

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки Геология 05.04.01
 Отделение школы (НОЦ) геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Геохимия редких и радиоактивных элементов в торфах Камчатки УДК 553.97(571.66):546.79

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ81	Водина Елена Сергеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Арбузов С.И.	Д.Г.-М.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Маланина Вероника Анатольевна	К. Э. Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Наталья Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Языков Е.Г.	Д.Г.-М.Н.		

**Планируемые результаты обучения по основной образовательной
программе подготовки магистров по направлению 05.04.01 «Геология»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	<p>Фундаментальные знания Применять базовые и специальные математические, естественнонаучные, гуманитарные, социально-экономические и технические знания в междисциплинарном контексте для решения комплексных инженерных проблем в области прикладной геологии.</p>	Требования ФГОС ВПО (ОК1, 2, ОК-6, ОК-12, 13, ОК-20, ПК-2, ПК-10, ПК)
P2	<p>Инженерный анализ Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа в области поисков, геолого-экономической оценки и подготовки к эксплуатации месторождений полезных ископаемых с использованием современных аналитических методов и моделей.</p>	Требования ФГОС ВПО (ОК1, 2, 3, ОК-13, ОК-15, ОК-18, ОК-20, ОК-21, ПК-1, ПК-3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14 – 17, ПСК-3.1, ПСК-3.5, 3.6), (АВЕТ-3b)
P3	<p>Инженерное проектирование Выполнять комплексные инженерные проекты технических объектов, систем и процессов в области прикладной геологии с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.</p>	Требования ФГОС ВПО (ОК1, 4 – 8, 14, ПК-3, 6 – 9, 11, 18 – 20) (АВЕТ-3с).
P4	<p>Исследования Проводить исследования при решении комплексных инженерных проблем в области прикладной геологии, включая прогнозирование и моделирование природных процессов и явлений, постановку эксперимента, анализ и интерпретацию данных.</p>	Требования ФГОС ВПО (ОК3, 5, 9, 10, 14 – 16, 21, ПК-10, 11, 21 – 25, ПСК), (АВЕТ3b,c)
P5	<p>Инженерная практика Создавать, выбирать и применять необходимые ресурсы и методы, современные технические и ИТ средства при реализации геологических, геофизических, геохимических, эколого-геологических работ с учетом возможных ограничений.</p>	Требования ФГОС ВПО (ПК7 – 9, 28 – 30 ПСК) (АВЕТ-3e, h)
P6	<p>Специализация и ориентация на рынок труда Демонстрировать компетенции, связанные с особенностью проблем, объектов и видов комплексной инженерной деятельности, не менее чем по одной из специализаций: - геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых; - поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания;</p>	Требования ФГОС ВПО (ОК8 – 10, 12, 15, 18, 20, 22, ПК1, ПСК) (АВЕТ-3с,e,h)

	- геология нефти и газа.	
Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Универсальные компетенции		
P7	Проектный и финансовый менеджмент Использовать базовые и специальные знания проектного и финансового менеджмента, в том числе менеджмента рисков и изменений для управления комплексной инженерной деятельностью.	Требования ФГОС ВПО (ОК1 – 3 13 – 16, 20, 21, ПК-4 – 6, 15, 18 – 20, 23 – 25, 27 – 30, ПСК-1.2, 2.2) (АВЕТ-3е,k)
P8	Коммуникации Осуществлять эффективные коммуникации в профессиональной среде и обществе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности в области прикладной геологии.	Требования ФГОС ВПО (ОК3 – 6, 8, 16, 18, 21, ПК-3, ПК6, ПСК) (АВЕТ-3g)
P9	Индивидуальная и командная работа Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных проблем.	Требования ФГОС ВПО (ОК- 4, 6, 18, ПК-3, 6, 11, 27, 30, ПСК-1.2) (АВЕТ-3d)
P10	Профессиональная этика Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать нормам профессиональной этики и правилам ведения комплексной инженерной деятельности в области прикладной геологии.	Требования ФГОС ВПО (ОК7, 8, 19, ПК-9, 16), (АВЕТ-3f)
P11	Социальная ответственность Вести комплексную инженерную деятельность с учетом социальных, правовых, экологических и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности, нести социальную ответственность за принимаемые решения, осознавать необходимость обеспечения устойчивого развития.	Требования ФГОС ВПО (ОК5, 7, 8, 10, 13, 14, 16 – 21, ПК27-30) (АВЕТ-3с,h,j)
P12	Образование в течение всей жизни Осознавать необходимость и демонстрировать способность к самостоятельному обучению и непрерывному профессиональному совершенствованию.	Требования ФГОС ВПО (ОК-9 – 12, 14, 20) (АВЕТ-3i)

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки Геология 05.04.01
 Отделение школы (НОЦ) геологии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (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
2ЛМ81	Водиной Елене Сергеевне

Тема работы:

Геохимия редких и радиоактивных элементов в торфах Камчатки	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Пробы торфов, пепловых прослоев и воды горячих источников Камчатского края</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</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, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Изучение закономерностей накопления и распределения элементов-примесей в торфяниках верхового и низинного типа; Исследование внешних факторов, влияющих на привнос редких элементов в торф, в том числе пепловых горизонтов и термальных вод.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Геологическая карта юга Камчатского края; Карта торфяных месторождений юга Камчатского края; Орографическая схема Камчатского края</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Доцент ШБИП, к. э. н., Маланина Вероника Анатольевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Старший преподаватель ООД ШБИП, Атепаева Наталья Александровна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Закономерности накопления элементов-примесей в торфяниках</p>	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Арбузов Сергей Иванович	Д.Г.-М.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ81	Водина Елена Сергеевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ЛМ81	Водиной Елене Сергеевне

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	05.04.01 Геология

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Сметная стоимость камеральных работ (Н.И.Р)
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	ССН-92; СНОР-93
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Налоговый кодекс Российской Федерации

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Расчет стоимости ОЗП, амортизации, материалов
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составление плана исследований по анализу геохимии торфяников юга Камчатской области
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Обоснование необходимости изучения геохимии торфяников юга Камчатской области

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Календарный план работ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Маланина Вероника Анатольевна	К. Э. Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ81	Водина Елена Сергеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ЛМ81	Водиной Елене Сергеевне

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление	05.04.01 Геология

Тема ВКР:

Геохимия редких и радиоактивных элементов в торфах Камчатки	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Объект исследования – пробы пепловых горизонтов и вмещающих их торфяников, отобранные на юге Камчатского края.</i></p> <p><i>Приборы:</i></p> <p><i>- дифрактометр ДРОН-3М.</i></p> <p><i>Озоленные пробы массой 100 г укладываются в кювету и помещаются в ДРОН-3М на 2,5 часа, после чего на компьютер, подключенный к дифрактометру выводятся данные и обрабатываются вручную с помощью программного обеспечения EVA.</i></p> <p><i>- ртутный анализатор РА-915+ с приставкой ПИРО-915+.</i></p> <p><i>Кварцевая ложка, наполненная исследуемым веществом (40-70 мг) помещается в разогретый до 700°C испаритель, где происходит пиролиз пробы; датчик измеряет количество улетучивающихся паров ртути и визуализирует данные на экран ПК.</i></p> <p><i>Рабочее место расположено в учебном компьютерном классе (541 ауд.) 20 корпуса ТПУ.</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 – ТОИ Р-45-084-01; – трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197 – ФЗ (ред. от 16.12.2019); – приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302н (ред. от 05.12.2014).
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<ul style="list-style-type: none"> – отклонение показателей микроклимата; – повышение уровня шума; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса; – опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной

	<p>среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека;</p> <ul style="list-style-type: none"> – повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – Защита атмосферы от паров ртути; – Защита гидросферы от ртути; – Литосфера: отходы класса А.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – ЧС – пожар.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Наталья Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ81	Водина Елена Сергеевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 112 с., 34 рис., 18 табл., 76 источников, 3 прил.

Ключевые слова: торф, вулканогенная пирокластика, геохимия, термальные воды, Камчатский край, четвертичная геология.

Объектами исследования являются торфяники юга Камчатского края, пепловые горизонты различного состава и возраста и гидротермальные источники.

Цель работы – изучение содержания и закономерностей распределения элементов-примесей в торфяных массивах, сформировавшихся в условиях воздействия на их состав вулканогенной пирокластики и термальных вод на юге Камчатского края.

В процессе исследования проводилось: изучение элементного состава пепловых горизонтов и вмещающих их торфов, а также вод термальных источников, протекающих через торфяные месторождения, диагностика состава пирокластики рентгенофазовым анализом, электронно-микроскопические исследования.

В результате исследования выявлены закономерности накопления элементов-примесей в торфах, оценено влияние вулканогенной пирокластики и термальных вод на концентрацию химических элементов, выявлены изменения в составе торфов по вертикали и латерали.

Область применения: полученные данные могут быть использованы при дальнейшем изучении геохимии торфов и углей, а также использоваться для корреляции состава торфов внутри региона.

Обозначения и сокращения

ICP-MS – масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой

ВК – вулканический комплекс

ГОК – горно-обогатительный комбинат

ГОСТ – межгосударственный стандарт

ГСО – Государственный стандартный образец

ДВГИ – Дальневосточный геологический институт

ДВО РАН – Дальневосточное отделение Российской Академии Наук

ИНАА – инструментальный нейтронно-активационный анализ

ИРТ-Т – исследовательский реактор тепловой-Томский

МИНОЦ – Международный инновационный научно-образовательный центр

ПК – персональный компьютер

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина

РЗЭ – редкоземельные элементы

СГД – Счетчик газа диафрагменный

ССН – сборник сметных норм

СЭМ – сканирующий электронный микроскоп

ТКЗ – территориальная комиссия по запасам

ФЗ – федеральный закон

ICP-MS – масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	13
1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ РАБОТ	15
1.1 Географо-экономическая характеристика района	15
1.2 Изученность факторов, влияющих на распределение элементов-примесей в торфяниках.....	18
1.2.1 Закономерности накопления и распределения урана в торфяниках	18
1.2.2 Закономерности накопления и распределения германия в торфах	22
1.2.3 Закономерности накопления и распределения РЗЭ в торфе	24
2 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА	28
2.1 Стратиграфия.....	28
2.2 Интрузивные образования	33
2.3 Тектоника.....	34
2.4 Полезные ископаемые	35
3 ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	38
3.1. Торфяники.....	38
3.2 Вулканогенная пирокластика	39
3.3 Гидротермальные воды	44
4 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	48
4.1 Отбор проб.....	48
4.2 Аналитическое обеспечение	50
4.2.1 Пробоподготовка	50
4.2.2 Инструментальный нейтронный активационный анализ (ИНАА).....	51
4.2.3 Масс-спектральный метод с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS)	53
4.2.4 Рентгенофазовый анализ	56
4.2.5 Метод электронной микроскопии.....	58
4.3 Методика обработки информации	59
5 ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ В ТОРФЯНИКАХ.....	61
5.1 Исследование влияния вулканогенной пирокластики на геохимические особенности торфа.....	61
5.2 Изучение влияния гидротермальных источников на состав торфов.....	71

5.3 Основные выводы.....	76
6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	79
6.1 Технико-экономическое обоснование продолжительности и объемы работ	79
6.2 Расчет затрат времени и труда на научно-исследовательскую работу	82
6.3 Расчет затрат на материалы для научно-исследовательской работы	83
6.4 Расчет затрат на оплату труда	84
6.5 Расчет амортизационных отчислений.....	86
6.6 Расчет затрат на подрядные работы.....	87
6.7 Общий расчет сметной стоимости научно-исследовательской работы.....	88
7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	89
Введение.....	89
7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	90
7.2 Производственная безопасность	91
7.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	92
7.4 Экологическая безопасность.....	100
7.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	101
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	102
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА.....	104
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	105
Приложение А	113
Patterns of accumulation of rare earth and radioactive elements in peat	114
1 Introduction	114
2 REE accumulation of peat.....	115
3 Uranium accumulation of peat.....	118
4 Conclusions	123
References	125
Приложение Б.....	128
Приложение В.....	129

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы все чаще встает вопрос о природе накопления элементов-примесей в угольных месторождениях. Понимание закономерностей накопления одних элементов, и рассеяния других важно для прогнозирования оруденения в углях, сформировавшихся в разных блоках земной коры. На эти вопросы ученые уже сформулировали теории, объясняющие аномальные концентрации различных компонентов, основными источниками привноса которых считаются:

- породы области питания бассейна угленакопления;
- вулканогенно-кластогенное поступление пирокластического материала в палеоторфяник;
- гидротермальный привнос элементов-примесей в палеоторфяник или угольный пласт;
- гидрологический фактор и др. [6, 43, 44, 45].

А вот что касается вопроса об этапах, с которых начинается аккумуляция и распределение этих компонентов (стадия торфонакопления и раннего диагенеза), изучен он слабо и имеются только поверхностные представления о закономерностях распределения элементов-примесей как по латерали, так и в разрезе.

Торфяные отложения являются прекурсором углеобразования. Изучение торфяных разрезов поможет установить, какие из вышеперечисленных источников привноса компонентов оказывают наибольшее воздействие на накопление, а также масштабы их влияния.

Камчатский край – это единственный субъект Российской Федерации, где имеются действующие в настоящее время вулканы (состав лавы различается от кислого до основного), а также как следствие этого – наличие большого количества гидротермальных источников. Все это создает уникальные условия для исследования закономерностей распределения и условий накопления радиоактивных и редких элементов в торфяных залежах, подвергнутых влиянию

вулканизма, включая различные по составу горизонты вулканических пеплов и разгрузку различных по составу и температуре термальных вод.

Объектами исследования являются торфяники юга Камчатского края, пепловые горизонты различного состава и гидротермальные источники.

Цель исследований – изучение содержания и закономерностей распределения элементов-примесей в торфяных массивах, сформировавшихся в условиях воздействия на их состав вулканогенной пирокластики и термальных вод.

Автор благодарит своего научного руководителя доктора геолого-минералогических наук, профессора отделения геологии Арбузова Сергея Ивановича за всестороннюю помощь во время написания работы, а так же с. н. с., руководителя ядерно-геохимической лаборатории отделения геологии А.Ф. Судыко и сотрудника лаборатории Л.В. Багутскую за выполнение инструментального нейтронно-активационного анализа; ассистента отделения геологии С.С. Ильенка за содействие в исследованиях минерального состава пепловых горизонтов юга Камчатского края с использованием электронного микроскопа, а также старшего преподавателя отделения геологии А.Ю. Иванова за помощь в подготовке проб.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ РАБОТ

1.1 Географо-экономическая характеристика района

Исследуемый район работ орографически приурочен к Восточному хребту, который состоит из системы кулисообразно размещенных хребтов, простирающихся в северо-восточном направлении (рис. 1.1). В южной части его составляющими являются Ганальский и Южнобыстринский хребты. Хр. Ганальский имеет высокую степень расчлененности. Высшая точка хребта равна 2278 м. В севере от Ганальского расположен Валагинский хребет, по ширине достигающий 40 км, с абсолютными вершинами 1200–1700 м. Каньонообразные долины рек прорезают склоны. С восточной стороны Валагинский хребет соседствует с вулканическим плато. Северо-восточнее р. Правая Щапина протягивается хр. Тумрок. Его вершины достигают 2000 м. Наивысшей точкой района является вершина вулкана Кизимен (2486 м). На севере от р. Левая Щапина располагается хр. Кумроч с высшей точкой – г. Шиш (2345 м) [14].

Камчатку омывают воды Тихого океана и Охотского моря. Дно Охотского моря вблизи полуострова слабо наклонено к западу. Прибрежная часть дна Тихого океана осложнена подводными каньонами. Параллельно восточному побережью расположен Курило-Камчатский желоб с углублениями до 8000 м.

Самыми крупными реками Камчатского края являются Камчатка и Большая. Мелкие реки, большинство из которых впадают в Охотское море, берут свое начало на западных склонах Срединного хребта, а те, которые впадают в Тихий океан – на восточных склонах Восточного хребта и в нагорьях Восточного вулканического района. Реки горные с сезонно меняющимся стоком. Половодье приурочено к летним месяцам (июнь–июль) и связано с таянием снегов в горах. Наименьший сток в феврале–марте. Ледостав происходит в конце октября, а вскрытие рек – в апреле.



Рисунок 1.1 – Орографическая схема Камчатской области [1]

Озера многочисленны и разнообразны по происхождению. Наиболее крупные озера – Курильское и Кроноцкое. Также на территории Камчатки есть лавоподпрудные озера площадью до 10 км², и озера, заполняющие тектонические впадины, к ним относится оз. Сево, приуроченное к Валагинскому хребту. Для прибрежных районов характерно немало лзер лагунного и лиманного типов, не редко с соленой водой.

Климат Камчатского края более мягкий, в отличие от материковой части Дальнего Востока, расположенной на тех же широтах.

Лето в этом районе недолгое и дождливое, а зима мягкая. Среднегодовая температура от +2°С в районе г. Петропавловск-Камчатский до -4°С в Срединном хребте. Наиболее теплые месяцы – июль и август со среднемесячной

температурой +15°C, наиболее холодный – январь (-17°C). Среднегодовое количество осадков достигает 1200 мм. Высота снежного покрова – до 3 м. Влажность воздуха около 80 %, часты туманы. Зимой преобладают ветры с суши, летом – с моря. Местами развита многолетняя мерзлота. Современное оледенение наблюдается на некоторых вершинах гор.

Большая часть пониженных площадей Камчатки покрыта лесом паркового типа, преобладающими древесными породами которого являются каменная береза, реже белая японская береза с подлеском рябины, шиповника, реже кедрового и ольхового стланика и травянистой растительности. В горных районах сплошные лесные массивы поднимаются до высот 500–700 м. На поймах рек развиваются луга. С повышением рельефа леса сменяются зонами кустарников, состоящих из кедрового и ольхового стланика. Кустарники занимают горные склоны до высоты 700–1200 м, выше сменяются альпийскими лугами и горными тундрами из мхов и ягодных кустарников. Свыше уровня 1500 м преобладают россыпи камней и скалы.

Транспортное сообщение Камчатского края с остальной Россией реализуется морскими и воздушными судами. Из Петропавловска-Камчатского имеются постоянные авиарейсы с такими городами как Москва, С.-Петербург, Хабаровск и др. С помощью морских транспортных линий Петропавловск-Камчатский соединен с Сахалином, Владивостоком и Магаданом.

Местные грузопассажирские перевозки осуществляются преимущественно морским, автомобильным и воздушным транспортом, Петропавловск-Камчатский связан шоссейными дорогами с поселками, расположенными в Центрально-Камчатской низменности и на западном побережье.

Среди населения Камчатки преобладают русские. Ительмены, коряки, эвены населяют северные районы. Существенная часть населения сосредоточена в городах Петропавловск-Камчатский и Елизово. Сравнительно заселены Центрально-Камчатская долина и прибрежные области, население горных

областей практически отсутствует. Средняя плотность населения составляет около 0,8 чел. на 1 км².

Основой экономики Камчатской области является ловля морской рыбы. Главными сельскохозяйственными районами считаются Центрально-Камчатская низменность, долина р. Авача и западное побережье. На севере Центрально-Камчатской низменности сосредоточен лесной промысел. Горная промышленность практически не развита и на данный момент занимается только добычей строительных материалов для удовлетворения локальных нужд.

К настоящему времени к эксплуатации готовы золото-серебряные месторождения Агинское, Асачинское, Золотое, медно-никелевое – Шануч. Завершается строительство ГОКа, относящегося к Агинскому месторождению, сооружаются ГОКи на месторождениях Шануч и Асачинское.

1.2 Изученность факторов, влияющих на распределение элементов-примесей в торфяниках

1.2.1 Закономерности накопления и распределения урана в торфяниках

Высокие концентрации урана в торфах известны давно. Наиболее крупный ураноносный торфяник на острове Мадагаскар изучался еще до Первой Мировой войны. На концентрацию урана в торфяниках указывал В.И. Вернадский (1954) [11], как на характерный пример связи урана с органическим веществом. Повышенные концентрации урана в экзогенных условиях, в том числе в торфяных болотах, привлекают внимание с точки зрения возможности обнаружения урановой минерализации в окружающих коренных породах, послуживших источником сноса. Торфяники интересны также как объект для непосредственного изучения механизма накопления урана – процесса, происходящего на наших глазах.

Относительно источников накопления урана торфами существует несколько точек зрения. А. Салаи (1959) считал, что источником накопления

урана в углях на торфяной стадии их образования могут быть кислые изверженные породы в том случае, если воды, формирующиеся за счет их разрушения, содержат не менее $1 \cdot 10^{-5}$ г/л урана [29].

Эта точка зрения разделяется А.В. Коченовым и др. (1965) [19], полагающими, что в благоприятной геологической, гидрогеологической и геохимической обстановках (неотектоническая деятельность, гидродинамическая активность грунтовых вод и восстановительная среда) накопление урана в торфах может происходить за счет мобилизации урана из пород с нормальными или слегка повышенными его содержаниями.

С другой стороны, У.И. Моисеенко (1960) установлено, что повышенные концентрации урана в торфах приурочены к ураноносным зонам в карбонатных породах, являющимися источником накопления урана в торфах [26]. К аналогичному выводу приходит Г. Армандс (1961), который установил, что концентрация урана в торфах, равная $9 \cdot 10^{-2}$ %, накапливается из вод с содержанием урана $1 \cdot 10^{-4}$ г/л при коэффициенте обогащения 1:9 000 [46]. Такие воды по мнению Г. Армандса, могут формироваться в железорудных месторождениях с повышенной радиоактивностью, расположенных вблизи торфов.

А.В. Коченов и др. (1965) считали, что изучение подобных явлений в природной обстановке с позиций актуализма, должно способствовать также более полному пониманию вопросов, связанных с генезисом проявлений урана в древних осадочных породах [19].

Основные закономерности распределения урана в торфяных залежах следующие:

1. Локальность накопления в плане. Участки с повышенной концентрацией урана занимают незначительную площадь, всего 5–10% от площади всего торфяного массива. За пределами этих участков содержание урана в торфах падает до кларковых величин и ниже (рис. 1.2).

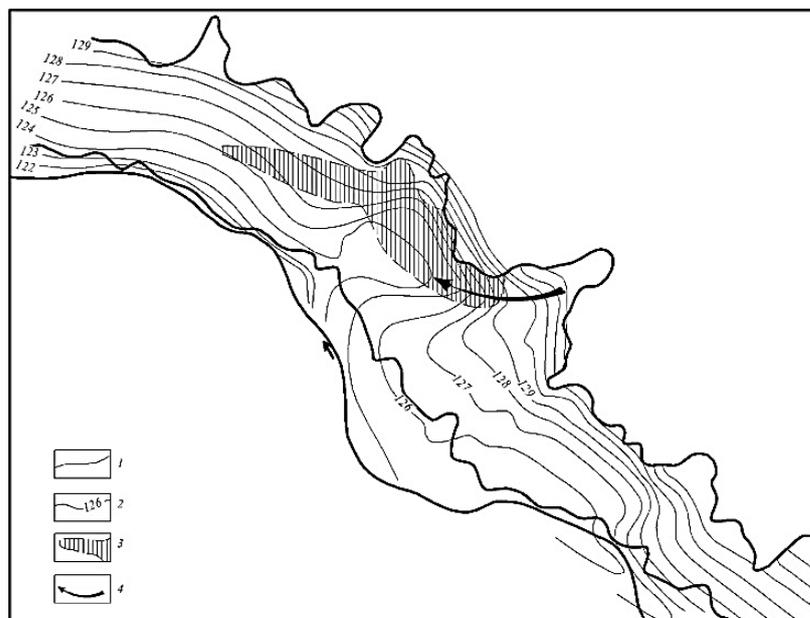


Рисунок 1.2 – Распределение уранового оруденения в торфянике [19]

1 – контуры торфяной залежи; 2 – гидроизогипсы горизонта грунтовых вод (до осушения торфяного болота); 3 –обогаченный ураном торф; 4 – направление наиболее интересных потоков грунтовых вод

Распределение урана в одном из разрезов торфяного пласта представлено на рисунке 1.3. Любопытно, что белые озерные ракушняки как бы «расклинивают» урановое оруденение в разрезе.

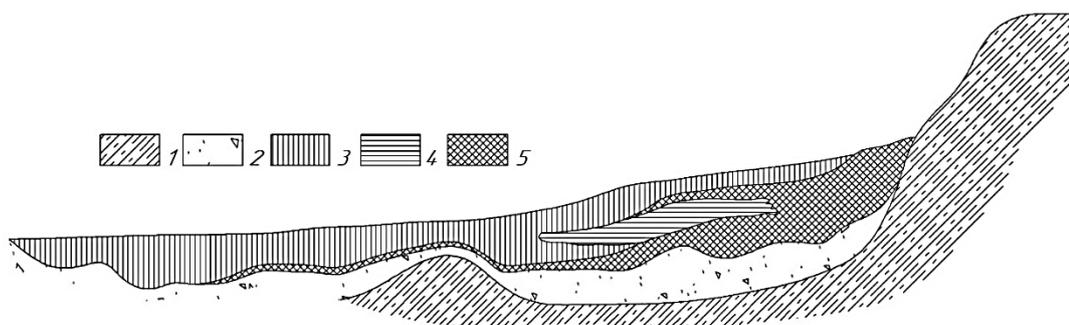


Рисунок 1.3 – Разрез через торфяник [19]

1 – коренные породы (алевриты и песчаники); 2 – аллювиальные пески и супеси;
3 – торф; 4 – озерный ракушняк; 5 – обогаченный ураном торф

2. Повышенные концентрации урана приурочены, как правило, к низам торфяного пласта. К верхним частям пласта содержание постепенно уменьшается до кларковых. За пределами обогащенных ураном участков

мощность обогащенных торфов падает, как и содержание урана в них, хотя в нижних частях разреза концентрация урана всегда остается несколько повышенной.

