

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



Институт природных ресурсов
Направление подготовки 05.04.01 «Геология»
Кафедра «Геологии и разведки полезных ископаемых»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
«Литологические особенности и органическое вещество отложений моря Лаптевых» УДК 552.58(268.53)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ5Б	Кажумуханова Малика Зейнеллаевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Перевертайло Т.Г.	К.Г.-М.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шарф И.В.	Доцент, к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ГРПИ	Гаврилов Р.Ю.	Доцент, К.Г.-М.Н.		

Томск – 2017 г.

**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 ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Выпускник готов применять глубокие базовые и специальные естественнонаучные и профессиональные знания в профессиональной деятельности для решения задач обеспечения минерально-сырьевой базы и рационального природопользования	Требования ФГОС (ПК-1, 2, 3, 4, 6, 13;16 ОК-1, 10), Критерий 5, АИОР (п. 5.1, 5.2.1-5.2.3., 5.2.5, 5.2.9)
P2	Выпускник способен производить подсчет запасов и оценку ресурсов, провести поиск и подбор максимально рентабельных технологий добычи, схем вскрытия руды на месторождениях, осуществлять геологическое сопровождение разработки месторождений нефти и газа. Способен, выполнять моделирование для оценки достоверности запасов и выбора кондиционных параметров, разработать ТЭО кондиций для участков выборочной детализации.	Требования ФГОС (ПК- 6, 7, 12) Критерий 5, АИОР (п. 5.2.3 - 5.2.10)
P3	Выпускник способен осуществлять поиски и разведку месторождений нефти, газа, газового конденсата; организовать и провести сбор, анализ и обобщение фондовых геологических, геохимических, геофизических и других данных, разрабатывать прогнозно-поисковые модели различных геолого-промышленных типов месторождений, формулировать задачи геологических и разведочных работ.	Требования ФГОС (ПК-3, 4, 7, 11, 12; ОК-4) Критерий 5, АИОР (п. 5.1, 5.2.4, 5.2.5, 5.2.14.- 5.2.15)
P4	Может совершенствовать существующие и разрабатывать новые методы и методики исследования вещества, проведения ГРП, технико-технологические решения, вести поиск новых технологий добычи и переработки руд и углеводородного сырья. Может самостоятельно выполнять лабораторные и экспериментальные геолого-геофизические и минералого-геохимические исследования с использованием современных компьютерных технологий.	Требования ФГОС (ПК 11,17; ОК-3, 5, 6) Критерий 5АИОР (п. 5.1, 5.2.6-5.2.8)

<i>Общекультурные компетенции</i>		
P5	Обладает высоким уровнем стремления показать высокие результаты, готовностью взять на себя дополнительную ответственность Проявляет оптимизм. Задумывается о том, что выходит за рамки ситуации и др.	Требования ФГОС (ПК 11, ОК-1, 5, 8, 9) Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.1, 5.2.12)
P6	Способен отказаться от традиционных подходов, генерировать новые идеи и подходы. Способен найти новые возможности развития в неопределенных ситуациях и др.	Требования ФГОС (ПК 9, ОК-2, 4,) Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.4, 5.2.16)
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ПК 8, ОК-4, 7, 8) Критерий 5 АИОР (п. 5.2.6, 5.2.11-5.2.16)
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональном коллективе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности в геологоразведочной сфере.	Требования ФГОС (ПК 11, ОК-3,) Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.13)
P9	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-1,2 10, 11, ОК-1-4, 6) Критерий 5 АИОР (п. 5.1, 5.2.2, 5.2.12, 5.2.16)

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



Институт Природных Ресурсов
Направление подготовки (специальность) 05.04.01 «Геология»
Кафедра «Геологии и разведки полезных ископаемых»

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Гаврилов Р.Ю.
(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
2ЛМ5Б	Кажумухановой Малике Зейнеллаевне

Тема работы:

«Литологические особенности и органическое вещество отложений моря Лаптевых»

Утверждена приказом директора (дата, номер)

27.02.2017 г., № 1214/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

26.05.2017 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

24 пробы донных отложений моря Лаптевых, 7 проб осадочного материала мыса Муостах полуострова Быковский, отобранных в рамках морской научно-исследовательской экспедиции в 2011 и 2015 гг. на борту НИС «Академик М.А. Лаврентьев». Фондовая и научная литература, научные статьи по теме исследования.

