.....	29
3 Объект исследования .....	33
4 Методы исследования .....	40
5 Химический состав.....	43
5.1 Макрокомпонентный состав.....	43
5.2 Микрокомпонентный состав .....	48
5.3 Миграция химических элементов.....	52
6 Равновесие вод с вторичными минералами .....	56
7 Формирование химического состава подземных вод.....	62
8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	67
9 Социальная ответственность.....	76
9.1 Производственная безопасность .....	76
9.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятия по их устранению при проведении полевых работ .....	77
9.1.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятия по их устранению при проведении лабораторных и камеральных работ .....	78
9.1.3 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению при проведении лабораторных и камеральных работ .....	83
9.2 Экологическая безопасность .....	85
9.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	89
9.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	92
Заключение.....	96
Список публикаций по теме диссертации.....	99

Список использованных источников.....	101
Приложение А Сметная стоимость работ при проведении оценки гидрогеохимических условий района озера Имандра .....	107
Приложение Б Review, chemical composition, formation of the chemical composition of groundwater .....	109
Лист 1 – Физико-географическая характеристика района исследования	
Лист 2 – Объект исследования	
Лист 3 – Химический состав природных вод района озера Имандра (Кольский полуостров)	
Лист 4 – Миграция химических элементов	
Лист 5 – Равновесие вод с вторичными минералами	
Лист 6 – Формирование химического состава подземных вод	

## Введение

Кольский полуостров – крайний север России, где богатство недр послужило основой развитию крупных горнодобывающих и металлургических предприятий. Реки и водоемы здесь испытывают постоянную негативную нагрузку от промышленных комплексов и населенных пунктов, обладая при этом низкой способностью к самоочищению. Это приводит к накоплению вредных веществ в воде и донных отложениях водных объектов. В этой связи исследование химического состава и оценка гидрогеохимических условий изучаемого района является весьма актуальной задачей.

Целью данной работы является исследование процессов формирования химического состава природных вод района озера Имандра (Кольский полуостров).

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать имеющиеся данные о гидрогеохимических исследованиях района;
- изучить природно-климатические и геолого-гидрогеологические условия района исследований;
- изучение макро- и микрокомпонентного химического состава подземных и поверхностных вод;
- определение форм миграции химических элементов в исследуемых природных водах;
- оценка насыщенности вод вторичными минералами;
- создание модели формирования химического состава подземных вод.

Объектом исследования являются подземные и поверхностные воды, опробованные летом 2014, 2016 гг. в районе озера Имандра (Кольский полуостров) в период межени.

Научная новизна работы заключается в получении достоверных современных данных о химическом составе вод исследуемого района,

благодаря использованию высокочувствительных, надежных современных аналитических методов, а также созданию модели формирования химического состава природных вод района с высокой антропогенной нагрузкой.

Материалы диссертационной работы использовались при выполнении работ по гранту Госзадание «Наука» № 5.1931.2014/к (Геохимия элементов-гидролизатов в гумидных областях как основа совершенствования технологии водоподготовки).

По теме диссертации автором опубликовано 7 работ, в том числе 1 работа в журнале, индексируемом международной базой данных Scopus.

Отдельные части диссертации были представлены на международных и всероссийских конференциях: Международный научный симпозиум студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (г. Томск, 2015, 2016г, в 2017 году – работа отмечена дипломом I степени), Всероссийская конференция с международным участием с элементами научной школы «Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии» (г. Томск, 2015 г – диплом III степени), Международная экологическая студенческая конференция «Экология России и сопредельных территорий» (г. Новосибирск, 2016 г); Всероссийская научная молодежная конференция с международным участием с элементами молодежной научной школы имени профессора М.К. Коровина «Творчество юных – шаг в будущее» (г. Томск, 2017 г. – доклад отмечен дипломом ИПР ТПУ); а также на Всероссийском конкурсе научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВУЗов и научных академических институтов России по естественным, техническим и гуманитарным наукам «Шаг в науку» (г. Томск, 2016 г. - диплом III степени за победу в I (заочном) туре).

Автор работы выражает глубокую признательность *Евтюгиной З.А., доценту кафедры геоэкологии Апатитского филиала Мурманского государственного технического университета (АФ МГТУ) за помощь в проведении исследований.*

## 1 Обзор литературы

В эпоху индустриализации природная среда испытывает огромную антропогенную нагрузку, особенно в Заполярье с его легко разрушаемой природой. Известно, что арктические и субарктические экосистемы чрезвычайно уязвимы по отношению к антропогенному прессу в силу низкого уровня массо- и энергообменов в холодных широтах. Наиболее сильно подвержены воздействию человека и его хозяйственной деятельности водные источники, в том числе, подземные воды. Кольский Север в силу уникальности и богатства минерально-сырьевых ресурсов имеет высокоразвитый промышленный потенциал [18].

В меридиональной впадине, которая считается естественной границей между Кольским полуостровом и материковой частью, расположено озеро Имандра, состоящее из трех частей: Большая Имандра, Иокостровская и Бабинская Имандра. Большая Имандра, протяженностью около 55 км, с 30-х годов прошлого века испытывает наибольшее техногенное давление: сюда сбрасываются сточные воды предприятий Кольской горно-металлургической компании (КГМК) (площадка Мончегорск), ОАО «Апатит» (гг. Апатиты и Кировск), а также поступают стоки с водосборной территории. Восточную часть территории водосбора занимает Хибинский массив, откуда в озеро впадают горные ручьи и реки. В районе Хибин добывают и перерабатывают апатит-нефелиновую руду – сырье для фосфорных удобрений. Западная часть территории водосбора Большой Имандры, исключая горный массив Мончетундра, вблизи г. Мончегорск, представляет собой холмисто-увалистую равнину, на которой сформированы озерно-речные системы (почти все реки имеют проточные озера). Многолетнее воздействие выбросов КГМК соединений серы, меди, никеля привело к деградации лесных ландшафтов вплоть до полного разрушения лесов и образования техногенных пустошей.

Техногенный фактор неизбежно приводит к изменению качества природных вод на территории водосборов. Вместе с тем почвы Кольского

Севера выступают биогеохимическим барьером для химических элементов (прежде всего, меди и никеля), поступающих в экосистемы из техногенно загрязненной атмосферы. Деграция почв приводят к снижению их сорбционной способности, что потенциально создает угрозу загрязнения подземных вод тяжелыми металлами [13].

В результате поисковых работ, проводившихся в 2008-2010 гг. Центрально-Кольской экспедицией (ОАО "ЦКЭ"), было показано, что на территории локального воздействия выбросов комбината «Североникель» подземные воды защищены от проникновения аэротехногенных меди и никеля на участках с неразрушенным почвенным покровом [2].

*Накопление тяжелых металлов в водных экосистемах.* В ряду компонентов химического состава природных вод металлы занимают весьма важное положение. Это обусловлено их свойствами в водной среде (поливалентность, высокая реакционная способность, биологическая активность), благодаря которым металлы принимают участие практически во всех физико-химических, химических и биологических процессах, протекающих в водных объектах.

Проблема загрязнения природных вод металлами, как следствие их прямого сброса в составе стоков металлургических комплексов, изменения геохимического круговорота на водосборах горными разработками, выпадения из загрязненной атмосферы и вымывания кислыми дождями является одной из важнейших для охраны водных ресурсов арктического бассейна. Сточные воды различных производств, поступающие в водоемы Арктического бассейна, несмотря на локальный сброс, представляют серьезную экологическую угрозу для водных ресурсов.

Наилучшим образом отражать поступление техногенных загрязнений из атмосферы способны малые озера (Моисеенко, 1997; Моисеенко и др., 1996; Кудрявцева, 1996). Как уже упоминалось, тяжелые металлы являются приоритетными загрязняющими веществами пресноводных экосистем Кольского Севера – их источником являются дымовые выбросы цветной

металлургии. Территория характеризуется также наличием эндемичных геохимических провинций с повышенным содержанием никеля и меди, стронция, легкорастворимых металлов алюминия и др. Ситуация загрязнения водоемов тяжелыми металлами усугубляется кислотными выпадениями. Закисление водоемов может приводить к увеличению содержания ионных форм металлов в пресных водах. Опасность загрязнения вод тяжелыми металлами широко известна. Они оказывают прямое токсичное действие на живые организмы и способны аккумулировать в них, вызывая отдельные негативные последствия. На живые организмы тяжелые металлы воздействуют в течение всего их жизненного цикла, их аккумуляция в организме рыб отражает уровень нагрузки металлов на водоем в течение длительного периода (Моисеенко, 1997; Моисеенко и др., 1996; Кашулин и др., 1999). Избыточное загрязнение поверхностных вод металлами значительно увеличивает экологический риск и ухудшает качество водных ресурсов (Моисеенко, 1997) [18].

## 2 Физико-географическая характеристика района исследования

### 2.1 Административное положение

Мурманская область – субъект Российской Федерации, расположенный на северо-западе России и входящий в состав Северо-Западного федерального округа. На юге она граничит с Карелией, на западе с Финляндией, на северо-западе с Норвегией (рисунок 1).



Рисунок 1 – Положение района исследования

В рамках исследования проводилось опробование водных объектов в Мончегорском, Апатитском и Кировском районах области.

### 2.2 Климат

Климат Кольского полуострова находится под смягчающим влиянием окружающих его морей и особенно запасов тепла, приносимых северной ветвью теплого течения Гольфстрим. Благодаря этому Баренцево море у города Мурманска не замерзает. Термический режим южного побережья полуострова

несколько суровее, так как Белое море зимой покрывается льдом. При удалении вглубь полуострова влияние морей снижается [16].

В горных частях района наблюдается следующая зональность: падение температуры воздуха, увеличение осадков, силы ветра и продолжительности залегания снежного покрова с возрастанием высоты местности. Различие в ходе метеорологических элементов зависит также от местных климатообразующих факторов: экспозиции склонов, ориентации долин, свойств почвы и пр. В восточной части полуострова вследствие более сглаженных форм рельефа климат отличается меньшей территориальной изменчивостью.

Преобладание поступления в рассматриваемый район воздушных масс атлантического и арктического происхождения и интенсивная циклоническая деятельность над Норвежским и Баренцевым морями, особенно сильная в холодное время года, вместе с другими климатообразующими факторами обуславливают на Кольском полуострове относительно теплую зиму и прохладное лето.

Характерной особенностью погоды является ее неустойчивость и резкая изменчивость, вызываемая частой сменой воздушных масс, перемещением циклонов и фронтов.

На побережье зима продолжается в течение 6 месяцев (ноябрь-апрель), а в центральной части до 7 месяцев (октябрь – апрель). Средняя месячная температура в этот период изменяется от  $-2$  до  $-14^{\circ}$ , постоянно держится снежный покров значительной мощности, часты метели и сильные ветры (преобладающее направление ветров юго-западное, со средними месячными скоростями от 7 до 11 м/сек). Осадков за холодный период выпадает от 100 до 200 мм, при этом наибольшее их количество наблюдается во внутренней возвышенной части полуострова [16].

Май и октябрь – переходные месяцы. Теплый сезон продолжается 4 месяца; средняя месячная температура наиболее теплого месяца – июля – не превышает  $13-14^{\circ}$ , при этом довольно часто наблюдаются заморозки.

Средняя годовая температура воздуха на территории Кольского полуострова изменяется от +1° на побережье Баренцева и Белого морей, до -1°, -2° в районах, удаленных от побережий, и до -3°, -4° в горных районах.

Таблица 1 - Средняя месячная и годовая температура воздуха г. Мончегорск, °С [54]

Месяцы												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
-12,8	-12,7	-8,6	-2,5	3,4	10,2	13,8	12,0	6,6	0,2	-5,4	-9,7	-0,5

Кольский полуостров находится в зоне избыточного увлажнения. Осадки довольно значительны и для большей части территории составляют 550-600 мм, достигая 1000 мм и более в горах. Наибольшее количество осадков выпадает в летние и осенние месяцы, а наименьшее – в марте–апреле.

Снежный покров на Кольском полуострове образуется в среднем в первых числах ноября, в горных районах с увеличением высоты установление снежного покрова наблюдается раньше. Разрушение снежного покрова наблюдается в среднем в первой декаде мая, с запаздыванием в горах.

Начало промерзания почво-грунтов на всей территории Кольского полуострова приходится на середину ноября, а полное оттаивание наступает в июне и в отдельных случаях даже в июле. На конец октября на всей территории полуострова глубина промерзания, как правило, составляет менее 20 см. Максимальная глубина промерзания почво-грунтов в отдельные годы достигает 2-3 м, а в наиболее теплые зимы 60-100 см.

Средняя годовая относительная влажность воздуха составляет около 80%, причем на морских побережьях она несколько выше, чем в центре полуострова, и еще выше – в горных районах.

Направление ветра имеет хорошо выраженный годовой ход. В зимний сезон преобладают ветры юго-западного, летом – северного и северо-восточного направления. Средняя годовая скорость ветра около 4-8 м/сек, в центральных районах полуострова – 3-5 м/сек [16].

## 2.3 Рельеф

В целом для Кольского полуострова характерно значительное различие в рельефе западной и восточной его частей.

Западная часть Кольского полуострова характеризуется сильно расчлененным рельефом. Там расположены большие горные массивы – тундры, высотой до 1000 и более метров, разделенные глубокими впадинами, занятыми крупными озерами. Восточная часть Кольского полуострова характеризуется более ровным рельефом [16].

В качестве естественной границы между западной и восточной частями Мурманской области можно принять долину реки Вороньей, озера – Ловозеро и Умбозеро и долину реки Умбы. Через западную часть проходит направленная по меридиану глубокая впадина, занятая бассейном рек Колы и Нивы и крупнейшим в области озером Имандра. Почти перпендикулярно к этой впадине, в направлении с запада-северо-запада на восток-юго-восток тянется ряд долин и горных массивов. Последние в центре описываемого района достигают наибольших высот [19].

Северные районы Мурманской области занимают приподнятое, холмистое плато, высотой около 200-250 м, которое тянется вдоль Мурманского побережья Баренцева моря от государственной границы до реки Вороньей. На севере это плато обрывается к морю, образуя крутые скалистые берега, высотой 100-120 м. Северное прибрежное плоскогорье пересекает ряд меридионально направленных узких и глубоких ущелий, занятых реками, впадающими в Баренцево море, а также заливов-фиордов: Печенга, Западная Лица и другие.

Крупнейшим из фиордов является Кольский залив, вытянутый к югу, вглубь суши более чем на 50 км и окруженный со всех сторон горами. В течение круглого года он свободен ото льда и иногда замерзает на несколько дней только при сильных и устойчивых морозах. Но подобное явление наблюдается довольно редко [5, 19].

Отдельные возвышенности Мурманского прибрежного плато достигают высоты 350-450 м и имеют мягкие очертания. К югу, на водоразделе рек Туломы и более мелких рек - Уры и Титовки, указанные возвышенности приподнимаются до 500 м.

К югу-западу от Мурманского прибрежного плоскогорья расположена широкая Туломо-Нотозерская впадина, приподнятая над уровнем моря не более чем на 50 м. Поверхность ее неровная – с холмами и отдельными невысокими горами, разбросанными среди болот и плоских низин, изобилующих мелкими озерами. Указанный район является бассейном озера Нотозеро рек – Лоты, Ноты и Туломы.

К югу и юго-западу от Туломо-Нотозерской впадины расположен центральный, горный район, который начинается от государственной границы и тянется к востоку-юго-востоку, до озера Ловозеро. Долинами рек Печи и Мончи и глубокими впадинами крупных озер – Монче, Имандра и других этот район расчленен на отдельные массивы – тундры. Среди них наиболее высокие Рослин-тундры (650 м). Сальные тундры (990 м), Чуна и Монча-тундры (600-700 м), Волчьи тундры (900-1000 м). Между озерами Имандра и Умбозеро возвышаются Хибинские тундры, высотой до 1300 м, а между озерами Ловозеро и Умбозеро – Ловозерские тундры, наибольшая высота которых достигает 1150 м.

К югу и юго-западу от горных массивов, расположенных западнее озера Имандра, простирается обширная, южная, озерная низина, приподнятая над уровнем моря на 120-150 м; она занята бассейном среднего течения реки Ноты, многоозерным бассейном реки Пиренги и южной частью озера Имандра. Южно-озерная низина покрыта обширными болотами, среди которых разбросаны многочисленные мелкие озера. Однако и здесь изредка встречаются небольшие холмы и гряды высотой до 450-500 м.

Южнее Хибинских гор и восточнее южной окраины озера Имандры до среднего течения реки Умбры расположена холмистая Имандра-Умбрская низина на высоте 100-150 м над уровнем моря. Большая часть низины занята

болотами и многочисленными озерами, среди которых возвышаются отдельные холмы высотой до 300 м. Здесь расположены бассейны озер: Имандра и Колвицкого, и западных притоков реки Умбы. На юго-востоке указанная низина примыкает к Кандалакшскому берегу Белого моря.

На крайнем юго-западе Мурманской области, за пределами Кольского полуострова, южный горный массив резко снижается, переходя в низину озера Ковдозеро. Здесь расположена серия озер, связанных между собой короткими, порожистыми реками-протоками.

Восточная, полуостровная, часть Мурманской области характеризуется преобладающим мелко и крупнохолмистым рельефом. Рельеф побережья Баренцева моря в восточной части Мурманской области такой же, как и в ее западной части. Он представляет собой приподнятое, холмистое плато, которое вдоль берега Баренцева моря и Воронки Белого моря образуют крутые склоны, высотой 50-60 м. Это плато пересечено множеством поперечных трещин и ущелий, по которым протекают реки Харловка, Восточная Лица и Иоканга, впадающие в Баренцево море. На востоке это плато прорезается одной из крупных рек области – Поноем, несущим свои воды в Белое море [19].

## 2.4 Гидрография

Сложность геологических и орографических условий, наличием вблизи земной поверхности водоупорных кристаллических пород, большое количество выпадающих осадков и относительно малое испарение наложили свой отпечаток и на характер гидрографической сети Кольского полуострова. Здесь весьма развита речная сеть, а по количеству озер полуостров занимает одно из первых мест в России; низменные и слаборасчлененные участки территории нередко представляют собой крупные заболоченные пространства [16].

*Реки.* Реки Кольского полуострова принадлежат к бассейнам двух морей – Баренцева и Белого; водораздел проходит с запада на восток – от государственной границы с Финляндией к горлу Белого моря через Сальные,

Хибинские, Ловозерские тундры и горную гряду Кейвы. Отсюда на север и юг текут главнейшие реки полуострова. Занимая срединное положение, водораздел обуславливает небольшую длину стекающих с него рек, сбросовый характер их продольных профилей и небольшие площади водосборов.

Для большинства рек полуострова типичны узкие, слабо разработанные, врезанные в твердые кристаллические породы долины. Форма их V-образная, а часто каньонообразная. Следуя направлениям горных разломов, они имеют резкие коленчатые изгибы, многочисленные перепады (стремнины, пороги, водопады), чередующиеся с тихими спокойными участками (плесами). Многие реки следует рассматривать как озерно-речные системы. Они состоят из чередующихся озер и коротких порожистых и бурных проток, причем у некоторых рек протяженность озер превосходит длину речных участков. Обилие проточных озер является результатом подпруживания русла в одних случаях выходящими на поверхность скальными породами, в других – моренными валунами нагромождениями.