3. А.П. Лопаткина (1967) указывала на прямую зависимость концентрации урана от содержания в торфе органического вещества, то есть, чем его больше, тем более интенсивно поглощается уран (рис. 1.4) [21].

4. Все ураноносные торфы относятся исключительно к низинному типу.

5. Также А.П. Лопаткиной (1967) было установлено, что при благоприятных условиях ($pH < 7,8$, количество органического вещества в пробах $> 30\%$ и малом колебании величины минерализации вод) наблюдается довольно четкая зависимость между содержанием урана в питающих водах и концентрацией урана в торфах (рис. 1.5) [21].

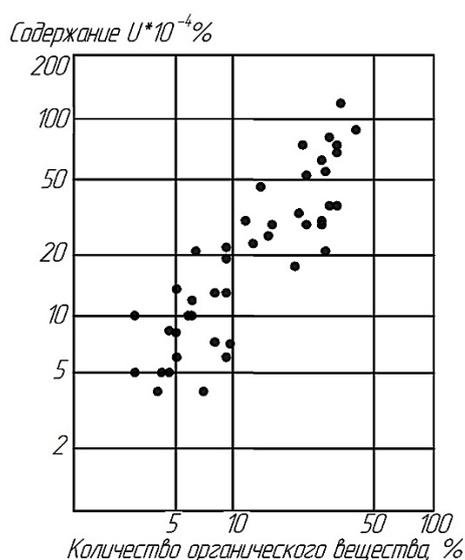


Рисунок 1.4 – Зависимость концентрации урана в торфах от количества органического вещества в них

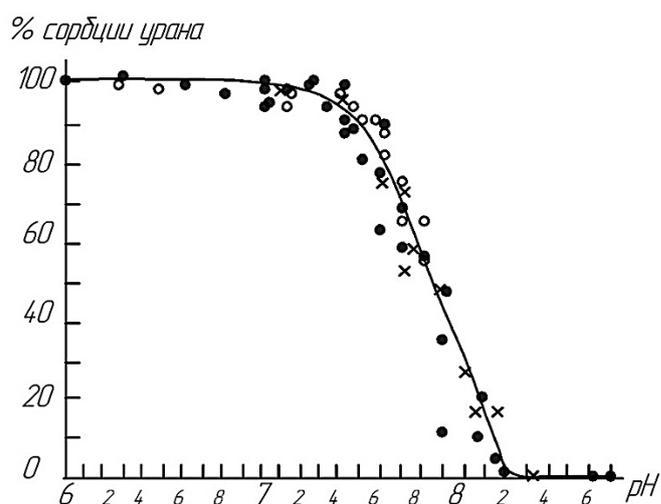


Рисунок 1.5 – Зависимость сорбции урана торфом от pH:
● – из водопункта №1; ○ – из водопункта №2; x – из водопункта №3

6. При прочих равных условиях урана в торфах накапливается тем меньше, чем выше степень минерализации питающих вод [21].

7. Для распределения урана в плане характерно, что рудные участки примыкают почти вплотную к коренному склону.

Условия накопления урана в низинных торфяниках улучшаются в направлении аридизации территории, в соответствии с возрастанием фоновых содержаний урана в питающих водах и интенсификацией биохимического окисления органического вещества. Таким образом, условия для торфообразования и для накопления в торфах урана находится в обратной зависимости. Поэтому ураноносность торфов – явление не региональное, а локальное, возникающее при благоприятном сочетании указанных факторов. В областях избыточного увлажнения ураноносность торфов наиболее вероятна в связи с источником урана в коренных породах. В аридных областях заторфованность – аномальное явление, чаще возникающее в долинах транзитных рек и в озерных котловинах.

1.2.2 Закономерности накопления и распределения германия в торфах

Еще в 1930-х годах Виктор Гольдшмидт обратил внимание на уголь как потенциальный источник германия. В своих работах он указывал на способность этого компонента концентрироваться в больших количествах в золе угля. [49, 50]. После этого ученых стали интересоваться механизмы и закономерности накопления германия в углях, а также его формы нахождения и характер распределения в угольных толщах. И уже в конце 50-х начале 60-х годов прошлого века С.М. Манская и др. (1961); Ф.Я. Сапрыкин (1965) и др. вплотную подошли к изучению особенностей накопления германия торфом, который выступает прекурсором угольных отложений [23, 30].

Существует несколько взглядов на то, что является источником привноса германия в торфяники. А.В. Коченов и др. (1967). отмечали важность состава коренных пород областей питания. Торфяники, приуроченные к кислым изверженным породам (граниты, гнейсы) более богаты Ge. Кроме того, на накопление Ge влияет близость торфяных отложений к коренным породам и мощность перекрывающих четвертичных отложений. Еще одним фактором, оказывающим влияние на концентрацию германия, являются особенности

рельефа, так торфяники, располагающиеся на склонах и в локальных депрессиях второго порядка положительных тектонических структур – валов, имеют более высокие значения этого компонента [18]. Так же на накопление германия влияет тип торфяника. В низинных болотах концентрация Ge в 3-6 раз выше, чем в верховых. Кроме того, на обогащение германием торфов влияет их видовой состав растительности. Так, наибольшие концентрации этого элемента характерны для торфов медиума, сфагнового и осокового вида. В торфяниках с другими видовыми составами высокие концентрации тоже нередки, но его накопление связано уже с другими источниками привноса.

Е.И. Тараканова (1971) в своей работе указывает на роль вод как источник привноса минеральных примесей, в том числе и германия. Также она обращает внимание на отсутствие корреляции между зольностью и содержанием германия в пробах и делает предположение о том, что германий мог поступать в виде раствора [36].

Так же вышеупомянутыми авторами были установлены закономерности распределения германия внутри торфяной залежи:

1. Значительная неравномерное распределение элемента внутри торфяника.
2. Приуроченность повышенных концентраций к основанию торфяной залежи.
3. Локальность оруденения в плане. Участки с повышенной концентрацией Ge в плане занимают не более 10% от ареала всего массива.
4. Приуроченность оруденений к коренным склонам, расположение вблизи крупных оврагов, прорезающих склоны.
5. Для обогащенных германием участков характерен наиболее интенсивный водообмен, а его конфигурация определяется направлением основных потоков грунтовых вод торфяной залежи.
6. Коэффициент распределения германия между водной фазой и гумусов составляет около 100.

Для верховых болот повышенные содержания Ge объясняются тем, что уровень грунтовых вод в какой-то момент поднялся, что повлекло за собой изменения в условиях водоминерального питания болот. Преобладающую роль стали играть грунтовые воды, привнося в уже сформированные торфы верхового сфагнового типа целый ряд микроэлементов, включая и германий.

Таким образом, количество германия в торфах и характер его распределения зависит от геохимических особенностей пород области сноса, а распределение их на площади торфяника зависит от его геоморфологической приуроченности, обуславливающей конфигурацию месторождения, уклон минерального ложа, степень приподнятости берегов над его поверхностью. Так же к благоприятным предпосылкам накопления металла в торфяном массиве относятся: небольшая мощность рыхлых наносов и неглубокое залегание коренных пород, обогащенных германием; связь горизонтов грунтовых вод, питающих торфяник, с коренными породами.

Слабо проявляется связь концентраций металла с особенностями состава торфов, поэтому причина локализации германия заключается не в самих торфах, а за их пределами – в большей степени в геологическом строении области питания.

1.2.3 Закономерности накопления и распределения РЗЭ в торфе

Закономерностями накопления редкоземельных элементов интересовались как советские, так и зарубежные (в частности финские) ученые еще с середины прошлого столетия. Однако этот вопрос до сих пор является актуальным и слабо изученным. Тем не менее удалось выявить основные факторы, влияющие на миграцию и распределение редких металлов, а также обнаружить некоторые особенности в распределении РЗЭ внутри торфяников.

Так, финские ученые (I. Yliruokanen, S. Lehto; 1995) внесли свой вклад, изучив некоторые болота Финляндии, и выявив следующие закономерности, влияющие на содержание РЗЭ в торфяниках [55]:

1. Наиболее богатые концентрации редкоземельных элементов обнаружены в торфяных залежах, располагающихся в непосредственной близости к коренным породам, которые представлены рапакиви, гранита и архейского гнейса. Так же им удалось установить, что торфы, залегающие на гранитах рапакиви, наиболее качественно и количественно богаты редкими землями; промежуточные положения занимают торфяники, приуроченные к гранитным породам; и на последнем месте находятся болота, источником привноса редких элементов которых являются архейские гнейсы.

2. Помимо связи торфяников с коренными породами, J. Loupamaa (1954) установлена зависимость концентрации Y в финских растениях от видовых особенностей торфа. Самое высокое содержание Y обнаружено в папоротниках, за которыми следуют лишайники и мхи [51].

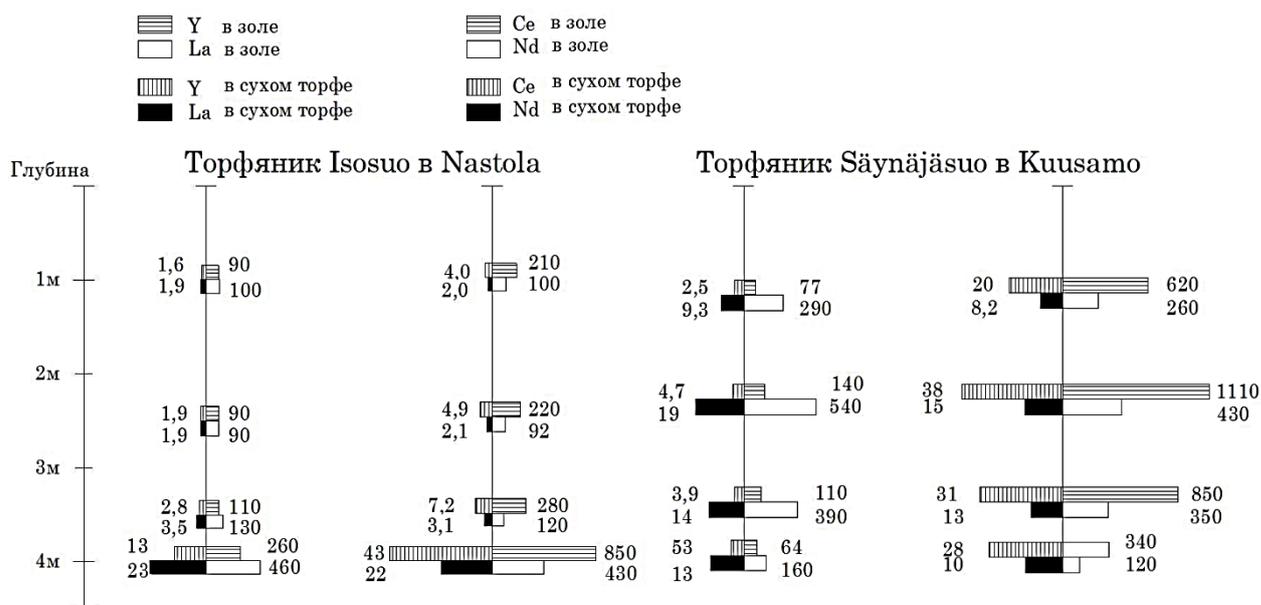


Рисунок 1.6 – Вертикальное распределение содержания Y, La, Ce и Nd (г/т) в золе и сухом торфе в двух болотах Финляндии [55].

1 – Торфяник Isosuo в Nastola. Геологическое обрамление представлено гранитами. Из растений преобладают Carex и Sphagnum; 2 – Торфяник Säynäjäsuo в Kuusamo. Коренные породы представлены гнейсами архея; преобладают осоковые растения.

3. В целом содержание редкоземельных элементов было выше в базальных слоях торфа. Тенденция, наблюдаемая в вертикальных

распределениях, связана с низкой подвижностью редкоземельных элементов (рис. 1.6).

4. Самые высокие концентрации РЗЭ внутри торфяников наблюдаются в их нижних горизонтах, что объясняется их более близкой связью с коренными породами.

5. Отмечается низкая миграционная способность редких элементов (в частности Y, La, Ce и Nd) в вертикальном разрезе.

Советские ученые (А.В. Коченов и др., 1965) не остались в стороне и, детально изучив торфяники России, сделали свои выводы, не противоречащие более ранним исследованиям [18].

1. Ими были установлены особенностями регионального распределения РЗМ в торфяных месторождениях, а именно: концентрации редкоземельных элементов напрямую зависят от состава коренных пород областей питания (также указывая на то, что торфяники с высоким содержанием и большим разнообразием редких земель в основном приурочены к областям питания, в которых развиты породы юрского возраста); контролирование состава редких земель рельефом коренных пород, который как было установлено М.В. Карандаевой (1957) обусловлен тектоническим строением фундамента и неотектоникой [15]. Наиболее благоприятные условия для концентрации элементов складываются на склонах положительных платформенных структур – поднятий, валов, хорошо проявленных в рельефе в виде возвышенностей; концентрации РЗЭ зависят от миграционной способности элементов в зоне гипергенеза, а также их родства с органическим веществом растительного происхождения.

2. Распределение редкоземельных элементов внутри торфяной залежи и даже в одном разрезе торфяного пласта отличается значительной неравномерностью. Характер распределения элементов связан с зонами выклинивания грунтовых вод, поступающих со стороны коренных склонов долин. Нередко участки с повышенными кларками повторяют конфигурацию внутрезалежных речек и наиболее интенсивных потоков торфяных вод.

3. Что касается распределения РЗЭ по типам и видам торфяных залежей, то тут выделяет следующие закономерности: концентрации редких земель в 3-6 раз выше в низинных торфяниках по сравнению с верховыми; отсутствует прямая корреляция между зольностью и содержанием редких элементов.

4. Рассматривая вопрос о механизме накопления редкоземельных элементов в торфяниках можно выделить следующие аспекты: растения-торфообразователи при жизни накапливают 20–60 % и выше от общего количества металлов в торфе (при нормальных условиях, при фоновых содержаниях этих элементов в почвах и породах). Чаще всего процесс поглощения РЭ торфом рассматривается как сорбция. Также было установлено, что несколько повышенной поглотительной способностью обладают древесные, осоковые и осоково-древесные разновидности торфа с высокой степенью разложения, но в других видах торфа более низкая поглотительная способность компенсируется их высокой пористостью и водообильностью.

В последние годы эти исследования были усовершенствованы и дополнены С.И. Арбузовым и др. (2016). Благодаря им можно сказать, что во время процесса торфонакопления, редкие земли чаще всего (в 60–80 % случаев) накапливаются в веществах, растворяющихся в воде и легко разлагаемых (например, аминокислоты и гуминовые вещества). Остальные редкие земли концентрируются во фракциях негидролизующихся веществ или в гуминах. Таким образом, в торфах РЗЭ, находящиеся в подвижных формах, значительно преобладают. Также установлено, что для фракции веществ, которые растворяются в воде и легко разлагаются, характерно относительное обогащение легкими РЗ, а гумины – тяжелыми [3].

2 ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА

2.1 Стратиграфия

Стратиграфический разрез района представлен осадочными, вулканогенно-осадочными и вулканогенными породами мелового и кайнозойского возраста – покровными фациями вулканических комплексов (ВК) (рис. 2.1). На исследуемой территории по латерали и разрезу преобладают осадочные и вулканогенные породы мелового возраста, в разной степени метаморфизованные. Камчатско-Олюторскую зону слагают мел-палеоценовые вулканогенные породы и осадочные палеоценовые породы, которые согласно перекрывают вулканиты [14].

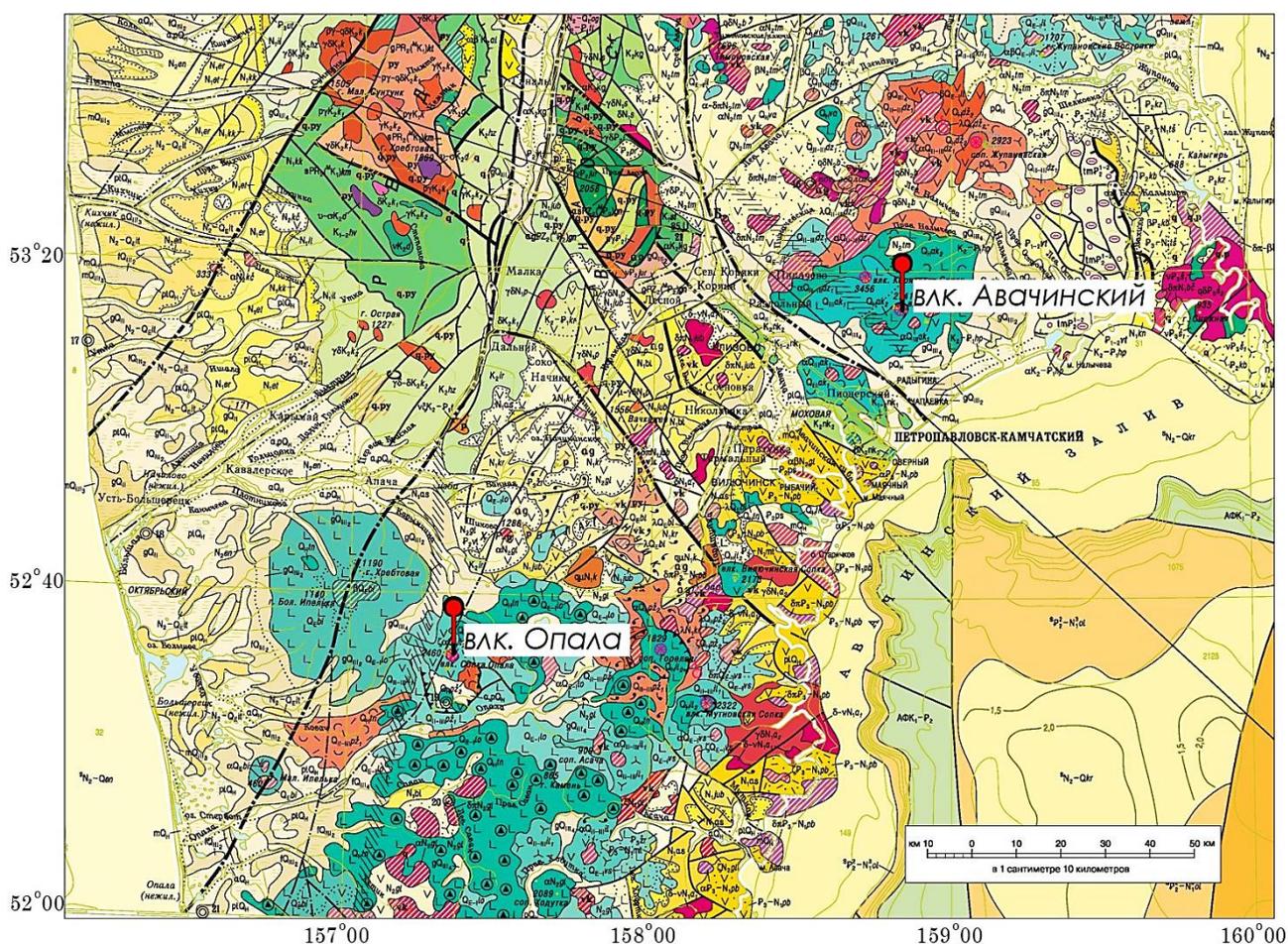


Рисунок 2.1 – Геологическая карта исследуемого района (часть геологической карты N-57) с дополнениями автора [33].

Примечание: условные обозначения к карте прил. Б

В Южно-Камчатской части сформировались плиоцен-четвертичные вулканогенные образования. Рыхлые четвертичные отложения прослеживаются во всех зонах.

МЕЛОВАЯ СИСТЕМА

НИЖНИЙ ОТДЕЛ

Стеновая серия (K_{1st}) имеет широкое распространение в Ганальском хребте, в бассейнах рек Стеновая, Правая Авача, Покосная, Исхаладыч и имеет альбит-хлорит-эпидотовый, альбит-актинолит-эпидотовый, альбит-биотит-хлоритовый, альбит-амфиболовый, эпидот-амфибол-плагиоклазовый, амфиболовый, кварц-плагиоклаз-эпидот-амфиболовый состав сланцев, которыми она сложена, а также маломощные пачки филлитов и редкие линзы карбонатных пород. Образованиями этой серии сложены тектонические блоки и чешуи. Стеновая серия имеет тектонические контакты с выше и нижерасположенными отложениями в стратиграфическом разрезе. Кроме того, зеленосланцевая и эпидот-амфиболитовая фации регионального метаморфизма слагают серию. Фация зеленых сланцев состоит из хлорита, эпидота, актинолита, которые являются породообразующими минералами. Эпидот-амфиболитовая фация представлена плагиоклаз-амфиболовыми породами. Еще к этой фации относят филлиты. Мощность серии до 1500 м.

ВЕРХНИЙ ОТДЕЛ

Хозгонская свита (K_{2hz}) преимущественно сложенная из песчаников с прослоями и линзами алевролитов, сланцев аспидного и глинистого состава, одиночными линзами представленными внутрiformационными конгломератами и гравелитами, довольно редко встречаются прослойки туфа, туффита, яшмы, метатуфа, сланцев кварц-хлоритового, хлорит-серицит-кварцевого, хлорит-эпидотового состава, микрокварцита, брекчиевые и конгломерат-брекчиевые породы, имеются редкие базальтовые потоки. Контакт с нижележащими отложениями тектонический. Хозгонская свита состоит из

двух согласно залегающих подвит: нижнехозгонской главным образом песчаниковой и верхнехозгонской большей частью алевроито-аргиллитовой. Для пород хозгонской свиты характерен общий низкий уровень метаморфизма фации зеленых сланцев (хлорит-мусковитовой субфации) Породы хозгонской свиты характеризуются локальными проявлениями пластических и хрупких деформаций, например, гофрировкой, микроскладчатостью, будинажем и разлинзованием, сланцеватостью, микроплойчатостью, зонами милонитизации, смятия. Структура песчаников в основном псаммитовая и бластопсаммитовая, массивная, слоистая; текстура сланцеватая слабо выражена. Обломки имеют разную степень окатанности. Из минералов преобладают кварц и плагиоклазы (45–70 %). Мощность свиты около 2500 м.

ПАЛЕОГЕНОВАЯ СИСТЕМА

ПАЛЕОЦЕН–ЭОЦЕН

Ветловская серия (P_{1-2vt}). Породы этой серии характерны для побережья Камчатского залива до нижнего течения р. Быстрая. Выше и ниже расположенные горизонты повсеместно граничат с серией тектонически, и часто им сопутствуют зоны меланжей. Для пород свойственна сильная дислокация, трещиноватость, многочисленные нарушения на блоки, углы падения пород в основном от 60–70° до вертикальных, неоднократно встречаются пласты с опрокинутым залеганием, бесчисленные изоклиналильные складки и складки волочения, меланжи.

Ветловская серия сложена алевролитовыми, аргиллитовыми, песчаными, туфоалевролитовыми, кремнисто-аргиллитовыми и алевролитовыми породами, редко яшмами, кремнистыми карбонатами, известняком, мергелем, базальтом и его туфами, пикробазальтом, пикритом. Мощность серии достигает 4500 м.

ОЛИГОЦЕН

Утхолокская свита (P_{3ut}) представлена песчаником, туфопесчаником, алевролитами, туфоалевролитом, аргиллитом, с маломощными прослоями

туффитов и туфов среднего состава. В общей сложности разрез свиты характеризуется преобладанием песчаников и туфопесчаников с многочисленными конкрециями и прослоями карбонатных песчаников, мергеля мощностью около 1 м. Часто присутствуют горизонты ракушняков, много растительного детрита, встречаются конкреции марказита. Для верхней части свиты характерно появление прослоев опоковидного алевролита и аргиллита. С востока на запад по разрезу повышается роль алевролита и аргиллита.

Мощность свиты варьирует от 200 до 600 м.

НЕОГЕНОВАЯ СИСТЕМА

Миоцен

Карымшинский комплекс риодацитовый

Покровные образования (N_{1kr}) преобладают главным образом в бассейнах верхнего и среднего течений р. Банная и в верховьях рек Средняя Карымшина и Паратунка. Представлены существенно игнимбритами риодацитов, а также дацитами, риолитами, туфами этого же состава, реже встречаются дацитовые, риодацитовые и риолитовые лавы, иногда отмечаются трахиандезитовые и трахидацитовые потоки. Для всего разреза характерно наличие редких и маломощных прослоев и линз туффита, туфопесчаника, туфоалевролита, туфогравелита и туфоконгломерата.

Петрографически лавы однообразны, часто это флюидалные породы с вкрапленниками плагиоклаза, биотита, кварца, роговой обманки, клинопироксена. Туфы и игнимбриты – лито-, витро-, кристаллокластические породы, состоящие в основном из обломков кислых лав, стекла, пемзы, плагиоклаза, кварца, биотита, пепловых частиц.

Мощность отложение до 400 м.

ПЛИОЦЕН

Энемтенская свита (N_{2en}). Свита сложена песчаниками, туфопесчаниками, конгломератами, гравелитами, туфоалевролитами,

галечниками, песками, валунниками, туффитами, редко туфами среднего состава. В основании свиты повсеместно залегают базальные конгломераты мощностью до 30 м, которые вверх по разрезу сменяются разномерными песчаниками с прослоями и линзами конгломератов, песков, валунников. Туффиты, туфоалевролиты и туфы появляются в средних и верхних частях разреза. В туффитах и туфоалевролитах присутствуют отпечатки листовой флоры и растительный детрит. В целом отложения слабо литифицированы, залегают субгоризонтально.

Мощность их увеличивается в западном направлении от 100 до 760 м.

ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СИСТЕМА

Верхнее звено

Вторая ступень

Образования этого времени связаны с деятельностью горно-долинных ледников второго оледенения.