<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>	<ul style="list-style-type: none"> – Проведение гранулометрического анализа отложений моря Лаптевых ситовым и лазерным дифракционным методом; – Проведение минералогического анализа исследуемых образцов под бинокулярным микроскопом; – Проведение рентгенофазового анализа; – Определение общего содержания органического углерода, легколетучих органических соединений в осадках; – Хромато-масс-спектрометрические исследования; – Определение изотопного состава органического углерода; – Интерпретация полученных данных.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Геолого-геофизическая изученность шельфа моря Лаптевых и прилегающей территории</p> <p>Тектоническая схема шельфа моря Лаптевых</p> <p>Опорный разрез мыса Муостах</p> <p>Местоположение зарегистрированных факелов метана в северной части моря Лаптевых</p> <p>Карта распределения гранулометрического состава донных отложений</p> <p>Особенности минералогического состава песков</p> <p>Гистограмма статистического распределения $C_{орг}$ в поверхностном слое донных осадков моря Лаптевых</p> <p>Распределение органического углерода по разрезу ледового комплекса мыса Муостах</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 кафедры ЭПР, к.э.н. Шарф И.В.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Ассистент кафедры ЭБЖ Кырмакова О.С.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Введение</p>	
<p>Обзор литературы</p>	
<p>Методика исследований</p>	
<p>Общая геологическая часть</p>	
<p>Литологические особенности и органическое вещество отложений моря Лаптевых</p>	
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	
<p>Социальная ответственность при изучении особенностей литологического состава отложений моря Лаптевых</p>	

Заключение
Приложение А. Features of lithological and granulometric composition of bottom sediments in the northern part of Laptev Sea

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	27.02.2017 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Перевертайло Т.Г.	Доцент, к.г.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ5Б	Кажумуханова Малика Зейнеллаевна		

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

Институт Природных Ресурсов
Направление подготовки (специальность) 05.04.01 «Геология»
Кафедра «Геологии и разведки полезных ископаемых»
Период выполнения (осенний/весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Сроки	27.02.2017 – 26.05.2017 гг.
Отбор, анализ литературы	28.02.2017 – 03.03.2017 гг.
Эксперимент и обсуждение результатов	08.03.2017 – 21.04.2017 гг.
Написание и оформление работы	24.04.2017 – 25.05.2017 гг.
Допуск к защите на кафедре	08.06.2017
Рецензирование	05.06.2017-12.06.2017 гг.

Срок сдачи студентом выполненной работы: 26.05.2017

Дата Контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
06.03.17	Обзор литературы	15
15.03.17	Методы и объекты исследования	15
25.04.17	Расчет и аналитика	25
04.05.17	Результаты исследования	15
18.05.17	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
25.05.17	Социальная ответственность	15

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Перевертайло Т.Г.	Доцент, к.г.-м.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав.кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ГРПИ	Гаврилов Р.Ю.	Доцент, к.г.-м.н.		

Реферат

Магистерская диссертационная работа состоит из 115 страниц, 33 рисунков, 19 таблиц, 73 источников литературы.

Объект исследования и предмет – 24 поверхностные пробы (0-5 см) донных осадков северной части моря Лаптевых и 7 образцов осадочного материала клифа мыса Муостах, полуострова Быковский.

Цель работы – изучение литологического состава, распределения органического вещества ($C_{\text{орг}}$) и изотопного состава углерода ($\delta^{13}\text{C}$) в отложениях моря Лаптевых.

Методы исследования – комплексное литологическое, геохимическое изучение отложений, интерпретация полученных лабораторно-аналитических данных.

Актуальность исследований продиктована необходимостью детального и разностороннего изучения восточно-арктического шельфа, разработкой оборонительной доктрины, перспективами круглогодичного и безопасного судоходства по Северному морскому пути и климатическими проблемами.

Основные результаты и новизна. На основе комплексной интерпретации лабораторно-аналитических исследований изучены особенности литологического состава и органического вещества отложений моря Лаптевых.

Степень внедрения. Результаты исследования могут быть использованы при геохимических поисках стратегических сырьевых ресурсов в северных регионах.

Область применения. Нефтегазопромысловая геология.

Ключевые слова: органическое вещество, метан, газогидраты, литологический состав, море Лаптевых, мерзлота, донные отложения, термоабразия.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе использованы следующие термины и сокращения с соответствующими определениями:

Аласы – это плоские округлые просадочные понижения, встречающиеся в районах развития многолетнемерзлых горных пород и образующиеся при потеплении климата и таянии подземных льдов. Диаметр аласов может составлять от десятков метров до нескольких километров, глубина – до 30 метров. Аласы покрыты лугово-степной растительностью, в них часто имеются остаточные озера.