Речные поймы наиболее развиты на реках равнины центральной части полуострова, в частности в верхнем и среднем течении рек Поноя и Варзуги. На остальной части территории преобладает односторонняя, прерывистая пойма. Типичные русла рек – немеандрирующие.

Реки, прорезая на своем пути твердые горные породы, изобилуют порогами и перекатами. Продольные профили крупных рек, впадающих в моря, характеризуются спокойным начертанием в верхнем и среднем течении и крутым падением в низовьях; профили малых рек имеют ступенчатый характер. Плесовые участки, часто переходящие в проточные озера, имеют большую ширину и глубину, скорость течения здесь в межень порядка 0,10 – 0,15 м/сек и менее; порожистые участки мелководные, как правило неширокие, со скоростями течения, достигающими 2-3 м/сек, а иногда и более.

Наибольшее распространение имеют реки озерного типа. На своем пути они пересекают ряд озер, образуют перепады, пороги, водопады. Озерные реки собирают воду с обширных территорий и отличаются большой водностью. Из

рек этого типа следует особо выделить реки-каналы, которые отличаются малой протяженностью и почти не имеют боковых притоков, сбрасывая главным образом воды крупных озер и водохранилищ.

К группе горных рек относятся малые водотоки, стекающие с возвышенностей Кольского полуострова. Они представляют собой небольшие стремительные потоки, бегущие в узких скалистых долинах, с многочисленными порогами и водопадами. Типичной рекой этой группы являются р. Малая Белая, стекающая по западному склону Хибинских гор и впадающая в оз. Имандра; водосборная площадь ее всего 82,8 км<sup>2</sup>, длина 13 км, падение около 350 м [16].

*Озера.* Наибольшее распространение озера имеют в центральной и северной частях полуострова.

По происхождению озера делятся на две группы – ледниковые и тектонические. Это небольшие водоемы, нередко расположенные среди болот. Чаще всего они имеют округлую форму и малые глубины. Встречаются также запрудные озера, которые образовались в результате преграждения мореной какого-либо поверхностного стока воды. Ложа этих озер обычно имеют вытянутую овальную форму и глубины до 4-6 м.

Озера тектонического происхождения лежат в глубоких котловинах, имеют вытянутую форму и сложную конфигурацию береговой линии. Рельеф дна таких озер неровный; встречаются впадины глубиной до 100 м. К озерам тектонического происхождения относятся почти все крупные водоемы рассматриваемой территории: Имандра, Ловозеро, Умбозеро, Колвицкое и другие.

На Кольском полуострове в связи со строительством ряда ГЭС создано несколько водохранилищ, крупнейшими из которых являются: Верхнее-Тулумское, площадью 745 км<sup>2</sup>; Имандра, площадью 812 км<sup>2</sup> (в границах прежнего озера); Пиренгское, площадью 227 км<sup>2</sup> и Нижнее-Тулумское, площадью 38,0 км<sup>2</sup> [16].

*Болота.* Болота на Кольском полуострове занимают более 20% площади. Распределены болота по территории неравномерно. В прибрежной тундровой зоне болота с наличием торфяной залежи встречается редко и как элемент ландшафта не оказывают существенного влияния на составляющие водного баланса.

Характерным является многообразие типов болот. Наибольшее развитие имеют верховые болота, питающиеся атмосферными осадками. По долинам рек и другим депрессиям рельефа, а также по склонам в местах выхода грунтовых вод широкое развитие имеют типично низинные болота и болота различных переходных стадий к верховым [16].

## 2.5 Почвенный покров

На Кольском полуострове получили развитие почвы четырех типов: тундровые, подзолистые, болотные, в небольшой степени дерновые и производные от них: подзолисто-болотные или дерново-подзолистые почвы [16].

Тундровые почвы свойственны зоне тундр, а также горным вершинам и склонам, поднимающимся над границей лесной растительности. Почвы этого типа относятся к начальной стадии почвообразовательных процессов и представлены в основном примитивными горнотундровыми почвами, которые развиваются почти исключительно на обломках коренных пород. Слой их редко достигает 10 см, и они никогда не покрывают значительных пространств. Такие почвы типичны для северной приморской полосы берега вблизи г. Мурманска и для горных районов [16].

Наиболее характерными для Кольского полуострова являются подзолистые почвы. К подзолам относится большая часть минеральных почв территории. Они развиваются на любых породах (кроме элювия) в зоне тайги, в подзоне лесотундры, часто встречаются в тундровой зоне, там, где нет избыточного увлажнения. На Кольском полуострове типичны подзолы с

мощностью слоя 15-50 см; маломощные подзолы встречаются в предгорьях Хибин, окрестностях г. Мурманска и некоторых других местах; подзолы большой мощности (слоем более 50 см) мало распространены; встречаются они в низинах [16].

Подзолистые почвы, сформировавшиеся на песчаных породах континентального и морского происхождения, существенно различаются по содержанию и запасам гумуса и азота. Главным фактором образования и накопления гумуса в подзолистых почвах являются интенсивность биологических процессов, увлажнение почвогрунтовой толщи и характер растительного покрова [17].

В сухих сосновых лесах с лишайниковым и кустарничковым напочвенным покровом формируются иллювиально-железистые подзолы, наиболее бедные органическим веществом. Для пологих склонов под сосновыми и еловыми кустарничковыми лесами характерны иллювиально-гумусово-железистые подзолы, минеральные горизонты которых достаточно обогащены гумусом. На хорошо увлажненных участках в березово-еловых кустарничково-зеленомошных лесах развиты иллювиально-гумусовые подзолы, для которых характерна мощная лесная подстилка и значительное содержание гумуса в подзолистом и иллювиальных горизонтах. Наиболее обогащены гумусом почвы, развивающиеся на торфяниках. Это переувлажненные торфяно-подзолистые иллювиально-гумусовые почвы, у которых мощность оторфованного органогенного горизонта превышает 20 см [17].

В тундре и лесотундре развиты подзолистые иллювиально-гумусовые почвы, обогащенные органическим веществом. Горные почвы тундрового и лесного поясов так же отличаются повышенным содержанием гумуса в минеральной толще [17].

Болотные почвы на Кольском полуострове распространены на очень больших площадях. Большая часть болотных почв территории характеризуется слаборазложившимся торфом.

Небольшие площади Кольского полуострова заняты дерновыми почвами естественного происхождения, связанными с особенностями речных отложений, богатых питательными веществами.

По механическому составу преобладают песчаные и супесчаные почвы, в значительной степени завалуненные; довольно большую площадь занимают глинистые и щебнистые почвы [16].

## 2.6 Растительность

Мурманская область расположена в пределах двух географических зон - тундры и тайги. Между ними тянется небольшая полоса лесотундры. Зона тундры занимает северную окраину Кольского полуострова шириной от 20-30 км на западе, до 120 км в средней части и выклинивающуюся на востоке [17].

На морском побережье преобладают кустарничковые тундры, по мере удаления от моря кустарничковые тундры сменяются лишайниково-кустарничковыми и лишайниковыми. Растительность здесь представлена такими растениями как: вороника, толокнянка альпийская, брусника и карликовая березка-ерник.

К югу размещаются кустарниковые (ерники и ивняковые) тундры. Ивняки растут обычно на пологих склонах и в понижениях, имеющих травяной покров, представленный осоками, некоторыми видами разнотравья и злаков (купальница, гравилат, лабазник, герань лесная, мытник, сабельник, незабудки, свидина шведская, сфагновые мхи).

Лесотундровая растительность представлена березовыми редколесьями и криволесьями (береза извилистая), травяно-кустарничковыми зеленомошными и лишайниковыми. Подлеском обычно служит можжевельник и ерник. К северу высота березы уменьшается от 6-8 до 1,5 м. В средней части лесотундровой полосы береза имеет форму плодовых деревьев [17].

Лесная зона, включая лесотундру, занимает около 80% площади Мурманской области, но сами леса составляют только 23% территории. Остальная часть лесной зоны занята лесотундровыми березняками, болотами и водоемами.

Леса области в основном представлены елью, сосной и березой. Ель преобладает на востоке и севере, а сосна на западе и юге. В еловых лесах преобладает сибирская ель. Елово-березовые леса представлены моховыми, главным образом, зеленомошными, лишайниково-зеленомошными и лишайниковыми типами. Сосново-березовые леса представлены преимущественно лишайниковым типом. Кустарниковый ярус здесь почти не выражен, изредка встречаются можжевельник и карликовая береза.

По долинам рек растут ивняки, березовые и елово-березовые леса с травяным покровом.

Болота занимают 37% площади всей области, наиболее широко развиты грядово-мочажинные болота, а так же бугристые болота, для которых характерны бугры многолетней мерзлоты, оттаивающие летом до 30-55 см.

В горах и возвышенностях развита вертикальная поясность. Лесной пояс сменяется лесотундровыми березняками. В горных лесотундровых березняках деревья растут редко, промежутки заняты лишайниками, занимающими до 40-70% площади. Над лесным и лесотундровым поясом выше 350-400 м поднимаются горные тундры. В нижней части склонов (до 400-600 м) развиты кустарниковые и кустарниково-лишайниковые тундры.

Выше 700 м располагается пояс высокогорной разреженной растительности с бедным составом мхов и лишайников, покрывающих 1-5% площади. Остальная территория занята каменистыми россыпями и каменными полями, на камнях господствуют эпилитные лишайники [17].

## 2.7 Геологическое строение

Территория Кольского полуострова занимает восточную часть Балтийского щита, сложенного породами кристаллического фундамента и рыхлыми четвертичными отложениями [16].

Распространенные дочетвертичные кристаллические породы относятся к образованиям архейского, протерозойского и частично палеозойского возраста. Представлены они метаморфическими и эффузивными комплексами, прорезанными на больших площадях интрузиями, главных образцов гранитов. Наибольшее площадное распространение имеют архейские гранитно-гнейсовые породы, слагающие ядра антиклиналей. Глубокие синклинальные зоны выполнены более молодыми породами.

Четвертичные отложения представлены комплексом ледниковых образований верхнечетвертичного возраста: основной мореной, песчаными водно-ледниковыми отложениями, торфяниками, крупнообломочными элювиальными и делювиальными образованиями горных районов, песчанно-глинистыми морскими и озерными отложениями. Наибольшее распространение имеют валунные пески и супеси основной морены [16].

Район озера Имандра расположен в юго-западной части Кольского полуострова. На севере и северо-востоке от озера распространены породы архейской эры: гранодиориты, тоналиты, плагиограниты. Локально присутствует отложения кольско-беломорского нестратифицированного комплекса, представленного гнейсами и амфиболитами с железистыми кварцитами. Восточная часть водосбора озера Имандра занимает Хибинский массив сложенный щелочными ультрамафитами, нефелиновыми сиенитами, карбонатитами девонского периода. На юге рассматриваемой территории распространены биотитовые, амфибол-пироксеновые гнейсы, мигматиты, тоналито-гнейсы, гранодиорито-гнейсы, амфиболиты. Западная часть представляет собой сложную структуру, в которой различные породы сменяют друг друга. Верхний архей на западном берегу представлен метавулканитами кислого и основного состава. Породы раннего протерозоя представлены перидотитами, пироксенами, габброноритами, базальтовыми порфиритами,

норитами, диоритами, пероксениты. Кроме того локально представлены отложения венда, сложенные аркозитовыми и полимиктовыми песчаниками, алевролитами, аргиллитами (лист 1).

## 2.8 Гидрогеологические условия

Подземные воды восточной части Балтийского кристаллического щита содержатся в маломощном прерывистом слое четвертичных отложений и в верхней трещиноватой зоне кристаллических пород. В связи с отсутствием водоупорных слоев воды четвертичных и кристаллических пород гидравлически связаны между собой и образуют общее зеркало подземных вод [5].

Подземные воды принадлежат преимущественно к зоне свободного водообмена, формирующегося под влиянием дренирующего воздействия речной сети и климатических факторов. Питание подземных вод происходит в основном за счет атмосферных осадков. Режим подземных вод подвержен сезонным колебаниям. Годовая амплитуда колебания уровня подземных вод 1-5 метров. В засушливое время года на вершинах и верхних частях склонов возвышенностей вода отсутствует [10].

Общая направленность движения подземных вод на рассматриваемой территории определяется дренирующим влиянием окружающих морей – Белого и Баренцева, которые служат основным базисом всего континентального стока этого района. В то же время, благодаря наличию на территории крупных озер – Имандра, Ловозеро, Умбозеро и других, приуроченных к обширным котловинам тектонического происхождения, формируется подземный сток регионального направления к указанным дренам. Наряду с котловинами крупных озер на направление стока подземных вод аналогичное влияние оказывают долины основных рек района [16].

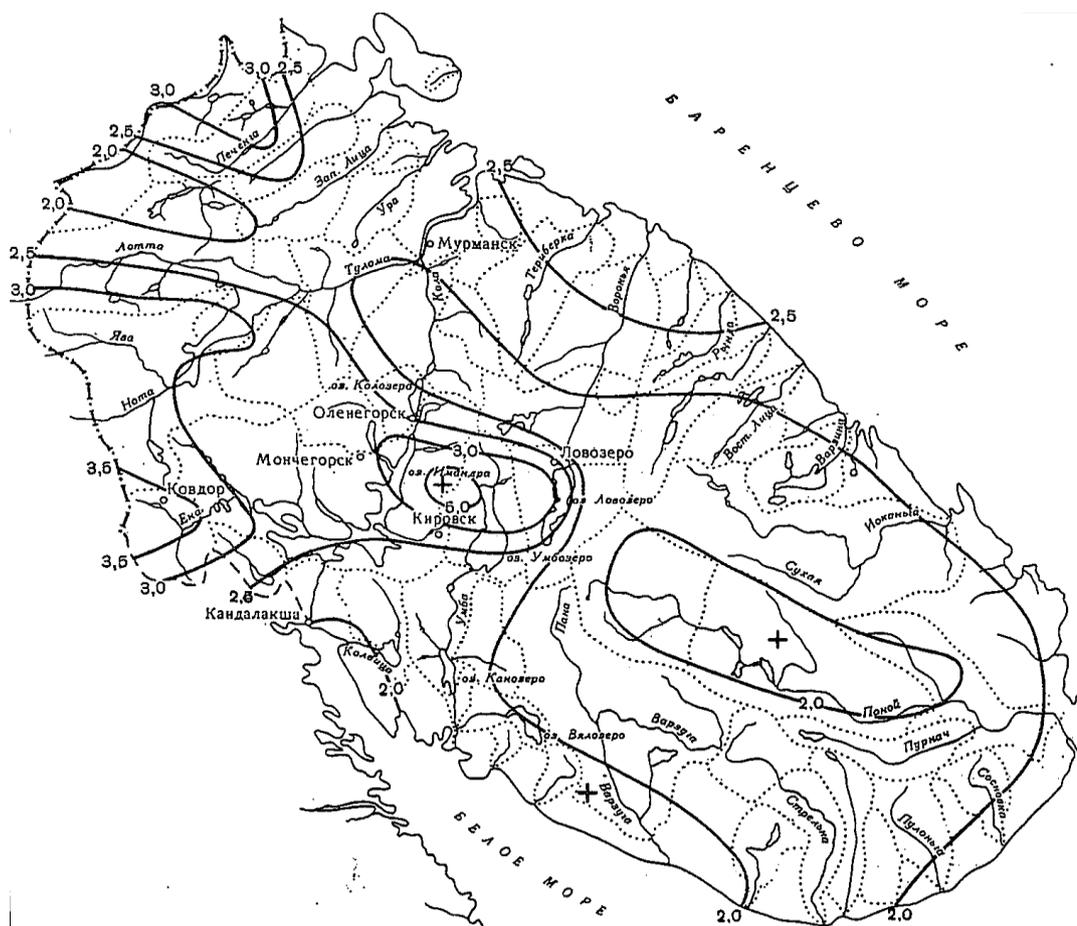


Рисунок 2 - Средний многолетний подземный сток (л/сек км<sup>2</sup>) на Кольском полуострове (по Н.П. Небожевой) [16]

Воды кристаллических пород характеризуются слабой водоносностью. Степень обводненности кристаллических пород прямо пропорциональна степени их трещиноватости. Различают подземные воды, приуроченные к зонам выветривания кристаллических пород (трещинные воды) и зонам повышенной трещиноватости в пределах тектонических нарушений (трещинно-жильные воды). Трещинные воды зон выветривания кристаллических пород развиты на глубину 2-7 реже 20-30 м. Глубина развития трещинно-жильных вод в среднем составляет 100м. Источником питания трещинных и трещинно-жильных вод являются грунтовые воды вышележащих водоносных горизонтов четвертичных отложений, атмосферные осадки, реже поверхностные воды. Уровни подземных вод трещиноватых пород фиксируются на глубинах 1,0-10 м. Фильтрационные свойства кристаллических пород сильно различаются как по площади, так и по разрезу, наиболее высокие их значения приурочены к

тектонически ослабленным зонам. Эффективная трещиноватость кристаллических пород с глубиной затухает и водопроницаемость уменьшается. Коэффициент фильтрации трещиноватых кристаллических пород колеблется в пределах 0,0001-1,0 м/сут. Вне зон распространения трещиноватости кристаллические породы являются водоупором для грунтовых вод четвертичных отложений [10].

Воды четвертичных отложений. Водоносными являются практически все генетические типы четвертичных отложений. В морене воды содержатся в разнозернистых песках и валунных супесях, приуроченных к депрессиям рельефа кристаллических пород. На возвышенностях морена безводна или слабо обводнена вблизи контакта с кристаллическими породами. Во флювиогляциальных, озерно-ледниковых, морских и озерных отложениях водосодержащими являются песчано-галечниковые образования, пески и супеси. В понижениях рельефа эти воды образуют общий водоносный горизонт с водами морены и торфяников. Суглинки озерно-ледниковых отложений, имеющих мощность до 0,4 м, являются местным водоупором, разделяющим водоносный горизонт на две части. Грунтовые воды в песках, залегающих ниже суглинков, обладают слабым гидростатическим напором в 1-3 м. В торфяниках водоносные участки полностью совпадают с контурами болот. Верховые болота летом пересыхают, весной и осенью воды в них стоят у поверхности. Низменные болота отличаются более сильной обводненностью, имеют большие статистические запасы. Режим их частично связан с режимом поверхностных вод озер и ложбин. Водообильность различных четвертичных отложений небольшая. Удельный дебит скважин 0,01-0,77 л/сек [10].

## 2.9 Характеристика хозяйственной деятельности

В центральной части Мурманской области, охватывающей водосборные бассейны трех наиболее крупных водоемов (озер Имандра, Умбозеро и Ловозеро) построены мощные промышленные предприятия, такие как ОАО

комбинат «Североникель» Кольской ГМК (КСН), ОАО «Апатит», «Олкон», Кольская АЭС, Кандалакшский алюминиевый завод, Ловозерский ГОК, а также образованные ими города и поселки. Схема основных производств, располагающихся на территории, представлена на рисунке 3.