Ледниковые отложения первой стадии второго оледенения (gQ_{III}²) развиты повсеместно в пределах низменной, равнинной, предгорной и долинной областей района. Слагают сглаженные, полуразрушенные валы боковых, донных и конечных морен. Они подверглись размыву тальми ледниковыми водами второй стадии и часто выступают в виде отдельных массивов среди флювиогляциальных равнин более молодого возраста. Холмисто-западинный рельеф морен сильно сглажен, чаще он пологоволнистый с отдельными буграми и западинами. Отложения представлены неслоистыми и несортированными суглинками, супесями, глинами, песками с валунами, галькой, щебнем, дресвой, глыбами, валунниками, валунистыми галечниками. Мощность их достигает 73 м. Палинологические и диатомовые комплексы из этих отложений отражают суровые климатические условия времени оледенения.

ГОЛОЦЕН

Аллювиальные отложения (aQ_H) развиты повсеместно по долинам рек. Аллювий пойм и русел в горной части представлен галечниками с валунами, валунниками. По мере выхода рек на равнины грубообломочные фации сменяются постепенно мелкообломочными, улучшается окатанность, растёт роль песчаной и глинистой фракции. Ближе к морю аллювий представлен песчано-глинистыми отложениями с мелкой галькой и гравием. В долинах крупных рек аллювиальные террасы сложены галечниками с песчано-гравелистым заполнителем, галечно-гравийными отложениями с песчаным заполнителем, песками, супесями, суглинками, глинами, илами, иногда с линзами торфа.

Максимальная мощность характеризуемых отложений 16 м.

2.2 Интрузивные образования

На изучаемой территории интрузии представлены локальными проявлениями различного возраста и состава [14].

Раннемеловая–раннеэоценовая эпоха

Интрузии позднемелового–палеоценового возраста

Левоандриановский латеральный ряд

Левоандриановский латеральный ряд представлен в основном умеренно-щелочными габбро, которые характеризуются концентрически-зональным строением. Интрузивы хорошо выражены в геофизических полях. Им соответствуют положительные гравитационные и магнитные аномалии до 500–700 нТл, характерной в ряде случаев кольцевой либо овальной формы. Интрузии этого ряда активно контактируют с зональными массивами позднемелового–раннепалеогенового возраста. Возраст интрузий колеблется от 52 до 86 млн. лет (определялся $K-Ar$ методом).

СРЕДНЕЭОЦЕНОВАЯ–ПЛИОЦЕНОВАЯ ЭПОХА ИНТРУЗИИ МИОЦЕНОВОГО ВОЗРАСТА

Ахомтенский плутонический диорит и grano-диоритовый комплекс

Первая фаза (δN_{1a1}) характеризуется телами в основном диоритового состава со взаимными переходами между кварцевыми диоритами и габбро, размещающимися вдоль края массива. Эндоконтакты могут быть как четкими и ровными, так и размытыми постепенными. На контактах интрузий с вмещающими породами прибрежного вулканического комплекса структура пород становится мелкокристаллической и появляются единичные ксенолиты вмещающих пород. На границе интрузии с вмещающими породами ороговиковая зона доходит до мощности 300 м. Состав контактово-измененных пород представлен актинолитом, кварцем, кислым плагиоклазом, биотитом и магнетитом. Диоритовые породы состоят из зональных плагиоклазов, роговой обманки и моноклинных пироксенов (около 30 %). Из аксессуарных минералов преобладают титаномагнетит, сфен, реже циркон. Для габбродиоритов и габбро характерен следующий состав: плагиоклаз (лабрадор), моноклинный пироксен и магнетит, отмечаются единичные зерна оливина.

2.3 Тектоника

Камчатская область является переходной материково-океанической зоной и относится к северо-западному сегменту Тихоокеанского подвижного пояса, а также причисляется к Корякско-Камчатской покровно-складчатой системе. На Камчатке выделяют шесть структур первого порядка [14].

Изучаемый район полностью входит в Восточно-Камчатский горст-антиклинорий. Это протяженная структура, которая четко наблюдается по юго-восточному борту Центрально-Камчатского рифта. Горст достаточно вытянут (400 км) и в ширину достигает 130 км на юге, и 60 км на севере. Горст-антиклинорий практически повсеместно перекрыт вулканитами неоген-четвертичного возраста и образованиями Тюшевского прогиба среднеэоцен-

миоценового возраста. В поперечном разрезе горст имеет ассиметричное строение. Возраст отложений, которым представлен горст варьирует от мелового-палеоценового (терригенные и кремнисто-вулканогенные породы) на западном крыле до палеоцен-раннеэоценового на восточном.

В горсте-антиклинории выделяется несколько крупных блоков, отличающихся друг от друга тектоническим строением: Петропавловский, Ганальский, Валагинский – имеют сложное тектоническое строение; Кижиченокский, Голубовский, Адриановский и Южно-Кумрочский – с относительно простым тектоническим строением.

2.4 Полезные ископаемые

Исследуемый район находится в пределах Курило-Южно-Камчатской минерагенической субпровинции.

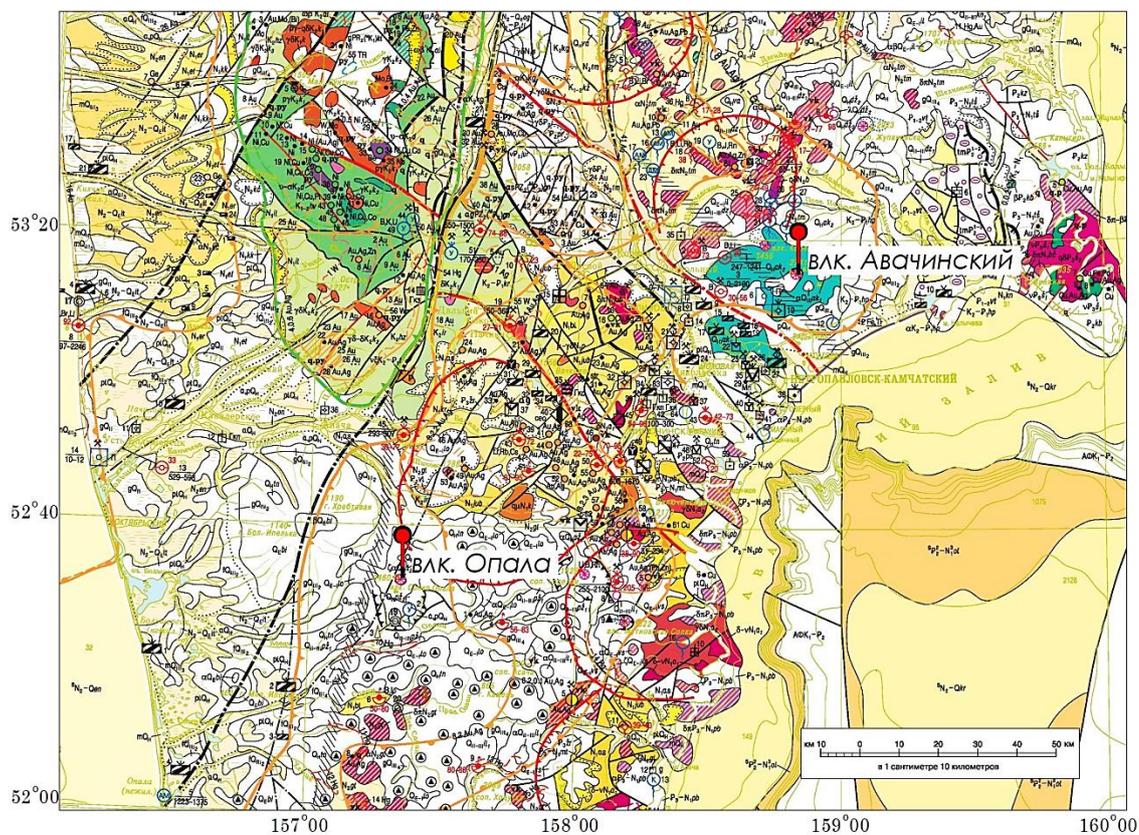


Рисунок 2.2 – Карта полезных ископаемых исследуемой территории [34] с дополнениями автора

МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ
КОРЯКСКО-КАМЧАТСКАЯ ПРОВИНЦИЯ



Рисунок 2.3 – Условные обозначения к карте полезных ископаемых [34]

В пределах исследуемой территории выделяется две установленные минерагенические зоны, одна из которых богата золото-серебряными рудами, а другая – медно-никелевыми (рис. 2.2– 2.3) [14].

На исследуемой территории обнаружены месторождения почти всех групп (кроме солей) полезных ископаемых – горючие, металлические и неметаллические, подземные воды. Наибольшее значение для района имеют благородные и цветные металлы, россыпи золота, подземные воды. Также важными являются угольные и торфяные месторождения и месторождения строительных материалов.

Объекты полезных ископаемых, по которым посчитаны запасы категорий C_1 и C_2 и ресурсы категорий P_1 – P_3 ратифицированы на 01.01.2005 г. ТКЗ Территориального агентства по недропользованию по Камчатской области и Корякскому автономному округу.

3 ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данная глава посвящена описанию объектов исследования, которые представлены торфяниками, пепловыми горизонтами и термальными водами юга Камчатской области.

3.1. Торфяники

Торфяники Камчатки в основном сосредоточены на территории Западно-Камчатской низменности. Большинство торфяников Камчатской области относятся к третичным и четвертичным осадочным отложениям, которые приурочены к крупным прогибам слоев мезозойского и палеозойского возрастов.

Торфяные залежи Камчатской области обладают отличительной особенностью – повсеместное наличие прослоев вулканогенной пирокластики мощностью до 0,5 м. Еще одна характерная черта для Камчатских торфяников – отсутствие пней и древесной растительности в их составе.

Всего было изучено 6 торфяных месторождений: вблизи с. Апача; недалеко от газопровода в районе с. Апача; на Начихинском перевале; у ручья Железный; и в непосредственной близости к гидротермальным источникам Паратунка и Терма.

Торфяник в районе с. Апача ($52^{\circ}55'207''$ с.ш., $157^{\circ}16'322''$ в.д.) – это верховой торфяник. Из растительности отмечаются багульник, мох, клюква, шикша (водяника) и осока. Кисотно-щелочной баланс болотной воды составляет 4,7 (кислый). В разрезе торфяника обнаружены 4 пепловых прослоя, отнесенные к извержениям ОП 1500, КС 1800, АВ 2800 и КС 6000.

Торфяник на водоразделе в 100 м от трассы газопровода ($52^{\circ}57'558''$ с.ш., $157^{\circ}05'060''$ в.д.) также является верховым торфяником с зарослями кедрового стланика и крупными стелющимися кустарниками клюквы. Вода имеет $pH=4,6$ (кислая). Торфяник включает три пепловых горизонта (ОП 1500, АВ 5300 и КС 6000).

Эвтрофное болото на Начикинском перевале (53°06'355'' с.ш., 157°49'417'' в.д.), в кровле которого преимущественно присутствуют осоковые растения, мхи, реже карликовая береза. Цвет от светло-бурого до темно-бурого. Торфяная вода имеет рН=6,1 (слабокислая). В разрезе торфяника присутствует 5 горизонтов вулканогенной пирокластики – ОП 1500, КС 1800, АВ 2800, АВ 5300 и КС 6000.

Низинный торфяник в борту р. Железная (53°17'090'' с.ш., 158°24'665'' в.д.). Цвет от рыжевато-бурого до темно-бурого. Вскрыто 8 пепловых прослоев – ОП 1500, АВ 1600, КС 1800, АВ 2800, ОП 4600, АВ 5300, КС 6000 и КР 6400.

Торфяник на горячем источнике Паратунка (52°55'050'' с.ш., 158°14'197'' в.д. – 52°55'105'' с.ш., 158°14'209'' в.д.). Температура воды в луже составила 50°С, рН уменьшается от 7,5 до 6,98 по мере удаления от источника (от нейтральной к слабокислой среде). Всего обнаружено три пепловых горизонта КС 1907 г., ОП 1500 и КС 1800.

Торфяник у горячего источника Терма в окрестностях с. Паратунка (52°57'338'' с.ш., 158°17'138'' в.д. – 52°57'316'' с.ш., 158°16'402'' в.д.). Максимальная зафиксированная температура – 20°С, минимальная – 14,4°С; рН баланс увеличивается по мере удаления от источника от 6,5 до 9,5 (от слабокислого до щелочного). Всего вскрыто два горизонта с тефрой – КС 1907 г. и ОП 1500.

3.2 Вулканогенная пирокластика

Тефра Камчатского края изучена достаточно хорошо. В настоящее время существует около 30 пепловых горизонтов, которые относятся к маркирующим. Для этих горизонтов тщательно изучены и определены источники извержения, ареалы их рассеивания, возраст с помощью радиоуглеродного анализа, химический и минеральный составы. Кроме того, установлены отличительные особенности для всех этих горизонтов. В торфяных разрезах, которые изучаются

в данной работе зафиксировано 9 маркирующих пеплов горизонтов (табл. 3.1) [5].

Таблица 3.1 – Пеплы крупнейших извержений в разрезах профиля Усть-Большерецк – Петропавловск-Камчатский

Центр извержения	Индекс тефры	¹⁴ C возраст, лет	Объем, км ³	Состав пород	Особенности состава	
					Серия пород	Минералы-индекаторы
Опала - Бараний Амфитеатр - Кратер Чаша	ОП 1500	1478±18	9–10	Р, РД	ВК	Присутствие биотита
	ОП 4600	4628±90	0,9–1	Р	ВК	
Ксудач - Конус Штюбеля - Кальдера V - Кальдера IV	КС 1907 г.		1,5–2	Д, АБ	НК	Отсутствие роговой обманки
	КС 1800	1806±16	18–19	РД	НК	
	КС 6000	6007±38	9–11	А	НК	
Авачинский	АВ 1600	1622±45	≥0,2	АБ	НК	Присутствие роговой обманки
	АВ 2800	2832±26	≥0,27	АБ	НК	
	АВ 5300	5257±23	≥0,3	АБ	НК	
Корякский	КР 6400	6410±160	н.д.	А	УК	н.д.

Примечание: АБ, А, Д, РД, Р – соответственно андезито-базальты, андезиты, дациты, риодациты, риолиты. Серийная принадлежность [12, 54]: НК, УК, ВК – соответственно низко-, умерено и высококалиевая серии; н.д. – нет данных.

Наиболее детально нами изучены пеплы вулканов Опала (ОП 1500), Ксудач (КС 1800) и Авачинский (АВ 2800 и АВ 5300) (рис. 3.1).

Вулканогенная пирокластика кратера Бараний Амфитеатр вулкана Опала (ОП 1500). Тефра ОП приурочена к мощному субкальдерному извержению кратера Бараний Амфитеатр, которое произошло 1500 лет назад (согласно радиоуглеродному датированию), который находится на нижней части подножия вулкана Опала [9, 25]. Это извержение по оси пеплопада было направлено на северо-восток и тефра ОП используется в качестве маркера на всей территории Восточной вулканической зоны.

В границах изучаемого ареала наибольшая мощность тефры ОП (от 7 до 10 см) отмечается на Начикинском перевале, также тефра в этом районе отличается своим крупным размером. В составе преобладает белый вулканический песок (от средне- до грубозернистого) с примесями

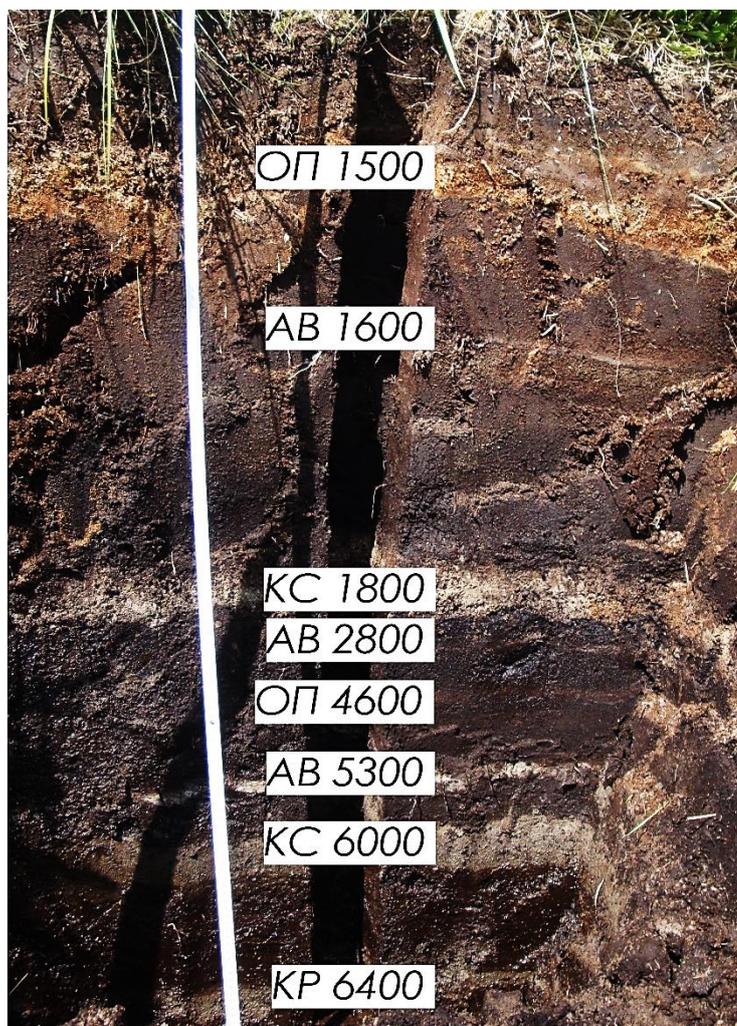


Рисунок 3.1 – Маркировочные пепловые горизонты ОП 1500, АВ 1600, КС 1800, АВ 2800, ОП 4600, АВ 5300, КС 6000 и КР 6400 в разрезе торфяника в борту р. Железная

гравия; в некоторых местах горизонта наблюдается ярко выраженная слоистость, представленная чередованием песков разной размерности и присутствием в верхней части маломощных (0,5–1 см) линзочек тонкозернистого пепла с голубовато-серым отливом. Встречаются пятна буро-коричневого или желтого вторичного окраса. Главной составляющей пеплов является вулканическое стекло, из темноцветных минералов наиболее распространен биотит.

От эпицентра к периферии ареала распространения вулканогенной пироклаستيку закономерно уменьшаются размерность зерен и мощность слоя тефры. В районе с. Апача пепловый горизонт сложен мелкозернистыми, реже

среднезернистыми вулканическими песками белого и светло-серого цвета, мощностью от 1 до 2 см.

Характерными признаками для пеплов ОП 1500 являются: белый цвет; риолитовый состав; повышенное содержание оксида калия; присутствие темноцветных минералов (биотита).

Тефра вулкана Ксудач. Вулкан Ксудач не раз извергался в голоцене, охватывая весь ареал исследуемой площади. Пепловые горизонты этого вулкана являются маркирующими.

Тефра КС образовалась вследствие кальдерообразующего извержения вулкана Ксудач 1800 л.н. (согласно радиоуглеродному анализу) [9, 10, 48]. Ориентация оси пеплопада была направлена в сторону севера, благодаря этому пеплы КС 1800 фиксируются практически во всех исследуемых нами разрезах.

Максимальная мощность (около 10 см) и размер зерен тефры наблюдаются вблизи источника извержения (в торфянике рядом с Начикинским перевалом). Здесь для тефры характерно переслаивание вулканических песков разной размерности (от средне- до грубозернистой), в средней и нижней частях горизонта присутствуют примеси вулканического гравия и лапилли пемзы; для подошвы прослоя характерно наличие тонкозернистого пепла мощностью от 0,5 до 1 см.

В верхней части тефра КС светло-серого или сизовато-серого цвета, в нижней – желтого. Эти цвета присущи горизонту в зоне пеплопада, расположенного близко к источнику [10]. На восток от осевой зоны пеплопада мощность тефры утончается. В районе с. Апача цвет пепла меняется на серо-желтый, сам пепел становится тонкозернистым, а мощность горизонта уменьшается до 1 см.

Тефра КС 1800 по составу соответствует риодацитам с низким содержанием калия [10, 47]. В отличие от вышележащего в разрезе пепла ОП 1500 белого цвета, пеплы КС 1800 имеют желтую и светло-серую окраску, в их составе отсутствует биотит, а оксида калия содержится намного меньше. От

нижележащего АВ 2300 пеплы отличаются как по составу и внешнему виду, так и отсутствием роговой обманки [47].

Пеплы Авачинского вулкана являются одними из самых распространенных в торфяных разрезах на исследуемой площади. Корреляция пепловых горизонтов основана на их сопоставлении с детально исследованными пепловыми прослоями у подножия Авачинского вулкана.

В квартере в развитии Авачинского вулкана выделяются два периода [8]. Первый период пеплопадов представлен в основном тефрой андезитового состава, включает время с 7250 л.н. (по радиоуглеродному датированию) до начала образования Молодого конуса, второй период приурочен к деятельности сформировавшегося 3500 л.н. (согласно методу радиоуглеродного датирования) Молодого конуса с вулканитами преимущественно андезитобазальтового состава.

Вулканогенная пирокластика Молодого конуса в изучаемых разрезах представлена серыми, темно-серыми и серо-коричневым вулканическими песками, иногда с примесью вулканического гравия и лапиллиями шлака. Нередко наблюдается почти полное изменение первичной окраски на желтовато-бурые или серо-зеленые тона. Все пеплы Авачинского вулкана характеризуются пониженным содержанием калия [47].

Пирокластика АВ 2800. Для большинства разрезов в пределах исследуемого ареала этот горизонт является маркирующим. Мощность прослоя и размер пепловых частиц закономерно становятся меньше по мере удаления от источника. В районе Начикинского перевала пепел представлен мелкозернистым, с примесью среднезернистого, вулканическим песком, а в районе с. Апача – преобладает тонкозернистая тефра с примесью вулканического песка в нижней части горизонта. Возраст этого пеплопада недалеко от источника установлен с помощью радиоуглеродного датирования как 2800 лет.

Пирокластика АВ 5300. Пепел оседал преимущественно в направлении запада и юго-запада. Размер зерен быстро уменьшается по мере удаления от источника: на Начикинском перевале пепел тонкозернистый ярко-желтого цвета

с мощностью горизонта около 1–2 см. а в торфяниках у с. Апача уже не обнаруживается. Возраст пепла определялся методом радиоуглеродного датирования и составил 5300 лет.

3.3 Гидротермальные воды

Паратунский гидротермальный район характеризуется отсутствием ярко выраженной взаимосвязи с вулканизмом. Положение района приурочено к разломным тектоническим структурам, которые связаны, в большинстве случаев, с грабеноподобными структурами и вулкано-тектоническими депрессиями.

Исследуемый район представляет совокупность целого ряда проявлений гидротерм. Сюда относят собственно Паратунское месторождение, располагающееся в долине р. Паратунка, а также термы Банного и Начикинского месторождений. Некоторые авторы включают в этот район также Карымшинское месторождение, так как у этих вод схожие геохимические особенности, а территории имеют близкое геологическое строение и гидрогеологические условия [39].

Паратунская депрессия имеет грабеноподобную структуру, которая ступенчато погружается в северо-восточном направлении и включает несколько тектонических блоков, представленных риодацитовыми породами раннего миоцена; андезитобазальтовыми породами и туфами среднего миоцена мощностью от 1500 до 2000 м. Четвертичные отложения (алевролиты, глины, гравийные отложения и конгломераты) перекрывают вулканогенные породы и часто выполняют роль экранов для гидротерм [31]. Наглядное представление о геологическом строении Паратунского грабена дает геологическая схема (рис. 3.2). На территории Паратунского грабена наблюдается много интрузивных тел (диоритового, гранодиоритового составов), которые нередко прорывают вулканиты. На площади депрессии отмечаются различные по глубине разломы меридиональные, субширотные, а также имеющие северо-восточное и северо-

западное направления. Разломы меридионального и субширотного простирания контролируют диоритовые и гранодиоритовые интрузии миоценового возраста.

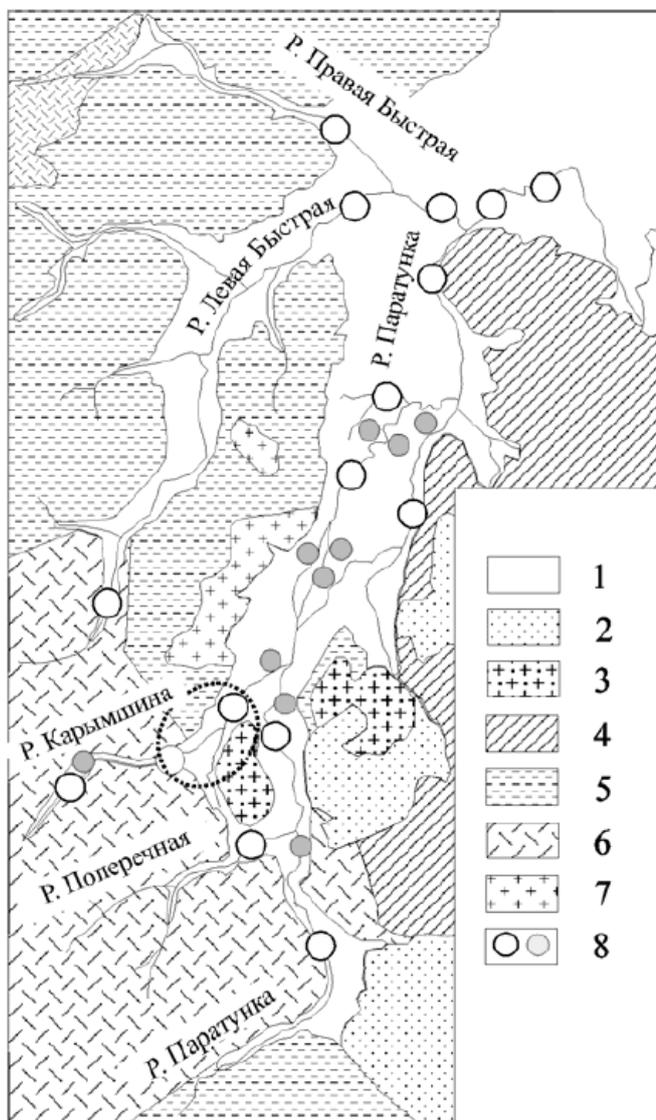


Рисунок 3.2 – Карта-схема геологии Паратунского грабена [31].