Газовые гидраты – это скопления газа (чаще метана) в особом, связанном на молекулярном уровне с водой, состоянии. В процессе формирования этих соединений при низких температурах в условиях повышенного давления молекулы метана преобразуются в кристаллы гидратов с образованием твердого вещества, по консистенции похожего на рыхлый лед. В результате молекулярного уплотнения один кубометр природного метан-гидрата в твердом состоянии содержит около 164 м^3 метана в газовой фазе и $0,87 \text{ м}^3$ воды.

Едома (едомный комплекс) – элемент рельефа субарктических равнин Восточной Сибири — небольшие возвышенности (большой обычно каменный холм), содержащие погребённый ископаемый лёд и имеющие мелкобугристую поверхность; также собственно вечная мерзлота этого типа рельефа.

Криолитозона – часть земной коры, имеющая отрицательную температуру.

Криолитоморфогенез – совокупность взаимодействующих и взаимосвязанных природных процессов формирования рельефа и осадков в высокоширотных низкотемпературных районах под влиянием экзогенных процессов, ход которых, в свою очередь, контролируется воздействием различных зональных и азональных факторов.

Криотекстура — система ледяных включений в мерзлом грунте.

Ледовый комплекс (ЛК) – совокупность закономерно расположенных ледниковых форм рельефа и отложений, образовавшихся во время относительно продолжительной остановки, или осцилляции, края ледника.

Многолетнемерзлые породы (ММП) – это породы, которые постоянно находятся в условиях отрицательных температур.

Моря Восточной Арктики (МВА) – Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское – это преимущественно шельфовые акватории в пределах окраинно-материковой эпимезозойской плиты.

Общий органический углерод ($C_{\text{орг}}$, ТОС) — количество углерода, присутствующее в воде в той части органического вещества, которая растворена или взвешена в воде.

Северный ледовитый океан (СЛО) – наименьший по площади и глубине океан Земли, расположенный полностью в северном полушарии, между Евразией и Северной Америкой.

Термоабразия – процесс разрушения подводного берегового склона и надводного берегового уступа, заключающегося в выработке ниши размыва или волноприбойной ниши в основании берега, мгновенном обрушении или скольжении блоков грунта к подножию и их оттаивания под тепловым воздействием воздуха и морской воды, полном их размыве при волнении моря и вовлечение материала во вдольбереговую поток наносов.

Термоэрозия – термин, использующийся для обозначения эрозии в области многолетней (вечной) мерзлоты. Своеобразие процесса термоэрозии заключается в сочетании теплового и механического воздействия текущей воды на многолетнемерзлые горные породы. Определяющими факторами развития термоэрозии являются важнейшие характеристики многолетнемерзлых пород: температура, литологический состав, льдистость грунтов, форма залегания подземного льда, особенности криотекстуры и пр.

Углеводороды (УВ) – органические соединения, состоящие из атомов углерода и водорода.

Хромато-масс-спектрометрия (ХМС) – метод анализа смесей образцов органических веществ и определения следовых количеств веществ в объеме жидкости. Метод основан на комбинации двух самостоятельных методов – хроматографии и масс-спектрометрии. С помощью первого осуществляют разделение смеси на компоненты, с помощью второго – идентификацию и определение строения вещества, количественный анализ.

Gas hydrate stability zone (GHSZ) – also referred to as methane hydrate stability zone (MHSZ) or hydrate stability zone (HSZ), refers to a zone and depth of the marine environment at which methane clathrates naturally exist in the Earth's crust.

The Community Earth System Model (CESM) is a fully coupled numerical simulation of the Earth system consisting of atmospheric, ocean, ice, land surface, carbon cycle, and other components. CESM includes a climate model providing state-of-art simulations of the Earth's past, present, and future.

The East Siberian Arctic Shelf (ESAS) – one of the Arctic Ocean coastal shelves (such as the Milne Ice Shelf), is the largest continental shelf of the Earth, a part of the continental shelf of Russia.

Total organic carbon (TOC) – the amount of carbon found in an organic compound and is often used as a non-specific indicator of water quality or cleanliness of pharmaceutical manufacturing equipment.