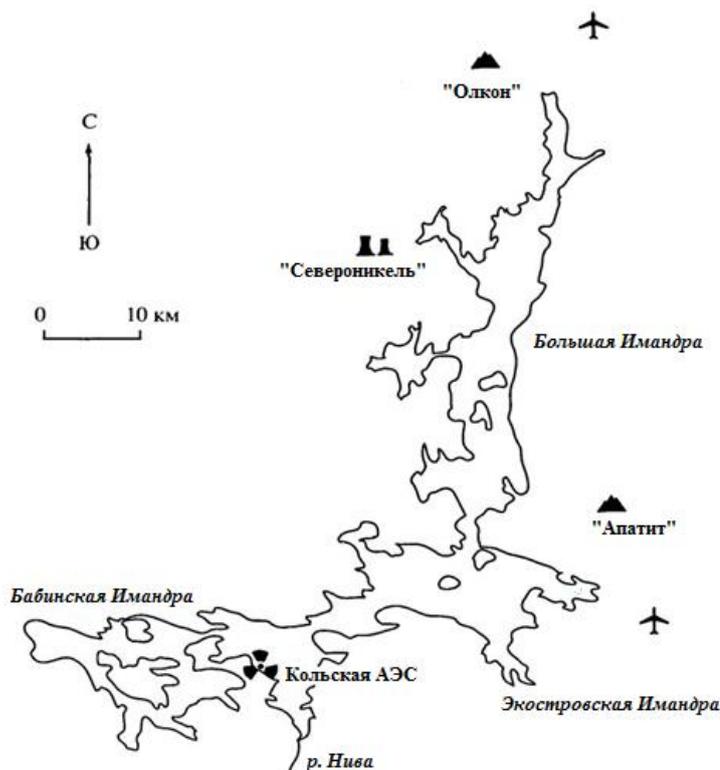


Рисунок 3 - Схема расположения основных производственных предприятий в пределах водосбора озера Имандра [3]

Промышленное освоение единственных в мире по своему масштабу апатит-нефелиновых месторождений на берегах оз. Имандра (города Апатиты и Кировск) с огромными запасами фосфатов было начато в 30-е годы нашего столетия. В 1929 г. был введен в строй Апатитовый рудник, а в 1931 г. - первая обогатительная фабрика (АНОФ-1). В годы второй мировой войны работа рудников и обогатительных фабрик была остановлена, но после войны апатитовая индустрия заработала с новой силой.

Стоки от АНОФ-1 поступали в хвостохранилище, построенное в верховьях р. Жемчужной. Дальнейшее развитие горно-перерабатывающей промышленности в Хибинах продолжалось в 1956-1965 гг., в период освоения Юкспорского и Расвумчоррского месторождений и ввода в эксплуатацию

крупных карьеров. В 1963 г. была пущена в эксплуатацию вторая обогатительная фабрика (АНОФ-II).

Одновременно со строительством АНОФ-II был сооружен отстойник-накопитель в губе Белой оз. Имандра площадью 3,4 км<sup>2</sup>. К концу 1980 г. обогатители перешли на 80 %-ный водооборот [3].

В 1938 г. был построен комбинат «Североникель», включающий плавильный комплекс по получению меди, никеля, кобальта, а также золота, серебра, платины и селена. До 1960 г. использовалась местная руда (рудник «Ниттис-Кумужье» на водосборе озера Имандра) с высоким содержанием металлов и низким содержанием серы. До 1950 г. производство никеля и меди не превышало 10 000 и 6300 т соответственно. В 1960 г. после расширения и реконструкции комбината его продукция увеличилась в 2,7 раза.

С 1940 г. комбинат сбрасывает сточные воды в северо-западную часть оз. Имандра - губу Монче. Объем сточных вод в 1970 г. составлял 25 млн м<sup>3</sup>/год. С 1973 г. в производстве в основном стала использоваться руда из Норильска (400 тыс. т/год), содержание сульфатов в которой в три раза выше, чем в местном сырье. Несмотря на ввод ряда очистных сооружений и оборотных систем водоснабжения, сточная вода, поступающая в озеро, остается крайне загрязненной тяжелыми металлами [3].

Одновременно возросло загрязнение водосборной площади озера за счет атмосферного переноса. Приоритетными загрязнителями воздуха Кольского полуострова, включая водосбор оз. Имандра, среди жидких и газообразных веществ являются сернистый газ (91,2 %) и монооксид углерода (2,8 %), среди твердых - апатитонефелиновая пыль (62 %) и неорганическая пыль (37 %), в том числе тяжелые металлы.

Массовым загрязнителем является сернистый газ. Современный региональный уровень выпадения антропогенной серы на водосбор оз. Имандра оценивается в 1-3 г/м<sup>2</sup> год. Комбинат «Североникель» выбрасывает в атмосферу около 40 % от общего количества отходящего газа.

Выбросы сернистого газа привели к закислению водосбора, особенно малых озер, в районе Чуна, Волчьих и Сальных тундр, сложенных гранитогнейсовыми формациями.

Наибольшую опасность в выбросах представляют тяжелые металлы. Вблизи комбината «Североникель» на открытую местность (в том числе и на территорию Лапландского заповедника) выпадает значительное количество никеля и меди [3].

### 3 Объект исследования

В окрестностях озера Имандра летом 2014 и 2016 года 22 водных объекта (37 проб), среди которых озера, реки, ручьи и выходы подземных вод – родники. Пункты гидрогеохимического опробования приурочены к восточной и западной окрестностям озера Имандра (рисунок 4).

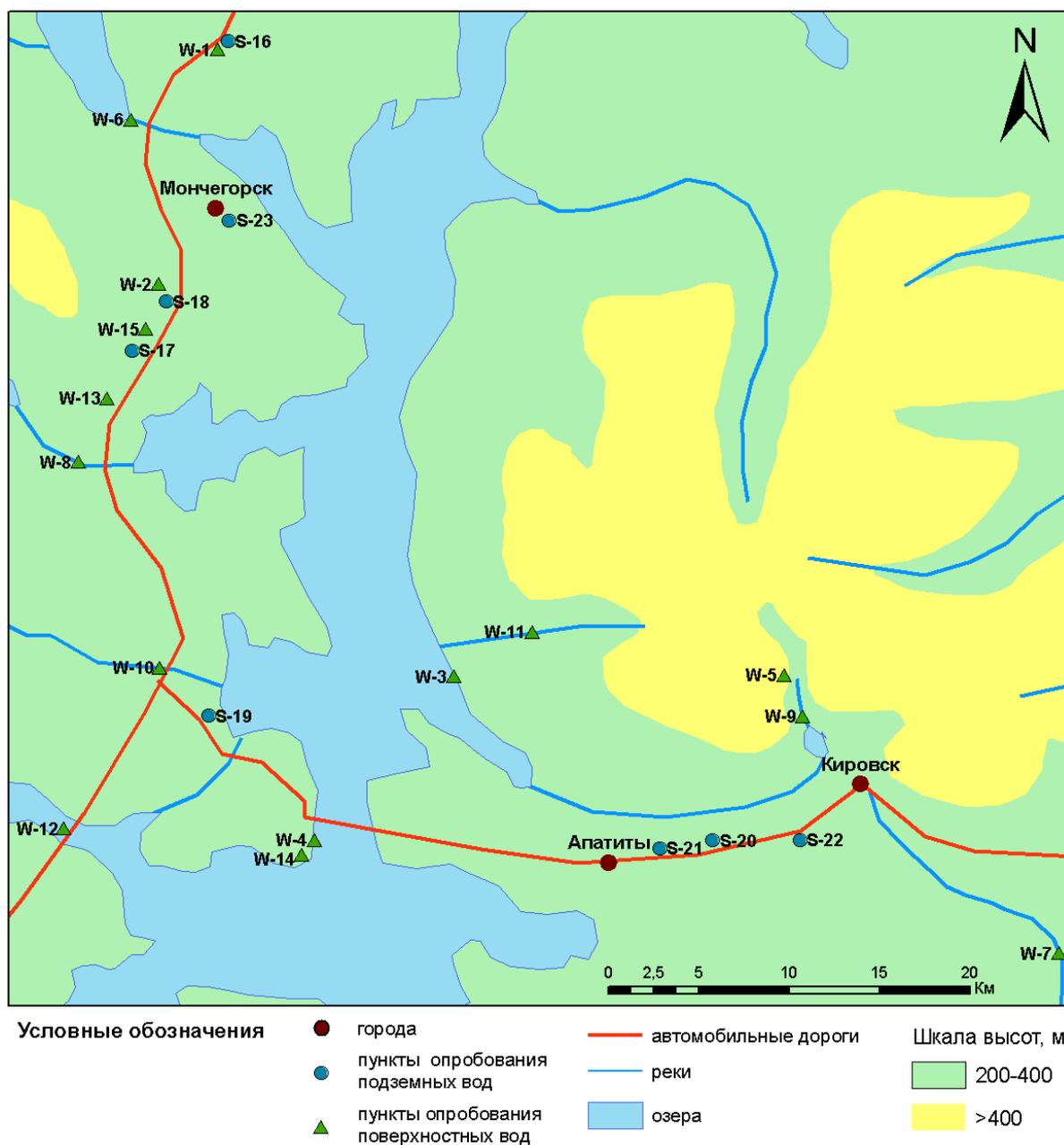


Рисунок 4 – Карта-схема пунктов гидрогеохимического опробования

Мочажина у родника «Болотный» (W-1) расположена между 1271 и 1272 км автотрассы «Кола», в 10,5 км на северо-восток от г. Мончегорска, в 50 м от

автотрассы на заболоченной приозерной равнине, в 100 м от родника «Болотный». Плоская кочковатая болотистая низина.

Озеро у родника «Дорожный» (W-2) размером 30 x 50 м, глубиной более 1 м, в 30 м выше родника «Дорожный». Проба отобрана у восточного берега. Вокруг этого водоема полосой 0,5-0,7 м растут кустарниковые формы ив, берез. В целом, ближайшая к озеру территория, является техногенной пустошью. Озеро является, своего рода, коллектором талых и собственно атмосферных вод. На дне озера образовались отложения из разрушенных и смытых с ближайшей территории органогенных горизонтов лесных почв.

На озере Имандра отобрано две пробы: W-3 (Озеро Большая Имандра), у железнодорожной станции «Хибины», недалеко от дамбы хвостохранилища предприятия «Апатит»; W-4 - Экостровская Имандра (КМП, «Тиетта»), у пристани гостиничного комплекса «Тиетта».

Озеро Малый Вудъявр (W-5) расположено между холмами Хибинских гор примерно в 1,5 км от г. Кировска. Озеро окружено криволесьем с примерной высотой деревьев 2-3 метра (заросли ивы, карликовые березки, березы). Озеро не глубокое, у берега мель, на середине озера глубина около 1,5 метров. В воде озера, как на берегу, так и в центре, содержит ил, однако в целом вода озера прозрачная.

Озеро Монче (W-6), точка отбора находится примерно в 50 м от трассы на берегу озера имеются гаражи для лодок и катеров.

Река Айкуайвенйок (W-7), пробы отобраны у берега, течение бурное. Выше по течению (50 м) дорога, водопропуск бетонный.

Озеро Девичья Ламбина (W-8)- проточное озеро р. Вите. Место отбора пробы - узкий песчаный берег (заросли трав у берега) рядом обрыв, растительность на обрыве: березы, ели. Берег мелкий, место отбора пробы около 40 см. На берегу много отдыхающих, мусор на берегу так и в реке. Течение слабое.

Река Вудъяврйок (W-9) шириной 5-6 м, течение бурное. Проба отобрана на территории Полярно-Альпийского ботанического сада-института (ПАБСИ).

Река Курка (W-10), проба отобрана у левого берега, 40 м от дороги и моста. Течение спокойное. Растительность берегов: береза, ель, ольха, сосна, можжевельник, травостой, осоковые. На правом берегу мочажинно-кочкарное болото.

Река Малая Белая (W-11). Примерная ширина реки 12 м. Питание реки снеговое (по окраске воды). Растительность левого берега: ель обыкновенная, береза пушистая, жимолость, ива, лесная герань, лютик едкий, подорожник, клевер, брусника, костяника. Растительность правого берега: голубика, побеги сосны, можжевельник, иван-чай, черника, лишайник, брусника, вороника, мниум. Лесная подстилка торфянистая. Берега сложены моренами: склон песчаный, русло сложено валунами, заболоченности нет.

Река Чуна (W-12) вытекает из озера Чунозеро. Проба отобрана за автомобильным мостом, 200 м от впадения в оз.Имандра.

W-13 ручей «7 километр» Точка опробования находится примерно в 7 км на юго-запад от промышленной площадки г.Мончегорска. Точка представляет собой ручей, окруженный техногенным редколесьем, и болотом. Растительность: хвощ, береза (1-2 м), ива, ерник, багульник болотистый, пушица.

Ручей КППМ (W-14) протекает через елово-осиновый лес. Из растительности так же присутствуют вороника, брусника, черника. Территория бывшего КМП (комплексный мониторинговый полигон). Сейчас гостиничный комплекс «Тиетта».

W-15 (ручей юго-восточного склона г. Ниттис) - горная речка, стекающая с юго-восточного склона горы Ниттис, впадающая в оз. Сопчъявр. Место отбора – у моста, за которым находится устье. Ширина около 6 м, глубина 0,3-0,5 м. Растительность – ивы и березы (1-7 м), разнотравье. С правого берега – техногенная пустошь, а с левого – растительность.

Родник S-16 «Болотный» расположен между 1271 и 1272 км автотрассы «Кола», в 10,5 км на северо-восток от г. Мончегорска, в 50 м от автотрассы на заболоченной приозерной равнине озера Кутръявр. Имеется дорожный знак

«Родник». Плоская кочковатая болотистая низина песчано-галечными отложениями, покрывающими коренное ложе. Участок чуть зарос ивняком с подстилкой болотного разнотравья.

Родник восходящий (мощные песчаные грифоны среди болота) в зоне разгрузки трещинно-жильных вод архея по вертикальным зонам разлома. Дальнейший сток по заболоченной низине в озеро Кутръявр. Питание – за счет инфильтрации атмосферных осадков и подтока из трещинно-жильных глубинных зон.

Выход каптирован металлической трубой диаметром 1,2 м, задавленной в песчано-галечные отложения на 0,3 м для исключения подтока поверхностных вод. Труба высотой 0,8 м оборудована отводом диаметром 70 мм для перетока воды.

Каптажное сооружение выполнено летом 2001 г. До этого дебит родника не определялся, а пробы воды характеризовали смешение родниковых вод с болотными. От автотрассы до родника по болотине проложены крепкие деревянные мостки, а над каптажным сооружением построена деревянная площадка. Посещаемость высокая. Внешнее загрязнение возможно, в связи с открытым выходом [1].

Родник S-17 «Горный» («Габбрский») расположен на юго-восточном склоне горы Монче-Тундра в районе 1253 км автотрассы «Кола» С.-Петербург—Мурманск, в 120 м юго-западнее автотрассы, в средней части склона горы у выезда на территорию бывшего карьера «Габбро». Из растительности — угнетенная ива и лиственные кустарники. Растительная подстилка практически отсутствует.

Родник восходящий – разгрузка трещинно-жильных вод габброноритов Мончегорского плутона по вертикальным зонам разломов в четвертичные отложения склона. Под песчано-гравийным валом – небольшой приямок радиусом 1,5 м, где отмечен выход 4-х больших песчаных грифонов, прижатых к валунно-скальному основанию. Питание – за счет инфильтрации атмосферных осадков и подтока из трещинно-жильных глубоких зон.

Каптаж выполнен железобетонными конструкциями и лотками, надежно защищая от загрязнения сам выход родника. Далее — отвод по железобетонным лоткам к кирпичному зданию, где производится водоотбор. Сток далее по рельефу склона ручья. Посещаемость очень высокая, часты очереди. Постоянно действующий [1].

Родник S-18 «Дорожный» расположен на 1257 км автотрассы «Кола» в придорожном откосе, у подножия юго-восточного склона горы Ниттис, в 50 м от северного берега озера Сопчъявр.

Тип родника – нисходящий, рассеянный, представляет собой зону разгрузки присклоновых озерно-ледниковых отложений в дорожном откосе высотой около 2 м. Питание атмосферное с инфильтрацией через песчано-галечниковые отложения озерных вод. Верхний водоупор отсутствует.

Склон пологий, заболоченный, в 30 м выше родника — озеро размером 30 x 50 м, глубиной более 1 м. Выход в дорожном откосе высотой около 2 м. Каптажное сооружение представляет собой подпорную бетонную водосборную стенку, облицованную гранитными плитами. Водосбор — в нержавеющей трубу диаметром 50 мм. Слив — в приямок, обрамленный каменными плитами, а далее — в придорожную канаву [1].

Родник S-19 «Кислая губа» расположен на восточном берегу Кислой губы озера Имандра, в 50 м от базы отдыха спорткомитета г. Мончегорска, в 3 км к юго-востоку от перекрестка на Апатиты от шоссе «Кола», под уступом второй озерной террасы. Родник находится в сосново-елово-березовом лесу. Лес высокий, достигает 15 м в высоту. Так же произрастают обильно мох, крапива, различные травы.

Тип родника – нисходящий, представляет собой зону разгрузки озерно-ледниковых образований в зоне выклинивания суглинистых образований ледникового происхождения. Питание родника совместное – трещинными водами архея и атмосферными осадками [1].

Родник S-20 «Молодежный» расположен в районе бывшего пос. Молодежный, на 13 км автотрассы Кировск—Апатиты, справа от дороги, в 250

м вниз по склону. Родник нисходящий, точечный, является, скорее всего, зоной разгрузки водоносного горизонта флювиогляциальных отложений в зоне выклинивания водоупорных образований либо коренных пород. Питание – за счет инфильтрации атмосферных осадков.

Растительность — густой елово-лиственный (осины, березы) лес с густой мохово-брусничной подстилкой, хвощ, иван-чай, лесная герань и т.д. Каптаж родника примитивный — в валунники старого русла уложена металлическая труба, засыпана песчано-гравийным материалом, обложена камнями с приямком для забора воды, деревянными решетками. Далее — сток по уклону рельефа мелким ручейком. Возможно внешнее загрязнение в связи с открытостью каптажа [1].

Родник S-21 «Поддорожный» расположен на промплощадке АНОФ-2 на перекрестке дорог Апатиты—АНОФ-2—Кировск, на правом берегу реки Большой Белой, в 200 м от моста через реку в сторону АНОФ-2, вблизи кислородного цеха, в придорожной низине. Участок спланирован дорогами и промышленными сооружениями, поэтому охарактеризовать генетически выход родника достаточно трудно.

Тип родника – нисходящий, сам выход – из-под дорожного полотна в придорожной канаве, заросшей ивняком. Это, скорее всего, зона разгрузки отложений склона предгорий Хибин. Питание – за счет инфильтрации атмосферных осадков в делювиальные (edIII+H) и флювиогляциальные (fIIIos) образования, формирующие предгорные склоны горного массива Хибин.

Каптаж выполнен металлической трубой из-под дороги, частично собирающей рассеянный сток родника. Далее по придорожной канаве воды родника собираются в ручей, впадающий в реку Большую Белую. Для забора воды сооружена металлическая лестница и площадка [1].