1 – аллювий (Q_4); 2 – имандезиты, базальты, шлаки (Q_{1-4}); 3 – липариты (N_2); 4 – андезитобазальты, (N_{1-2}); 5 – осадочные породы (туфогенные песчаники, гравелиты, конгломераты) (Pg_3-N_1); 6 – туфы, преимущественно кислого состава (N_1); 7 – диориты, гранодиориты (N_1)

В Паратунском месторождение выделяют три группы источников: Верхнепаратунская, Среднепаратунская и Нижнепаратунская. Максимальная зафиксированная температура терм равна $106^{\circ}C$. По характеру залегания воды являются артезианскими и имеют трещинно-жильный тип циркуляции. Напор воды уменьшается от Верхне- к Нижнепаратунскому, что означает движение

воды по направлению к нижнему участку [24]. Водоносный горизонт состоит из пород олигоцен-нижнемиоцена (трещиноватые базальты, андезиты и их туфы, относящиеся к паратунской свите). Для Нижне- и Среднепаратунского участков отложения квартера выполняют роль экрана и теплоизолятора для терм и роль водоупора для безнапорных вод. На Верхнепаратунском и Карымшинском участках породы паратунской свиты являются относительным водоупором.

В районе наблюдается сложная геотермическая обстановка. В некоторых местах перепады температуры составляют 50–70°C на 100 м.

Уровень термальных вод изменяется не только сезонно, но и при выпадении атмосферных осадков [24]. Запоздание в изменении уровня термальных вод относительно поверхностных приблизительно равен 4–5 суткам, причем большая согласованность терм наблюдается с водами р. Паратунка, а не с безнапорными водами.

Термы Паратунской депрессии являются азотными щелочными. Из анионов превалирует сульфат-ион, а из катионов – натрий.

Переход атмосферных осадков к термальным водам происходит посредством увеличения кальция и гидрокарбонат-ионов в безнапорных водах, которые фактически становятся гидрокарбонатно-кальциевыми, и затем термы превращаются в сульфатно-натриевые.

Все термальные воды слабощелочные. Значение рН варьирует от 7 (воды на Начикинском перевале) до 9,3 (Среднепаратунский участок). Показатель рН изменяется без каких-либо установленных закономерностей от участка к участку [38]. Для Нижнепаратунского участка характерна наибольшая степень минерализации благодаря высоким концентрациям в первую очередь кальция и хлора. Кроме того, на степень минерализации вод влияет увеличение сульфат-иона. Паратунская гидротермальная система характеризуется различными соотношениями ионов для каждого участка. На Верхнепаратунском участке больше натрия, а на Нижнепаратунском – кальция; Воды Среднепаратунского участка находятся в промежуточном положении. В термах Паратунского месторождения присутствует растворенный кислород (до 2,5%) Содержание

гидрокарбонат-иона в термах довольно устойчиво и достигает первых десятков мг/л. Максимальное содержание HCO_3 установлено в районе Начикинского перевала (53 мг/л). Из основных ионов отмечена довольно низкая концентрация Mg (<0,004 мг/л), его максимальная концентрация отмечена в термах Начикинского месторождения (до 0,007 мг/л) и термах Нижнепаратунского участка – 0,п мг/л. SiO_2 ведет себя достаточно единообразно, его содержание изменяется в интервале от 14,5 до 41,2 мг/л, при этом повышенные концентрации отмечаются в районе Начикинского участка (36,9–39,4 мг/л) и на Нижнепаратунском участке.

4 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Отбор проб

В 2018 и 2019 гг. пробоотбор производился группой исследователей из ТПУ, ДВГИ и Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН на юге полуострова Камчатка. Отбирался как твердый материал (торф и пепел), так и вода. Всего опробование выполнено на 6 локальных участках: вблизи с. Апача, недалеко от газопровода в районе с. Апача, на Начикинском перевале, у ручья недалеко от газопровода в районе с. Апача, на Начикинском перевале, у ручья

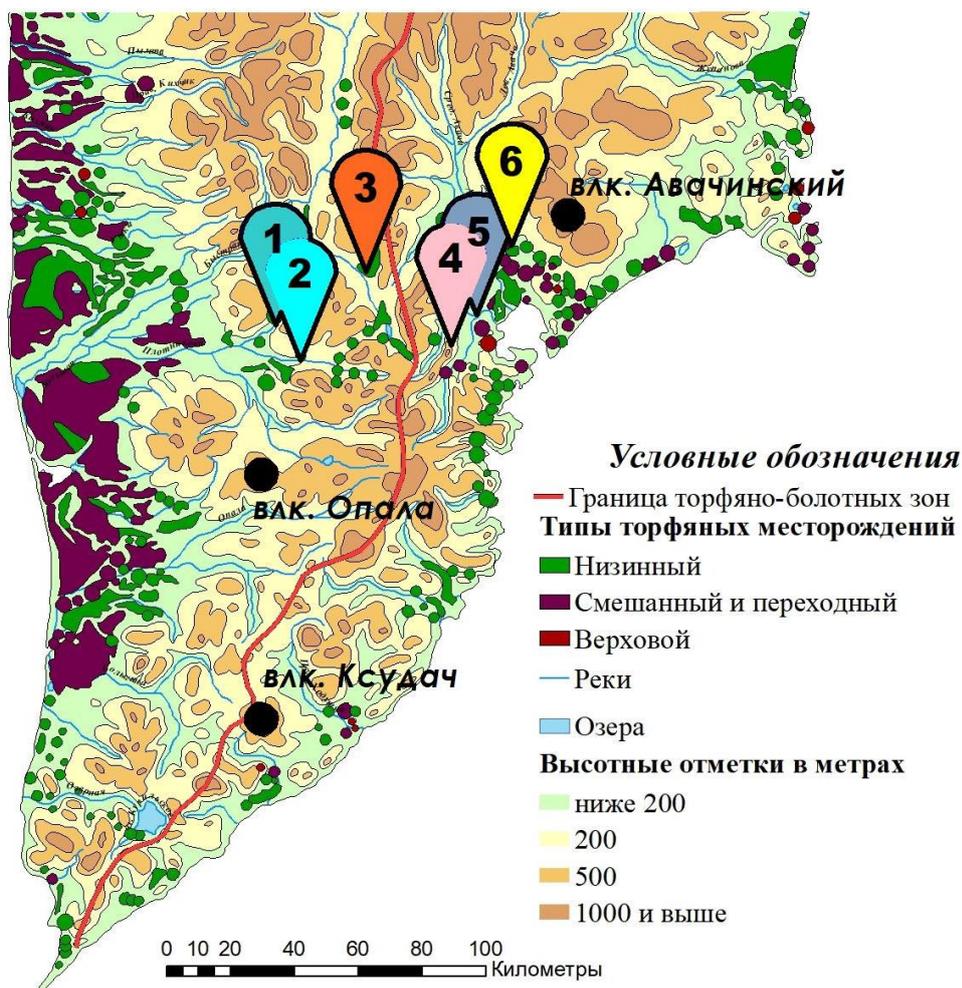


Рисунок 4.1 – Карта торфяных месторождений на юге Камчатского края [4].

1 – опробование торфяника рядом с газопроводом у с. Апача; 2 – опробование торфа в районе с. Апача; 3 – опробование торфяника на Начикинском перевале; 4 – опробование торфа на горячем источнике в районе с. Паратунка; 5 – опробование торфяника у горячего источника в окрестностях с. Паратунка (Термальный); 6 – опробование торфяника у ручья Железный.

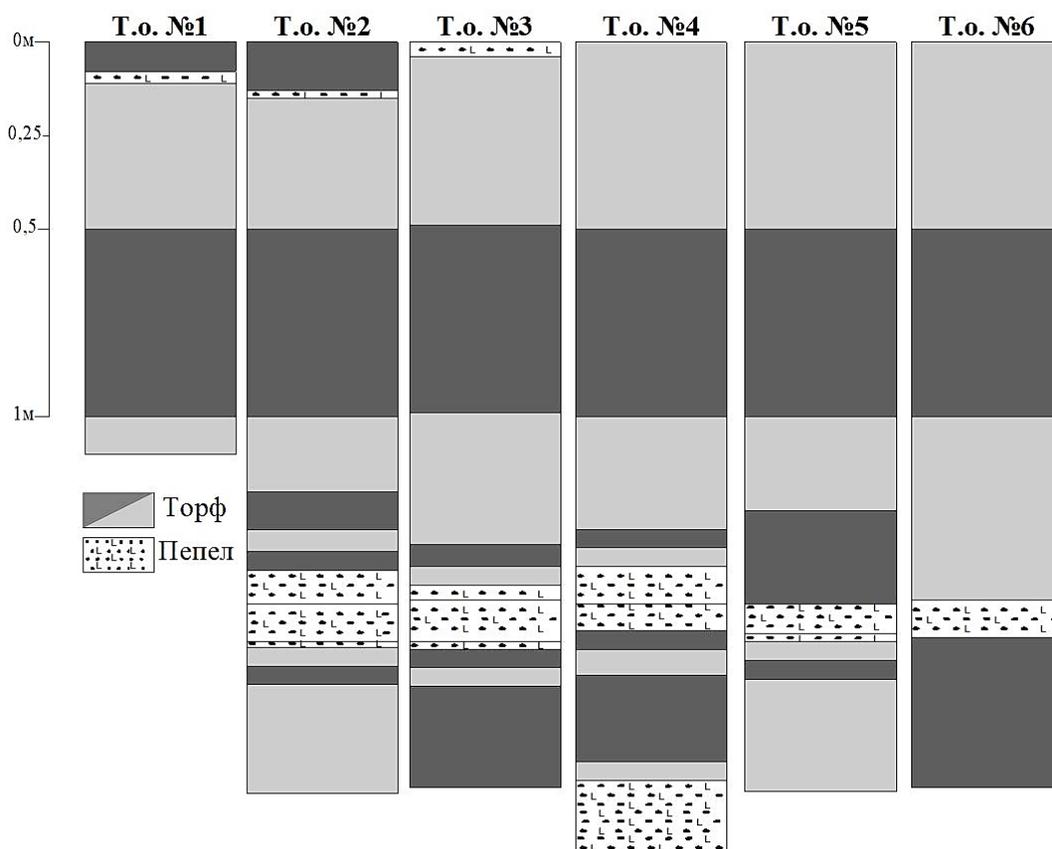


Рисунок 4.2 – Разрезы торфяного месторождения вблизи Паратунки. Между первой и второй точками отбора находится исток гидротермы Паратунка, последующие точки располагаются вдоль по течению источника

Железный, и в торфяных массивах в непосредственной близости к гидротермальным источникам Паратунка (рис. 4.2) и Терма (рис. 4.1).

Исследуемые торфяники представлены эвтрофным и олиготрофным типами. Пробы на низинных (эвтрофных) торфяниках имеют более плотную текстуру, благодаря которой есть возможность выкопать лопатой шурф, отобрать пробы по разрезу, сделать точные замеры прослоев и сфотографировать разрез (рис. 4.3). Пробы на верховых (олиготрофных) торфяниках отбирались торфоразведочным буром. С его помощью извлекался керн небольшого диаметра, который в дальнейшем фотографировали, измеряли мощность горизонтов и делили на отдельные пробы на границах смены пород или через определенные интервалы (25–50 см) (рис. 4.4).



Рисунок 4.3 – Шурф на Начикинском перевале, переслаивание торфа с пеплами



Рисунок 4.4 – Керн, извлеченный из верхового торфяника вблизи с. Апачи

Всего было отобрано 223 пробы твердого вещества, из которых 44 – это вулканогенная пирокластика, и 4 пробы воды.

При отборе проб воды, также производились замеры температуры и pH.

4.2 Аналитическое обеспечение

Лабораторное изучение образцов включало методы инструментального нейтронно-активационного и рентгенофазового анализов, а также масс-спектральный метод и метод электронной микроскопии. Также была определена зольность осадков прокаливанием при температуре 800 ± 25 °C [57].

4.2.1 Пробоподготовка

Предварительно высушенные пробы торфа и вулканогенной пирокластики подвергались ручному измельчению с помощью специальных

инструментов. Далее большая часть торфа доизмельчалась в небольшом электрическом приспособлении с вращающимися жернами. Остальные пробы торфа и пепла, которые имеют более плотную текстуру, доизмельчались в виброистерателе ВИМС «ИВ Микро» под руководством старшего преподавателя отделения геологии Иванова А.Ю. (рис. 4.5). Для безопасного проведения работ аудитория оснащена вытяжкой.



Рисунок 4.5 – Измельчитель вибрационный ВИМС «ИВ Микро»

4.2.2 Инструментальный нейтронный активационный анализ (ИНАА)

Для определения элементного состава применялся метод инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) в ядерно-геохимической лаборатории Международного инновационного научно-образовательного центра (МИНОЦ) «Урановая геология» на базе исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т НИ ТПУ (аналитик А.Ф. Судыко).

Всего данным методом изучено 223 пробы торфов и пепловых горизонтов, из которых 44 – вулканогенная пирокластика.

ИНАА представляет собой высокочувствительный вид аналитики и является эффективным в измерении редких, редкоземельных и радиоактивных компонентов. За счет отсутствия пробоподготовки с использованием химикатов исключаются неточности, которые могли бы возникнуть из-за привноса или выноса компонентов в объединении с химреактивами. Чтобы подготовить пробы к облучению, их следует измельчить и развешать по фольгированным конвертам в количествах, установленных специальными стандартами. Поскольку при выполнении данной аналитики значимым аспектом являются только ядра элементов и сигналы, поступающие от них, то ни химическое, ни агрегатное состояние никак не повлияет на анализ в итоге. На изменение состава матрицы пробы влияние оказывают лишь интерферирующие и поглощающие нейтроны элементы. Из этого следует, что нейтронно-активационный анализ может применяться с использованием унифицированных стандартных образцов

Таблица 4.1 – Сравнение методов ICP-MS и ИНАА по результатам некоторых химических элементов, г/т

Элемент	АП-3-18 (горф)		АП-8-18 (пепел)	
	ICP-MS	ИНАА	ICP-MS	ИНАА
Sc	1,7	1,11	3,77	3,80
Cr	28,91	21,97	619,45	578,09
Co	1,27	2,25	6,37	6,78
Rb	1,57	1,06	75,39	80,10
Cs	0,15	0,09	3,58	3,74
Ba	30,84	20,5	623,14	808,8
La	0,98	0,55	15,88	15,55
Ce	2,17	2,77	32,24	27,92
Nd	1,17	1,06	11,68	10,61
Sm	0,31	0,23	2,58	2,31
Eu	0,09	0,07	0,63	0,74
Tb	0,05	0,02	0,34	0,33
Yb	0,19	0,13	1,57	1,47
Lu	0,03	0,02	0,26	0,22
Hf	0,23	0,16	2,37	3,16
Ta	0,02	0,01	0,39	0,01
Th	0,31	0,21	7,33	5,53
U	0,11	0,0002	2,30	1,82

сравнения и для торфа, и для пеплов, и для угля. Следует обратить внимание на один момент – углерод и органические соединения, содержащиеся в пробах, повышают качество анализа: способствуют увеличению точности и снижению порога обнаружения, об этом свидетельствуют проведенные методические работы и разработки [28].

В таблице 4.1 представлено сравнение методов ICP-MS и ИНАА по результатам некоторых химических элементов, г/т.

4.2.3 Масс-спектральный метод с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS)

Метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) применялся в данной исследовании для образцов, взятых в районе села Апача и проб воды с горячих источников Паратунка и Терма.

Определение содержания элементов в твердом веществе проведено в сертификационной лаборатории аналитической химии ДВГИ ДВО РАН в г. Томск с использованием спектрометров Agilent 7700 и Agilent 7500 с (ответственный исполнитель Н.В. Зарубина). Пробы воды анализировались в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии ТПУ (исполнитель А.С. Торопов). Не смотря на выполнение анализов в разных лабораториях, принцип метода масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой один.

Анализ элементов в пробах производили масс-спектральным методом с индуктивно связанной плазмой. Для контроля качества анализа использовали стандартные образцы состава габбро СГД-1А (ГСО 521-84П) и СГД-2А (ГСО 8670-2005). Суммарная ошибка определения содержания элементов не превысила 30%. Всего проанализировано 32 пробы твердого вещества, из которых 4 – пепел, и 4 пробы воды.

Метод ICP-MS осуществляется при помощи специального прибора – масс-спектрометра, который разделяет ионизированные частицы (атомы, молекулы, кластерные образования) по соотношению массы иона к его заряду,

воздействуя на них электрическим и магнитным полями. Источником ионов выступает аргоновая индуктивно-связанная плазма.

Пробоподготовка твердого вещества заключается в измельчении образца до 0,071 мм. Масса пробы для качественного выполнения анализа должна быть не менее 1 г. Образец в фарфоровом тигле отправляется в холодную муфельную печь, температура в которой постепенно повышается до установленного максимума (500°C) и происходит обжиг в течение 2 часов. Невысокая температура озоления позволяет сохранить элементы-спутники в золе торфа.

После обжига, по методу кислотного разложения проба переводится в раствор. Вскрытие проводится фтороводородной и азотной кислотами в системе микроволновой пробоподготовки Millistone Start D, включающей предварительную стадию выдерживания реакционной смеси при температуре приблизительно равной 70 °C. Разложение протекает при температуре 200 °C и мощности 700 Вт. Пробы охлаждаются до комнатной температуры, количественно переносятся в фторопластовые стаканчики объемом 50 мл, обмываются 5%-м раствором азотной кислоты. Далее пробы последовательно переводятся в хлориды и нитраты. На партию проб (10 проб) также готовится хотя бы одна холостая проба, чтобы проверить чистоту применяемых реактивов.

Что бы контролировать колебания чувствительности масс-спектрометра, которые могут быть обусловлены матричными эффектами, временными флуктуациями и др., используют внутренний стандарт (индий). Также изменения чувствительности и качество проведения пробоподготовки отслеживаются с помощью внешнего стандарта (горная порода со схожим составом с анализируемыми образцами, подготовленная в этих же условиях).

Определение элементов происходит посредством сканирования в интервале от 5 до 242 а.е.м. Содержание в образцах основных элементов и уровни содержания этих элементов определяют количество анализируемых проб в партии, оно варьирует от 5 до 15. Изучаемые пробы чередуют с внешним стандартом.

Обработка масс-спектров и подсчет содержания элементов в образцах осуществляется при помощи программного обеспечения масс-спектрометра и электронных таблиц.

Перед началом работы, масс-спектрометр настраивается при помощи раствора, в котором содержится по 1 мкг/л Mg, Li, Ce, Y, Co и Tl. Это процедура обеспечивает достижение максимальной чувствительности прибора. Еще одним требованием для стабильной работы устройства является константный температурный режим. Допустимое изменение температуры должно быть не более 1,5 °С. Пределы обнаружения элементов методом ICP-MS приводятся в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Пределы обнаружения элементов-примесей методом ICP-MS

Элемент	ПО, мкг/г	Элемент	ПО, мкг/г
Li	0,01	La	0,02
Be	0,02	Ce	0,01
Sc	0,1	Pr	0,006
V	0,6	Nd	0,008
Cr	0,5	Sm	0,003
Co	0,06	Eu	0,006
Ni	0,4	Gd	0,005
Cu	0,3	Tb	0,003
Zn	0,7	Dy	0,006
Ga	0,1	Ho	0,005
As	0,08	Er	0,006
Se	0,3	Tm	0,003
Rb	0,1	Yb	0,007
Sr	0,09	Lu	0,007
Y	0,01	Hf	0,03
Zr	0,08	Ta	0,01
Nb	0,02	W	0,02
Mo	0,03	Hg	0,005
Ag	0,03	Tl	0,001
Cd	0,04	Pb	0,06
Sn*	0,2	Bi	0,003
Sb	0,02	Th	0,005
Cs	0,01	U	0,001
Ba	0,06		

Данная методика анализа является весьма точной и требует для анализа малое количество вещества. ICP-MS определяется более 50 элементов таблицы

Менделеева. По этим причинам ICP-MS является одним из самых распространенных методов определения элементного состава [42].

4.2.4 Рентгенофазовый анализ

Определение минерального состава методом рентгенофазового анализа выполнено в МИНОЦ «Урановая геология» при отделении геологии Национального исследовательского Томского политехнического университета на дифрактометре фирмы Bruker «D2 Phaser» (рис. 4.6). Всего изучено 2 образца пирокластики (Пар-16-19 и Ап-12-18).

Данный анализ осуществляется в пять этапов:

1 этап. Ознакомление с устройством. «D2 Phaser» – установка, позволяющая диагностировать структуры вещества при помощи рентгеновских лучей. Этот метод подходит для анализирования твердых веществ, имеющих кристаллическую структуру, которая состоит из атомов, ионов, молекул, комплексов и т.д. Основной принцип работы «D2 Phaser» – это циклическое повторение движений элементарной ячейки в трех (иногда в двух) направлениях, которая отражает всю природу кристаллических структур веществ, их симметрию и элементный состав.

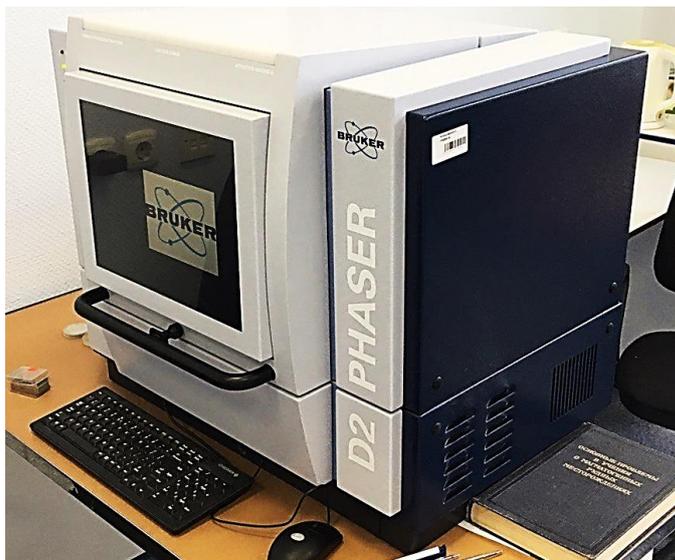


Рисунок 4.6 – Рентгенофазовый дифрактометр «D2 Phaser»



Рисунок 4.7 – кювета с образцом пепла

2 этап. Подготовка образцов к исследованиям (рис. 4.7). Для подготовки проб нежны следующие инструменты и посуда: кювета из кварцевого стекла, ступка, стеклянная пластинка, не заточенный скальпель. Прежде чем начать подготовку проб, весь инвентарь необходимо протереть проспиртованной ватой. Далее проба истирается в ступке до пудры, и истолченным материалом наполняется кювета, важно, чтобы вещество наполняло ее точно до краев и не выходило за границы. Подготовленный образец помещается в прибор на соответствующую приставку.

3 этап. Работа с анализатором «D2 Phaser» и получение дифрактограмм изучаемого материала. Согласно технической документации сначала проверяется исходное состояние всех переключателей и количество охлаждающей жидкости для рентгеновской трубки. Далее установка включается и прогревается 30 минут.

Затем анализатор настраивают таким образом, чтобы он отвечал требованиям данного исследования, т.е. задаются значения для:

- силы тока и напряжения на рентгеновской трубке;
- мощности рентгеновского излучения и устанавливаются подходящие размеры щелей, диафрагм и фильтров;
- скорости движения детектора.

Все данные отправляются на компьютер, подключенный к прибору.

Опытно установлено, что вращение датчика оптимально устанавливать с начального угла ($5-10^\circ$) до конечного угла ($70-90^\circ$). В случае надобности диапазон углов можно расширить до 360° .

4 этап. Расшифровка дифрактограмм. Дешифрование дифрактограммы производится с помощью программы EVA согласно инструкции по работе.

5 этап. Анализирование полученных результатов. На этом этапе анализируются результаты минерального состава проб, полученные рентгенофазовым методом, по которым составляются сводные таблицы, строятся графики и делаются соответственные выводы.

Рентгенофазовый анализ относится к экспрессным методам и имеет высокую достоверность (его нижний предел обнаружения равен 1 масс. %), а также является прямым, т.е. исключает косвенное сравнение с эталонными образцами [17].

4.2.5 Метод электронной микроскопии

С помощью метода электронной микроскопии изучены пепловые частицы на сканирующем электронном микроскопе Hitachi S-3400N с разрешением в 10 нм при ускоряющем напряжении 3 кВ и с приставкой для микроанализа в лаборатории электронно-оптической диагностики Международного инновационного образовательного центра «Урановая геология» ТПУ (аналитик С.С. Ильенок). Всего исследовано 4 пробы вулканогенной пирокластики.

Сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) является одним из видов электронного микроскопа, способного создавать изображение изучаемой пробы, путем сканирования поверхности образца сфокусированным пучком электронов очень маленького диаметра (приблизительно 5 нм) (рис. 4.8). При взаимодействии электронов с атомами пробы, создаются дифференциальные сигналы, содержащие данные о рельефе и химическом составе поверхности образца. СЭМ способен достигать разрешения превышающего 1 нм [53].

Самая часто используемая функция – это выявление вторичных электронов, которые испускаются атомами за счет их возбуждения электронным пучком. Число вторичных электронов, которое возможно обнаружить, зависит, помимо всего прочего, от рельефа образца. При сканировании образца и захвате вторичных электронов детектором появляется изображение, которое отображает рельеф поверхности [53].