Оглавление

Введение.....	13
1 Обзор литературы	15
2 Объект и методы исследования	17
3 Геологическая часть.....	23
3.1 Физико-географическая характеристика района	23
3.2 Геолого-геофизическая изученность	24
3.2 Главные особенности строения и морфологии Лаптевского бассейна	27
3.3 Стратиграфия.....	30
3.4 Тектоника.....	34
3.5 Особенности криолитогеоза моря Лаптевых	36
3.7 Нефтегазоносность	42
3.8 Другие полезные ископаемые.....	45
4 Литологические особенности и органическое вещество отложений моря Лаптевых	48
4.1 Литологические особенности и органическое вещество северной части моря Лаптевых.....	50
4.2 Литологические особенности и органическое вещество осадочных отложений мыса Муостах (полуостров Быковский)	55
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	66
5.1 Техничко-экономическое обоснование продолжительности и объема работ	66
5.1.1 Лабораторные работы.....	66
5.1.2 Камеральные работы	67
5.2 Расчет затрат времени и труда по видам работ	67
5.3 Расчет материальных затрат на лабораторные работы.....	70
5.3.1 Расчет заработной платы.....	70
5.3.2 Расчет страховых взносов в социальные внебюджетные фонды	70
5.3.3 Расчет затрат на материалы	71
5.3.4 Амортизация.....	73

5.3.5 Накладные расходы	73
5.4 Общая стоимость работ	74
6 Социальная ответственность при изучении особенностей литологического состава отложений моря Лаптевых	75
6.1 Производственная безопасность в компьютерном помещении	76
6.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария)	76
6.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (техника безопасности)	82
6.2 Экологическая безопасность.....	83
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	85
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	86
Заключение	89
Список публикаций студента.....	91
Список использованных источников	93
Приложение А	102

Введение

Территория восточно-арктического шельфа России представляет интерес с разных позиций. Особенности геологического строения и структурно-тектонического положения создают предпосылки для многообразия его ресурсного потенциала. Так, согласно проведенным исследованиям, в регионе обнаружены промышленные запасы углеводородного сырья и твердых полезных ископаемых.

Актуальность работы продиктована необходимостью детального и разностороннего изучения восточно-арктического шельфа, разработкой оборонительной доктрины, перспективами круглогодичного и безопасного судоходства по Северному морскому пути и климатическими проблемами.

Целью работы является изучение литологического состава, распределения органического вещества (C_{org}) и изотопного состава углерода ($\delta^{13}C$) в отложениях моря Лаптевых.

Предметом исследования послужили 24 поверхностные пробы (0-5 см) донных осадков северной части моря Лаптевых и 7 образцов осадочного материала клифа мыса Муостах, полуострова Быковский, отобранные в ходе экспедиции 2011 и 2015 гг. на борту флагмана научно-исследовательского флота ДВО РАН НИС «Академик М.А. Лаврентьев».

В связи с данной целью были поставлены следующие **задачи**:

1. Проведение гранулометрического анализа отложений моря Лаптевых ситовым;
2. Проведение минералогического анализа исследуемых образцов под бинокулярным микроскопом;
3. Проведение рентгенофазового анализа;
4. Определение общего содержания органического углерода, легколетучих органических соединений в осадках;
5. Хромато-масс-спектрометрические исследования;
6. Интерпретация полученных данных.

Научная и практическая новизна исследования заключается в том, что к настоящему времени вопросы состояния береговой зоны мелководного Восточно-Арктического шельфа изучены еще крайне недостаточно. До сих пор слабо затронутыми исследованиями остаются закономерности пространственной структуры распределения донных отложений, взвеси и элементно-изотопного состава их органического вещества.

Практическая значимость результатов диссертации. Изучение литологического состава и органического вещества отложений моря Лаптевых может быть использовано как геохимический критерий поиска при проведении геологоразведочных работ на стратегические сырьевые ресурсы в других северных регионах.

Реализация и апробация работы. Результаты работы магистерской диссертации представлялись в материалах российских и международных конференций и симпозиумов: Всероссийская научная конференция имени М.К. Коровина «Творчество юных – шаг в будущее» (г. Томск, 2015 и 2016 гг.); Всероссийский молодежный форум «Нефтегазовое и горное дело» (г. Пермь, 2016 г.); Всероссийская научно-практическая молодежная конференция «Современные исследования в геологии» (г. Санкт-Петербург, 2016 г.); Международный симпозиуме имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых (г. Томск, 2016 и 2017 гг.); Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Пермь, 2016 и 2017 гг.); Всероссийский конкурс-конференция студентов выпускного курса (г. Санкт-Петербург, 2017 г.). Перечень опубликованных на всех конференциях тезисов докладов включает 8 наименований.