Родник S-22 «Прихибинский» расположен между 8 и 9 км автодороги Апатиты-Кировск в придорожной канаве возле здания ДПС, на левом берегу р. Большой Белой, в средней части пологого склона. Родник смешанного типа – восходящий по зонам разломов, обрамляющих предгорья Хибинского массива,

разгружающийся в толщу флювиогляциальных верхнечетвертичных образований, стекающих далее по уклону в долину реки Большой Белой. Питание родника комплексное – за счет инфильтрации атмосферных осадков и подтока из трещинно-жильных зон разломов.

Склон порос лиственным лесом, заболочен, кочковат. Автодорога является искусственным барьером для поверхностного стока с участка водораздела. Выход родника обустроен каменно-бетонной стеной с установкой 12 металлических отводов на высоте 0,6 м от дна. Мусор вблизи выхода родника отсутствует. Вода прозрачная без вкуса и запаха [1].

Родник S-23 «Спортивный» расположен на юго-восточной окраине г. Мончегорска у подножия северо-западного склона горы Поадзуайвенч, в 150 метрах к юго-востоку от здания спортивной детско-юношеской школы олимпийского резерва (СДЮШОР) спорткомитета г. Мончегорска, возле лыжной стартовой площадки на правом берегу безымянного ручья.

Тип родника – нисходящий, представляет собой зону разгрузки трещиноватых дунитов раннего карелия (протерозоя) ( $K_1^1$ ) вдоль зоны тектонического разлома в делювиально-ледниковые отложения склона. Питание – за счет инфильтрации атмосферных осадков и подтока из трещинно-жильных глубинных зон.

Выход каптирован от непосредственного выхода родника (в 3—5 метрах) до водоприемника утепленной нержавеющей трубой диаметром до 50 мм. Водоприемник представляет собой деревянное стилизованное здание (теремок) с зоной отдыха. Сток родника канализован в ниже протекающий ручей. Родник постоянно действующий [1].

#### 4 Методы исследования

*Методика полевых исследований и методы анализа химического состава вод.* Вода отбиралась в полиэтиленовые бутылки объемом 0,5 л для определения ионного состава вод и два флакона по 50 мл – для исследования микрокомпонентного состава. Одна из проб отбиралась без пробоподготовки, вторая – фильтровалась в полевых условиях через мембранный фильтр с размером пор 0,45 мкм с использованием шприца.

Емкости для исследования ионного состава предварительно многократно ополаскивались отбираемой водой, заполнялись до краев и закрывались без пузырьков воздуха полиэтиленовыми крышками. При отборе пробы фиксировалась дата, время, место отбора пробы. пробе присваивается шифр и индивидуальный номер.

Химический анализ вод проводился в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии научно-образовательного центра «Вода» Томского политехнического университета. Для определения макрокомпонентного состава вод были использованы следующие методы анализов: титриметрия, фотоколориметрия, пламенная фотометрия, потенциометрия, турбидиметрия, жидкостная хроматография. Микрокомпонентный состав вод определялся масс-спектрометрическим методом с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS).

Для определения форм миграции химических элементов (дополнительно к фильтрации воды в полевых условиях) в лабораторных условиях была проведена процедура равновесного диализа. Для этого диализный мешок с размером пор 0,001 мкм, заполненный деионизованной водой, помещался в предварительно промытый сосуд для диализа. Сосуд заполнялся исследуемой водой и плотно закрывался крышкой. Далее проба выдерживалась в течение 24 часов, после чего проводилось определение химического состава внутренней (вода внутри диализного мешка) и внешней (вода вне диализного мешка) среды. Проведение таких полевых и лабораторных экспериментов позволило

определить соотношение взвешенной ( $>0,45$  мкм), коллоидной фракций ( $0,45$ – $0,001$  мкм), а также истинно растворенной формы ( $<0,001$  мкм) химических элементов в природных водах (Wen и др., 1996; Ren и др., 2010; Nystrand и др., 2013) [21].

*Методика расчета форм миграций химических элементов в природных водах.* Для расчета неограниченных форм миграции химических элементов был использован программный продукт PHREEQC. Для расчета в модель закладывались содержания основных ионов и концентрации никеля и меди, а также все ассоциаты указанных элементов.

*Методика расчета равновесий подземных вод с минералами горных пород.* Для определения стадии взаимодействия подземных вод проведена оценка степени их насыщенности вторичными минеральными продуктами: оксидами, гидроксидами, а также гиббситом, каолинитом, монтмориллонитом, гидрослюдой, кальцитом, гипсом. В основу изучения геохимических процессов в системе вода-порода положены методы равновесной термодинамики и анализ элементарных реакций, начальными продуктами которых являются основные породообразующие минералы и вода, конечными – вторичные минералы, а также ионы и нейтральные молекулы, которые перешли в жидкую фазу. Расчеты проводились согласно методикам, изложенным в опубликованных работах Гаррелс, 1968, Зверев, 1982.

Оценка степени насыщенности вод вторичными минералами проводилась двумя способами: расчетом индекса насыщения и с помощью диаграмм полей устойчивости минералов. Индекс насыщения (SI), рассчитывался с помощью программного продукта PHREEQC. Значения индекса насыщения изменяются от отрицательных значений при ненасыщенности вод вторичными минералами до положительных при пересыщенности вод.

Название химического типа вод давалось в соответствии с правилом оттенков, согласно которому название химического типа воды складывается отдельно из ведущих анионов и катионов, содержания которых превышают

25 мг-экв%. При этом на первое место в названии ставятся анионы от 25 %-экв в возрастающем порядке, затем катионы в таком же порядке.

## 5 Химический состав

### 5.1 Макрокомпонентный состав

Подземные воды, разгружающиеся восточнее оз. Имандра – нейтральные гидрокарбонатного и сульфатно-гидрокарбонатного кальциевого и натриево-кальциевого состава с минерализацией 111–201 мг/дм<sup>3</sup>. На промплощадке АНОФ-2 на правом берегу реки Большая Белая в роднике «Поддорожный» (S-21) отмечается повышенная минерализация подземных щелочных вод сульфатно-гидрокарбонатного натриевого состава.

В нейтральных гидрокарбонатных водах рек и озер района Хибин (W-5, 7, 9, 11) наблюдается преобладание натрия и калия над кальцием и особенно магнием при минерализации в среднем 27 мг/дм<sup>3</sup> и концентрации кремния 3,4 мг/дм<sup>3</sup>, что объясняется влиянием, распространенных здесь щелочных пород богатых натрием и калием [13].

В родниках «Спортивный» (S-23) и «Кислая губа» (S-19) разгружаются нейтральные гидрокарбонатные магниево-кальциевые подземные воды с содержанием сульфат-иона 7,6-11,0 мг/дм<sup>3</sup> и минерализацией 67-87 мг/дм<sup>3</sup>.

В реках западной части водосборной площади озера Имандра формируются нейтральные воды с минерализацией 16-27 мг/дм<sup>3</sup>.

## 5.2 Микрокомпонентный состав

В подземных водах на территории восточной части бассейна озера Имандра концентрации ряда химических элементов, особенно, никеля и редкоземельных элементов ниже, чем на западной части бассейна, что может быть связано как с металлогеническими особенностями территории, так и отсутствием техногенного воздействия комбината «Североникель» .

### 5.3 Миграция химических элементов

Результаты химического анализа природных вод до и после процедуры фильтрации и равновесного диализа показывают, что в природных водах изучаемой территории растворенная форма миграции (совокупность коллоидной и истинно растворенной форм) преобладает над взвешенной фракцией. В растворенной форме в водах данной территории находятся Cu, Ni, Cs, Cr, K, Na, K, Mg, B, Re, U, Co, W, Zr, Li, Sb, Si, Tb, Ga, Tm, Ta, Se. Однако, взвешенная фракция для некоторых элементов становится преобладающей, например, для Th, Tl, La, Se, Sb, Dy (рисунок 7).

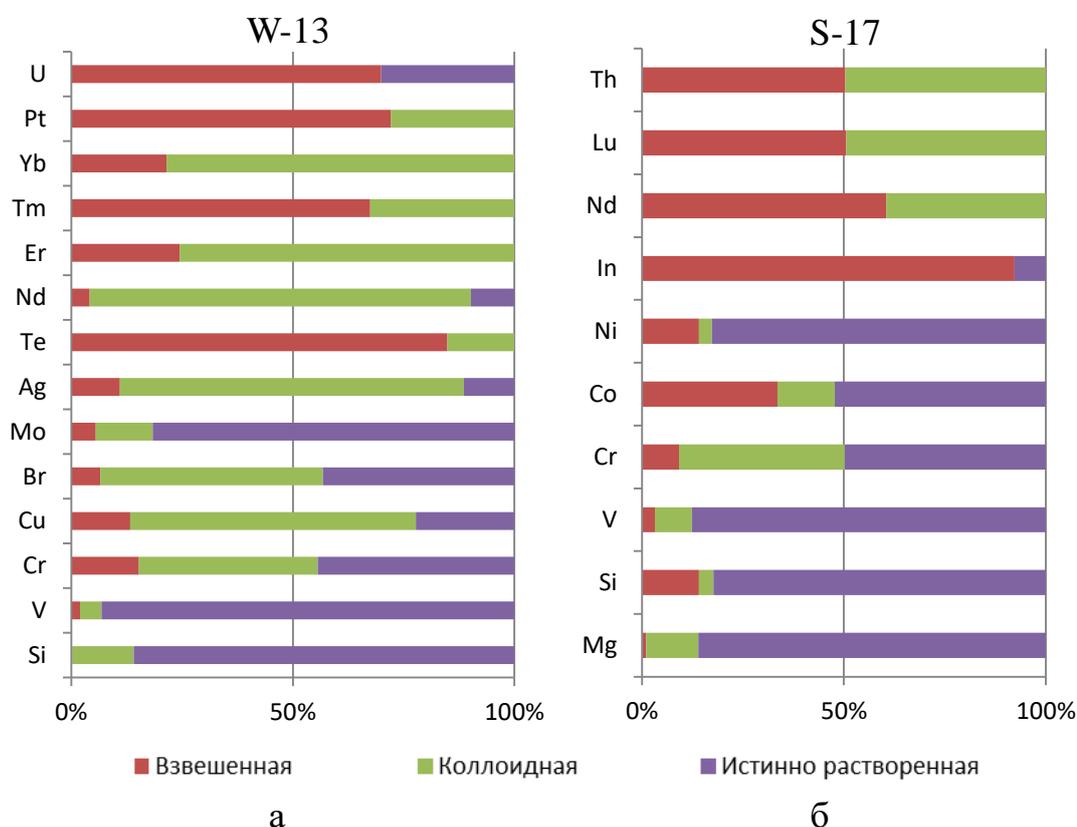


Рисунок 7 – Соотношение различных фракций химических элементов в поверхностных (точка W-13) (а) и подземных (точка S-17) (б) водах

Доминирующую роль среди растворенных фракций играет истинно растворенная форма. Миграция Na, Mg, Si, V, Cr, Ga, Ni происходит, преимущественно, в истинно растворенной форме. Однако для Y роль коллоидной фракции возрастает.

Значительная доля Th в подземных водах мигрирует во взвешенной форме, а в поверхностных водах в растворенной (причем превалирует коллоидная фракция). Для U наоборот, в подземных водах преобладает растворенная форма, в поверхностных – взвешенная (рисунок 8).

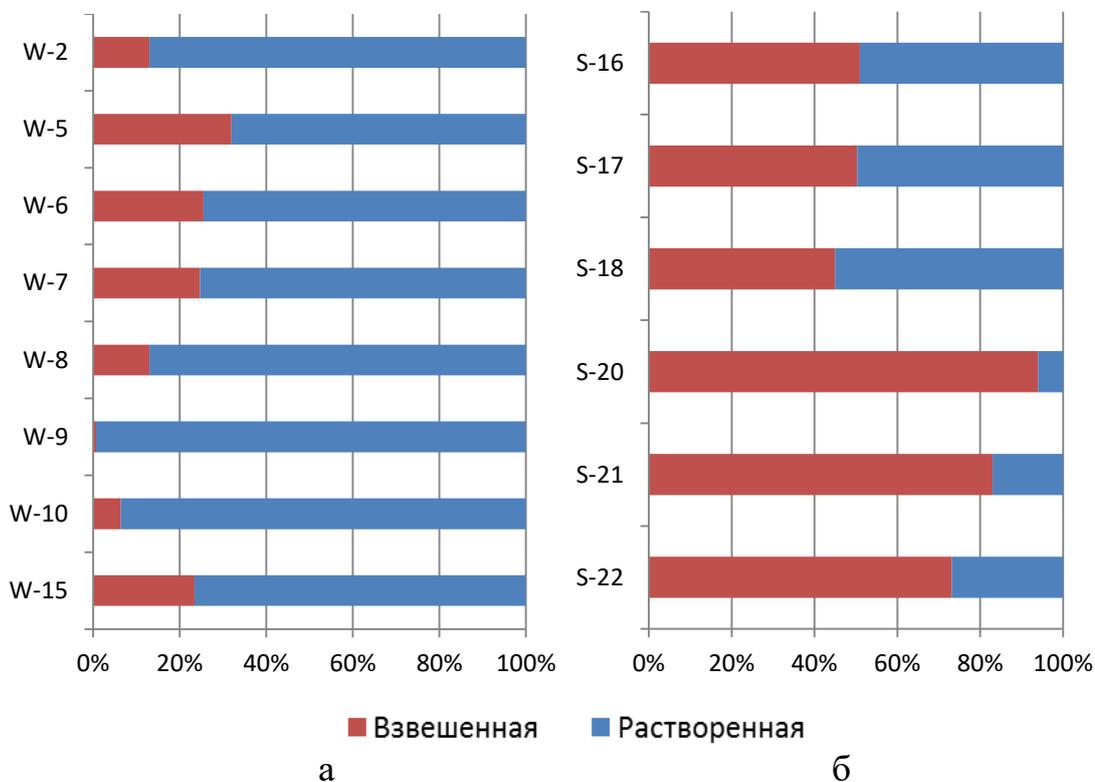


Рисунок 8 - Формы миграции Th в поверхностных (а) и подземных (б) водах

Следует также отметить, что в водотоках W-7 и W-15 для никеля наблюдается одинаковое соотношение взвешенной и растворенной фракций, что также отмечено во многих пробах для фосфора [4].

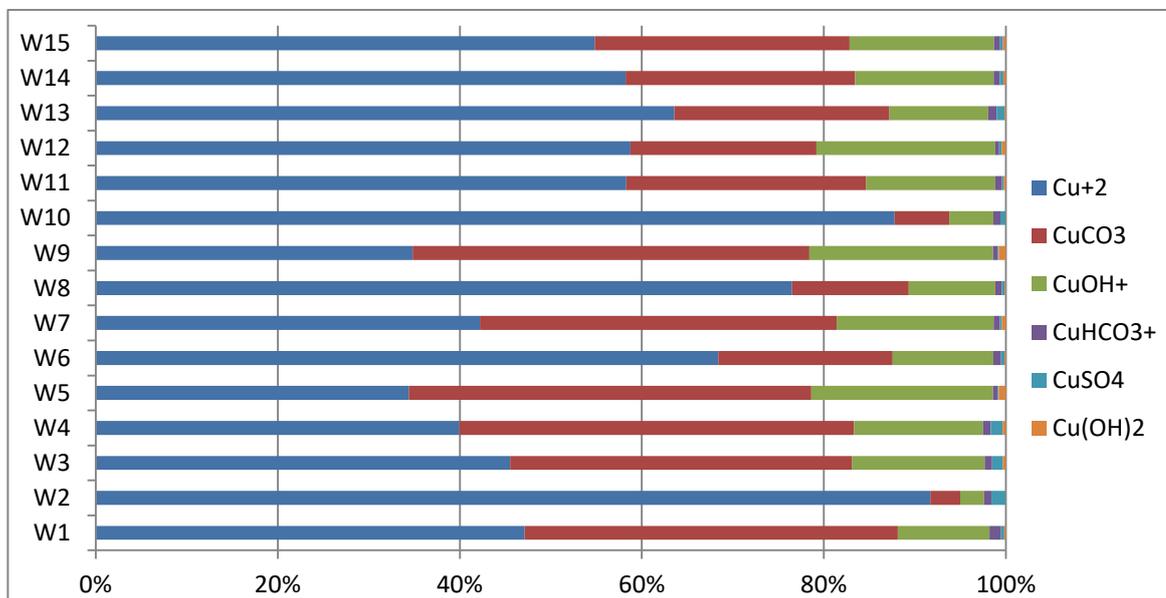
В связи с металлогенетическими особенностями территории, а также влиянием воздушных выбросов никеля и меди, были более подробно изучены формы миграции этих элементов в истинно-растворенной фракции.

Соотношение различных форм металлов в водах изменяется от конкретных геохимических условий среды их миграции, а также наличия соответствующих ионов-комплексообразователей (лигандов). Присутствие в значительных количествах тех или иных ионов существенно сказывается на формах миграции химических элементов [14].

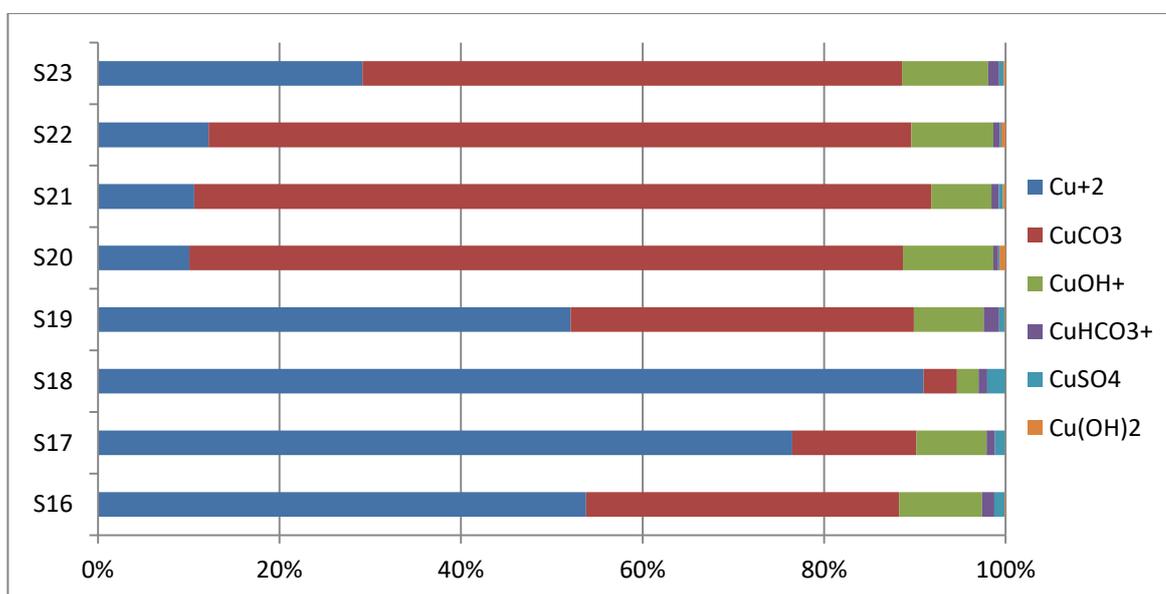
Так, анализируя неограниченные формы миграции химических элементов, установлено, никель мигрирует в основном в виде иона  $Ni^{+2}$ . В

поверхностных водах доля этого иона составляет 93-98%, в подземных – 81-96%.