Сканирующий электронный микроскоп использует сигналы, которые представляют собой результат воздействия электронного пучка на атомы на разных уровнях внутри пробы. Выделяют несколько типов сигналов:

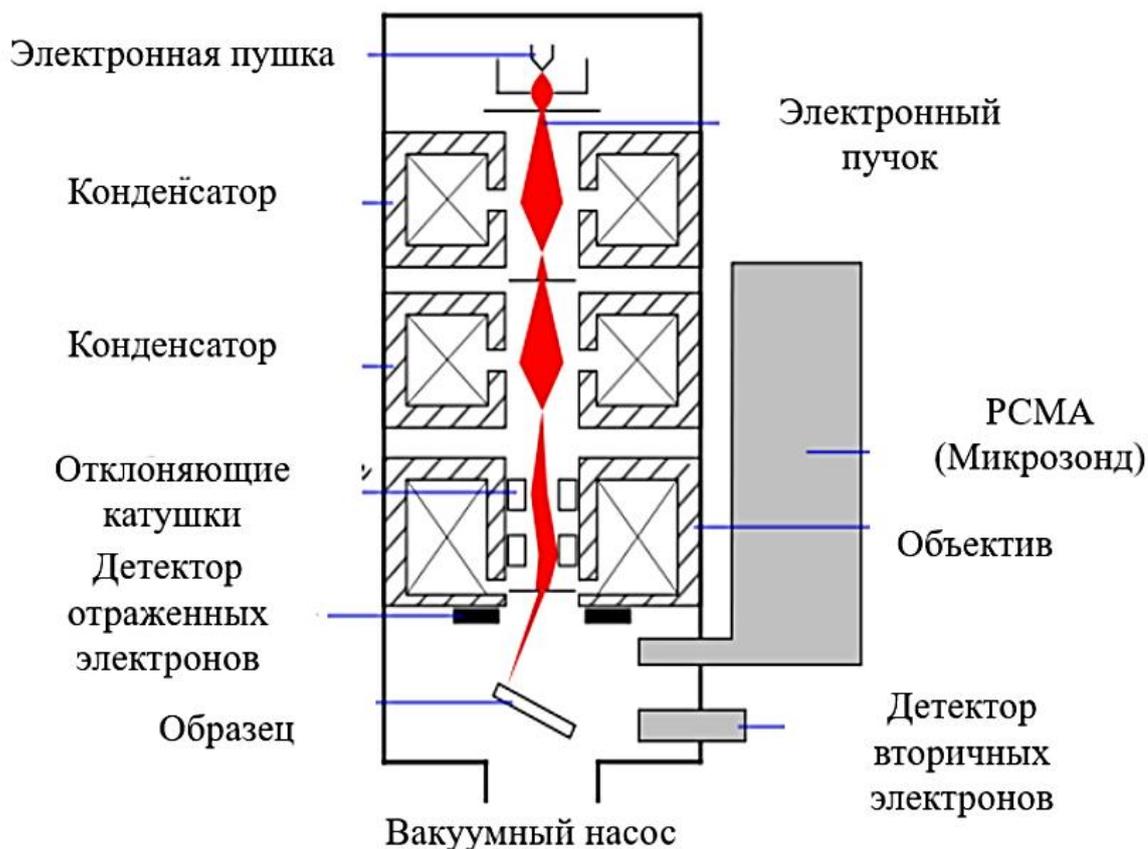


Рисунок 4.8 – Схема сканирующего электронного микроскопа

вторичные электроны; отраженные или обратно рассеянные электроны; характеристические рентгеновские лучи и свет; электроны и ток. Все СЭМ оборудованы детекторами вторичных электронов, однако, только в редких случаях микроскоп оснащен детекторами всех других возможных сигналов.

Благодаря чрезвычайно маленькому диаметру электронного пучка данные электронные микроскопы обладают большой глубиной поля, что позволяет получить характерный 3D вид, который полезен для изучения топографии поверхности пробы [52].

4.3 Методика обработки информации

Полученные данные по результатам анализов заносятся в специальную базу данных. Оценка основных статистических показателей (стандартная

ошибка определения среднего, медиана, стандартное отклонение, среднее арифметическое, среднее геометрическое, асимметрия, эксцесс, коэффициент вариации) проводилась с использованием пакета Statistica 8.0 и электронных таблиц Excel. Перед расчётом статистических величин для получения более точных данных значения, которые оказались меньше, чем предел их обнаружения, изменялись на значение, равное половине от предела обнаружения.

Помимо расчётов среднего арифметического применялся расчёт геохимических модулей для некоторых элементов [32], с целью получить более достоверную информацию об изучаемом объекте.

Построение графиков и диаграмм проводилось в программах КОМПАС-3D V16 и Corel. Доработка растровых изображений производилась в программе Photoshop.

6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

6.1 Техничко-экономическое обоснование продолжительности и объемы работ

В данном разделе приводится технико-экономическое обоснование выполнения отбора проб и затрат на их анализ.

Для достижения поставленной цели были проведены: опробование, пробоподготовка, лабораторно-аналитические исследования, обработка и интерпретация результатов. Полученные данные помогут установить закономерности накопления и распределения элементов-примесей в торфяных отложениях. С помощью этой главы можно оценить сумму затрат на проведение исследований.

Объектом исследования являются торфяники, вулканогенная пирокластика и вода из термальных источников. Предметом исследования являются геохимические элементы в пробах керна и воды, отобранных на юге Камчатской области.

Отбор проб произведен на низинных и верховых болотах Камчатки в июне 2018 г. и в июле 2019 г.

Всего было исследовано 6 локаций с разными внешними факторами, влияющими на накопление торфяных отложений и привноса в них определенных компонентов-примесей. Изъятый материал отбирался по принципу смены горизонтов (торф сменяется пепловыми горизонтами) и интервального деления. За все время и со всех 6 локаций было отобрано 223 пробы твердого вещества и 4 пробы воды.

Виды и объем научно-исследовательской работы представлены в таблице 6.1.

На основании технического плана рассчитываются затраты времени и

труда. При расчете необходимо учитывать поправочный коэффициент и категорию трудности местности работы. Расчет был определен с помощью «Инструкции по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы» и ССН-92 выпуски 1 и 7 «Работы геологического содержания» и «Лабораторные исследования полезных ископаемых и горных пород» соответственно.

Таблица 6.1 – Технический план

№	Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
		Ед. изм.	Кол-во		
1	Пробоотбор	проба	227	Бурение и раскопка шурфов осуществляется на территории Камчатского края на заболоченной местности	Торфоразведочный бур ТБГ-1; лопата
2	Инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА)	проба	223	Анализ проб	Ядерный реактор ИРТ (ТПУ)
3	Масс-спектральный метод с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS)	проба	36	Анализ проб	Центрифуга
4	Рентгенофазовый анализ	проба	2	Анализ проб	Дифрактометр «D2 Phaser»
5	Камеральные работы с использованием ЭВМ	проба	227	Обработка полученных результатов, построение графиков и диаграмм	ПК

В календарном плане работ указываются виды и отдельные этапы работ, общую их продолжительность и распределение этого срока по месяцам в пределах запланированного времени.

Полевые работы. Полевые работы поделены на два периода, во время которых отбор проб керна и воды производился в соответствии с календарным планом: 14 июня 2018 г. и 3 июля 2019 г.

Лабораторные работы. Выполнение анализов отобранных проб производилось с помощью ядерного реактора, центрифуги дифрактометра и масс-спектрометра.

Камеральные работы заключались в интерпретации полученных результатов и обработке данных. Вся полученная информация была предоставлена в виде отчета согласно техническому заданию и требованиям к работам геологического содержания и лабораторным исследованиям полезных ископаемых и горных пород как показано в таблице 6.2, период данного типа работ составил с января 2018 г. по май 2020 г.

Таблица 6.2 – Календарный план работ

Виды работ	2018						2019												2020						
	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	
Полевые работы	+																								
Лабораторные работы				+	+	+	+	+	+	+							+	+	+						
Камеральные работы								+	+	+							+	+	+		+	+	+	+	

6.2 Расчет затрат времени и труда на научно-исследовательскую работу

Порядок расчета затрат времени на геологические работы определен «Инструкцией по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы» и СН-92, выпуск 1 «Работы геологического содержания» и выпуск 7 «Лабораторные исследования полезных ископаемых и горных пород». Из этих справочников взяты следующие данные: норма времени, выраженная на единицу продукции; коэффициент к норме. Результаты расчетов затрат времени по видам планируемых работ представлены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Затраты времени по видам работ

№	Вид работ	Объем		Норма времени, Н	Коэф., К	Нормативный документ	Итого времени на объем, чел-см
		Ед. изм.	Кол-во (Q)				
1	Проведение наземного геологического маршрута при съемках рыхлых четвертичных образований с бурением скважин и выкапыванием шурфов	проб	227	0,12	1,3	СНН, вып. 1, табл. 76	35,41
2	Инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА)	проб	223	7,32	1,3	СНН, вып. 7, табл. 5.1	2 122,07
3	Масс-спектральный метод с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS)	проб	36	1,69	1,3	СНН, вып. 7, табл. 3.2	79,09
4	Рентгенофазовый анализ	проб	2	2,47	1,3	СНН, вып. 7, табл. 2.2	6,42
5	Камеральные работы с использованием ЭВМ	проб	227	5,36	1,3	СНН, вып. 7, табл. 17.2, 14.3, 9.2, 6.5, 3.2	1 581,74
Итого:							3 824,73

Результаты расчетов затрат времени по сотрудникам представлены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Затраты времени по сотрудникам, чел-см

№ п/п	Вид работ	Общее время	Главный геолог	Геолог-техник
1	Проведение наземного геологического маршрута при съемках рыхлых четвертичных образований с бурением скважин выкапыванием шурфов	35,41	21,25	14,16
2	Камеральные работы с использованием ЭВМ	1 581,74	949,04	632,70
	Итого	1 617,15	970,29	646,86

Расчет затрат времени производится по формуле:

$$N=Q*N_{BP}*K,$$

где N – затраты времени,

Q – объем работ,

N_{BP} – норма времени,

K – коэффициент за ненормализованные условия.

6.3 Расчет затрат на материалы для научно-исследовательской работы

Для данного проекта требуются расходные материалы в нужном количестве на выполнение лабораторных и камеральных работ. Расчет затрат материалов для данного проекта осуществлялся на основе средней рыночной стоимости необходимых материалов и их количества. Результаты в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Расчет стоимости материалов

Расчет стоимости материалов				
№ п/п	Наименование материалов	Кол-во ед., шт.	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Лабораторные работы				
1	Фольга алюминиевая 10 м х 30 см	0,19	285	54,15
2	Вата стерильная хирургическая, уп.	1,2	148	177,60
3	Пинцет медицинский	1	240	240
Камеральные работы				
4	Бумага для принтера А4	3	250	750
56	Тонер-картридж Panasonic КХ-FAT92A7	1	1 500	1 500
7	USB флеш-накопитель	3	300	900
8	Ручка шариковая автоматическая Pilot	40	20	800
9	Карандаш простой	15	10	150
10	Папка для бумаг	2	50	100
11	Блокнот малого размера	1	40	40
12	Ластик	1	15	15
13	Линейка	1	10	10
Итого:				4 736,75

6.4 Расчет затрат на оплату труда

Оплата труда зависит от оклада и количества отработанного времени, при расчете учитываются премиальные начисления и районный коэффициент. Таким образом формируется оплата труда. С учетом дополнительной заработной платы формируется фонд заработной платы. Итоговая сумма, необходимая для оплаты труда всех работников, составляется при учете страховых взносов, затрат на материалы, амортизацию оборудования, командировок и резерва. Расчет оплаты труда представлен в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Расчёт затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых созданием научно-технической продукции

Расчёт затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых созданием НТПр					
Наименование должностей, ученая степень	Дневная ставка, руб.	Коэф. к заработной плате, %	Кол-во человек	Затраты труда, чел-см	Общее начисление, руб.
Главный геолог	692	1,8*	1	21,25	26 469,00
		1,3*		949,04	853 756,38
Техник-геолог	360	1,8	1	14,16	9 175,68
		1,3		632,70	296 103,60
Итого:			2	1617,15	1 185 504,66
Дополнительная зарплата (7,9%)					93 654,87
Страховые взносы (30,2%)					358 022,41
ИТОГО:					1 637 181,94

Примечание: отбор проб производился на Камчатке, где районный коэффициент равен 1,8; камеральные работы осуществлялись в г. Томск с районным коэффициентом 1,3.

Расчет осуществляется в соответствии с формулами:

$$ЗП = Окл * Т * К,$$

где ЗП – заработная плата,

Т – отработано дней (дни, часы),

Окл – оклад (руб.),

К – коэффициент районный.

$$ДЗП = ЗП * 7,9\%,$$

где ДЗП – дополнительная заработная плата (%).

$$ФЗП = ЗП + ДЗП,$$

где ФЗП – фонд заработной платы (руб.).

Дополнительная заработная плата равна 7,9% от основной заработной платы, за счет которой формируется фонд для оплаты отпуска.

6.5 Расчет амортизационных отчислений

Основываясь на тезисах Законодательства РФ, к амортизационному имуществу можно отнести оборудование, длительность продуктивного функционирования которых превышает период 12 месяцев, а первоначальная стоимость определяется размером от 40 тысяч рублей. Существует несколько способов расчета амортизации. Воспользуемся линейным.

На первом этапе работы по формуле расчета амортизации основных средств определяется норма амортизирования:

$$НА = 1/\text{срок эксплуатации в месяцах} * 100\%,$$

В среднем для ПК срок эксплуатации составляет 5 лет (60 месяцев). Таким образом,

$$НА = 1/60 * 100\% = 1,6\%.$$

Далее полученный процент переводится в стоимостное выражение месячного значения амортизации:

$$СЗА = ПС * НА / 100\%,$$

где ПС – первоначальная стоимость основного средства.

$$СЗА = 45\ 000 * 1,6\% / 100\% = 720.$$

Для проведения обработки результатов геохимических работ будут привлечены два сотрудника. Местом работы будут являться рабочий кабинет, общей площадью 80 м², оборудованные персональными компьютерами, с тем расчетом, что у каждого будет свой компьютер с двумя мониторами, для облегчения сравнения и сопоставления полученных графических данных. Расчет затрат на возмещение износа основных средств используемых при выполнении работ, приведен в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Расчет затрат на возмещение износа основных средств (амортизационные отчисления)

Наименование основных средств	Ед. изм.	Число единиц	Балансовая стоимость единицы, руб.	Продолжительность использования, месяцев	Норматив ежемесячных отчислений, %	Сумма, руб.
ПК Samsung	шт.	2	45 000	11	1,6	15 840

Таблица 6.8 – Затраты на отбор проб

№ п/п	Состав затрат	Сумма затрат, руб.
1	Материальные затраты	7 500
2	Затраты на оплату труда со страховыми взносами	1 082,05
3	Амортизационные отчисления	15 840
Итого:		24 422,05

6.6 Расчет затрат на подрядные работы

При проведении работ, были привлечены предприятия-субподрядчики, затраты на услуги которых приведены в таблице 6.9.

Таблица 6.9 – Перечень подрядных работ

№ п/п	Наименование предприятия субподрядчика	Вид анализа	Кол-во проб	Стоимость одной пробы, руб.	Сумма по смете субподрядчика, руб.
1	Ядерно-геохимическая лаборатория МИНОЦ «Урановая геология» на базе исследовательского ядерного реактора ИРТТ НИ ТПУ	ИНАА	223	1800	401 400
2	МИНОЦ «Урановая геология» при кафедре геоэкологии и геохимии НИ ТПУ, г. Томск	Рентгенофазовый анализ	2	1 500	3 000
3	ООО «Химико-аналитический центр «Плазма», г. Томск.	ICP-MS	36	2 500	90000
Итого:					494 400

6.7 Общий расчет сметной стоимости научно-исследовательской работы

Общий расчет сметной стоимости оформляется по типовой форме. Базой для всех расчетов в этом документе служат: основные расходы, которые связаны с выполнением работ. Общий расчет сметной стоимости работ отображен в таблице 6.10.

Таблица 6.10 – Общий расчет сметной стоимости геологических работ.

№ п/п	Статья затрат	Объем		Итого, руб.
		Ед. изм.	Кол-во	
I. Основные расходы на геологические работы				
1	Полевые работы	руб.	3,33%	49 225,30
2	Камеральные работы	руб.	96,67%	1 587 956,64
Итого основные расходы:				1 637 181,94
II. Накладные расходы		% от ОР	15	245 557,29
Итого основные и накладные				1 882 759,23
III. Плановые накопления		% от ОР+НР	15	282 413,88
IV. Подрядные работы (лабораторные работы)				494 400,00
V. Резерв		%(от ОР)	3	49 115,46
Всего по объекту:				2 708 688,57
НДС		%	20	541 737,71
Всего по объекту с учетом НДС:				3 250 426,29

Стоимость работ, для выполнения работы по изучению геохимических особенностей торфяников юга Камчатского края по данным изучения торфяных и пепловых отложений, составляет 3 250 426,29 рублей с учетом НДС.

7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Данная работа посвящена исследованию пепловых горизонтов и вмещающих их торфяников, с целью изучения процессов миграции элементов-примесей по вертикали и латерали, а также установления закономерностей их накопления в торфяниках, которые являются прекурсором угольных отложений. Полученные данные помогут прогнозировать оруденения ценных компонентов в углях и устанавливать источники их привноса.

Поскольку наибольший интерес вызывали такие торфяники, в которых накопление элементов-примесей могло бы объясняться как можно большим количеством аспектов, выбор пал на Камчатскую область, так как это единственный объект Российской Федерации, где имеются действующие в настоящее время вулканы, а также как следствие этого гидротермальные источники – все это создает уникальные условия для исследования торфяных залежей.

В данной главе рассматриваются виды работ и параметры производственного процесса, «лабораторного» и «камерального» этапов получения и обработки информации на персональном компьютере (ПЭВМ) в закрытом помещении.

Рабочее место располагается в учебном классе отделения геологии ИШПР (541 ауд.), на пятом этаже 20 корпуса ТПУ (ул. Ленина 2, ст. 5). Кабинет имеет естественное и искусственное освещение (15 светильников и 2 окна). Размер помещения 8,5×9,5×3,1 м. Площадь на одно рабочее место в ПЭВМ составляет не менее 4,5 м², а объем – не менее 20 м³. В аудитории имеется 8 персональных компьютеров.

7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При разработке данного раздела учитываются необходимые нормы и требования законов Российской Федерации при работе за компьютером. Продолжительность рабочего дня составляет 8 часов [75].

В соответствии с приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12 апреля 2011 г. N 302н работы профессионально связанные с эксплуатацией ПК не входят в перечень вредных и (или) опасных производственных факторов и работ [68].

В соответствии с пунктом 13.1 статьи 13 Постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 03.06.2003 № 118 "О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03» лица, работающие с ПК более 50% рабочего времени (профессионально связанные с эксплуатацией ПК), проходят обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в установленном порядке [70].

Нормальная продолжительность рабочего времени согласно статье 91 Трудового кодекса РФ не превышает 40 часов в неделю [75].

В соответствии с типовой инструкцией по охране труда при работе на персональном компьютере ТОИ Р-45-084-01 продолжительность непрерывной работы с компьютером без регламентированного перерыва не превышает двух часов. Продолжительность и частота перерывов зависит от категории работы с компьютером и уровня нагрузки (табл. 7.1) [74].

Согласно статье 92 Трудового кодекса РФ сокращенная продолжительность рабочего времени при проведении работ профессионально связанных с эксплуатацией ПК не предусмотрена [75].

В соответствии со статьей 108 Трудового кодекса РФ в течение рабочего дня (смены) работнику предоставляется перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается [75].

Таблица 7.1 – Категории работ с компьютером

Категории работ с компьютером	Уровень нагрузки за смену при разных видах работ		
	А	Б	В
	кол-во знаков	кол-во знаков	часы
I	до 20000	до 15000	до 2

При 8-часовой рабочей смене и работе на компьютере для I категории работ устанавливаются регламентированные перерывы через два часа от начала рабочей смены и через два часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый [75].

По ГОСТ Р ИСО 9241-4-2009 рекомендуется использовать эргономичную клавиатуру во время работ на ПК. Такое устройство ввода информации позволяет предотвратить развитие кистевого туннельного синдрома, который выражается в потере чувствительности и покалывании в кистях рук и в пальцах после продолжительной работы на клавиатуре [65].

ГОСТ Р ИСО 9241-5-2009 предусмотрены требования к рабочей позе: бедра расположены приблизительно в горизонтальной позиции, а ноги от колена до ступни – в вертикальной позиции; позвоночник расположен вертикально; ступня составляет угол в 90° по отношению к подколенной части ноги; линия зрения заключена между горизонталью и 60° ниже горизонтали [66].

7.2 Производственная безопасность

В таблице 7.2 указаны вредные и опасные факторы при работе на персональном компьютере в производственном процессе [58].

Таблица 7.2 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Камеральные	Лабораторные	
1. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека		+	ГОСТ Р ИСО 13732-1-2015; СанПиН 2.2.4.548-96; СанПиН 2.2.4.3359-16; ГОСТ 12.1.003-2014; СП 52.13330.2016; ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ; ГОСТ 12.1.038-82.
2. Отклонение показателей микроклимата	+	+	
3. Превышение уровня шума		+	
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+		
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека	+	+	
6. Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса	+	+	

7.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги (обморожения) тканей организма человека

Основным источником высокой температуры материальных объектов производственной среды, могущим вызвать ожоги тканей организма человека, является ртутный анализатор РА-915+ с пиролитической приставкой ПИРО-915+, так как происходит непосредственное сжигание материала в приставке и в процессе работы прибор очень сильно нагревается (внутри приставки испаритель в рабочем состоянии разогревается до +700°C).

Запрещается самостоятельная работа с прибором при отсутствии заведующего лабораторией, а также запрещено касаться непосредственно самой приставки во время работы во избежание ожогов. Согласно ГОСТ Р ИСО 13732-1-2015 следует установить предупредительные знаки; проводить инструктажи и обучать пользователей; изучать техническую документацию и инструкцию по пользованию [64].

Также рекомендуется соблюдать температурный режим в комнате с установкой (из инструкции к прибору, +20°C). Для индивидуальной защиты, используются перчатки, халат и очки.

Отклонение показателей микроклимата

На показатели микроклимата в помещении (ауд. 541 20 корпуса ТПУ) влияют положение двери в дверном проеме (открыта, приоткрыта, закрыта), режим открывания оконных стеклопакетов (распахнуто, зимнее проветривание, закрыто) и температура радиаторов отопления.

При повышении температуры воздуха в рабочем помещении кровеносные сосуды расширяются, происходит повышение притока крови к поверхности тела и теплоотдача в окружающую среду возрастает. При понижении температуры окружающей среды кровеносные сосуды сужаются и приток крови к поверхности тела, соответственно, замедляется, и теплоотдача уменьшается.

Влажность воздуха оказывает влияние на терморегуляцию организма. При высокой влажности (более чем 85%) затрудняется терморегуляция, а при низкой (менее 20%) – происходит пересыхание слизистой оболочки дыхательных путей.

Движение воздуха в рабочем помещении способствует увеличению теплоотдачи организма человека.

Оптимальные нормы и фактические показатели микроклимата в рабочей зоне производственных помещений представлены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Оптимальные нормы и фактические показатели микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С°		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Фактич.	Оптим.	Фактич.	Оптим.	Фактич.	Оптим.
Холодный	Ia	22	22-24	40	60-40	0,1	0,1
Теплый	Ia	25	23-25	55	60-40	0,1	0,1

Примечание: Категория Ia – работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением, согласно санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам [69].

С помощью психрометра были осуществлены замеры температуры и влажности воздуха в рабочей зоне, согласно которому оптимальные величины показателей микроклимата соблюдаются на рабочих местах производственного помещения, где выполняются работы операторского типа, связанные с нервно-эмоциональным напряжением.

Таким образом, микроклиматические условия рабочего помещения соответствуют гигиеническим требованиям СанПиН 2.2.4.548-96 и являются комфортными. Мероприятия, направленные на обеспечение безопасности в помещениях, оборудованных ПЭВМ, заключаются в ежедневной влажной уборке и систематическом проветривании (естественная вентиляция) после каждого часа работы на ПЭВМ. Это способствует восстановлению химического состава воздуха, удалению пыли, выравниванию влажности.

Превышение уровня шума

Шумовое загрязнение среды на рабочем месте неблагоприятно воздействует на работающих: снижается внимание, увеличивается расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляется скорость психических реакций и т.п. В результате снижается производительность труда и качество выполняемой работы [59].

Согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 нормативным эквивалентным уровнем

звука на рабочих местах является 50 дБА [71]. Уровень шума исправного современного компьютера находится в пределах от 30 до 40 дБА. Если в помещении находится несколько компьютеров, то общий уровень шума нельзя получить путем алгебраического сложения от каждого. Например, если в помещении находится два компьютера, излучающие по 35 дБА каждый, то уровень шума составит 38 дБА, четыре компьютера обеспечат уровень шума 41 дБА и так далее. В данном случае во время работы всех 8 ПЭВМ, находящихся в аудитории, уровень шума составит около 48 дБА. Это значение не превышает установленную норму.

В качестве дополнительной профилактики предотвращения пагубного влияния шума на органы слуха следует выдавать исследователям и наблюдателям средства индивидуальной защиты – наушники.

Основные организационные мероприятия по борьбе с шумом следующие:

- размещение оборудования, являющегося источником шума, в отдельных помещениях;
- расположение помещений с повышенным уровнем шума в отделении от малошумных помещений;
- применение индивидуальных средств защиты от шума [59].

Таким образом, работа на ПЭВМ проводится в помещении, соответствующем санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

Недостаточная освещенность рабочей зоны

При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Различают следующие виды производственного освещения: естественное, искусственное и совмещенное.