1 Обзор литературы

В настоящее время современные изменения климата рассматриваются как последствия парникового эффекта, обусловленного ростом содержания в атмосфере основных парниковых газов CO_2 и CH_4 [1; 2]. До настоящего времени, в мировой научной литературе доминирует мнение о том, что прирост этих газов вызван увеличением продукции метана в северных наземных экосистемах, в частности в Сибири [3]. Данные предположения основаны исключительно на ограниченном количестве изотопных данных ($\delta^{13}\text{C}$), которые могут быть по-разному интерпретированы [3]. Так как сезонная продукция метана, обуславливающая его эмиссию в атмосферу, зависит от температурного режима, то, соответственно, увеличение продукции и эмиссии может иметь исключительно плавный характер [4]. Очевидно, что увеличение эмиссии за два года на 60-80% трудно ассоциировать только с увеличением эмиссии из наземных экосистем. В этой связи, логично предположить существование в Арктическом регионе другого, не менее важного источника атмосферного метана, роль которого до настоящего времени недооценивалась. И согласно последним проведенным работам [5; 3; 6] основным источником этого газа в атмосферу Арктического региона являются моря Восточной Арктики (Восточно-Сибирское море, море Лаптевых, и российская часть Чукотского моря), причем сценарии будущей эмиссии метана в атмосферу Арктического региона допускают возможность резких и массивных выбросов, имеющих климатическое значение.

Континентальная и морская субаквальная мерзлота Северного Ледовитого океана делает его крупнейшим резервуаром древнего биологически активного органического углерода, который вовлекается в современный биогеохимический цикл при оттаивании под действием глобального потепления. Вовлечение даже малой части этого углерода в современный круговорот может привести к катастрофическим последствиям [3; 5; 7] в атмосферном балансе основных парниковых газов, двуокиси углерода и метана.

Все вышесказанное приводит к тому, что арктический регион оказывает сильное влияние на состояние климата планеты.

Потепление климата в Арктическом регионе обусловлено ростом среднегодовых температур воздуха и воды, сокращением площади морского и пресного льда, уменьшением толщины снега и таянием ледников, изменением температурного режима мерзлоты [1; 4]. Максимальные значения перечисленных факторов были зафиксированы в российском секторе Восточной Арктики, который, к тому же, включает примерно 90% подводной мерзлоты СЛО [8].

Шельф морей Восточной Арктики является самым широким и мелководным складом органического углерода, содержащийся в субаквальной мерзлоте в различных формах, в том числе нефть и газ. По расчетам [9], извлекаемые запасы углеводородов континентальных окраин СЛО достигают 83-110 млрд. т. условного топлива, что превышает общее содержание метана (4 млрд. т) в атмосфере на два порядка. Проведенные исследования предполагают наличие гигантских нефтегазовых месторождений на шельфе моря Лаптевых [9]. Это значит, что исследования состояния субаквальной мерзлоты и миграции метана и CO_2 в системе дно – вода – атмосфера может иметь, кроме климатического, также важное прикладное значение.

Проведенные ранее исследования [8; 10] выявили на территории моря Лаптевых около 200 мощных факелов с рекордно высокой концентрацией метана (до 6000 нМ). Комплексные гидроакустические и гидрофизические исследования позволили идентифицировать корни факелов в толще донных отложений, обогащенных органическим веществом [10].

Предполагаемое дальнейшее потепление климата и увеличение материкового стока, разрушение наземной и подводной мерзлоты, приведет только к усилению атмосферной эмиссии парниковых газов (CO_2 и CH_4) [1; 6]. Для изучения этой проблемы и построения модели климата необходимо дальнейшее проведение комплексных исследований в системе суша-шельф на Арктическом шельфе.

2 Объект и методы исследования

Методика исследований донных отложений включает в себя пробоподготовку, лабораторно-аналитические исследования, методы обработки и интерпретации результатов.

Отобранные образцы хранили в морозильном ларе во время исследований в лаборатории при температуре $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1. Пробоподготовка:

1.1 Размораживание образцов при комнатной температуре в течение суток, гомогенизация.

1.2 Доведение образцов до постоянного веса в сушильном шкафу при температуре $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рисунок 2.1).



Хранение образцов донных отложений в лаборатории



Разморозка образцов донных отложений



Загрузка аппарата Сокслета



Выпаривание экстракта на ротационном испарителе

Рисунок 2.1 – Лабораторно-аналитические исследования образцов

1.3 Экстрагирование образцов донных осадков хлороформом в аппарате Сокслета в течение 14 ч. Далее экстракты концентрировались на роторном испарителе и сушились до постоянного веса.