Формы миграции меди в поверхностных и подземных водах района озера Имандра представлены на рисунке 9.



а



б

Рисунок 9 – Формы миграции меди в поверхностных (а) и подземных (б) водах района озера Имандра

## 6 Равновесие вод с вторичными минералами

Обогащение вод химическими элементами происходит в процессе взаимодействия вод с горными породами. Одной из характеристик состава вод, отражающей стадию геологической эволюции системы вода – порода, является определение геохимического типа вод, выделяемого по составу формирующихся вторичных продуктов выветривания.

Для определения стадии взаимодействия системы вода-порода [7] были проведены исследования насыщения природных вод оксидами и гидроксидами Al, Fe, Pb, Cu, Ni, Mg, Mn, Si, Ca, Zn .

Согласно оценке степени насыщения вод вторичными минералами рассматриваемые воды резко недонасыщены оксидами и гидроксидами марганца, магния, свинца, кальция. Для этих минералов индекс насыщения принимает минимальные значения (порядка -40...-10).

Следует отметить, что значения индекса насыщения для соединений никеля (гидроксид Ni и оксид - бунзенит) в подземных водах существенно ниже, чем в поверхностных.

Таким образом, ультрапресные подземные воды района озера Имандра (Кольский полуостров) – это воды зоны интенсивного водообмена, где время взаимодействия с горными породами невелико. Поэтому рассматриваемые воды находятся на начальных стадиях взаимодействия в системе вода-порода. Они насыщены оксидами и гидроксидами алюминия, меди и железа и не насыщены оксидами и гидроксидами других элементов.

Далее была проведена оценка степени насыщенности изучаемых вод такими вторичными минеральными продуктами как: каолинитом, монтмориллонитом, гидрослюдой, карбонатами, гипсом. Результатов расчета представлены в виде диаграмм полей устойчивости алюмосиликатных, карбонатных и сульфатных минералов.

Как видно на диаграммах, большинство точек лежит в поле устойчивости с каолинитом. Так же некоторые подземные воды равновесны с иллитом, мусковитом, Са- и Mg-монтмориллонитом.

В то же время, все природные воды района далеки от равновесия с такими минералами как альбит, анортит, мусковит, анальцит, Mg-хлорит.

Нейтральные воды озера Имандра с минерализацией 58-72 мг/дм<sup>3</sup> располагаются на приведенных диаграммах в поле устойчивости гиббсита и находятся с ним в равновесии, что отражает начальную стадию взаимодействия системы вода-алюмосиликаты и свидетельствует о малом времени взаимодействия этих вод с горными породами. Такие воды формируются в условиях активного водообмена, что было показано выше.

Анализ диаграмм равновесия карбонатных и сульфатных минералов показывает, что при увеличении времени взаимодействия системы вода-порода повышается степень насыщенности вод карбонатными и сульфатными минералами [7]. Однако, все рассматриваемые воды находятся на начальных этапах эволюции системы вода-порода, поэтому равновесие с карбонатами и гипсом еще не достигнуто (рисунок 11).

Выделение нескольких геохимических типов вод указывает на различные условия формирования состава вод

## 7 Формирование химического состава подземных вод

Формирование химического состава подземных вод является весьма сложным процессом, который определяется сочетанием факторов, создающих определенную геохимическую обстановку. Наиболее важным процессом при формировании химического состава подземных вод является взаимодействие вод с водовмещающими породами.

На основании полученных данных о химическом составе подземных вод, состояния термодинамического равновесия подземных вод с минералами горных пород была построена концептуальная модель формирования химического состава подземных вод района озера Имандра (рисунок 12).

Данная территория отличается высокой интенсивностью водообмена. Осадки довольно значительны [16]. Воды района имеют короткий срок контакта с горной породой. Поэтому здесь формируются ультрапресные подземные воды, находящиеся на начальных стадиях взаимодействия в системе вода-порода. Атмосферные осадки, выпадающие на изучаемой территории, ультрапресные воды.

Таким образом в пределах рассматриваемой территории складываются различные гидрогеохимические условия. И значительную роль здесь приобретает биогенный этап формирования химического состава подземных вод.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ВМ51	Воробьёвой Дарье Андреевне

<b>Институт</b>	<b>ИПР</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ГИГЭ</b>
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Природообустройство и водопользование

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Расчет стоимости полевых, лабораторных и камеральных работ при проведении оценки гидрогеохимических условий района озера Имандра
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- ССН-92, Вып.1, Вып.7 - Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы - СНОР-93, Вып.1 - СБЦ -99
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- Налоговый кодекс РФ; - Федеральный закон от 24.07. 2009 г. N 213-ФЗ

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Оценка перспективы использования результатов исследования гидрогеохимических условий района озера Имандра.
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Определение видов полевых, камеральных работ и лабораторных исследований.
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Составление сметной стоимости проведения полевых, камеральных работ и лабораторных исследований.
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Составление структуры затрат и пути их оптимизации.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Диаграмма «Структура затрат на основные виды работ при проведении оценки гидрогеохимических условий района озера Имандра (%)»
--

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	3.04.2017
---	-----------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент кафедры ЭПР	Шарф И.В.	к.э.н., доцент		3.04.2017

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ВМ51	Воробьёва Дарья Андреевна		3.04.2017

Целью данной магистерской диссертации является изучение химического состава природных вод и оценка гидрогеохимических условий района озера Имандра (Кольский полуостров).

Пространственные границы объекта: Кировский, Апатитский, Мончегорский районы Мурманской области.

Основные задачи:

- уточнение химического состава природных вод района;
- оценка гидрогеохимических условий района;
- систематизация полученной информации.

В связи с этим были проведены следующие виды работ:

- гидрогеохимические маршруты с описанием природных и техногенных ландшафтов;
- полевые гидрогеохимические исследования с опробованием подземных и поверхностных вод (категория сложности Ш);
- промежуточная камеральная обработка материалов;
- доставка проб в стационарную аккредитованную проблемную научно - исследовательскую лабораторию гидрогеохимии НОЦ «Вода» ИПР ТПУ (г. Томск) и собственно лабораторные исследования;
- обработка материала, интерпретация полученных гидрогеохимических данных, составление графических приложений и текстовой части отчета.

Сроки выполнения работ:

- начало работ: июль 2014 г.;
- окончание работ: май 2017 г.

Расчет сметной стоимости полевых, лабораторных и камеральных работ при проведении оценки гидрогеохимических условий района озера Имандра был произведен согласно справочнику базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства за

1999 г. (далее СБЦ-99) [55]. Индекс изменения сметной стоимости изыскательских работ для строительства в текущих ценах принят согласно Письмо Минстроя России от 20.03.2017 N 8802-ХМ/09 [43], и составляет 45,17.

Расчет затрат времени производится по формуле (1):

$$N = Q * N_{\text{ВР}} * K, \quad (1)$$

где N - затраты времени, (бригада.смена на м.(ф.н.)); Q - объем работ, (м.(ф.н.));  $N_{\text{ВР}}$  - норма времени из справочника сметных норм СУСН, ССН, СНИП, (бр.смена); K - коэффициент за ненормализованные условия.

*Полевые работы.* Для успешного проведения полевых работ предусматривается проведение рекогносцировки участка работ, с целью визуального ознакомления с местностью, уточнения маршрута и мест опробования. Направление маршрутов определяется конкретной геологической обстановкой и степенью проходимости местности. Условия проходимости - хорошие, категория сложности инженерно-геологических условий – III (в соответствии с СБЦ-99 [55]), в связи высокой расчлененности местности. Необходимый объем маршрутных исследований составляет 10 км. Результаты полевых наблюдений использованы при составлении технического отчета.

В ходе маршрута проводился отбор проб по отдельным водопунктам для анализа в стационарной лаборатории. Всего было опробовано 22 водных объекта, из них поверхностных водных объектов - 14, родников - 8 (общее количество проб 37).

Расчет сметной стоимости полевых работ (таблица А.1, приложение А) при проведении оценки гидрогеохимических условий района озера Имандра был произведен согласно справочнику базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства за 1999 г. (далее СБЦ-99) [55]. Затраты на организацию и ликвидацию полевых работ определяются в соответствии с «Инструкцией по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы», выпуск 1993 года [42] и составляют:

- на организацию работ – 1,5 %;
- на ликвидацию работ - 1,2 % от суммы полевых работ.

Расчет затрат времени на производство полевых работ производился согласно Сборнику сметных норм на геологоразведочные работы за 1992 год выпуск №1, часть 3 (ССН-92, Вып.1, ч.3) [50]. Коэффициент за ненормализованные условия составляет 0,83 (таблица 6).

Таблица 6 - Расчет затрат времени на производство полевых работ

№ п/п	Виды работ	Объем работ		Норма длительности	Коэф.	Нормативный документ ССН 92,	Итого чел./ смена
		Ед.изм	Кол-во				
Гидрогеохимическое работы по отдельным водопунктам (с отбором проб воды для анализа в стационарной лаборатории)							
1	поверхностные воды	100 водопункт.	0,14	4,37	0,83	вып.1, часть 3, табл. 22	0,44
2	родник	100 водопункт.	0,08	6,2	0,83	вып.1, часть 3, табл. 22	0,41
Итого:							145,33

Таким образом, затраты времени на гидрогеохимическое опробование составит 145,33 чел./смен, что составляет 19 дней (в расчете на 8-ми часовой рабочий день).

*Лабораторные работы.* Лабораторные работы заключаются в определение химического состава воды. Химический анализ вод проводился в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии научно-образовательного центра «Вода» Томского политехнического университета. Цены представлены в соответствии с таблицей цен на проведение многокомпонентного анализа состава вод в лаборатории - таблица 7.

Расчет затрат времени на производство лабораторных работ производился согласно Сборнику сметных норм на геологоразведочные работы за 1992 год выпуск №7 (ССН-92, вып.7) [40]– таблицы 7, 8.

Таблица 7 - Затраты времени и цены на проведение многокомпонентного анализа состава вод

№ п/п	Виды анализа	Ед-ца измерения	Метод анализа	Затраты времени на ед. работ, бр-час	Цена анализа*, руб.
1	Об. жест.	1 проба	Титриметрия	0,18	281
2	ХПК	1 проба	Титриметрия	0,25	339
3	Электропроводность	1 проба	Кондуктометрия	0,19	296
4	рН	1 проба	Потенциометрия	0,09	140

Продолжение таблицы 7

№ п/п	Виды анализа	Ед-ца измерения	Метод анализа	Затраты времени на ед. работ, бр-час	Цена анализа*, руб.
5	Углекислота своб. CO <sub>2св</sub>	1 проба	Титриметрия	0,04	73
6	Аммоний NH <sub>4</sub>	1 проба	Фотометрия	0,12	168
7	Нитриты NO <sub>2</sub>	1 проба	Фотометрия	0,11	171
8	Нитраты NO <sub>3</sub>	1 проба	Фотометрия	0,30	346
9	Гидрокарбонаты HCO <sub>3</sub>	1 проба	Титриметрия	0,16	249
10	Карбонаты CO <sub>3</sub>	1 проба	Титриметрия	0,05	78
11	Хлориды Cl	1 проба	Титриметрия	0,19	297
12	Сульфаты SO <sub>4</sub>	1 проба	Фотометрия	0,23	359
13	Фосфаты PO <sub>4</sub>	1 проба	Фотометрия	0,14	218
14	Фториды F	1 проба	Потенциометрия	0,14	219
15	Бор В	1 проба	А. эмиссия	0,12	168
16	Кальций Ca	1 проба	Титриметрия	0,10	156
17	Магний Mg	1 проба	Титриметрия	0,10	156
18	Натрий Na	1 проба	Потенциометрия	0,18	252
19	Калий К	1 проба	А. абсорбция	0,20	312
20	Железо Fe	1 проба	Фотометрия	0,19	297
21	Кремний Si	1 проба	Фотометрия	0,11	272
22	Алюминий Al	1 проба	А. абсорбция	0,23	257
23	Барий Ва	1 проба	А. абсорбция	0,22	308
24	Бериллий Ве	1 проба	А. эмиссия	0,12	168
25	Кадмий Cd	1 проба	Инверсной ВА	0,24	336
26	Кобальт Со	1 проба	А. абсорбция	0,23	310
27	Литий Li	1 проба	А. абсорбция	0,24	392
28	Марганец Mn	1 проба	А. абсорбция	0,20	280
29	Медь Cu	1 проба	Инверсион. ВА	0,24	336
30	Молибден Мо	1 проба	А. абсорбция	0,23	322
31	Мышьяк As	1 проба	А. абсорбция	0,24	336
32	Никель Ni	1 проба	А. абсорбция	0,23	322
33	Ртуть Hg	1 проба	А. абсорбция	0,26	364
34	Свинец РЬ	1 проба	Инверсион. ВА	0,24	336
35	Селен Se	1 проба	А. абсорбция	0,20	280
36	Стронций Sr	1 проба	А. абсорбция	0,23	322
37	Сурьма Sb	1 проба	А. абсорбция	0,30	320
38	Хром Сг	1 проба	А. эмиссия	0,12	168
39	Цинк Zn	1 проба	Инверсион. ВА	0,24	375
Итого:				7,2	10 379

\*Цены приведены без учета НДС(18%)

Таблица 8 – Расчет затрат времени на производство лабораторных работ

№ п/п	Виды работ	Объем работ		Норма длительности	Нормативный документ ССН 92,	Итого чел./ смена
		Ед.изм	Кол-во			
Лабораторные исследования						
1	химический анализ воды	шт.	37	7,2	вып. 7А, табл. 2	299,4
Итого:						299,4

Таким образом, затраты времени на лабораторное исследование химического состава вод составит 299,4 чел./смен, что составляет 38 рабочих дней.

*Камеральные работы.* Камеральная обработка материалов выполнялась на базе Томского политехнического университета с использованием ЭВМ. Камеральные работы состоят из предполевого дешифрирования III категории сложности и камеральной обработки материалов полевых и лабораторных работ. По результатам выполненных работ составлен окончательный технический отчет с необходимым комплектом графических приложений на бумажных и электронных носителях.

Расчет сметной стоимости камеральных работ (таблица А.1, приложение А) при проведении оценки гидрогеохимических условий района озера Имандра был произведен согласно справочнику базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства за 1999 г. (далее СБЦ-99) [55].

Расчет затрат времени на производство камеральных работ производился согласно Сборнику сметных норм на геологоразведочные работы за 1992 год выпуск №1, часть 3 (ССН-92, Вып.1, ч.3) [50].

Так затраты времени на камеральную обработку составит 0,916 чел./смен или 0,11 рабочего дня (таблица 9).

Сметная стоимость составления технического отчета согласно СБЦ-99 [55] составляет 22% от стоимости камеральных работ.

Таблица 9 – Расчет затрат времени на производство камеральных работ

№ п/п	Виды работ	Объем работ		Норма длительности	Нормативный документ ССН 92,	Итого чел./ смена
		Ед.изм	Кол-во			
Камеральная обработка						
1	предполевая камеральная обработка материалов	100 проб	0,37	0,26	вып.1, часть 3, табл. 41	0,096
2	камеральная обработка материалов с использованием ЭВМ	1000 проб.	0,037	22,1	вып.1, часть 3, табл. 56	0,82
Итого:						0,916

*Расчет заработной платы.* Расчет заработной платы производился для одного гидрогеохимика занятого на полевых работах, а также инженера-химика и лаборанта, производивших лабораторный анализ химического состава вод (таблица 10).

Таблица 10 – Расчет заработной платы и отчислений на социальные нужды исполнителей

Наименование расходов	Количество единиц	Ставка заработной платы, руб/мес	Затраты времени на проведение работ, дней	Районный коэффициент к заработной плате	Итоговая заработная плата, руб.
Основная зарплата:					
гидрогеохимик	1	12 000	18	1,4	13 745,5
инженер-химик	1	10 000	38	1,3	22 454,5
лаборант	1	8 000	38	1,3	17 963,6
Дополнительная зарплата:	%	7,9			4 278,9
Итого:					58 442,5
Отчисления на соц. нужды:	%	30			17 532,8
Итого основных расходов:					75 975,3

Расчеты осуществлялись при пятидневной рабочей неделе, восьмичасовом рабочем дне с учетом районных коэффициентов к заработной плате гидрогеохимика 1,4 (Мурманская область) и 1,3 – для работников химической лаборатории (г. Томск).

Таким образом, общие затраты на заработную плату исполнителей составляет 75 975,3 рублей.

*Структура затрат.* Проведенный расчет сметной стоимости основных видов работ показал, что общая стоимость работ без учета НДС составляет 512 515,69 руб. Лабораторные работы занимают более половины общей стоимости всех работ – 74,93% (рисунок 13), что в денежном эквиваленте составляет 384 023 руб.

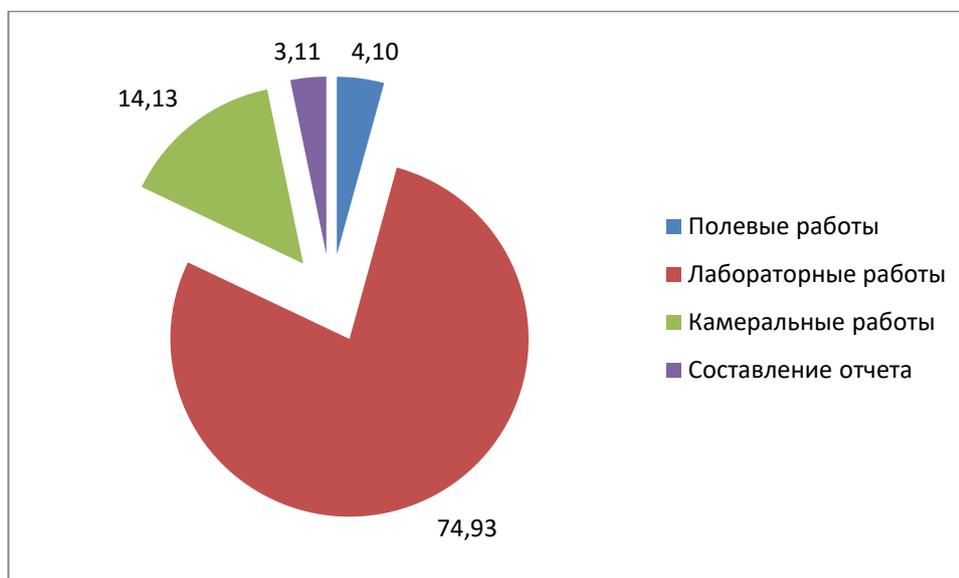


Рисунок 13 – Структура затрат на основные виды работ при проведении оценки гидрогеохимических условий района озера Имандра (%)

Такие затраты на исследования химического состава воды оправданы тем, что для исследования необходимо точное определение содержания множества компонентов самыми современными методами.

На камеральные работы необходимо 72 429,88 руб (14,13%). 4,1 % от общей стоимости приходится на полевые работы (21 000,5 руб.). А оставшиеся 3,11% составляют затраты на составление технического отчета по результатам выполненных работ в размере 15 934,57 рублей.