В аудитории, где находится рабочее место, совмещенное освещение

(естественное и искусственное). Естественное освещение осуществляется через боковые окна, выходящие на восток. Общее искусственное освещение обеспечивается 15 светильниками, встроенными в потолок, расположенными в 5 рядов параллельно рабочим столам с ПЭВМ. Такое расположение осветительных приборов позволяет достичь равномерного освещения.

Яркость источников света, находящихся в рабочей зоне, не более 200 кд/м², яркость бликов на экране ПЭВМ не превышает 40 кд/м², яркость потолка не превышает 200 кд/м² и освещенность поверхности экрана не более 300 лк.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях использования ПЭВМ проводится чистка стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и для регулирования яркости окон применяются занавеси, шторы, жалюзи.

Для определения общего равномерного освещения на горизонтальной поверхности, используется метод светового потока.

Расчет освещения производится для помещения размером 8,5×9,5×3,1 м. Потолок в аудитории белый, стены бежевые, а пол красно-коричневой окраски. В качестве источников света при искусственном освещении используются светильники типа ЛПО 2×36 с люминесцентными лампами белого света. Основные характеристики: количество и мощность лампы – 2×36 Вт; мощность, потребляемая из сети – 85 Вт; размеры: 1262×205×72 мм; КПД – 54%; световой поток – 2×2850 лм.

Высота светильника над рабочей поверхностью $h=2,35$ м при высоте рабочей поверхности над полом 0,75 м.

L – расстояние между соседними светильниками или рядом (если по длине (А) и ширине (В) помещения расстояния различны, то они обозначаются L_A и L_B),

l – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина, уменьшение которого удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение ведет к резкой неравномерности

освещенности. Для выбранного типа светильника (с косинусным типом кривой): $\lambda=1.4$, следовательно, оптимальное расстояние между светильниками:

$$L=\lambda \cdot h=1,4 \cdot 2,35=3,29 \text{ (м)}.$$

Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены в случае, когда рабочие места расположены у стен, рекомендуется принимать равной $0,3 \cdot L$, в данном случае $l=0,987$ (м).

Определение требуемого количества светильников:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot 100 \cdot K_3}{U \cdot n \cdot \Phi_{\text{л}}},$$

где E – требуемая освещенность горизонтальной плоскости по СП 52.13330.2016, лк [74];

S – площадь помещения, м²;

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), (наличие в атмосфере цеха дыма), пыли ($K_3=1,4$);

U – коэффициент использования осветительной установки, %;

$\Phi_{\text{л}}$ – световой поток одной лампы, лм;

n – количество ламп в одном светильнике.

Для определения коэффициента использования необходимо знать индекс помещения i , значения коэффициентов отражения стен $\rho_{\text{ст}}$ и потолка $\rho_{\text{п}}$ и тип светильника.

$$i = \frac{S}{h(A + B)} = \frac{9,5 \cdot 8,5}{3,1(9,5 + 8,5)} = 1,45$$

$\rho_{\text{ст}}=50\%$, $\rho_{\text{п}}=70\%$, следовательно, $U=60$.

$$N = \frac{400 \cdot 80,75 \cdot 100 \cdot 1,4}{60 \cdot 2 \cdot 2850} = 13,2$$

Из расчетов видно, что для достижения освещенности в 400 лк в помещении необходимо установить 14 светильников. Так как в аудитории установлено 15 светильников, результаты расчетов указывают на достаточную освещенность помещения.

Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека

Замыкание цепи возникает из-за нарушения изоляции в электропроводах и кабелях, вызываемое перенапряжением, износом изоляции и механическими повреждениями. Опасность короткого замыкания заключается в увеличении силы тока на сотни тысяч ампер, из-за чего происходит выделение большого количества тепла в проводниках за очень короткий промежуток времени [62].

Разряд, проходящий через ткани оказывает на организм тепловое, электролитическое и динамическое воздействие.

После теплового действия на поверхности кожи появляются ожоги различной степени тяжести. Электрический ток воздействует на внутренние органы, вызывая серьезные изменения в их работе.

В результате электролитического поражения происходит разложение органических жидкостей организма, в том числе крови и лимфы, что приводит к существенным изменениям в их составе.

Следствием динамического воздействия заряда на человеческое тело является расслоение, разрыв или иные повреждения мышц и внутренних органов.

Во избежание неприятных последствий короткого замыкания, соблюдаются следующие правила:

- категорически запрещается соединять провода в виде скрутки;
- используется кабель не распространяющий горение, или он помещается в стальные трубы с определенной толщиной стенки, которая не прожжется в результате возникновения короткого замыкания;
- применяются электропредохранители [61].

Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса

Нервно-психические перегрузки при работе на персональном компьютере (ПК) возникает вследствие дефицита времени, большого объема информации,

монотонности работы, необходимости постоянного наблюдения за информационными символами, быстрого анализа динамично меняющейся информации и особенностей ПК (сбои, оперативное ожидание и т.д.). Во избежание утомляемости каждые 2 часа делаются 15 минутные перерывы, а также занятия одной и той же работой длятся не более 4 часов [75].

Монотонность труда сопровождается у многих людей рядом неприятных субъективных ощущений. Субъективные ощущения проявляются в падении интереса к выполняемой работе, скуке, апатии, невнимательности, сонливости, искаженном чувстве времени ("время длится очень долго"), чувстве усталости и т.п., что в конечном счете обуславливает субъективную оценку работы как неинтересной или даже непривлекательной [67].

Единые научно-обоснованные положения, необходимые для конкретных рекомендаций по предупреждению отрицательных последствий монотонного труда, отсутствуют.

Мероприятия по оптимизации монотонии труда должны быть направлены на:

- совершенствование технологических процессов;
- обеспечение оптимальной информационной и двигательной нагрузок;
- повышение уровня бодрствования, увеличение эмоционального "тонуса" и мотивации [67].

Все это достигается как оптимизацией содержания и условий трудовой деятельности, так и непосредственным воздействием на функциональное состояние организма человека комплекса технологических, организационно-технических и психофизиологических мер. Среди них важнейшее значение имеют:

- автоматизация и механизация однообразных ручных работ;
- совершенствование технологии, оптимизация содержания труда;
- совершенствование организации рабочего места;
- рациональное использование вне рабочего времени.

Профилактические мероприятия, проводимые в плане вышеуказанных аспектов, снижают утомление и субъективные ощущения монотонности, положительно влияют на работоспособность и производительность труда, дают положительный эффект.

7.4 Экологическая безопасность

Защита атмосферы. Источником загрязнения атмосферы выступают пары ртути, которые высвобождаются при пиролизе твердого вещества во время его исследования на ртутном анализаторе РА-915+. Предельно допустимая концентрация ртути в атмосферном воздухе по ГОСТу 12.1.005 – 0,0003 мг/м³ [60]. Вентиляция, вытягивающая все испарения, оснащена специальным фильтром-поглотителем, который препятствует попаданию ртути в атмосферный воздух.

Защита гидросферы. Поскольку ртуть тяжелее воздуха, то она быстро оседает на поверхность. Ртуть – это очень подвижный элемент, который со сточными водами быстро мигрирует в водные объекты. Предельно допустимая концентрация ртути в воде – 0,005 мг/л. Для выделения из сточных вод ртути используют реагентные сорбционные и ионообменные методы очистки [35].

Защита литосферы. В процессе работы на рабочей зоне образуются отходы А класса опасности (бумага, обрезки бумаги и мусор от уборки помещений). Степень вредного воздействия на ОС отходов А класса опасности очень низкая, эти материалы, как правило, не несут никакой опасности или угрозы жизни человека, на данный вид отходов паспорт не выдается. Утилизация таких отходов осуществляется с объекта исследования при помощи обслуживающего персонала, а далее городских служб попадают на общегородские свалки, откуда в дальнейшем могут поступить на переработку. Макулатура утилизируется согласно ГОСТ Р 55090-2012 [63].

7.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При проведении камеральных работ требованиям противопожарной безопасности уделяется особое внимание.

В исследуемом помещении обеспечены следующие средства противопожарной защиты [76]:

- план эвакуации людей при пожаре;
- для отвода избыточной теплоты от ПЭВМ служат системы вентиляции;
- для локализации небольших загораний помещение оснащено углекислотными огнетушителями (ОУ-8 в количестве 2 шт.);
- памятка о соблюдении правил пожарной безопасности, в которой помимо прочего указан ответственный за пожарную безопасность;
- установлена система автоматической противопожарной сигнализации (датчик-сигнализатор типа ДТП).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вулканогенная пирокластика с большинства изученных пепловых горизонтов является маркирующей для торфов Камчатского края, благодаря большому ареалу распространения. Данное исследование показывает, что миграция элементов из тефры в выше- и нижележащие торфяники происходит на самых ранних стадиях торфообразования. Кроме того, на химический состав торфа влияют термальные воды, богатые микроэлементами.

Изучение пирокластики показало, что состав вмещающих ее торфов зависит от состава исходного вулканогенного материала. В минеральном составе пепловых горизонтов преобладает альбит и в меньшей степени присутствуют кварц и вермикулит.

Как показали геохимические исследования, состав тефры различается, он варьирует от кислого до среднего. Но все пепловые горизонты состоят на 80–90 % из вулканического стекла, состав которого сходен с гранитными породами. Еще одна общность для всех прослоев пирокластики – это отсутствие цемента.

Электронная микроскопия показала, что наиболее распространенными акцессорными минералами являются циркон, оксиды титана и железа, ильменит и титанит, барит, пирит, пирротин.

Тефры кислого состава богаты Th, U, Rb, Cs, Ba, Cr, Yb и Sc; а для тефры среднего состава – Yb и Sc. Состав пирокластики выдержанный и достаточно однородный по всей исследуемой территории.

В верховых торфяниках, распределение элементов в пепловых горизонтах и вмещающих их торфяных прослоях более контрастное, чем в низинных.

Термальные источники также оказали влияние на химический состав торфов, так с большой долей вероятности можно сказать, что воды Паратунки являются источником привноса Zn, As, U, Th, Ga, Ge, W и Sr в изучаемые торфяники, а воды Термального – Zn, As, Rb, ΣРЗЭ, Th, Ti, Mn, Fe, Cu.

Но все же большее влияние на концентрации элементов в торфах оказывают пепловые горизонты.

Полученные результаты могут быть использованы при дальнейшем изучении геохимии торфов и углей, для корреляции торфяных отложений на территории п-ова Камчатка и применяться в качестве базы данных для состава торфов внутри региона.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-17-00004).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Водина Е. С. Вулканогенная пирокластика как источник ценных и токсичных элементов-примесей в торфах п-ва Камчатка / Е.С. Водина ; науч. рук. С. И. Арбузов // Сборник тезисов докладов всероссийской молодежной геологической конференции памяти В. А. Глебовицкого. – СПб.: Изд-во ВВМ, 2020. – С. 94–97.

2. Водина Е. С. Геохимические особенности органоминеральных отложений урочища озера Песчаное устьевой части р. Зея / Е. С. Водина ; науч. рук. Д. В. Юсупов, А. М. Межибор // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 155-летию со дня рождения академика В.А. Обручева, 135-летию со дня рождения академика М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, и 110-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири, Томск, 2-7 апреля 2018 г. : в 2 т. – Томск : Изд-во ТПУ, 2018. – Т. 1. – С. 115–116.

3. Водина Е. С. Геохимический состав стратифицированных отложений озера Песчаное в южной части Амура-Зейского междуречья / Е. С. Водина ; науч. рук. Д. В. Юсупов // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXIII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня рождения академика К. И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К. В. Радугина, Томск, 8-12 апреля 2019 г. : в 2 т. – Томск : Изд-во ТПУ, 2019. – Т. 2. – С. 32–34.

4. Водина Е. С. Накопление редких элементов в торфе в зоне влияния термальных вод источника Паратунка (Камчатский край) / Е.С. Водина ; науч. рук. С. И. Арбузов // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXIV Международного научного симпозиума имени академика М.А. Усова, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Томск 6–10 апреля 2020 г. – [принята к публикации].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Активная Камчатка. Сентябрь 2019 года. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kamfisher.ru/blog/2-sentyabr-2019-goda-mikhail-bekmetov> (Дата обращения 2.04.2020 г.).
2. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометиздат, 1970. С. 221–279.
3. Арбузов С.И. Формы нахождения редкоземельных элементов в торфах Западной Сибири / С.И. Арбузов, С.Г. Маслов, С.С. Ильенко и др. – Томск: Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2016. – Т. 327. – Вып. № 5. – С. 42–53.
4. Атлас торфяных ресурсов СССР. Изд. главн. упр. геодезии и картографии при Совете Министров СССР; гл. ред. А.С. Оленин. – М-бы разн. – М.: 1968. – 98 с.
5. Базанова Л.И. Пеплопады крупнейших голоценовых извержений натраверсе Усть-Большерецких-Петропавловская-Камчатский: источники, хронология, частота / Л.И. Базанова, О.А. Брайцева, О.В. Дирксен, Л.Д. Сулержицкий, Т. Данхара // Вулканология и сейсмология. – 2005. – №6. – С. 30–46.
6. Баранов Ю.Е. Редкие элементы в угленосных формациях // Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. Т. III. М.: Наука, 1966. – С. 736–754.
7. Безопасность жизнедеятельности. Расчет искусственного освещения: методическое указание к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей / сост. О.Б. Назаренко. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 12 с.
8. Брайцева О.А., Базанова Л.И., Мелекесцев И.В., Сулержицкий Л.Д. Крупнейшие голоценовые извержения вулкана Авачинский на Камчатке (этап 7250-3700 1 4С лет назад) // Вулканология и сейсмология. – 1998. – Вып. № 1. – С. 3–24.

9. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Пономарева В.В. и др. Сильные и катастрофические эксплозивные извержения на Камчатке за последние 10 тыс. лет // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Петропавловск-Камчатский. – 2001. – С. 235–252.
10. Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Пономарева В.В., Кирьянов В.Ю. Последнее кальдерообразующее извержение на Камчатке (вулкан Ксудач) 1700–1800 ¹⁴С лет назад // Вулканология и сейсмология. – 1995. – Вып. № 2. – С. 30–49.
11. Вернадский В.И. Очерки геохимии. Избранные сочинения, т.1, Изд-во АН СССР, М. – 1954.
12. Волынец О.Н., Пузанков Ю.М., Аношин Г.Н. Геохимия неоген-четвертичных вулканических серий Камчатки // Геохимическая типизация магматических и метаморфических пород Камчатки. Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР. – Новосибирск, 1990. – Вып. № 390. – С. 73–114.
13. Г. Томас, М.Дж. Гориндж. Просвечивающая электронная микроскопия. – М.: Наука, 1983. – 316 с.
14. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Корякско-Курильская. Лист N-57 – Петропавловск-Камчатский. Объяснительная записка. – СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2006. – 376 с. (МПР России, ФГУП «ВСЕГЕИ», ФГУГП «Камчатгеология»).
15. Карандеева М.В. Геоморфология Европейской части СССР. Изд-во Московского университет. – 1957.
16. Кирюхин В.А. Гидрогеохимия: Учеб. для вузов. – М.: Недра, 1993. – 384 с.
17. Ковба Л.М., Трунов В.К. Рентгенофазовый анализ. – М.: МГУ. – 1976. – 232 с.
18. Коченов А.В. Редкие и рассеянные элементы в торфах северной части Русской платформы / А.В. Коченов, В.Н. Крештапова // Геохимия, 1967. – Вып. № 3. – С. 330–340.

19. Коченов А.В., Зиновьев В.В., Ковалева С.А. Некоторые особенности процесса накопления урана в торфяниках. – Геохимия, Вып. №1. – 1965.
20. Курлов М.Г. Опыт классификации сибирских целебных минеральных вод, согласно химическому их составу / Проф. М. Г. Курлов, д-р А. И. Собкевич Учен. мед. совет при Отд. здравоохранения Сибревкома. – Томск : Томское губ. отд-ние Гос. изд-ва, 1921. – 52 с.
21. Лопаткина А.П., Условия накопления урана торфами. – Геохимия, Вып. №6, 1967. – С. 708–717.
22. Маликова И.Н. Подвижные формы ртути в почвах природных и природно-техногенных ландшафтов юга Западной Сибири / Маликова И.Н., Аношин Т.Н., Бадмаева Ж.О. // Геология и геофизика. – 2011. – т. 52. – Вып. №3. – С. 409–425.
23. Манская С.М. К биогеохимии германия / С.М. Манская, Т.В. Дроздова, Р.П. Кравцова и др. // Геохимия. 1961. – Вып. № 5. – С. 433–439.
24. Манухин Ю.Ф., Ворожейкина Л.А. Гидрогеология Паратунской гидротермальной системы и условия ее формирования // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. – Владивосток, 1976. – С. 143–178.
25. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Базанова Л.И. и др. Особый тип катастрофических эксплозивных извержений. Голоценовые субкальдерные извержения Хангар, Ходуткинский "маар", Бараний Амфитеатр (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. – 1996. – Вып. №2. – С. 3–24.
26. Моисеенко У.И. К вопросу о накоплении урана в торфяниках. – В сб.: Вопросы разведочной радиометрии. Вып. №2. Ротапринт ВИТРа, Л. – 1960.
27. Пупышев А.А., Суриков В.Т. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Образование ионов. – Екатеринбург: УрО РАН, – 2006. – 276 с.
28. Расчетно-экспериментальные исследования по определению чувствительности метода ИНАА проб минерального сырья с использованием реакторов ИВГ.1М и ИГР / Ю.В. Алейников, С.Б. Кожаханов, Ю.А. Попов и др. // Вестник НЯЦ РК. – 2013. – Вып. № 3. – С. 69–74

29. Салаи А. Значение гумуса в геохимическом обогащении урана. – В сб.: Геология атомного сырья, т.8, Главатомиздат. – 1959.
30. Сапрыкин Ф.Я., Германиеносность чехла Русской платформы. – В кн.: Рудоносность Русской платформы. М.: «Наука». – 1965. – С. 180–187.
31. Сержников А.И., Зимин В.М. Геологическое строение Паратунского геотермального района, влияние отдельных геологических факторов на современную гидротермальную деятельность. // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. – Владивосток, 1976. – С. 115–178.
32. Сляров Е.В. Интерпретация геохимических данных: Учеб. пособие. – М.: Интернет Инжиниринг, 2001. – 288 с.
33. Сляднев Б.И. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Корякско-Курильская. Лист N-57 / Б.И. Сляднев, Ш.Г. Хасанов, Н.Ф. Крикун. – Петропавловск-Камчатский. – СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2006. (МПР России, ФГУП «ВСЕГЕИ», ФГУГП «Камчатгеология»).
34. Сляднев Б.И. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Прогнозно-минерагеническая карта. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Корякско-Курильская. Лист N-57 / Б.И. Сляднев, Ш.Г. Хасанов, Н.Ф. Крикун. – Петропавловск-Камчатский. – СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2006. (МПР России, ФГУП «ВСЕГЕИ», ФГУГП «Камчатгеология»).
35. Смирнов, Д. Н. Очистка сточных вод в процессах обработки металлов / Д. Н. Смирнов, – М.: Metallurgia, 1980 – 195 с.
36. Тараканова Е.И. О распределении акцессорных элементов в современных торфяниках. Труды института геологии и геохимии. Академия наук СССР, 1971. – Вып. №90. – С. 56–63.
37. Чудаев О.В. Геохимия и условия формирования современных гидротерм зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану: автореф. дис. ... д. г.-м.н.: 212.269.03 / О.В. Чудаев. – Томск, 2002. – 59 с.

38. Чудаев О.В. Состав и условия образования современных гидротермальных систем Дальнего Востока России. – Владивосток, Дальнаука, 2003. – С. 116–125.
39. Чудаев О.В., Чудаева В.А. Геохимические особенности и условия формирования Паратунской гидротермальной системы (Камчатка) // Труды Международного симпозиума «Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия». – Томск, 2000. – С. 275–279.
40. Шатков Г.А. Вулканические пеплы Примагаданья: петролого-геохимические особенности и возраст [Текст] / Г.А. Шатков, О.Ю. Лебедева, А.В. Антонов, Н.Г. Бережная, П.А. Львов, Ю.С. Балашова, С.А. Сергеев // Региональная геология и металлогения. – 2017. – Вып. №71. – С. 19–34.
41. Шварцев, Степан Львович. Гидрогеохимия зоны гипергенеза / С. Л. Шварцев. – 2. изд., испр. и доп. – М.: Изд-во "Недра", 1998. – 365 с.
42. Эрдтман Г. Морфология пыльцы и систематика растений. – М.: Ин. лит., 1955. – 486 с.
43. Юдович Я.Э. Геохимия ископаемых углей. – Л.: Наука, 1978. – 262 с.
44. Юдович Я.Э. Грамм дороже тонны: Редкие элементы в углях. – М.: недра, 1989. – 160 с.
45. Юдович Я.Э., Корычева А.А., Обручников А.С., Степанов Ю.В. Средние содержания элементов-примесей в ископаемых углях // Геохимия, 1972. – №8. – С. 1023–1031.
46. Armands G. Geochemical prospecting of an uraniferous bog deposit at Masugnsbyn, Northern Sweden. – Publ. NAS-36, AB Atomenergi Stockholm. – 1961.
47. Braitseva O.A., Ponomareva V.V., Sulerzhitsky L.D. et al. Holocene key-marker tephra layers in Kamchatka, Russia// Quaternary Res. – 1997. – V. 47. – P. 125–139.
48. Braitseva O A., Melekestsev I.V., Ponomareva V.V., Kirianov V.Yu. The caldera-forming eruption of Ksudach volcano Cal. AD 240, the greatest explosive event of ourera in Kamchatka // J. Volcanol. Geothermal Res. – 1996. – V. 70 /1-2. – P. 49–66.

49. Goldschmidt, V.M. Rare Elements in Coal Ashes. *Ind Eng / V.M. Goldschmidt // Chem.* – 1935. – Vol. №27. – P. 1100–1102.
50. Goldschmidt, V.M. Über das Vorkommen des Germaniums in Steinkohlen und Steinkohlenprodukten / V.M. Goldschmidt // *Nachr Ges Wiss Gött, Math-Phys.* – 1930. – Vol. №28. – P. 398–401.
51. Lounamaa, J., 1956. Trace elements in plants growing wild on different rocks in Finland. *Annales of the Botanic Society, "Vanamo"*, P. 18.
52. McMullan D. *Scanning electron microscopy // Scanning.* – 1995. – Вып. №. 3. – P. 175–185.
53. *Principles and practice of variable pressure: environmental scanning electron microscopy / Stokes D.* – John Wiley & Sons, 2008. – 128 p.
54. Volynets O.N. Geochemical types, petrology and genesis of Late Cenozoic volcanic rocks from the Kurile-Kamchatka island-arc system // *International Geological Review.* – 1994. – V. №36. – №4. – P. 373–405.
55. Yliruokanen I., Lehto S. The occurrence of rare earth elements in some Finnish mires. *Bull. Geol. Soc. Finland.* – 1995. – Part II. – P. 27–38.
56. Winchester J.A., Floyd P.A. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements // *Chemical Geology.* – 1977. – V. 20. – P. 325–343.

Нормативная

57. ГОСТ 11306-2013. Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности. М.: Стандартинформ, 2014. – 8 с.
58. ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Введен: 01.03.2017. – М.: Стандартинформ. – 2019. – 10 с.
59. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования к безопасности. Введен: 01.11.2015. – М.: Стандартинформ, 2015 – 24 с.

60. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Введен: 01.01.1989. – М.: Стандартинформ, 2018. – 48 с.

61. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. Введен: 01.01.2019. – М.: Стандартинформ, 2018. – 16 с.

62. ГОСТ 12.1.038-82. «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов». Введен: 01.07.1983.

63. ГОСТ Р 55090-2012 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Рекомендации по утилизации отходов бумаги. Введен 01.01.2014. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.

64. ГОСТ Р ИСО 13732-1-2015 Эргономика термальной среды. Методы оценки реакции человека при контакте с поверхностями. Часть 1. Горячие поверхности. Введен: 01.12.2016. – М.: Стандартинформ, 2016. – 32 с.

65. ГОСТ Р ИСО 9241-4-2009. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 4. Требования к клавиатуре. Введен: 01.12.2010. – М.: Стандартинформ, 2010. – 23 с.

66. ГОСТ Р ИСО 9241-5-2009. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 5. Требования к расположению рабочей станции и осанке оператора. Введен: 01.12.2010. – М.: Стандартинформ, 2010. – 24 с.

67. Постановление заместителя главного государственного санитарного врача от 26.09.1980 №2257-80 «Рекомендации по устранению и предупреждению неблагоприятного влияния монотонии на работоспособность человека в условиях современного производства».

68. Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302н (ред. от 13.12.2019). "Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся

обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда" (Зарегистрировано в Минюсте России 21.10.2011 N 22111)

69. СанПиН 2.2.2.542-96. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М: Госкомсанэпиднадзор, 1996. 24 с.

70. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы. – Введен: 30.06.2003. – М.: Издательство стандартов, 2003. – 14 с.

71. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. Введен: 21.06.2016. – М.: Издательство стандартов, 2016. – 69 с.

72. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып. 7. Лабораторные исследования полезных ископаемых и горных пород. – М.: ВИЭМС, 1993. – 70 с.

73. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып. №1. Работы геологического содержания. Ч. 1. Работы общего назначения – М.: ВИЭМС, 1993. – 33 с.

74. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. Введен: 08.05.2017. – М.: Стандартинформ, 2018. – 117 с.

75. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019). // Собрание законодательства Российской Федерации. - 07.01.2002. – N 1 (Ч. 1). – Ст. 3.

76. Федеральный закон от 22.07.2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (в ред. Федеральных законов от 29.07.2017 N 117-ФЗ, 05.12.2017 N 185-ФЗ).

Приложение А

Раздел 1

Patterns of accumulation of rare earth and radioactive elements in peat

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ81	Водина Елена Сергеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Арбузов Сергей Иванович	д.г.-м.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Диденко Анастасия Владимировна	к.ф.н.		