2. Лабораторные исследования:

2.1 Определение общего содержания органического углерода, легколетучих органических соединений в осадках. Исследования проводились в международной научно-образовательной лаборатории изучения углерода арктических морей Томского политехнического университета на пиролизаторе «Rock-Eval 6 Turbo» VINCI Technologies. Старт нагрева образца – 300°C, выдержка 3 мин., далее нагрев до 650 °C со скоростью 25 °C/мин.

2.2 Хроматомасс-спектрометрия. Полученные экстракты исследовали методом хроматомасс-спектрометрии на приборе SCION 436 GC TQ фирмы "Bruker" с использованием кварцевой капиллярной колонки HP-5MS (длина 30 м., внутренний диаметр 0,25 мм, толщина пленки 0,25 мкм). Условия анализа: Температура испарителя 300°C, температурная программа – начальная температура 40°C, нагрев 5°C/мин до 150°C, 3°C/мин до 310°C, выдержка при 310°C - 20 мин. Скорость газа-носителя (гелий) – 1,1 мл/мин, объем вводимой пробы - 1 мкл (растворитель – гексан). Измерения проводились как по полному ионному току, так и по выбранным ионам (в режимах Scan и SIM), а также в режиме MS-MS на приборе GCMS Agilent 7890B (GC) – Agilent Q-TOF 7200 (MS) при той же температурной программе (колонка кварцевая капиллярная HP-1MS, длина 30 м., внутренний диаметр 0,25 мм., толщина фазы 0,25 мкм.) с вторичной ионизацией в ячейке соударения с азотом при энергии соударения 15 эВ. Дополнительно на SCION 436 GC TQ для подтверждения результатов идентификации отдельных соединений, хроматограммы образцов снимались в режиме MRM с вторичной ионизацией в ячейке соударения с аргоном, контролировались переходы $M^+ = 410, 412 \text{ а.е.м} \rightarrow 81, 69, 95, 121, 137, 189, 190, 191, 192$.

2.3 Интерпретация. Идентификация компонентов осуществлялась по масс-спектрометрическим библиотекам NIST 14, а также по детальному

изучению масс-спектра осколочных и молекулярных ионов с использованием справочной литературы по масс-спектрометрии, ранее проанализированных в лаборатории образцов экстрактов пород и нефтей, а также стандартов, предоставленных фирмой Chiron. Относительные концентрации компонентов определяли методом внутренней нормализации [11].

2.4 Изотопный состав. Определение изотопного состава органического углерода в декарбонатизированных образцах донных отложений проводили на изотопном масс-спектрометре DELTA V ADVANTAGE (производитель «Thermo Fisher Scientific») в лаборатории лабораторией геохимии и пластовых нефтей ОАО "ТомскНИПИнефть".

2.5 Гранулометрический состав осадков изучался на лазерном дифракционном микроанализаторе и ситовым методом (рисунок 2.2).



Вибрационная просеивающая машина AS-200 CONTROL



Бинокулярный микроскоп

Рисунок 2.2 – Лабораторно-аналитические исследования образцов

Литологическая типизация осадков и взвеси проводилась на основе трехкомпонентной классификации ТОИ ДВО РАН по соотношению содержания фракций песка (1-0.1 мм), алеврита (0.1-0,01 мм) и пелита

(<0,01 мм) [12]. Основные принципы использованной типизации сопоставимы с классификациями ИО АН СССР и ВНИИОкеангеологии [13; 14].

2.6 Минералогический состав изучался под бинокулярным микроскопом отдельно по песчаной и алевритовой фракциям (см. рисунок 2.2).

2.7 Методом рентгеновской дифракции изучался минералогический состав глинистой фракции. Процедура проведения РФА состоит из следующих этапов:

- Подготовка образцов для съемки дифрактограмм;
- Съёмка и запись дифрактограмм;
- Качественная и количественная интерпретация дифрактограмм.