Величина НДС в размере 18 % составила – 92 252,8 руб. Всего, с учетом НДС, на основные работы необходимо 604 768,51 руб.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 2ВМ51	ФИО Воробьёвой Дарье Андреевне
-----------------	-----------------------------------

Институт	ИПР	Кафедра	ГИГЭ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Природообустройство и водопользование

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объектом исследования магистерской диссертации являются природные поверхностные и подземные воды района озера Имандра (Кольский полуостров), Мурманская область.</p> <p>Рабочая зона – открытая местность, лаборатория, аудитория для камеральной обработки результатов.</p> <p>Результаты полевых, лабораторных и камеральных работ используются для уточнения химического состава природных вод и условий его формирования, а также для оценки гидрогеохимических условий района.</p>
---	--

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p>	<p>1. Анализ выявленных вредных факторов при проведении полевых работ: - отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе.</p> <p>2. Анализ выявленных вредных факторов при проведении лабораторных и камеральных работ: -отклонение показателей микроклимата в помещении; - недостаточная освещенность рабочей зоны; - монотонный режим работы.</p> <p>3. Анализ выявленных опасных факторов при проведении лабораторных и камеральных работ: - электрический ток.</p>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p>	<p>- анализ воздействия на атмосферу (пылегазовые выбросы комбината «Североникель»);</p> <p>- анализ воздействия на гидросферу (загрязнение водных объектов тяжелыми металлами путем атмосферного переноса, сбросы сточных вод комбинатом «Североникель»);</p> <p>- анализ воздействия на литосферу (складирование твердых бытовых отходов).</p>

<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наиболее вероятная ЧС - пожар;</li> <li>- меры по предупреждению пожара;</li> <li>- действия при возникновении пожара.</li> </ul>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- специфика организации трудовой деятельности в полевых условиях;</li> <li>- организация рабочего места в лаборатории;</li> <li>- организация рабочего места пользователя ПЭВМ.</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	4.04.2017
---	-----------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Задорожная Т.А.			4.04.2017

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ51	Воробьева Дарья Андреевна		4.04.2017

## 9 Социальная ответственность

Исследуемый район расположен на юго-западе Кольского полуострова, в пределах Мурманской области. Для оценки гидрогеохимических условий района озера Имандра были опробованы водные объекты, находящиеся в Мончегорском, Апатитском и Кировском районах области (полевые работы). Затем произведена доставка проб в стационарную аккредитованную проблемную научно - исследовательскую лабораторию гидрогеохимии НОЦ «Вода» ИПР ТПУ для лабораторных исследований.

Камеральная обработка результатов исследования заключается в сборе, анализе и систематизации данных о химическом составе вод исследуемого района, оценке их насыщенности вторичными минералами, равновесия с основными породообразующими минералами, установления геохимического типа природных вод. Выбранные показатели позволяют оценить условия формирования состава вод района в условиях воздействия воздушных выбросов диоксида серы, никеля и меди комбината «Североникель» (г. Мончегорск).

### 9.1 Производственная безопасность

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды (согласно ГОСТ 12.0.003 - 74) [26] представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по оценке гидрогеохимических условий района озера Имандра (Кольский полуостров)

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Полевые работы: 1. Отбор проб природных вод	1. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе		

## Продолжение таблицы 11

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Лабораторно-аналитические исследования: 1. Химический анализ воды 2. Компьютерная камеральная обработка результатов исследования на ЭВМ с жидкокристаллическим монитором	1. Отклонение показателей микроклимата в помещении 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны 3. Монотонный режим работы	1. Электрический ток	ГОСТ Р 12.1.019-2009 [38] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [47] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [48] СанПиН 2.2.4.548-96 [49]

При проведении полевого этапа работ опасных факторов не выявлено.

9.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятия по их устранению при проведении полевых работ

*Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе* оказывают влияние на протекание жизненных процессов в организме человека и являются важной характеристикой гигиенических условий труда.

Полевые работы проводились в летний период в 2014 и 2016 гг. в районе озера Имандра (Кольский полуостров) Мурманской области.

Климат Кольского полуострова находится под смягчающим влиянием окружающих его морей и особенно запасов тепла, приносимых северной ветвью теплого течения Гольфстрим. При удалении вглубь полуострова влияние морей довольно быстро исчезает. Характерной особенностью погоды является ее неустойчивость и резкая изменчивость, вызываемая частой сменой воздушных масс, перемещением циклонов и фронтов.

Теплый сезон продолжается 4 месяца – с июля по сентябрь. Май и октябрь – переходные месяцы. Средняя месячная температура наиболее теплого месяца – июля – не превышает 13-14°, при этом довольно часто наблюдаются возвраты холодов и заморозки.

Осадки в летний период довольно значительны, распределяются по площади сравнительно равномерно, но в горных массивах быстро возрастают с высотой. Ветры северо-восточного направления; скорости их от 4 до 8 м/сек [16]. Годовое количество осадков на всей территории изменяется от 400 мм до 600 мм, достигая 1000 мм и более в горах. Наибольшее количество осадков выпадает в летние и осенние месяцы, а наименьшее – в марте–апреле.

Резкие колебания температуры неблагоприятно влияют на организм человека. Низкие температуры особенно, при интенсивном движении воздуха, вызывают переохлаждение тела, в результате чего возникают простудные заболевания. Систематическое местное воздействие холода может привести к постоянному ознобу, обморожению отдельных органов и т.д.

При проведении полевых работ в жаркие дни нужно работать в головных уборах и иметь при себе индивидуальную фляжку с питьевой водой. Необходимо иметь при себе полевую аптечку.

В целях предупреждения неблагоприятных погодных условий на каждом участке должны быть устроены укрытия и помещения для отдыха работающих

9.1.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятия по их устранению при проведении лабораторных и камеральных работ

*Отклонение показателей микроклимата в помещении.* Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей.

Параметры микроклимата оказывают существенное влияние на самочувствие, состояние здоровья и работоспособность человека. Отклонение параметров микроклимата приводит к нарушению теплового баланса. Слишком

сильное понижение температуры может привести к чрезмерному переохлаждению организма. Понижение температуры и повышение скорости движения воздуха также увеличивает теплоотдачу от организма и может привести к переохлаждению организма. При переохлаждении организма уменьшается функциональная деятельность органов человека, скорость биохимических процессов, снижается внимание, затормаживается умственная деятельность и, в конечном счете, снижается активность и работоспособность. При повышении температуры тепловыделения человека начинают превышать теплоотдачу, может возникать перегрев организма. Ухудшается самочувствие и падает работоспособность. Если микроклимат характеризуется не только высокой температурой, но и значительной влажностью воздуха, то пот не испаряется, а стекает каплями с поверхности кожи. Недостаточная влажность приводит к интенсивному испарению влаги со слизистых оболочек, их пересыханию и эрозии, загрязнению болезнетворными микробами.

Проведение камеральных и лабораторных работ требует учета микроклиматических условий рабочей зоны с учетом избытков тепла, времени года и тяжести выполняемой работы согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [49]. Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений представлены в таблице 12.

Таблица 12 - Допустимые параметры микроклимата в рабочей зоне производственных помещений по СанПиН 2.2.4.548-96 [49]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, t°С	Относительная влажность воздуха, φ%	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин t° <sub>опт</sub>	Диапазон выше оптимальных величин t° <sub>опт</sub>			Если t° < t° <sub>опт</sub>	Если t° > t° <sub>опт</sub>
Холодный	Іб (140-174)	19,0 - 20,9	23,1 - 24,0	18,0 - 25,0	15 – 75	0,1	0,2
	Іа (175-232)	17,0 - 18,9	21,1 - 23,0	16,0 - 24,0		0,1	0,3
Теплый	Іб (140-174)	20,0 - 21,9	24,1 - 28,0	19,0 - 29,0	15 - 75	0,1	0,3
	Іа (175-232)	18,0 - 19,9	22,1 - 27,0	17,0 - 28,0		0,1	0,4

Примечание: Ib – работы с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/ч, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением; Pa – работы с интенсивностью энергозатрат 151-200 ккал/ч, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения.

В помещениях с компьютерами на микроклимат больше всего влияют источники теплоты. К ним относятся вычислительное оборудование, приборы освещения (лампы накаливания, солнечная радиация). Из них 80 % суммарных выделений дают ЭВМ, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться параметры микроклимата в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [48].

В производственных помещениях с длительным пребыванием в них человека требуется устройство отопительных систем в холодное время года.

Контроль состояния микроклиматических условий на производстве – одно из мероприятий, направленных на предупреждение профессиональных заболеваний рабочих. Для измерения температуры воздуха и влажности применяются бытовые термометры, аспирационные психрометры. Для измерения скорости воздуха используются крыльчатые и чашечные анемометры.

Эффективным средством обеспечения допустимых параметров микроклимата воздуха рабочей зоны является промышленная вентиляция. Вентиляцией называется организованный и регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения загрязненного воздуха и подачу на его место свежего. Для постоянного воздухообмена, требуемого по условиям поддержания частоты и воздуха в помещении, необходима организованная естественная вентиляция. Требования к системам вентиляции устанавливает СП 60.13330.2012 [53].

*Недостаточная освещенность рабочего места.* Свет имеет большое значение в жизнедеятельности человека, в сохранении его здоровья, и высокой работоспособности. Недостаточная освещенность рабочего места вызывает

быструю усталость и болезни глаз, снижает внимательность и, следовательно, значительно уменьшает производительность труда, а также увеличивает вероятность несчастных случаев на производстве. Избыток освещения снижает зрительные функции, приводит к перевозбуждению нервной системы, уменьшает работоспособность, нарушает механизм сумеречного зрения.

Освещение производственных помещений может осуществляться естественным и искусственным путем. Естественное освещение для данного помещения должно осуществляться через окна. Искусственное освещение в помещении должно осуществляться системой общего равномерного освещения, при работе с документами применяется системы комбинированного освещения.

Искусственное освещение должно осуществляться системой общего равномерного освещения. При работе с документами допускается применение системы комбинированного освещения (к общему дополнительно устанавливаются светильники местного освещения для освещения зоны расположения документов). Общее освещение следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочего места, параллельно линии пользователя.

Проектирование освещения выполняется в соответствии с СП 52.13330.2011 [52].

Согласно санитарно-гигиеническим требованиям рабочее место инженера-лаборанта должно освещаться естественным и искусственным освещением [47].

В качестве источников искусственного освещения обычно используются люминесцентные лампы типа, которые попарно объединяются в светильники. Допускается применение металлогалогенных ламп, а также ламп накаливания в светильниках местного освещения.

Таблица 13 – Нормы естественного и искусственного освещения (согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03) [47]

Помещения	Рабочая поверхность и плос-кость нормирования КЕО и освещенности (Г–горизонтальная, В - вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО $e_n$ , %		КЕО $e_n$ , %		Освещенность, лк		
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при комбинированном освещении		при общем освещении
						всего	от общего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Помещения для работы с дисплеями и видеотерминалами, залы ЭВМ	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400
	Экран монитора: В-1,2	-	-	-	-	-	-	200
Лаборатории органической и неорганической химии, препараторские	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещении следует проводить чистку стекол рам и светильников не реже 2-х раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

*Монотонный режим работы.* При камеральных работах психофизическим вредным фактором является монотонный режим работы. Воздействие на человека – повышенная утомляемость, головная боль и т.д.

Согласно Р 2.2.2006–05 [45], монотонность труда является критерием оценки тяжести и напряженности трудового процесса и фактором классификации условий труда по показателям вредности и опасности.

Мероприятия по созданию безопасных условий труда: 1) регулярные перерывы; 2) смена рабочей обстановки.

Работа с компьютером характеризуется значительным умственным напряжением и нервно-эмоциональной нагрузкой оператора, высокой напряженностью зрительной работы и достаточно большой нагрузкой на

мышцы рук при работе с клавиатурой. В процессе работы с компьютером необходимо соблюдать правильный режим труда и отдыха.

Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья профессиональных пользователей должны устанавливаться регламентированные перерывы в течение рабочего дня.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [48], в случаях, когда характер работы требует постоянного взаимодействия с набором текстов или вводом данных с напряжением внимания и сосредоточенности, при исключении возможности периодического переключения на другие виды трудовой деятельности, не связанные с ПЭВМ, рекомендуется организация перерывов на 10 - 15 мин через каждые 45 – 60 мин работы. Продолжительность непрерывной работы с ПЭВМ без регламентированного перерыва не должна превышать 1 ч. Необходимы также упражнения для глаз и для всего тела.

9.1.3 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению при проведении лабораторных и камеральных работ

*Электрический ток.* Источниками поражения током в лаборатории или камеральном помещении могут являться: электрические провода, электрические машины (электроприводы вспомогательных устройств, обогревательных элементов, работающих от электричества), выключатели, розетки, ПЭВМ.

Основные причины поражения электрическим током:

- случайное прикосновение к токонесущим частям, находящимся под напряжением (оголенным проводам, контактам и т.п.);
- появление напряжения на отключенных частях электрооборудования (по причине ошибочного включения, наведения напряжения соседними установками и т.д.);

- возникновение напряжения на поверхности земли в результате замыкания провода с землей, неисправности заземляющих устройств и т.п.

Электрический удар – это возбуждение живых тканей током, сопровождающееся сокращением мышц. Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает на него сложное действие, включая термическое, электролитическое и биологическое. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека, устанавливает ГОСТ 12.1.038–82 [32].

Безопасность при работе с электроустановками обеспечивается применением различных технических и организационных мер. Технические средства защиты от поражения электрическим током делятся на коллективные и индивидуальные.

К коллективным средствам защиты от поражения электрическим током, применяемым в лаборатории, согласно ГОСТ 12.4.011–89 [35], относятся:

- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления и зануления;
- устройства автоматического отключения;
- устройства выравнивания потенциалов и понижения напряжения;
- предохранительные устройства;
- знаки безопасности.

Все металлические корпуса электрических машин и аппаратов должны быть надежно заземлены. Осмотр надземной части заземляющих устройств должен производиться одновременно с осмотром электрооборудования, для которого оно предназначено, не реже 1 раза в месяц лицом, ответственным за электрохозяйство. Измерение сопротивления заземлений должно производиться перед их пуском в эксплуатацию и далее не реже 1 раза в месяц. Требования по обеспечению электробезопасности с помощью защитного заземления, зануления устанавливает ГОСТ 12.1.030–81 [29].

Все открытые токоведущие части электрической проводки (если таковые временно имеются) должны быть ограждены для предохранения от случайного прикосновения.

Электрическая проводка должна обязательно иметь неповрежденную изоляцию. Розетки и вилки должны быть исправными. Около розеток обязательно должна быть надпись о величине напряжения.

На местах работ, опасных по поражению электрическим током, должны быть вывешены плакаты и знаки безопасности.

Перед началом работы на электроприборе рабочий персонал должен проверить оборудование на исправность [38].

Индивидуальные дополнительные электротехнические средства обладают недостаточной электрической прочностью и не могут самостоятельно защитить человека от поражения током, поэтому их назначение – усилить защитное действие основных изолирующих средств, с которыми они должны применяться. К таким индивидуальным средствам защиты относятся диэлектрические боты, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки.

К основным мероприятиям, направленным на ликвидацию причин поражения электрическим током, относятся:

- контроль состояния изоляции электропроводов и кабелей;
- разработка инструкций по техническому обслуживанию и эксплуатации электрооборудования и контроль их соблюдения;
- своевременное выполнение работ по проведению планово-профилактических испытаний и предупредительных ремонтов [38].

## 9.2 Экологическая безопасность

При выполнении проектных работ или эксплуатации оборудования действующим природоохранным законодательством предусмотрены мероприятия по охране окружающей среды.

Обеспечение экологической безопасности на территории РФ, формирование и укрепление экологического правопорядка основаны на действии Федерального закона «Об охране окружающей среды» [57]. Закон содержит свод правил охраны окружающей природной среды в новых условиях хозяйственного развития и регулирует природоохранные отношения в сфере всей природной среды, не выделяя ее отдельные объекты, охране которых посвящено специальное законодательство.

Перед началом работ должно быть изучено фоновое состояние окружающей среды и произведена оценка воздействия на нее предстоящими работами. По этим результатам определяют наименее устойчивые к техногенному воздействию экосистемы, а также оптимальные сроки проведения полевого периода.

*Охрана атмосферы.* Цель защиты атмосферы от вредных выбросов и выделений сводится к обеспечению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны и приземном слое атмосферы равных или менее ПДК.

Основным видом воздействия на состояние воздушного бассейна является загрязнение атмосферного воздуха выбросами загрязняющих веществ, тепла, водяного пара, аэрозолей, а также их влияние на микроклимат прилегающей территории при образовании открытых водных пространств и нарушении температурного баланса района их расположения.

Регламентирование предельно допустимых концентраций веществ в воздухе рабочей зоны осуществляется ГН 2.2.5.1313–03 [23] и ГН 2.2.5.2308 – 07 [24]. Требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест содержатся в СанПиН 2.1.6.1032-01 [46], ГН 2.1.6.1338 – 03 [22], ГН 2.2.5.2309 – 07 [25].

Загрязнение воздушного бассейна в районе озера Имандра (Мурманская область) происходит в результате поступления в него:

- выбросов газообразных и взвешенных веществ от комбината «Североникель»;

- пыли с поверхности карьеров, отвалов, хвосто- и шламохранилищ, терриконов, из узлов погрузки, разгрузки и сортировки руд;
- выхлопных газов автомобильного и железнодорожного транспорта.

Приоритетными загрязнителями воздуха водосбора озера Имандра, среди жидких и газообразных веществ являются сернистый газ (91,2 %) и оксид углерода (2,8 %), среди твердых - апатитонефелиновая пыль (62 %) и неорганическая пыль (37 %), в том числе тяжелые металлы (таблица 14).

Таблица 14 - Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест [22]

Наименование вещества	Величина ПДК (мг/м <sup>3</sup> )	
	максимальная разовая	среднесуточная
Оксид углерода	5	3
Сернистый газ (диоксид серы)	0,5	0,05
Пыль неорганическая	0,5	0,15

Современный региональный уровень выпадения антропогенной серы на водосбор озера Имандра оценивается в 1-3 г/м<sup>2</sup> год.

Для обеспечения концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе населенных мест равных или менее ПДК применяются следующие методы и средства:

- рациональное размещение источников вредных выбросов по отношению к населенным зонам и рабочим местам;
- рассеивание вредных веществ в атмосфере для снижения концентраций в ее приземном слое;
- удалением вредных выделений от источника образования посредством местной или общеобменной вытяжной вентиляции;
- применением средств очистки воздуха от вредных веществ;
- применением средств индивидуальной защиты.

*Охрана гидросферы.* Возможными источниками загрязнения поверхностных и подземных вод являются [57]:

- неочищенные или недостаточно очищенные производственные и бытовые сточные воды;
- поверхностный сток с селитебных территорий и промплощадок;

- загрязненные дренажные воды;
- фильтрационные утечки вредных веществ из емкостей, трубопроводов и других сооружений;
- аварийные сбросы и проливы сточных вод на сооружениях промышленных объектах;
- осадки, выпадающие на поверхность водных объектов и содержащие пыль и загрязняющие вещества от промышленных выбросов;
- места хранения продукции и отходов производства;
- транспортные магистрали;
- свалки коммунальных и бытовых отходов.

Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений устанавливает ГОСТ 17.1.3.13–86 [37], подземных вод - ГОСТ 17.1.3.06–82 [36].

Приоритетными загрязняющими веществами пресноводных экосистем Кольского Севера являются тяжелые металлы (Ni, Cu) (за счет атмосферного переноса) – их источником выступают дымовые выбросы комбината «Североникель». Также загрязнение гидросети происходит в результате сброса сточных вод предприятиями металлургического производства и поверхностного смыва токсичных веществ атмосферными осадками.

При проведении полевых работ не допускается сброс в поверхностные воды технологических и бытовых отходов. При проведении лабораторных работ сточные воды подлежат сбросу в канализационную сеть населенного пункта.

*Охрана литосферы.* Главным загрязнителем поверхностных слоев литосферы являются твердые отходы.

Горно-металлургическое производство комбината «Североникель» связано с образованием большого количества отходов: вскрышных пород, отвального гранулированного шлака, выбросов металлосодержащей пыли, сброса сточных вод, которые оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду.

Требования к объектам размещения отходов, а также их утилизации, выполняются в соответствии с ФЗ «Об отходах производства и потребления» [56].

При проведении полевых работ все производственные и бытовые отходы помещают в специальные мусорные ямы или вывозят. После завершения всех работ твердые бытовые отходы утрамбовывают и покрывают слоем почвы, а поверхность ямы выравнивают.

В качестве твердых бытовых отходов в аудитории для камеральной работы выступают бумага, пластиковая канцелярия, деревянная мебель, компьютеры, что, согласно [56], относится к V классу опасности отходов (практически неопасные). Такие отходы должны быть размещены на полигоне ТБО.

### 9.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации (ЧС) – обстановка на определенной территории сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Одними из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС являются пожар или взрыв на рабочем месте. Пожарная безопасность - это система организационных и технических средств, направленных на профилактику и ликвидацию пожаров.

Основополагающими законодательными актами в области пожарной безопасности являются Федеральный закон от 21.12.1994 N 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [58], определяющий общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации и Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ «Технический

регламент о требованиях пожарной безопасности» [59], устанавливающий основные положения технического регулирования в указанной сфере и общие требования пожарной безопасности к объектам защиты.

Основными причинами возникновения пожаров в полевых условиях являются: неосторожное обращение с огнем; действия природных факторов (гроза, лесные пожары); нарушение требований противопожарных норм при проведении полевых работ.

При проведении полевых работ со всеми работниками отрядов обязательно проводится инструктаж о мерах пожарной безопасности, правилах пользования средствами пожаротушения, пожарной сигнализации и связи. В полевых условиях пользование фонарями, открытым огнем спичек и свечей требует тщательного соблюдения правил пожарной безопасности.

Причинами возникновения пожаров в помещении являются: неосторожное обращение с огнем, разряды статического и атмосферного электричества, чаще всего происходящие при отсутствии заземлений и молниеотводов; неисправность производственного оборудования и нарушение технологического процесса.

Согласно НПБ 105-03 [41] и СП 12.13130.2009 [51], помещения лаборатории гидрогеохимии НОЦ «Вода» ИРП ТПУ по пожарной и взрывной опасности относятся к пожароопасным помещениям категории В. Так как они, согласно ФЗ № 123 от 22.07.2008 г. [59], характеризуются как помещения, в которых находятся горючие и трудно горючие твердые материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть. Помещение характеризуется наличием деревянной мебели, канцелярских принадлежностей.

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 [27] и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83 [34].

Согласно ПНД Ф 12.13.1-03 [44], в каждом рабочем помещении лаборатории должны быть в наличии огнетушители и песок, а в помещениях с

огнеопасными и легковоспламеняющимися веществами - дополнительные средства пожаротушения.

Для неотложных мер по тушению возможного возгорания до приезда пожарной бригады в лаборатории необходимо располагать пожарный щит со следующим оборудованием: огнетушитель марки ОУ-5, ведро пожарное, багор, топор, лом, ящик с песком 0,2 м<sup>3</sup>. Инструменты должны находиться в исправном состоянии и обеспечивать в случае необходимости возможность либо полной ликвидации огня, либо локализации возгорания [27, 34].

В помещении лаборатории на видном месте должен быть вывешен план эвакуации сотрудников в случае возникновения пожара.

Все сотрудники лаборатории должны быть обучены правилам обращения с огне- и взрывоопасными веществами, газовыми приборами, а также должны уметь обращаться с противогазом, огнетушителем и другими средствами пожаротушения, имеющимися в лаборатории.

Ответственные за противопожарную безопасность обязаны: не допускать к работе лиц не прошедших инструктаж по соблюдению требований пожарной безопасности; обучать подчиненный персонал правилам пожарной безопасности и разъяснить порядок действий в случае загорания или пожара; осуществлять постоянный контроль за соблюдением всеми рабочими противопожарного режима, а также своевременным выполнением противопожарных мероприятий; обеспечить исправное содержание и постоянную готовность к действию средств пожаротушения; при возникновении пожара применять меры по его ликвидации.

В помещениях лаборатории и в непосредственной близости от них (в коридорах, под лестницами) запрещается хранить горючие материалы и устанавливать предметы, загромождающие проходы и доступ к средствам пожаротушения.

Курить разрешается только в отведенном и оборудованном для этой цели месте. Курить в помещениях лаборатории строго запрещается!

Все нагревательные приборы должны быть установлены на термоизолирующих подставках.

Запрещается эксплуатация неисправных лабораторных и нагревательных приборов.

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

Каждый сотрудник лаборатории, заметивший пожар, задымление или другие признаки пожара, обязан [44]:

- немедленно вызвать пожарную часть по телефону;
- принять меры по ограничению распространения огня и ликвидации пожара;
- поставить в известность начальника лаборатории, который в свою очередь должен известить сотрудников, принять меры к их эвакуации и ликвидации пожара.

На территории, в помещениях следует соблюдать чистоту и порядок. Подъезды и подходы к зданиям, водоисточникам, местам расположения противопожарного инвентаря и оборудования должны быть свободны, в ночное время быть освещенными. Подходы, выходы, коридоры, лестницы не разрешается загромождать какими-либо предметами.

#### 9.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

К любым видам работ допускаются лица, имеющие соответствующее специальное образование, прошедшие медицинский осмотр, инструктаж по охране труда, а также проверку знаний.

Специалисты, являющиеся непосредственными руководителями работ или исполнителями работ, должны проходить проверку знаний правил безопасности не реже одного раза в год.

Результаты проверки должны быть занесены в «Журнал проверки состояния охраны труда».

*Полевые работы.* Работы в полевых условиях являются сложными, обширными по объему и ведущими по содержанию. Большинство этих работ характеризуется некоторыми общими чертами, которые и определяют особенности правового регулирования труда в геологических организациях. К таким общим, специфическим для этих работ чертам следует отнести:

- 1) временный характер и обширность районов производства работ;
- 2) разнообразность проводимых работ;
- 3) удаленность районов работ от населенных пунктов, баз снабжения;
- 4) зависимость работ от климатических, погодных и других местных условий;
- 5) проведение подземных и других опасных и, с вредными условиями труда, работ.

Эта специфика определяет особенности правового регулирования труда в геологоразведочных организациях и находит свое отражение в таких институтах трудового права, как трудовой договор, рабочее время и время отдыха, охрана труда, оплата труда и т. д. Особенности правового регулирования такого труда отражаются в специальных нормах отраслевой и региональной дифференциации, которые дополняют общие, путем установления льгот и преимуществ для полевых работников в целях усиления правовых гарантий и компенсации воздействия неблагоприятных условий. Специальные нормы устанавливают также повышенную ответственность и более широкие обязанности работников отдельных производств, специальностей и должностей в интересах охраны труда и безопасности проводимых работ [15].

*Лабораторные исследования.* На работу в химико-аналитические лаборатории принимаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование для решения вопроса о возможности работы в лаборатории. Все работающие в лаборатории должны быть обеспечены необходимой спецодеждой и средствами индивидуальной защиты [44].

Важнейшими условиями рациональной организации лаборатории следует считать целесообразное размещение рабочих мест и оборудования. Общие эргономические требования к оборудованию установлены ГОСТ 12.2.049-80 [33].

Требования к организации рабочего места:

1. Лаборатория должна быть оснащена современной лабораторной мебелью, вытяжными шкафами. Для реактивов выделяют отдельные полки и шкафы.

2. Поверхность производственных столов должна быть из водонепроницаемого, кислото-щёлочестойчивого и индифферентного к действию дезинфектантов материала. Лабораторный стол следует содержать в порядке и чистоте.

3. Рабочее место должно быть хорошо освещено: недалеко от окон и иметь осветительные лампы.

4. Рабочий стол лаборатории должен быть приспособлен к условиям работы, оборудован водопроводными кранами и водостокком.

Общие эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении стоя устанавливает ГОСТ 12.2.033-78 [31].

*Камеральные работы.* Камеральные работы предполагают обработку результатов исследований с помощью персональных компьютеров (ПЭВМ). Общие требования к организации рабочих мест пользователей ПЭВМ регламентирует СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [48]. Эргономические требования к рабочему месту оператора при выполнении работы с дисплеями устанавливает ГОСТ Р 50923-96 [39]. Общие эргономические требования при работе сидя установлены ГОСТ 12.2.032-78 [30]. Требования санитарных правил и представленных стандартов направлены на предотвращение неблагоприятного влияния на здоровье человека вредных факторов производственной среды и трудового процесса при работе с ПЭВМ [48].

Рабочее место с дисплеем должно обеспечивать оператору возможность удобного выполнения работ в положении сидя и не создавать перегрузки

костно-мышечной системы. Основными элементами рабочего места оператора являются: рабочий стол, рабочий стул (кресло), дисплей, клавиатура [39].

Основные требования к организации рабочих мест с ПЭВМ [48]:

- высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна находиться в пределах 680-800 мм;

- рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм;

- конструкция рабочего стула должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с закругленным передним краем; регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400-550 мм и углов наклона вперед до  $15^\circ$  и назад до  $5^\circ$ ; высоту опорной поверхности спинки  $300 \pm 20$  мм, ширину - не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости - 400 мм; угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах  $\pm 30^\circ$ ; регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260-400 мм; стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной - 50-70 мм;

- дисплей на рабочем месте должен быть установлен ниже уровня глаз оператора; угол наблюдения экрана оператором относительно горизонтальной линии взгляда не должен превышать  $60^\circ$  [39].

## Заключение

Подземные воды, разгружающиеся восточнее оз. Имандра – нейтральные гидрокарбонатного и сульфатно-гидрокарбонатного кальциевого и натриево-кальциевого состава с минерализацией 111–201 мг/дм<sup>3</sup>. Из всех рассматриваемых вод, они наиболее минерализованные. Концентрации кремния здесь существенно выше концентраций магния, натрия и калия.

В нейтральных гидрокарбонатных водах рек и озер района Хибин (W-5, 7, 9, 11) наблюдается преобладание натрия и калия над кальцием и особенно магнием при минерализации в среднем 27 мг/дм<sup>3</sup> и концентрации кремния 3,4 мг/дм<sup>3</sup>.

В родниках «Дорожный» (S-18) и «Горный» (S-17) на юго-восточном склоне горы Монче-Тундра, подверженных техногенному воздействию выбросов комбината «Североникель», разгружаются гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатно-гидрокарбонатные воды соответственно, магниевые-кальциевые со значительным процентным содержанием натрия и кальциевые.

В реках западной части водосборной площади озера Имандра формируются нейтральные воды с минерализацией 16-27 мг/дм<sup>3</sup>, преимущественно сульфатно-гидрокарбонатного состава. Катионный состав поверхностных вод западной части территории водосбора (точки W-6, W-8, W-10, W-12, W-15) магниевые-кальциевый со значительным процентным содержанием натрия (15-22 %-экв) и содержанием кремния 2,1-2,7 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание кремния в поверхностных водах западной части исследуемого района значительно превышает концентрацию основных катионов.

Изучение природных вод района озера Имандра (Кольский полуостров) позволяет сказать, что химический состав поверхностных и подземных вод западной и восточной частей водосбора озера Имандра имеет свои особенности, которые особенно проявлены в микрокомпонентном составе. Значительное повышение концентрации никеля и меди в поверхностных водах

западной части территории свидетельствует о техногенном воздействии комбината «Североникель».

В природных водах в районе озера Имандра преобладает растворенная форма миграции химических элементов. Однако появляется существенный ряд химических элементов, для которых взвешенная форма миграции становится преобладающей. Среди растворенных фракций преобладает истинно растворенная форма.

Ультрапресные подземные воды района озера Имандра (Кольский полуостров) – это воды зоны интенсивного водообмена, где воды короткое время контактируют с горной породой. Поэтому рассматриваемые воды находятся на начальных стадиях взаимодействия в системе вода-порода. Они насыщены оксидами и гидроксидами алюминия, меди и железа и не насыщены оксидами и гидроксидами других элементов.

Большинство рассматриваемых лежит в поле устойчивости с каолинитом, что говорит о равновесии с этим минералом. Так же некоторые подземные воды равновесны с иллитом, мусковитом, Са- и Mg-монтмориллонитом.

Таким образом, среди рассматриваемых вод распространены кислый железисто-алюминиевый, алюминиево-кремнистый и кремнистый Са-Mg-K геохимические типы вод. Выделение нескольких геохимических типов вод указывает на различные условия их формирования.

Таким образом, в пределах рассматриваемой территории складываются различные гидрогеохимические условия. И значительную роль в формировании химического состава подземных вод здесь приобретает биогенный этап.

На основании полученных данных о химическом составе подземных вод, состояния термодинамического равновесия подземных вод с минералами горных пород была построена концептуальная модель формирования химического состава подземных вод района озера Имандра. Предполагается, что почва является буфером на пути проникновения аэротехногенных меди и

никеля в подземные воды. Содержание Cu и Ni в поверхностных водах в зоне влияния пыле-газовых выбросов медно-никелевого комбината существенно выше, чем в подземных водах. Это говорит о том, что на участках с неразрушенным почвенным покровом подземные воды защищены от загрязнения через антропогенно загрязненную атмосферу.

## Список публикаций по теме диссертации

1. Воробьева Д. А. , Нефёдова В. И. Изучение токсичности природных вод Кольского полуострова (район озера Имандра) // Проблемы геологии и освоения недр: труды XIX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 70-летию Победы советского народа над фашистской Германией, Томск, 6-10 Апреля 2015. - Томск: Изд-во ТПУ, 2015 - Т. 1 - С. 409-411
2. Воробьева Д. А. Особенности химического состава природных вод района озера Имандра (Кольский полуостров) // Проблемы геологии и освоения недр: труды XIX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 70-летию Победы советского народа над фашистской Германией, Томск, 6-10 Апреля 2015. - Томск: Изд-во ТПУ, 2015 - Т. 1 - С. 411-413
3. Евтюгина З. А. , Копылова Ю. Г. , Гусева Н. В. , Мазурова И. С. , Русинова (Мехович) Т. А. , Воробьева Д. А. Химический состав природных вод окрестностей озера Имандра (Мурманская область) // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии: материалы Всероссийской конференции с международным участием с элементами научной школы, Томск, 23-27 Ноября 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 699-704
4. Evtugina, Z.A., Guseva, N.V., Kopylova, J.G., Vorobeva, D.A. Chemical composition of natural waters of contaminated area: The case for the Imandra Lake catchment (the Kola Peninsula) *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 33(1) 2016
5. Воробьева Д. А. Формы миграции химических элементов в природных водах района озера Имандра (Мурманская область) // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4-8 Апреля 2016. - Томск: Изд-во ТПУ, 2016 - Т. 1 - С. 636-638

6. Воробьёва Д.А. Оценка эколого-геохимического состояния природных вод района озера Имандра (Кольский полуостров) // Экология России и сопредельных территорий: материалы XXI Международной экологической студенческой конференции / Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2016. – С. 174

7. Воробьёва Д.А. Исследование насыщенности ультрапресных вод района озера Имандра (Кольский полуостров) вторичными минералами // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения М.И. Кучина, Томск, 3-7 апреля 2017. - Томск: Изд-во ТПУ, 2017 (в печати)

## Список использованных источников

1. Ананьев В. Н. Родники Мурманской области: справочник / В. Н. Ананьев. — Мурманск: Книжное изд-во, 2010. — 88 с.
2. Ананьев В.Н., Карпова Р.В., Сычева Л.Б. Поиски подземных вод для обеспечения хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Мончегорска Мурманской области. Отчет за 2008-2010 годы. Гос. регистрационный № 47-08-16, Мончегорск, фонды ЦКЭ, 2011 г.
3. Антропогенные модификации экосистемы озера Имандра / Кол. науч. центр РАН, Ин-т проблем пром. экологии Севера; отв. ред. Т.И. Моисеенко. - Москва: Наука, 2002. – С. 24 – 32
4. Воробьева Д. А. Формы миграции химических элементов в природных водах района озера Имандра (Мурманская область) // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4-8 Апреля 2016. - Томск: Изд-во ТПУ, 2016 - Т. 1 - С. 636-638
5. Геология СССР. Том 27. Геологическое описание. Мурманская область - Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, Москва, 1958 г.
6. Геологическая карта Кольского региона. Редактор Ф.П. Митрофанов. Апатиты, 2001
7. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода: в 5 томах. Т. 1: Система вода-порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие и моделирование/ В.А. Алексеев [и др.]; отв. редактор тома С.Л. Шварцев; ОИГГМ СО РАН [и др.], - Издательство СО РАН, 2005 – 244 с.
8. Гидрогеология СССР. Том XXVII. Мурманская область и Карельская АССР — Недра, Москва, 1971 г., 295 стр.
9. Государственная геологическая карта Российской Федерации (новая серия). Масштаб 1:1000000. Карта четвертичных образований. Лист Q-(35)-37

(Кировск). Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Авторы: В.Г. Легкова, Л.Р. Семенова, Т.Ю. Затульская, П.Е. Москаленко, М.А. Спиридонов, О.Н. Удачина. Редактор: Е.П. Заррина. Санкт-Петербург, 2003

10. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000 (издание второе). Лист Q-36-XXI, XXII (Амбарный). Объяснительная записка. Санкт-Петербург, 2000, с.189.

11. Даувальтер, В.А. Химический состав поверхностных вод в зоне влияния комбината «Североникель» [Текст] / В.А. Даувальтер, М.В. Даувальтер, Н.В. Салтан, Е.Н. Семенов // Геохимия. - 2009. - № 6. - С. 628-646.

12. Евтюгина З. А., Асминг В. Э. Особенности формирования состава инфильтрационных вод в условиях азротехногенного загрязнения // Вестник МГТУ : труды Мурманского государственного технического университета. - 2013. - Т. 16, № 1. - С. 73-80.

13. Евтюгина З. А. , Копылова Ю. Г. , Гусева Н. В. , Мазурова И. С. , Русинова (Мехович) Т. А. , Воробьева Д. А. Химический состав природных вод окрестностей озера Имандра (Мурманская область) // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии: материалы Всероссийской конференции с международным участием с элементами научной школы, Томск, 23-27 Ноября 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 699-704

14. Кирюхин В.А., Коротков А.И, Шварцев С.Л. Гидрогеохимия: Учеб. для вузов. – М.: Недра, 1993. – 384с.