Patterns of accumulation of rare earth and radioactive elements in peat

1 Introduction

In the scientific community, interest in peatlands is vast and takes many forms. Even though they represent only 3% of the Earth's surface, peatlands contribute highly to CO₂ storage. North European peatlands store about 15–30% of the world's soil carbon as peat [14]. Conversely, peatlands can also play an important role in the spreading of organic carbon to rivers and oceans when they become destabilized due to global warming or any changes in land use [9]. Peatlands (especially ombrotrophic bogs) are also known to be environmental archives. Due to the increasing interest in climate change, peats are particularly studied to understand past environmental and climate events [4].

Peat is a complex material with several organic constituents (lignin and humic acids) that can be involved in chemical bonding. Numerous studies have shown the high capacity of natural peat to retain heavy metals contributing to promote peat materials in industrial effluent treatments [5].

Peat is the result of accumulation of organic material derived in large part, from sphagnum sp. Its formation depends on an excess of local peat moss productivity over the respiratory processes of organisms [18]. Peat accumulates when the physical conditions do not favor organic matter degradation, e.g., under situations of low pH, low temperature and low oxygen availability. Two main types of peat are generally distinguished according to their hydrography. In ombrotrophic peatlands (or bogs), precipitation is the only water input while minerotrophic peatlands are fed by rainfall and by water that has been in contact with mineral soils while flowing in a water catchment basin.

Natural peat can be subdivided into two main levels: the first one, acrotelm, is located at a depth of 0–20 cm and is generally representative of a relatively immature organic matter, with living vegetation. It corresponds to the oxic level of peat, often undersaturated with respect to water in the dry season and is therefore representative

of the less dense material. The deepest level (below 40–50 cm depth), known as catotelm, corresponds to the more decomposed organic matter. It is always saturated with water, anoxic and corresponds to the more dense material. Along a depth profile of peat, the oxic-anoxic boundary is governed by the watertable fluctuations in the peatland. Consequently, all the processes regarding the degradation of organic matter are the result of microorganism activity directly depending on physical and chemical conditions along the profile. A peatland is therefore a strongly vertically structured environment.

Unlike coals, the modes of occurrence of trace elements in peat have not been studied extensively. Existing information is rare and is generally related to the upper part of peat deposits, which is called the peat-forming or active layer. In this horizon active processes of the organic matter transformation occur, including bacterial activity. Oxygen is present in sufficient quantity and therefore the environment is oxidative, unlike the whole peat deposit [20, 25, 22, 23].

In contrast to the peats, the modes of occurrence of trace elements have been studied in detail in soils of different composition, including waterlogged soils [17, 7]. The results of the soil research are often applied to peat as the soils can be considered as peat analogues. However, the physical-chemical properties of the lower peat-forming layers differ considerably from soils of any composition, including waterlogged soils. The main differences between soils and the lower peat layers are the anaerobic regimes with low oxygen activity, high concentrations of organic substances and low microbial activity in the peatlands.

2 REE accumulation of peat

The research on REE in peat had long been limited by their low concentrations and the absence of analytical methods with detection limits in the range of 0.1–0.01 ppm. The problem of studying their modes of occurrence in peat is not only due to the difficulty in recognizing the different modes of occurrence, but also to the necessity of determining the ratio of the different REE forms. There is limited information on the

REE modes of occurrence in peat [1]. An essential part of the REE passes into mobile forms with the formation of organic complexes [8] or into authigenic minerals.

The existence of coals in which the REE concentrations in the ash are as high as 0.2-1.0 % [1, 11, 6, 15, 2] commonly with the average concentration of REE in the coal ash of 300–400 ppm, assumes the presence of REE-bearing phases such as mineral or organic compounds. Studies show that the ratio of different elemental modes of occurrence can vary greatly in the process of coalification [1]. Thus, it is reasonable to try to understand the accumulation conditions and modes of REE occurrence in the early stage of coal formation – the stage of peat accumulation.

The REE concentrations are usually much lower in the modern peats than in coals, even though the REE concentrations in the peat ash are often comparable with the coal ash [2, 16]. Peat bogs are known in Finland in which the light REE (LREE: La, Ce, Pr, Nd, and Sm) sum in the peat ash exceeds 0.1% on average, and in some areas the sum of the LREE can be up to 0.5% [28]. REE concentration is lower in the underlying granites and gneisses than in the peat and almost an order of magnitude lower than in the peat ash. For instance, in the Rapakivi granite the La, Ce, and Nd concentrations were reported to be 128, 270 and 100 ppm, respectively. Their concentrations in the peat ash in separate horizons are as high as 1268, 2598, and 1766 ppm, respectively [28]. With certain assumptions (such as difference in climate conditions and vegetation composition), modern peat bogs of the northern hemisphere can be considered as examples of precursors of coal. Thus the origin of REE distribution in modern peat deposits can be taken as representative for ancient peat bogs.

The results obtained from the selective extraction of the 21 peat samples indicate that the main hosts of the REE in peat are the watersoluble and hydrolysable substances, which account for 36 to 68 % of the total REE concentration in the samples, on average more than 50% for both upland and lowland peat (table 1).

A substantial change of the modes of REE is observed occurrence during the transition from the formation of wetland and peatland soils to the buried peat deposit.

Table 1 – REE in the phases of upland and lowland peat, calculated %.

Phase	Phase share, %	La	Ce	Sm	Eu	Yb	Lu	Average
Upland peat (14 samples)								
Bitumen	4.1	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
WSS and HS	45.7	58.1	59.5	59.1	57.6	44.5	42.7	53.7
Humic acids	31.9	11.2	9.1	11.4	18.3	18.7	19.0	14.6
Residue	18.3	30.9	31.7	29.5	24.1	37.8	39.3	32.2
Lowland and transitional peat (7 samples)								
Bitumen	4.0	1.8	2.0	1.7	1.3	2.7	1.6	1.8
WSS and HS	33.6	55.3	58.2	58.8	63.0	51.0	43.9	55.0
Humic Acids	42.5	21.1	21.8	22.9	16.6	27.8	32.2	23.7
Residue	15.2	19.3	18.6	12.5	18.4	18.7	21.4	18.2

REE may be present not only in ionic form or in the form of chloride complexes in the water-soluble and hydrolysable substances, but also as complexes with organic compounds such as amino acids involved in the formation of fulvic and then humic acids.

Electron microscopy analysis of peat revealed only a few minerals, which are all of micron dimensions containing REE (fig. 1).

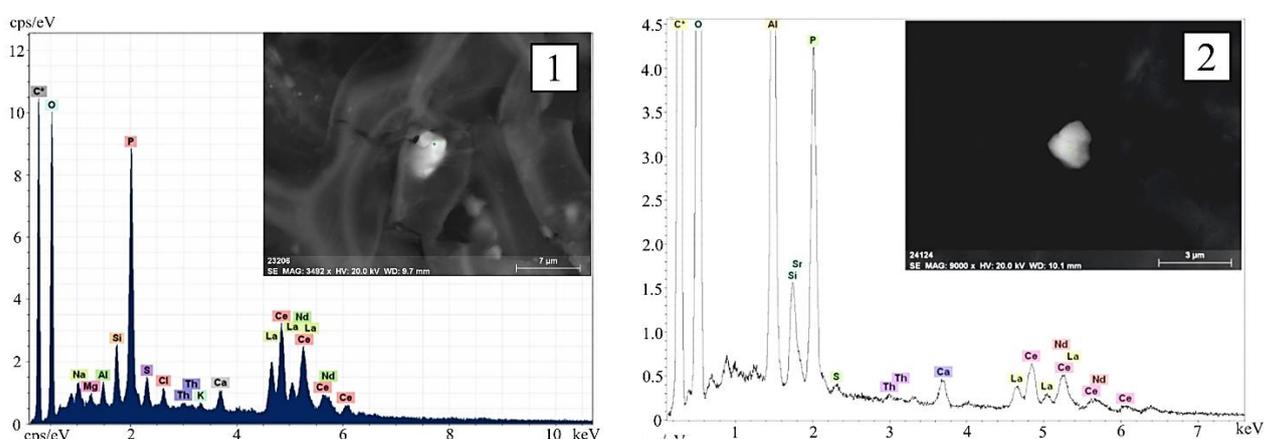


Fig. 1. Minerals of rare earth elements in peat and their element composition.

1 – monazite; 2 – goyazite

Some stable mineral phases (monazite, xenotime, zircon, minerals of the crandallite group) may have initial clastogenic origin. The presence of separate fine rare-earth minerals in the modern peat supports this conclusion (fig. 2).

During peat formation, REE are generally concentrated in the watersoluble and hydrolyzable substances, probably predominately associated with low-molecular acids and in a subordinate quantity in the humic substances with a total of > 60–80% of the REE. In the leached residue of the peat, REE can be partly present in the organic matter as a part of insoluble NaOH humines. Thus, mobile modes of occurrence of REE prevail in the peat- formation stage. Minerals do not play a significant role in the accumulation of REE in peat, even if they are present in the form of stable REE-bearing minerals (e.g. monazite, xenotime, zircon). Light and heavy REE were separated in the peat phases. The water-soluble and hydrolyzable substances are relatively enriched in light REE, and humic substances are enriched in heavy REE.

The modes of occurrence of REE in peat testify to the leading role of hydrogenic mechanisms for their concentration in coal. Without reference to a source of input (clastogenic material, colloids and dissolved substances) in a peat formation basin, REE pass essentially into mobile forms in the active acid environment of the peat and are finally accumulated in the organic matter. Further, the processes of peat maturation and coalification, accompanied by the temperature increase, lead to the REE release from the organic matter and formation of authigenic minerals. The role of organic modes of occurrence of REE in peat should be taken into account while developing the technologies for peat use. Especially it is important when using different peat extracts as fillers for animal nutrition.

3 Uranium accumulation of peat

Peat is often associated with the accumulation of trace elements such as uranium [13]. Szalay (1963) concluded through a series of adsorption experiments that insoluble humic acid from peat is the geochemical enrichment factor responsible for uranium accumulation in bioliths [27]. More recently, Regenspurg et al. (2010) discovered high U concentrations up to 4000 ppm in high ash soil in the Dishma valley, an alpine region in Switzerland [21]. In Germany, natural wetlands are known to

exhibit elevated uranium concentrations, principally associated with former uranium mining areas [24].

In Limousin (France), many former uranium mines are located in the vicinity of peatlands. Peatlands may be considered as very good recorders of natural U fluxes over time. This period includes the natural U background, the mining activities during the second half of the 20th century, and the present days. Interaction between peat and Uranium and its decay products, in particular radium (^{226}Ra), therefore appears as a key step in understanding of the geochemical mechanisms controlling their fate.

The matrix of the peat sample was mainly composed of organic matter finely associated with clay minerals and detrital minerals which contributed to the background composed of C, O, Al, Si (see fig. 2)

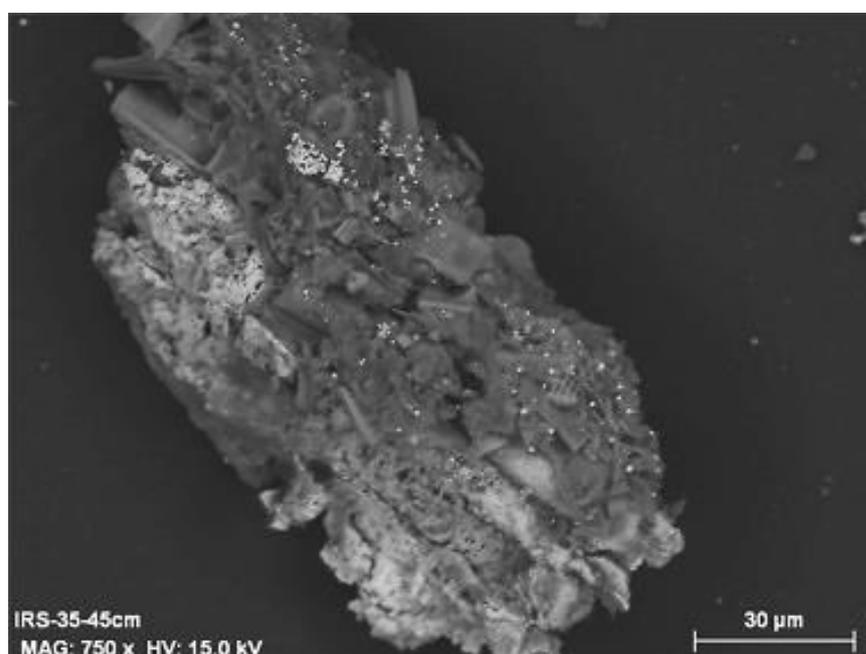


Fig. 2. SEM image of peat

The experimental adsorption and desorption data of radioelements are illustrated in figs.3a-b and 4a-b where the K_d values are plotted against pH. K_d is the ratio of the adsorbed metal concentration (mol/kg) on the aqueous concentration of metal in solution at equilibrium (mol/L). It appeared that even for a relatively high dispersion of data, the three types of samples presented similar trends of sorption as a function of pH. The adsorbed U(VI) amount was close to 90% of the total U regardless

of the pH. The K_d values varied from 1000 at pH 3.0 to a maximum value of 10,000 mL/g at pH 4.0 (fig. 3a), before decreasing and finally stabilizing at around 1000 mL/g. The desorption K_d values (fig. 3b) were slightly higher than the adsorption K_d values attesting to the fact that the retention was not completely reversible or under kinetic control. Results were similar for all depth samples considered for the experiments. At acidic pH, the relatively high adsorption of uranium on peat was likely due to the contribution of organic matter and more specifically to humic acids. Humic acids are known to precipitate at low pH and be soluble at high pH. During the sorption experiments, it therefore appeared important to distinguish between the part of U associated to the soluble and to the colloidal fraction. For that purpose, a number of samples chosen across the pH range were ultra-filtered at 10 kDa. The U concentrations measured in the 10 kDa fractions.

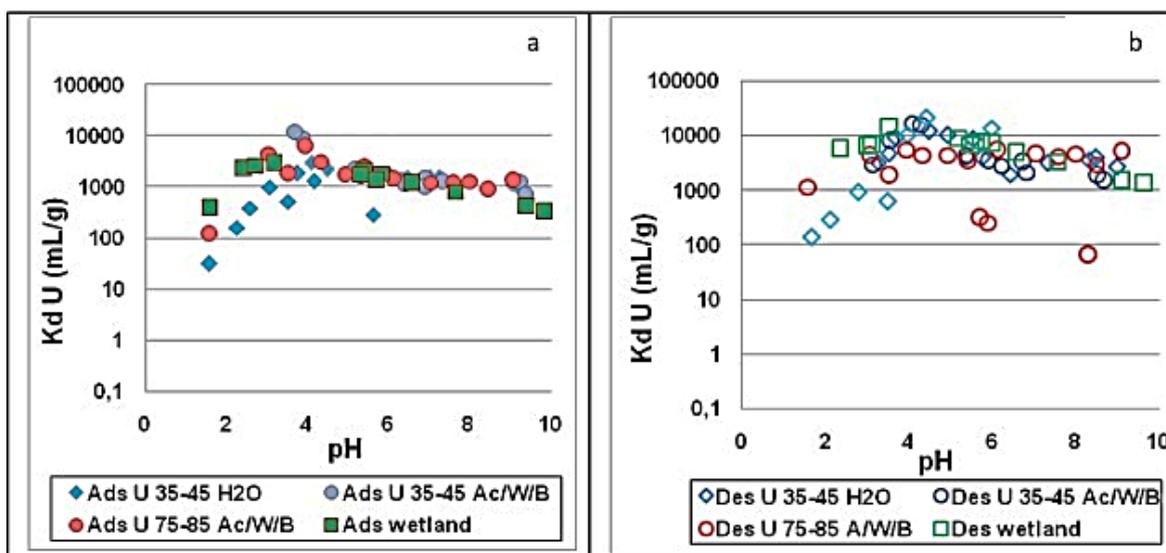


Fig. 3. a-b: Sorption (a) and desorption (b) of U on different natural peats. H₂O and Ac/W/B (for Acid/Water/Base) refer to the different kinds of chemical treatments

In the case of radium, the percentage of Ra uptake increased from zero at pH 2-98% at pH 9.6 and above. The associated adsorption K_d values (fig. 4a), across the same pH scale, ranged from zero to 4800 ± 1200 mL/g and seemed to remain stable for $\text{pH} \geq 7$. However, in the sample enriched with detrital material (35e45 cm, with blue symbols in fig. 4a), the trend of K_d values at acidic pH was slightly shifted towards a more alkaline pH domain. Nevertheless, desorption data (fig. 4b) were again very close

to the other experimental points, implying that this shift could be due to kinetic effects. It was also possible that the mixture of detrital material with organic matter constituted a kinetic barrier to the accessibility of sorption sites by metals.

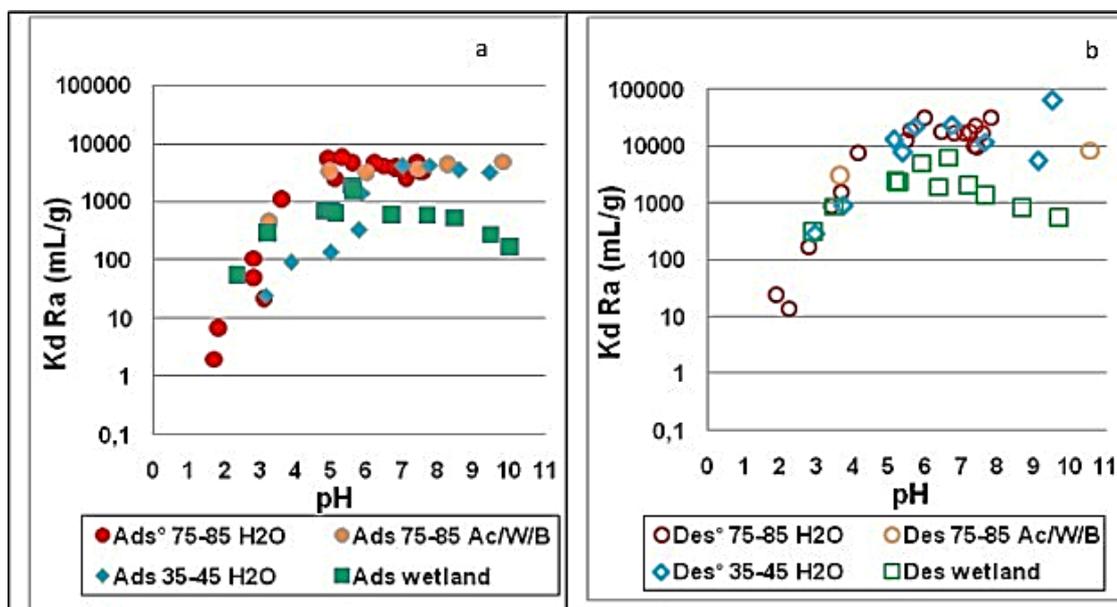


Fig. 4. a-b: Sorption (a) and desorption (b) of Ra on different natural peats. H₂O and Ac/W/B (for Acid/Water/Base) refer to the different kinds of chemical treatments

Very few studies exist about U sorption on organic matter issued from peat bogs. In a former study [19], the U behavior was characterized by a maximum U removal from the solution for pH comprised between 4 and 6, which was assigned to uranyl-humate complex formation. At an equilibrium with atmospheric pCO₂, the decrease of U sorption at a pH above 7.5 was the result of uranyl-carbonate complex formation.

However, contrary to this study [19], we observed that around 90% of U was still removed from the solution for pH > 8. This phenomenon has already been observed in experimental studies where humic acids became associated to mineral phases [10]. Krepelova et al. (2006) suggested, on the basis of EXAFS (Extended X-ray Absorption Fine Structure) observation, at medium neutral and alkaline pH, the possibility of direct sorption of uranium as a uranyl-hydroxohumate complex on kaolinite [10]. They concluded that in such ternary systems the presence of humic acids seemed to suppress the effect of carbonates. These observations suggested that the

chemical environment of uranium in solution in the presence of humic acid and/or additional ligands and metals is complex and some organo-mineral aggregates in peat may be responsible for the uranium sorption.

However, the trend observed under mid-acidic conditions is relatively well reproduced with the model of ion-exchange (fig. 5), considering the sorption of Na^+ and the uranium species on a single site X_i representative of organic compounds. Moreover, this pH range is characteristic of the pH conditions prevailing in peatlands.

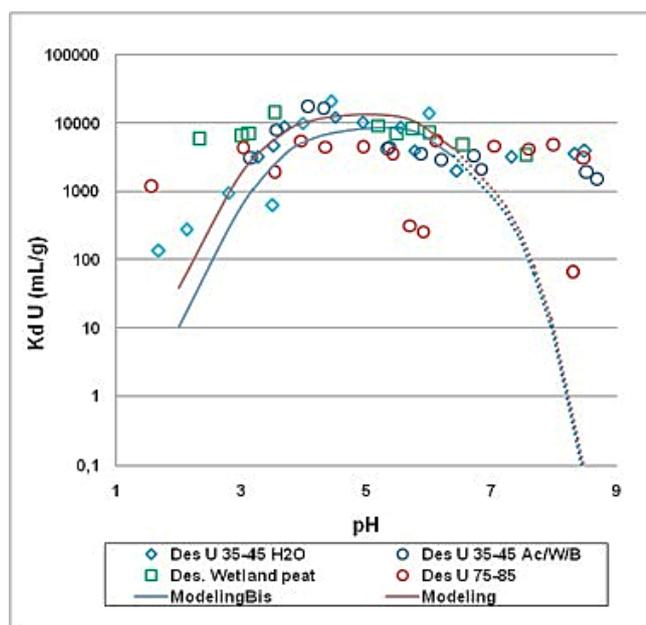


Fig. 5. Modeling of U sorption with the two data sets obtained and comparison with U adsorption on different natural peats. Modelling for pH beyond 7.0 is shown in dotted lines

The chemical reactivity of natural organic matter is generally assigned to the main functional groups that are carboxylic and phenolic acids. In the case of natural peat we showed that, in midacidic media with pH values from 3.0 to 6.0, the chemical behavior of uranium and radium was mainly attributed to sorption on carboxylic sites. Natural peat presented a high variability of the ratio of carboxylic groups to phenolic groups with depth, suggesting a high variability of the retention properties along the depth profile. In the commonly encountered mid-acidic pH conditions in peatlands, the expected capacity of sorption with regard to uranium and its descendants appeared maximal with a dominant contribution of carboxylic functional groups. These results

confirm other recent observations in acidic wetlands where the authors validated the role of natural organic matter and principally the carboxylic functions in the uranium immobilization [12].

A relatively simple model of ion-exchange based on the sorption properties of carboxylic sites was successfully applied to describe the sorption of uranium and radium in peat. In the general overview of the different mechanisms able to control the mobility of these radionuclides in a uranium mining context, the sorption capacity of natural organic matter was probably one of the most important contributors to radionuclides scavenging even under oxic conditions. In natural environment, due to the chemical properties of these radionuclides, and especially their redox ones, uranium will be less mobile than radium [13].

In conclusion, this first approach based on a macroscopic description of NOM seemed relatively well adapted to natural material with an often significant heterogeneity. By this approach it was possible to describe the retention of uranium and radium on NOM by considering both the speciation of radioelements in solution, the role of pH and the competition with other cations present in the medium.

4 Conclusions

Thus, peat is an excellent sorbent of rare earth and radioactive elements. In the current economic situation, this may soon become one of the leading sources of trace elements. In addition to rare earth and radioactive elements, some peat deposits have high concentrations of elements such as Sc, Ge, Ga, V, W, Fe and others.

In addition to economic interest, the study of trace elements in peat has a scientific interest:

First, the accumulation of certain elements in peat may indicate indigenous deposits of these elements. This method of searching for minerals is quite simple and cheap, no need to spend large amounts on drilling deep wells.

Secondly, the study of the processes of accumulation and migration of rare-earth and radioactive elements in peat will help to understand the sources of their contribution to coal. Coal is paleopeat.

To date, several sources of the introduction of rare and radioactive elements into the peat bog are known:

1. bedrock (especially granites);
2. groundwater, with which a huge number of elements are transported, and peat sorbs them;
3. ash horizons containing a large number of minerals with rare elements;
4. precipitation and runoff;
5. the relief in which peat bogs are overshadowed.

It has been also found that the distribution of elements in the peat deposit itself is extremely uneven. The migration of elements depends on the source, its location relative to peat, on the direction of flow of surface waters and drains. The rate of migration of elements mainly depends on the type of swamp (high, transitional, lowland) and pH of the medium.

References

1. Arbuzov, S.I., Ershov, V.V., Rikhvanov, L.P., Kyargin, V.V., Bulatov, A.A., Dubovik, P.E., 2003. Rare-metal Potential of Coals of Minusinskiy Basin. Publishing House SO RAN Branch "GEO", Novosibirsk (347 pp. in Russian).
2. Arbuzov, S.I., Mashenkin, V.S., Rybalko, V.I., Sudyko, A.F., 2014. Rare-metal potential of coals in Northern Asia (Siberia, the Russian Far East, Kazakhstan, Mongolia). *Geol. Miner. Resour. Sib.* (№ 3s. Part.2), 41–44.
3. Bernatonis, V.K., Arkhipov, V.S., Zdvizhkov, M.A., Preys, Yu.I., Tikhomirova, N.O., 2002. Geochemistry of plants and peats of Great Vasyugan Bog. In: Kabanov, M.V. (Ed.), *Great Vasyugan Bog. Current Status and Evolution Processes*. Tomsk: Publishing House of the Institute of the Atmospheric Optics SB RAS, pp. 204–215.
4. Bindler, R., 2006. Mired in the past d looking to the future: geochemistry of peat and the analysis of past environmental changes. *Glob. Planet. Change* 53, 209–221.
5. Brown, A.P., Gill, S.A., Allen, S.J., 2000. Metal removal from wastewater using peat. *Water Res.* 34, 3907–3916.
6. Dai, S., Luo, Y., Seredin, V.V., Ward, C.R., Hower, J.C., Zhao, L., Liu, S., Zhao, C., Tian, H., Zou, J., 2014. Revisiting the late Permian coal from the Huayingshan, Sichuan, southwestern China: enrichment and occurrence modes of minerals and trace elements. *Int. J. Coal Geol.* 122, 110–128.
7. Davranche, M., Grau, G., Dia, A., Le Coz-Bouhnik, M., Marsac, R., Pédrot, M., Pourret, O., 2016. Rare earth elements in wetlands. In: Rinklebe, J., Knox, A.S., Paller, M. (Eds.), *Trace Elements in Waterlogged Soils and Sediments*. Taylor & Francis Group/CRC Press, pp. 135–162.
8. Davranche, M., Grybos, M., Gruau, G., Pédrot, M., Dia, A., Marsac, R., 2011. Rare earth element patterns: a tool for identifying trace metal sources during wetland soil reduction. *Chem. Geol.* 284, 127–137.