2.7.1. Для анализа глинистых минералов пробоподготовка, заключающаяся в выделении пелитовой фракции (<5 мкм) из основной массы породы, производится в несколько этапов:

- механическое дробление образцов на щековой дробилке FRITSCH «Pulverisette 1»;
- ручное щадящее дробление в фарфоровой или металлической ступке;
- мокрое просеивание полученной пробы через сито с размером ячеек 0.10 или 0.25 мм в зависимости от её зернистости для удаления крупных частичек;
- тщательное перемешивание (гомогенизация) пробы;
- перетираание пробы в фарфоровой ступке с удалением насыщенной суспензии в отдельный стакан;
- обработка суспензии ультразвуком при частоте 22 кГц в течение 5 минут с целью выделения тонких фракций из песчано-глинистой породы, а также очистки поверхности зерен от различных примазок и загрязнений;
- диспергация суспензии смесью пирофосфата натрия, соды и добавок ПАВ, что обеспечивает получение глинистой суспензии высокого качества. Разбавление суспензии дистиллированной водой и отстаивание

раствора в течение суток. Если столб воды прозрачный – процедура повторяется до тех пор, пока столб воды станет не прозрачный;

- центрифугирование взятой фракции для консолидации твёрдой части суспензии;
- помещение полученной суспензии в выпарные фарфоровые чашки и высушивание в сушильном шкафу при 45°C или при комнатных условиях.
- пакетирование полученной пробы для дальнейшего хранения.

Для точной диагностики определённых глинистых минералов может быть необходима дополнительная съёмка получившихся препаратов глинистых фракции, после их обработки определёнными веществами (рисунок 2.3) [15].



Обработка суспензии в ультразвуковой ванне Насыщение образца парами органической жидкости (этиленгликогеля)

Рисунок 2.3 – Лабораторно-аналитические исследования образцов

2.7.2. Съёмка дифрактограмм проводится при следующих параметрах: анод – Cu (медь), напряжение рентгеновской трубки – 40 кВ, ток – 30 мА, мощность – 1.2 кВт, скорость съёмки 1°/мин, шаг 0.02°, углы съёмки 2Θ от 3° до 65°.

2.7.3. Интерпретация дифрактограмм включает в себя следующие операции: идентификация фазового состава исследованного образца путем

сопоставления наблюдаемого набора углов дифракционных максимумов или набора межплоскостных расстояний с данными компьютерных баз данных; построение моделей кристаллической структуры для всех установленных кристаллических фаз; симуляция суммарной дифракционной картины для всех обнаруженных фаз; расчет количественного содержания фаз в образце с использованием метода полнопрофильного анализа.

Данные результатов анализов заносились в базу данных. Затем они обрабатывались в электронных таблицах “EXCEL” и др. При обсчете данных определялись основные статистические параметры, гранулометрические коэффициенты, включая определение медианы, моды, коэффициента асимметрии, эксцесса, коэффициента сортировки.

Вычисление гранулометрических коэффициентов выполнялось методом «квартилей» [16]. Если значения размеров фракции по оси абсцисс уменьшаются слева направо, то абсцисса, отвечающая ординате 25 % и лежащая в области больших размеров, называется третьей квартилью Q_3 , отвечающая ординате 50% – второй квартилью, или медианой Md ; отвечающая ординате 75% – первой квартилью Q_1 .

Распределение по методу Траска оценивается тремя параметрами – медианой Md , коэффициентом сортировки S_o (1) и коэффициентом асимметрии S_k (2).

$$S_o = \sqrt{Q_3/Q_1} \quad (1),$$

$$S_k = Q_1 * Q_3 / Md^2 \quad (2),$$

При полной однородности частиц в осадке $S_o = 1$; в хорошо сортированной породе $S_o < 2,5$; средне сортированной $S_o = 2,5-4,5$; плохо сортированной $S_o > 4,5$.

Погрешность расчёта количественного содержания каждой минеральной фазы не превышает 10 %, и зависит от соотношения интенсивности пиков основной, значительной и второстепенных фаз.

3 Геологическая часть

3.1 Физико-географическая характеристика района

Море Лаптевых располагается между архипелагом Северной Земли и Таймырским полуостровом на западе и Новосибирскими островами на востоке. С севера море ограничено краем материковой отмели на широте приблизительно 79° , откуда простирается абиссаль или собственно Центральный Арктический бассейн; южной границей считается побережье Сибири.