15. Левин В. И. Вопросы правового регулирования труда работников геологоразведочных организаций :Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук. Специальность 713 - Трудовое право /Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР. Всесоюзный юридический заочный институт. Кафедра трудового, колхозного и земельного права. -М.,1970. -16 с.

16. Ресурсы поверхностных вод СССР, Том 1 Кольский полуостров / под ред. Ю. А. Елкшина, В. В. Куприянова. — Л.: Гидрометеиздат, 1970.

17. Экологический атлас Мурманской области / Ин-т проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН ; Географический факультет МГУ ; Госкомитет по охране окружающей среды Мурманской обл. – М. ; Апатиты, 1999. – 48 с.

18. Экологическое обследование территорий района месторождения хромитовых руд [Текст]: отчет о выполнении научно-исследовательских работ. / Кол. науч. центр РАН, Ин-т проблем пром. экологии Севера; науч. рук.: Кашулин Н. А. - Апатиты, 2008.

19. Яковлев Б. А. Климат Мурманской области/ Б. А. Яковлев. — Мурманск: Кн. изд-во, 1961.

20. Evtugina, Z.A., Guseva, N.V., Kopylova, J.G., Vorobeva, D.A. Chemical composition of natural waters of contaminated area: The case for the Imandra Lake catchment (the Kola Peninsula) *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 33(1) 2016

21. Nystrand M. I., Osterholm P. Metal species in a Boreal river system affected by acid sulfate soils *Applied Geochemistry* 31 (2013), 133-141

#### Нормативная литература

22. ГН 2.1.6.1338 – 03. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест

23. ГН 2.2.5.1313–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы.

24. ГН 2.2.5.2308 – 07. Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

25. ГН 2.2.5.2309 – 07. Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест

26. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

27. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

28. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
29. ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ. Защитное заземление, зануление.
30. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
31. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
32. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
33. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
34. ГОСТ 12.4.009-83 ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание
35. ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
36. ГОСТ 17.1.3.06–82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.
37. ГОСТ 17.1.3.13–86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.
38. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
39. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.
40. Дополнение к сборнику сметных норм на геологоразведочные работы, (ССН- 92). Выпуск 7. «Лабораторные исследования при геолого-экологических работах». ВНИИ экономики минерального сырья и недропользования (ВИЭМС). М.: ВИЭМС, 1995. – 57 с.
41. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности

42. Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы. Роскомнедра, Москва, 1993 г., 57 стр.

43. Письмо Минстроя России от 20.03.2017 N 8802-ХМ/09 «Об индексах изменения сметной стоимости строительно-монтажных и пусконаладочных работ, индексах изменения сметной стоимости проектных и изыскательских работ и иных индексах на I квартал 2017 года»

44. ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).

45. Р 2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

46. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест.

47. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.

48. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

49. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

50. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып.1. Работы геологического содержания. Часть 3. Геохимические работы при поисках и разведке твердых полезных ископаемых. ВНИИ экономики минерального сырья и геологоразведочных работ (ВИЭМС). - М.: ВИЭМС, 1992. – 127 с.

51. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

52. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.

53. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

54. СП 131.13330.2011 «СНиП 23-01-2003 Строительная климатология»
55. Справочник базовых цен на инженерно-геологические и инженерно-экологические изыскания для строительства. Госстрой России, 1999.
56. Федеральный закон от 24.06.1998 г. №89 – ФЗ. Об отходах производства и потребления.
57. Федеральный закон от 10.01.2002 г. №7 – ФЗ. Об охране окружающей среды.
58. Федеральный закон от 21.12.1994 г. №69 – ФЗ. О пожарной безопасности.
59. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

## Приложение А

(обязательное)

### Сметная стоимость работ при проведении оценки гидрогеохимических условий района озера Имандра

Таблица А.1 - Сметная стоимость работ при проведении оценки гидрогеохимических условий района озера Имандра

№ п/п	Наименование, характеристика работ	Обоснование стоимости	Единицы измерения	Един. сметная расценка, руб	Объем	Индекс изменения сметной стоимости	Сметная стоимость работ в текущих ценах, руб
<b>I Основные расходы на полевые работы</b>							
<b>1. Собственно полевые работы</b>							
1.1	Инженерно-геологическая, гидрогеологическая рекогносцировка при проходимости: хорошей	СБЦ-99 т.9, кат 3	1 км маршрута	28,3	10	45,12	12768,96
1.2	Отбор точечных проб для химического анализа воды с поверхности	СБЦ-99 т.60	проба	4,6	37	45,12	7679,42
2	Организация полевых работ		%	1,5			306,73
3	Ликвидация полевых работ		%	1,2			245,38
Общая стоимость полевых работ:							21000,49
<b>II. Накладные расходы</b>			%	20			4200,10
<b>III. Лабораторные работы и исследования</b>							
4	Многокомпонентный химический анализ вод		1 проба	10379	37		384023,0
Общая стоимость лабораторных работ:							384023,0
<b>IV. Камеральные работы</b>							
5	Предполевое дешифрирование аэрофотоснимков (III категория слож.дешифр.), III кат. сложности условий	СБЦ-99 т.80	1 км2	328,6	1	45,12	14826,43

Продолжение таблицы А.1

№ п/п	Наименование, характеристика работ	Обоснование стоимости	Единицы измерения	Един. сметная расценка, руб	Объем	Индекс изменения сметной стоимости	Сметная стоимость работ в текущих ценах, руб
6	Камеральная обработка химического анализа воды	СБЦ-99 т.86	%	15		45,12	57603,45
Общая стоимость камеральных работ:							72429,88
V. Составление технического отчета (заключения) о результатах выполненных работ							
7	Составление технического отчета в % от камеральных работ при III категории инж.-геол.условий	СБЦ-99 т.87	1 отчет	22%		45,12	15934,57
VI. Резерв			%	3			14927,64
Итоговая стоимость работ (без НДС):							512515,69
НДС (18%):							92252,82
Итого с учетом НДС:							604768,51

## Приложение Б

(обязательное)

Раздел (1, 5, 7)

### Review, chemical composition, formation of the chemical composition of groundwater

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ51	Воробьёва Дарья Андреевна		

Консультант кафедры ГИГЭ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ГИГЭ	Гусева Н.В.	К. Г-М. Н.		

Консультант – лингвист кафедры ИЯПР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ИЯПР	Матвеевко И. А.	д.ф.н., доцент		

## Б.1 Review

The impact of anthropogenic factors leads to a change of all landscape elements, including deterioration of natural water quality. The water bodies in the Arctic zone reveal a low ability for self-purification, but they are often used as drinking water sources for the local population. The Kola Peninsula is one of the regions of Russia with the most unfavorable ecological situation. A large number of mining and metallurgical enterprises is located here.

## Б.2 Chemical composition

### Б.2.1 Macrocomponental composition

Taking into account the peculiarities of the water chemical composition, geological structure and the degree of anthropogenic impacts, two principally different areas were identified. The first area is the Khibiny massif area (the eastern part of the lake Imandra catchment) and the second one is area exposed to anthropogenic impact of «Severonikel» plant (the western part of the lake Imandra catchment).

### Б.2.2 Microcomponent composition

In the groundwater in the eastern part of the Imandra lake basin catchment, the concentrations of a number of chemical elements, especially nickel and rare earth elements, are lower than in the western part, which may be due to both metallogenic features of the territory and the lack of man-caused impact of the Severonickel.

### B.2.3 Migration of chemical elements

The results of the chemical analysis of natural waters before and after the filtration procedure and equilibrium dialysis show that in the natural waters of the study area, the dissolved form of migration (the aggregate of colloidal and truly dissolved forms) prevails over the suspended fraction. In the water dissolved form of this territory there are Cu, Ni, Cs, Cr, K, Na, K, Mg, B, Re, U, Co, W, Zr, Li, Sb, Si, Tb, Ga, Tm, Ta, Se. However, the suspended fraction for some elements becomes predominant, for example, Th, Tl, La, Se, Sb, Dy [21].

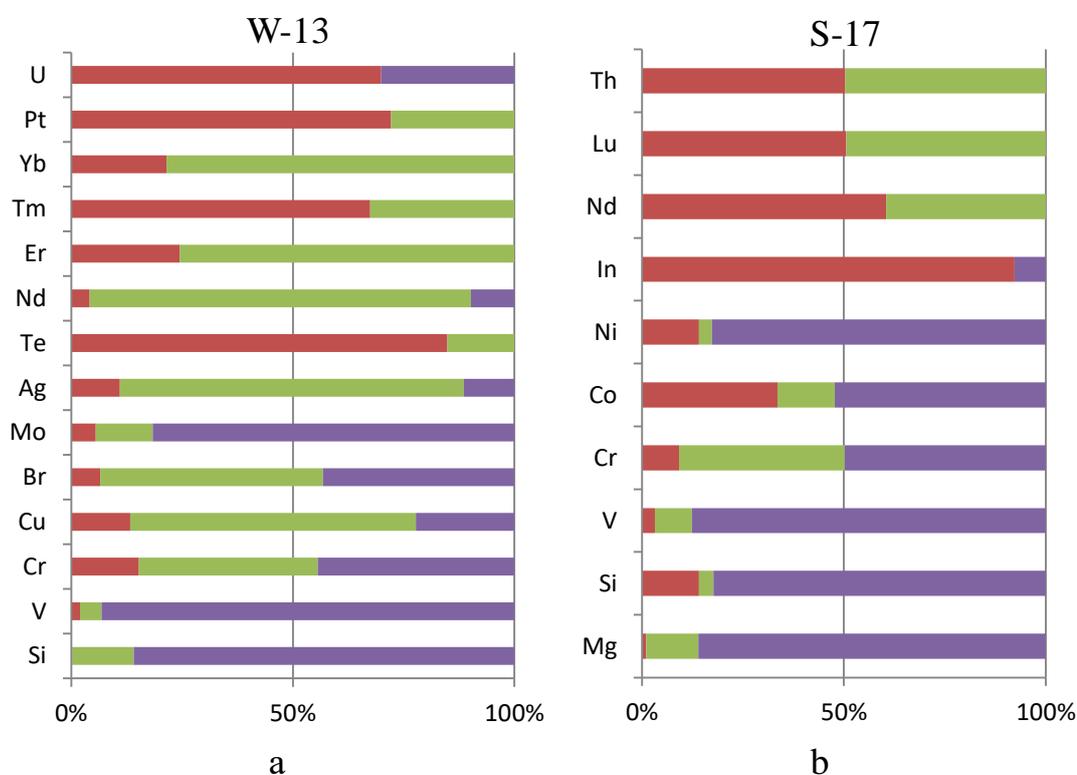


Figure B.3 - Percentage of different fractions in samples of surface water W-13 (a) and groundwater S-17 (b)

The dominant role among the dissolved fractions is played by a truly dissolved form. Migration of Na, Mg, Si, V, Cr, Ga, Ni occurs predominantly in a truly dissolved form. However, Y plays an increased role in the colloid fraction.

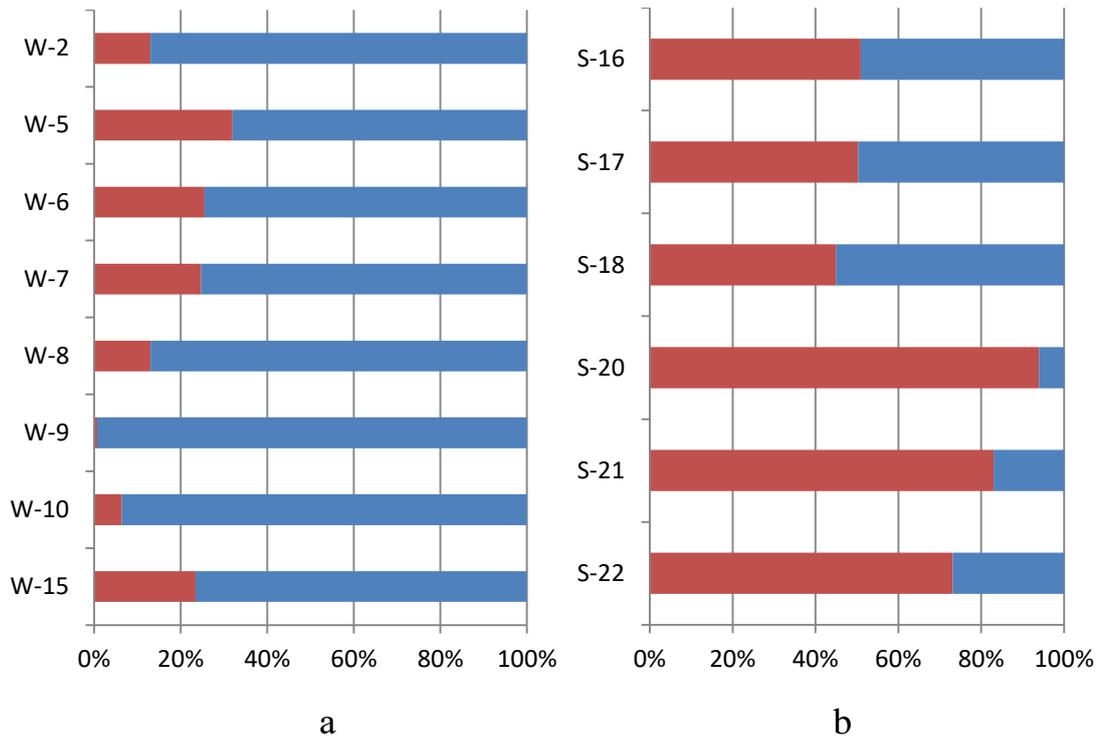
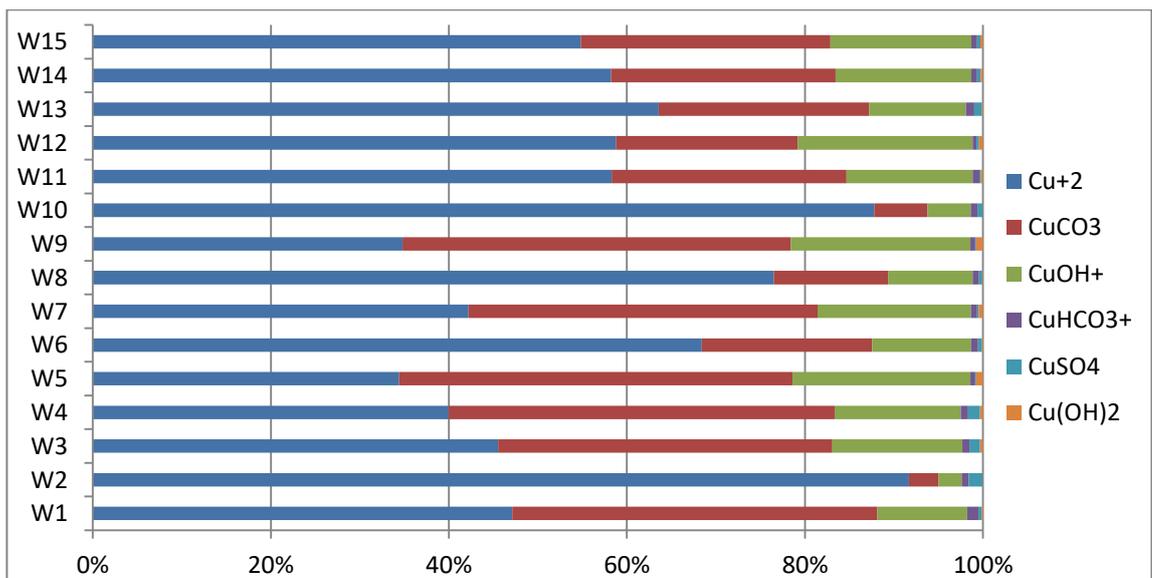


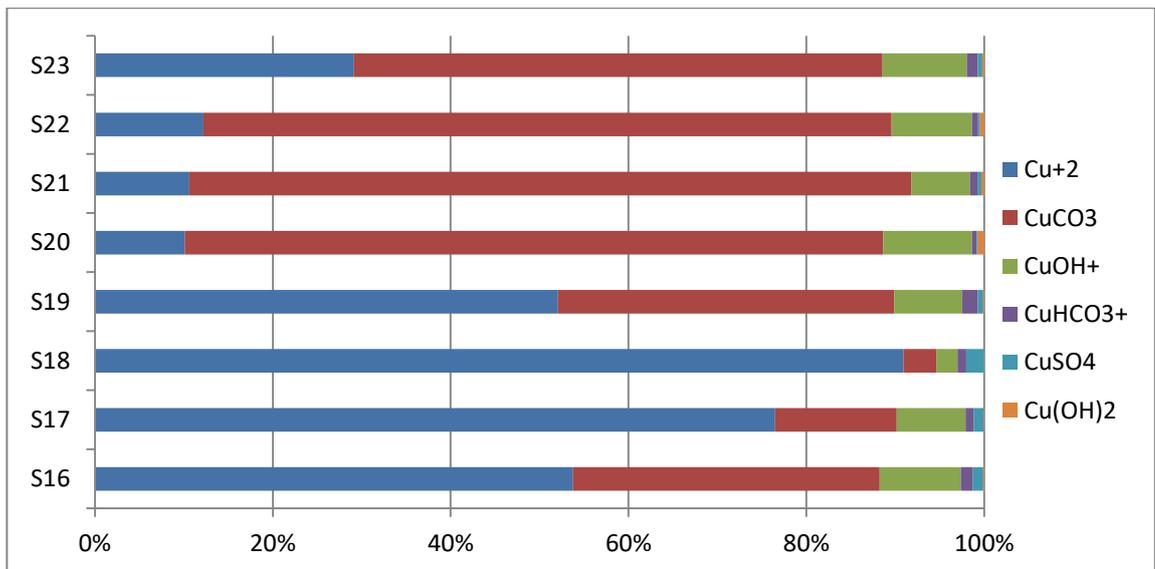
Figure B.4 - Patterns of Th migration in surface water (a) and groundwater (b)

However, there is a significant number of chemical elements, for which a suspended form of migration becomes predominant. Among the dissolved fractions, a truly dissolved form predominates. For nickel and phosphorus in some points, an equal ratio of suspended and dissolved forms is observed.

The patterns of copper migration in the surface and groundwater of the Imandra Lake catchment are shown in Figure B.5.



a



b

Figure B.5– Patterns of Cu migration in surface water (a) and ground water (b)

Copper migrates in three main forms: Cu<sup>2+</sup>, CuCO<sub>3</sub>, CuOH

### B.3 Formation of the chemical composition of groundwater

Formation of groundwater chemical composition is a very complex process, which is determined by a combination of factors that create a certain geochemical situation. The most important process in the formation of the chemical composition of groundwater is the interaction of water with water-bearing rocks.

Based on the obtained data on the chemical composition of groundwater, the state of thermodynamic equilibrium of groundwater with minerals of rocks, a conceptual model for the formation of the chemical composition of groundwater was constructed.

This area is characterized by a high rate of water exchange. Precipitation is significant. The waters of the region have a short contact with the rock. Atmospheric precipitation, falling on the study area, is ultra-fresh water.