9. Freeman, C., Evans, C.D., Monteith, D.T., Reynolds, B., Fenner, N., 2001. Export of organic carbon from peat soils. *Nature* 412, 785.
10. Krepelova, A., Sachs, S., Bernhard, G., 2006. Uranium(VI) sorption onto kaolinite in the presence of humic acid. *Radiochim. Acta* 94, 825–833.
11. Kronberg, B.I., Murray, F.N., Fyfe, W.S., Winder, C.G., Brown, J.R., Powell, M., 1987. Geochemistry and petrography of the Mattagami Formation lignites (Northern Ontario). In: Volborth, A. (Ed.), *Coal Science and Chemistry*. Elsevier, Amsterdam, pp. 245–263.
12. Li, D., Kaplan, D.I., Chang, H.-S., Seaman, J.C., Jaffe, P.R., van Groos, P.K., Scheckel, K.G., Segre, C.U., Chen, N., Jiang, D.-T., Newville, M., Lanzirotti, A., 2015. Spectroscopic evidence of uranium immobilization in acidic wetlands by natural organic matter and plant roots. *Environ. Sci. Technol.* 49, 2823–2832.
13. Lidman, F., Rameback, H., Bengtsson, A., Laudon, H., 2013. Distribution and transport of radionuclides in a boreal mire - assessing past, present and future accumulation of uranium, thorium and radium. *J. Environ. Radioact.* 121, 87–97.
14. Limpens, L., Berendse, F., Blodau, C., Canadell, J.G., Freeman, C., Holden, J., Roulet, N., Rydin, H., Schaepman-Strub, G., 2008. Peatlands and the carbon cycle: from local processes to global implications e a synthesis. *Biogeosciences* 5, 1475–1491.
15. Mardon, S.M., Hower, J.C., 2004. Impact of coal properties on coal combustion by-product quality: examples from a Kentucky power plant. *Int. J. Coal Geol.* 59, 153–169.
16. Mezhibor, A.M., Arbuzov, S.I., Arkhipov, V.S., 2013. Trace elements in peat bogs of Tomsk region (South Siberia, Russia). *Energy Explor. Exploit.* 31 (№. 4), 629–644.
17. Mihajlovic, J., Stärk, H.-J., Rinklebe, J., 2014. Geochemical fractions of rare earth elements in two floodplains oil profiles at the Wupper River, Germany. *Geoderma* 228–229, 160–172.
18. Moore, P.D., 1989. The ecology of peat-forming processes: a review. *Int. J. Coal Geol.* 12, 89–103.

19. Omar, H.A., Aziz, M., Shakir, K., 2007. Adsorption of U(VI) from dilute aqueous solutions onto peat moss. *Radiochim. Acta* 95, 17–24.
20. Rakovsky, V.E., Pigulevskaya, L.V., 1978. *Chemistry and Genesis of Peat* [in Russian: *Khimiya i Genezis Torfa*]. Nedra, Moscow (231 pp.).
21. Regenspurg, S., Margot-Roquier, C., Harfouche, M., Froidevaux, P., Steinmann, P., Pilar Junier, P., Bernier-Latmani, R., 2010. Speciation of naturally-accumulated uranium in an organic-rich soil of an alpine region (Switzerland). *Geochim. Cosmochim. Acta* 74, 2082–2098.
22. Savichev, O.G., 2015. Distribution of inorganic pollutants over the depth of upper peat deposit. *Contemp. Probl. Ecol.* 8 (1), 118–124.
23. Savichev, O.G., Mazurov, A.K., Semilatov, I.P., Bazanov, V.A., Guseva, N.V., Khvaschevskaya, A.A., Nalivaiko, N.G., 2016. Geochemical Indicators of Swamp Water in Taiga Zone of Western Siberia. 5. *Izvestia RAN, Geography Series*, pp. 60–69.
24. Schoner, A., Noubactep, C., Büchel, G., Sauter, M., 2004. Geochemistry of natural wetlands in former uranium milling sites (eastern Germany) and implications for uranium retention. *Chem. Erde* 69, 91–107.
25. Shotyk, W., Chesworth, W., 1992. Organic soils. In: Martini, I.P. (Ed.), *Developments in Earth Surface Processes*. 2. Elsevier, pp. 203–224.
26. Smieja-Król, B., Fiałkiewicz-Kozieł, B., Sikorski, J., Palowski, B., 2010. Heavy metal behavior in peat – a mineralogical perspective. *Sci. Total Environ.* 408, 5924–5931.
27. Szalay, A., 1963. Cation exchange properties of humic acids and their importance in the geochemical enrichment of UO₂ and other cations. *Geochim. Cosmochim. Acta* 28, 1605–1614.
28. Yliruokanen, I., Lehto, S., 1995. The occurrence of rare earth elements in some Finnish mires. *Bull. Geol. Soc. Finl.* 67 (Part 2), 27–38.

Условные обозначения к геологической карте

КАЙНОЗОЙ	КВАРТЕР	ГОЛОЦЕН	ПОЗДНЯЯ ПОРА	Q _{al}	Аллювиальные галечники, пески, гравийники, валуны, глины, суглинки, супеси, илы (до 16 м); пролювиальные (р) галечно-щебнистые и валунные пески, галечники, валуны, супеси и суглинки с гравием, галькой, дресвой, щебнем, валунами, глыбами (до 52 м); нерасчлененные аллювиальные и пролювиальные (а,р) песчано-валунно-галечные отложения, гравий, щебень, дресва, супеси, суглинки, глины (до 48 м); озерные (l) галечники, пески, глины, илы, суглинки, супеси (до 30 м); морские (m) пески, галечники и гравийники с песком, супесью, валунами, алевритами, илы (до 15 м); болотные (b) торф, суглинки, супеси, илы, глины (до 15 м)	Q _{al1}	1. ВК базальтовые: тулунский – оливиновые базальты, шлаки (до 400 м) [10], ключевской третья фаза (h ₃) – базальты, андезиты, андезиты, трахибазальты, трахандезиты, туфы, шлаки, аптиты, тефра основного и среднего состава, отложения направленных взрывов – глыбы, щебень, вулканические пески (до 700 м) [13], верхневажский (n ₂) – оливиновые базальты, шлаки (400 м) [14]; ВК андезит-базальтовые: ильинский вторая фаза (h ₂) – андезиты, андезиты, базальты, тефра основного и среднего состава, пенные вулканические пески (до 600 м) [10], кроноцкий вторая фаза (h ₂) – базальты, андезиты, аптиты, шлаки, вулканические пески, тефра (600 м) [14]; алашско-корейский вторая фаза (h ₂) – андезиты, андезиты, базальты, андезиты, вулканические пески, шлаки, пемы (до 150 м) [14]; Бакенинский дагит-андезитовый – андезиты, аптиты, тефра (до 300 м) [14]; ВК андезит-дагитовые: паужетский вторая фаза – отложения пемовых пирокластических потоков кислого состава (до 130 м) [10], ичинский третья фаза (h ₃) – андезиты, базальты, андезиты, дациты, риодциты, тефра различного состава (до 300 м) [11], семичский третья фаза (h ₃) – дациты, дацандезиты, андезиты, тефра среднего и кислого состава, пирокластические потоки кислого состава (250 м) [14]; дендурский ВК андезит-риодитовый вторая фаза (h ₂) – андезиты, дациты, тефра раннего состава, аптиты, шлаки, вулканические пески (300 м) [14]				
				НЕОГЕН	ПЛЕЙСТОЦЕН	НЕОПЛЕЙСТОЦЕН	СРЕДНЯЯ ПОРА	Q _{al2}	Четвертая ступень. Ледниковые валунные суглинки, супеси, валунистые пески, суглинки и супеси с глыбами, валунами, дресвой, гравием, галькой, щебнем (до 80 м); глинофлювиальные (f) галечники с валунами, гравием, суглинками, супесью, суглинками (до 6 м)	Q _{al21}	1. Ичинско-еловский ВК базальтовый – базальты и андезиты, их шлаки, аптиты, андезиты (до 450 м) [12], Хангарский ВК андезит-дагитовый – дациты, риодциты, дацандезиты, андезиты, базальты, андезиты, их туфы, пемы, ичимиты кислого состава (900 м) [12]
								Q _{al3}	Третья ступень. Аллювиальные песчано-галечные отложения с валунами, галечники, пески, гравийники, супеси, суглинки, валуны, глины (до 30 м); морские (m) пески, галечники, гравийники, супеси, суглинки (до 30 м)	Q _{al31}	1. ВК базальтовые: ключевской вторая фаза – андезиты, базальты, трахибазальты, трахандезиты, трахандезиты, туфы, шлаки, тефра основного и среднего состава (до 1000 м) [13], карковский (kr) – оливиновые базальты, их шлаки, аптиты (до 200 м) [13]; акабацкий трахибазальт-базальтовый (h ₂) – базальты, трахибазальты, шлаки, аптиты (250 м) [14]; алашско-корейский ВК андезит-базальтовый первая фаза (h ₁) – андезиты, базальты, андезиты, аптиты, вулканические пески, пемы, тефра (до 900 м) [14]; Андезит-дагитовые ВК – семичский вторая фаза – риодиты, дациты, ичимиты, туфы кислого состава, пемы (до 350 м) [14], ичинский вторая фаза (h ₂) – андезиты, андезиты, базальты, дацандезиты, тефра среднего и основного состава (до 600 м) [11]
								Q _{al4}	Вторая-третья ступени. Вулканические пеплы, лепеловые туфы и туффиты, прослой гумусированных суглинков и супесей (Поправные супеси) (до 30 м)	Q _{al41}	1. ВК андезит-базальтовые: ильинский первая фаза – базальты, андезиты, андезиты, тефра основного и среднего состава, ичимиты кислого состава (700 м) [10], кроноцкий первая фаза (h ₁) – базальты, андезиты, андезиты, тефра, аптиты (до 800 м) [14], Паужетский ВК андезит-дагитовый первая фаза – туфы, ичимиты, пемы и пемы кислого состава, дациты (до 300 м) [10]; дендурский ВК андезит-риодитовый первая фаза (h ₁) – андезиты, дациты, туфы среднего состава (500 м) [14]
								Q _{al5}	Среднее звено – первая ступень верхнего звена. Нерасчлененные озерные и аллювиально-озерные пески, реже супеси горизонтально-слоистые, прослой и линзы гравия, галечники, «синие» глины, алевриты (до 150 м); нерасчлененные озерные и аллювиальные (la) пески коллоидные с прослоями и линзами галечников, суглинков, торфа, «темные глины», алевриты, супеси, диатомиты (до 80 м)	Q _{al51}	1. ВК андезит-дагитовые: семичский первая фаза – ичимиты и туфы кислого состава (до 300 м) [14], ичинский первая фаза (h ₁) – дациты, дацандезиты, андезиты, стежские туфы и ичимиты кислого состава (до 500 м) [11]; дендурский ВК дагитовый (d ₁) – дациты, дацандезиты, андезиты, риодциты, редко их туфы и ичимиты (500 м) [12]
								Q _{al6}	Среднее звено. Ледниковые галечники с валунами, гравием, суглинком, супесью, песком, валунами, валунные суглинки, супеси, суглинки, глины, щебень, глыбы (до 40 м); морские (m) галечники с гравием, валунами, пески (до 70 м)	Q _{al61}	1. ВК базальтовые: левоалпийский – базальты и андезиты, андезиты, их аллювиальные туфы (до 800 м) [10], среднеинский (sr) – базальты, андезиты, андезиты, трахибазальты, их туфы, аптиты, туфокогнитоматы (до 700 м) [12], яковский (j ₂) – базальты, андезиты, трахибазальты, трахандезиты, андезиты, туфы, туффиты, конгломераты (600 м) [15]; раскопский ВК трахибазальт-базальтовый (h ₂) – базальты, андезиты, трахибазальты, трахандезиты, андезиты, туфы, лабобрекчи, аптиты, базальты и андезиты, туфокогнитоматы (до 800 м) [11]; ВК андезит-базальтовые: иульинский (i ₂) – базальты, андезиты, андезиты, аллювиальные, туффиты, диатомиты (до 1200 м) [14], веселоский (w ₂) – базальты, андезиты, аллювиальные туфы, туфокогнитоматы, ичимиты кислого состава (800 м) [10]; Учинский ВК трахандезитовый – трахандезиты, андезиты, их туфы, ичимиты (450 м) [12]
								Q _{al7}	Золпийстоцен – нижнее звено неоплейстоцена. Морские гравийно-галечные отложения, гравийники, галечники, пески, супеси, глины (до 130 м)	Q _{al71}	1. Боньинский ВК базальтовый – базальты, андезиты, андезиты, их туфы, трахибазальты, трахандезиты, трахандезиты, дациты, дацандезиты (1200 м) [13]; Ичинский ВК андезитовый – андезиты, андезиты, дацандезиты, дациты, их туфы (1000 м) [15]; Балачинский ВК риодитовый – риодиты, риодциты, дациты, их туфы и ичимиты (до 400 м) [10]
								Q _{al8}	Энеменская свита [6] – песчаники, туфоспесчаники, конгломераты, гравелиты, туфоалевролиты, галечники, пески, валуны, туффиты, туфы среднего состава (100–760 м)	Q _{al81}	1. Николаевский ВК базальтовый – базальты, андезиты, андезиты, трахибазальты, андезиты, их туфы, дациты, дацандезиты, туфокогнитоматы, туффиты (до 1300 м) [13]; Оленегорский ВК базальт-андезитовый – андезиты, базальты, их туфы (650 м) [13]
								Q _{al9}	Эрмановская свита [6] – песчаники, туфоспесчаники, туфоалевролиты, туфогравелиты, туфокогнитоматы, конгломераты, туфогравелиты, бурые угли, лигниты (до 650 м)	Q _{al91}	Ахтомский ПК диорит-гранодиоритовый [5] Вторая фаза. Гранодиориты, граниты Первая фаза. Диориты, диориты, габбродиориты, габбро (б-в)
								Q _{al10}	Этоловская свита [6] – туфоспесчаники, песчаники, туфоалевролиты, гравелиты, конгломераты, туффиты (до 650 м); беловская (b) толща [5] – туфоспесчаники, песчаники, туфоалевролиты, туфокогнитоматы, туфы среднего состава (500 м)	Q _{al101}	Исхадский ПК плагиогранитовый [8] Плагиограниты, гранодиориты и кварцевые диориты (уб)
Q _{al11}	Какартская свита [6] – туфоалевролиты, туфоспесчаники, туфогравелиты, туфодиациты, туфогравелиты (400 м); поперечная (p) толща [5] – туфоспесчаники, песчаники, туфоалевролиты, туфоалевролиты, туффиты, конгломераты, туфы среднего состава (400 м); левокулановская (l ₂) серия [8] – алевриты, песчаники, гравелиты, конгломераты (1500 м)	Q _{al111}	Юркий ПК габбродиоритовый [8] Габбродиориты, нориты, габбро, пироксениты, кортанциты, леролиты, верлиты								
Q _{al12}	Ильинская свита [6] – песчаники, туфоспесчаники, алевролиты, туфоалевролиты, конгломераты, гравелиты, туффиты, туфы среднего состава, туфокогнитоматы (600 м); коринговская (k ₂) свита [8] – песчаники, алевролиты, аргилиты, конгломераты, туфоалевролиты, диатомиты, бурые угли (1400 м); ракитинская группа [8]: ракитинская свита (r ₁), флювиальная толща (f ₁) – песчаники, диатомиты, слонгилиты, алевролиты, ракитинский, сегментные известняки (50–300 м)	Q _{al121}	Полмикиевый терригенный меланж								
Q _{al13}	Узловская свита [6] – песчаники, туфоспесчаники, алевролиты, туфоалевролиты, аргилиты, туффиты и туфы среднего состава (200–600 м); чажинская (ch) свита [8] – песчаники, алевролиты, аргилиты, туффиты, конгломераты, гравелиты, кремни, кремнистые алевролиты, туфы среднего и кислого состава, глауконитовые песчаники, ракушечки, бурые угли (800 м); жировская (j ₂) толща [5] – туфоалевролиты, туфоспесчаники, туффиты и туфы кислого состава, туфогравелиты, песчаники, алевролиты, гравелиты (800 м)	Q _{al131}	Левондранский латеральный ряд ПК [4]: левондранский дунит-клинопироксенит-монцитовый; Дуниты (d ₁ , d ₂), верлиты, оливиниты, пироксениты (Σ1); габбро (v ₁ , v ₂), габбро, монцититы, пироксениты (v-ч, v-н), клинопироксениты, косциты, горьбендиты (v ₁); диорит-порфириты (d ₁); умеренно-щелочные габбро (v ₂); монцогаббро, габбро, диориты (d ₁ -d ₂), монцититы, монцодиориты, сиениты (s ₁ -s ₂), сиениты, монцититы, диориты, умеренно-щелочные габбро, габбро (z ₁ -z ₂), сиениты (z ₁)								
Q _{al14}	Гаскинская свита [6] – песчаники, алевролиты, аргилиты, туфоспесчаники, туфоалевролиты, гравелиты, конгломераты, туффиты и туфы среднего состава (200–650 м)	Q _{al141}	Кольский ПК плагиогранит-гранодиоритовый [3] Третья фаза. Бiotитовые граниты, тоналиты, гранодиориты (у ₃), граниты (γ) Вторая фаза. Граниты, гранодиориты, диориты; гранодиориты, плагиограниты, тоналиты, граниты (у ₂ -γ), граниты (γ), гранодиориты (у ₂), плагиограниты (p ₂), плагиогранитпорфириты (p ₂), гранодиориты, кварцевые диориты, диориты (у ₂ -δ) Первая фаза. Диориты, гранодиориты, граниты (γ), плагиограниты (p ₁), плагиограниты, кварцевые диориты (p ₁ -δ)								
Q _{al15}	Ковачинская свита [6] – песчаники, алевролиты, аргилиты, конгломераты, гравелиты, туффиты и туфы среднего и кислого состава (80–300 м); пресновская (p ₁) толща [5] – туфоалевролиты, туфоспесчаники, туффиты и туфы среднего и кислого состава, туфогравелиты (450 м)	Q _{al151}	Каргинский ПК габбро-дунит-габбродиоритовый [4] Гипербазиты нерасчлененные: серпентинизированные габбродиориты, дуниты, серпентиниты, пироксениты, верлиты, перидолиты, габбро								
Q _{al16}	Сиватовская свита [6] – песчаники, алевролиты, аргилиты, конгломераты (200–800 м); тулунская группа [8]: тулунская (t ₁) и гавричинская (g ₁) свиты; алашская (a ₁) толща [5] – песчаники, алевролиты, конгломераты, гравелиты, аргилиты, углистые аргилиты (800 м) (1500; 400 м)	Q _{al161}	Крутогорский ПК гнейсо-плагиогранитовый [3] Интрузия анатектических гнейсо-плагиогранитов, гнейсо-гранодиоритов, гнейсо-тоналитов (у ₆), гнейсо-гранитов (γ)								
Q _{al17}	Тектоно-гравитационные микститы (брекчи хаотического сложения – 1100 м)	Q _{al171}									
Q _{al18}	Велювская серия [4] – алевролиты, аргилиты, песчаники, туфоалевролиты, кремнистые аргилиты и алевролиты, кремни, лавы, кремнисто-карбонатные породы, известняки, мергели, базальты, их туфы, пиробазальты, пикриты (4500 м)	Q _{al181}									
Q _{al19}	Дроздовская группа [4]: дроздовская свита – песчаники, алевролиты, аргилиты, мергели, известняки, многообугленного растительного детрита (1200 м); станицинская свита (st) – песчаники, гравийные песчаники, гравелиты, конгломераты, алевролиты, кремнистые алевролиты и аргилиты, оникостромы, в песчаных и алевролитных обугленного растительного детрита (до 2500 м); беловодская толща (b ₁) – песчаники, алевролиты, конгломераты, гравелиты, туфоспесчаники, туфоалевролиты, туффиты, туфы (700 м)	Q _{al191}									
Q _{al20}	Кунаевская свита [3] – алевролиты, аргилиты, песчаники, редко конгломераты, гравелиты (1500 м)	Q _{al201}									
Q _{al21}	Хозовская свита [3] – алевролиты, аргилиты, песчаники, асбестовые сланцы, метаалевролиты, метапесчаники, базальты, кремни, яшмы, конгломераты, гравелиты, туфы (2500 м)	Q _{al211}									
Q _{al22}	Хейванская группа [3]: хейванская свита – метапесчаники и метаалевролиты, графитовые филолиты, кварц-альбит-хлоритовые сланцы, сложенные микрокварцем, в локальных зонах – гранат-биотитовые, биотит-андалузитовые сланцы (2300 м); химинская (h ₁) свита – кварц-альбит-хлоритовые, альбит-хлоритовые, эпидот-хлорит-актинолитовые, альбит-хлорит-эпидот-актинолитовые сланцы, филолиты, метапесчаники (600 м); ваханская группа [4]: ваханская (v ₁), кожинская (k ₂) свиты, южненкольская подтолща (j ₂) – расчлененные песчаники, алевролиты, глинистые сланцы, метапесчаники, метаалевролиты, флогопитовые сланцы, филолиты (более 2000; 1500; 1500 м)	Q _{al221}									
Q _{al23}	Стеновая серия [4] – альбит-хлорит-эпидотовые, альбит-актинолит-эпидотовые, альбит-биотит-хлоритовые, альбит-амфиболовые, кварц-плагиоклаз-эпидот-амфиболовые сланцы, филолиты (более 1500 м)	Q _{al231}									

ПРОЧИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

<p>кислого: 1 – лавы, 2 – туфы, 3 – ичимиты, 4 – пемы</p> <p>среднего: 1 – лавы, 2 – туфы, 3 – тефры и тефроиды</p> <p>основного: 1 – лавы, 2 – туфы, 3 – тефры и тефроиды</p> <p>ультраосновного – основного: туфы</p> <p>раннего: 1 – лавы, 2 – туфы, 3 – тефры и тефроиды</p> <p>умеренно-щелочного: 1 – среднего – лавы, 2 – основного – лавы</p> <p>Метасоматиты</p> <p>Кварцевые, p₁ – гиритизация, o₂ – ортоклазовые, q, p₂ – кварц-пиритовые, q, p – кварц-пропилитовые, p – пропилиты, o₁ – аргилиты, v₁ – вторичные кварциты, v – сольфатарные изменения</p>	<p>Геологические границы: а – между разновозрастными образованиями; б – несогласного залегания; в – между фациально разными образованиями внутри стратиграфического подразделения</p> <p>Разрывные нарушения достоверные (а – выходящие на дневную поверхность, б – скрытые под вышележащими образованиями)</p> <p>Главные (структурообразующие)</p> <p>Главные (структурообразующие) надвиги (Ирунейско-Ватынский надвиг ранне-среднеэоценового возраста P₁¹⁻³)</p> <p>Прочие разломы</p> <p>Надвиги</p> <p>Глубинные разломы, выделяемые по геофизическим данным</p> <p>Разломы, ограничивающие кальдеры и вулканотектонические депрессии</p>	<p>Пункты радиологического определения возраста пород. В числителе – возраст в млн. лет, и символ метода определения (U – уран-свинцовый), в знаменателе – номер пробы по списку</p> <p>1 ⊙ – Буравые скважины и их номер по списку</p> <p>⊗ – Кратеры действующих вулканов, не выражающиеся в масштабе карты</p> <p>⊙ – Гейзеры и фумаролы</p> <p>⊙ – Шлаковые конусы</p>	<p>ОХОТОМОРСКИЙ МЕГАБАСЕЙН</p> <p>Плиоцен-квартер. Энеменский сейсмокомплекс. Песчаники, конгломераты, прослой ракушечков, пеплов (до 500 м)</p> <p>SEBEP-3AГЛAДHO-TИXOOKEАHCKИЙ MEГAБACCEЙH</p> <p>Плиоцен-квартер. Кроноцкий сейсмокомплекс. Туфоидиомиты, туффиты, конгломераты, брекчи, гравелиты, песчаники, глины (до 1500 м)</p> <p>Средний эоцен – верхний миоцен. Ольгинский сейсмокомплекс. Песчаники, туфоспесчаники, туфодиациты, алевролиты, туфы, конгломераты (до 2000 м)</p> <p>Эоцен. Кубовско-калосский сейсмокомплекс. Туфы, гилластисты, гравелиты, конгломераты (до 3500 м и более)</p> <p>Акустический фундамент</p> <p>Эоцен. Базальты</p> <p>Нижний мел-эоцен. Слождислоцированные кремнисто-вулканогенные, осадочные и интрузивные образования</p> <p>Мел(?). Метафоризованные образования разного генезиса</p>
---	---	--	--

АКВАТОРИЯ

Средневзвешенное содержание Th, U, Rb, Cs, Ba, La, Yb, Sc, Cr, Co (г/т) и Hg (мг/т) и зольность проб с мест отбора в районе с. Апача и перевала Начикинского