В принятых границах море Лаптевых имеет следующие размеры: площадь — 662 тыс. км², объем 353 тыс. км³, средняя глубина 533 м, наибольшая глубина 3385 м (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Характеристика моря Лаптевых [17]

Площадь акватории, тыс. км ²	Объем воды, тыс. км ²	Глубина, м/х	Площадь водосбора, тыс. км ²	Крупнейшие реки	Объем речного стока, км ³	Толщина пресноводного стока, эквивалентная его объему, см
662÷672	363	3385/540	3643	Лена, Яна, Оленек, Хатанга	767	118
Объем льда к концу зимы, км ³	Объем льда, растаявшего к концу лета, км ³	Атмосферные осадки, см/год	То же, мм/км ³ в год (P)	Речной сток (Q), мм/км ³ в год	Испарение (E), мм/км ³ в год	Пресноводный баланс: приток-отток (P+Q-E), мм/км ³ в год
1490	650	25	248/164	1158/767	95/63	1310/868

Море характеризуется низкими температурами воды от $-1,8^{\circ}\text{C}$ на севере до $-0,8^{\circ}\text{C}$ в юго-восточной части, средний слой воды теплее, вплоть до $1,5^{\circ}\text{C}$, т.к. подпитывается теплыми атлантическими водами [18]. Глубокие слои воды остаются холодными с температурой около $-0,8^{\circ}\text{C}$. Соленость воды в значительной степени зависит от таяния льда и речного стока. Значения

солености изменяются в зимний период от 20-25 ‰ на юго-востоке до 34 ‰ в северных районах моря, летом вследствие усиливающего стока пресных вод соленость снижается до 5-10 ‰ и 30-32 ‰ соответственно [18; 19].

Побережье моря, различное по рельефу и строению на разных участках: чаще абразионные и аккумулятивные формы, реже ледяные берега. Так как море Лаптевых занимает большую часть шельфа, материковый склон и часть ложа океана, дно моря представляет собой равнину, вначале полого понижающуюся, затем круто обрывающуюся к северу. Подавляющая часть моря очень мелководна. Половину всей его площади занимают глубины до 50 м, а южнее 76° с. ш. они не превышают 25 м. Северная часть моря значительно глубже. В этом районе глубины постепенно увеличиваются от 50 до 100 м, а затем резко возрастают до 2000 м и более.

В море Лаптевых впадает несколько крупных и множество мелких рек. Наибольшая из них — Лена — ежегодно приносит около 515 км³ воды, Хатанга — свыше 100 км³, Яна сбрасывает более 30 км³, Оленек около 35 км³ и Анабара несколько меньше (20 км³). Все прочие реки дают около 20 км³ воды в год. Общий объем ежегодного стока в море равен примерно 720 км³, что составляет 30% от общего объема жидкого стока во все советские арктические моря. Примерно 90% всего годового стока приходится на летние месяцы (июнь - сентябрь). Такая неравномерность распределения стока в течение года объясняется доминирующим влиянием тающих снегов в питании сибирских рек, впадающих в море Лаптевых, причем подавляющая часть их вод поступает в восточную часть моря (только Лена дает 70% всего берегового стока) [18].

3.2 Геолого-геофизическая изученность

Современные представления о строении и эволюции Лаптевоморского региона базируются на обширном массиве материалов геолого-геофизических исследований, выполненных НИИГА ВНИИОкеангеология, экспедициями объединений «Севморгео» и «Севморгеология», а также некоторыми другими отечественными и зарубежными организациями.

Побережье и острова моря Лаптевых покрыты геологической съемкой масштабов 1 : 1 000 000, а затем и 1 : 200 000; на прилегающей к морю части Сибирской платформы пробурено несколько глубоких (до 3,6 км) скважин. Аэромагнитные съемки выполнены над островами в масштабе 1 : 200 000, тогда как над акваторией – 1 : 1 000 000 и мелче, не вполне удовлетворяя современным требованиям. Кондиционной гравиметрической съемкой масштаба 1 : 1 000 000 покрыта вся площадь.

Отбор проб донных осадков в море Лаптевых проводился еще в довоенное время, а начиная с 50-60-х годов исследования приобрели систематический характер и достигли современного уровня аналитической обработки [14]. Всего отобрано около 1600 грунтовых станций (в среднем одна станция на 450 км²). В начале 70-х годов на Новосибирских островах, а в 1985-1988 гг. в дельте Лены и на побережье губы Буор-Хая выполнялись сейсмологические наблюдения МОВЗ, свидетельствующие о распределении и параметрах очагов повышенной природной сейсмичности. Революционным сдвигом в познании глубинной структуры Лаптевского шельфа стали результаты сейсмических исследований.

Еще в 1973 г. Полярной экспедицией НПО «Севморгео» был пройден профиль КМПВ (рисунок 3.1) в губе Буор-Хая, зафиксировавший границу раздела чехольного комплекса (мощность до 3 км) и мезозойского складчатого фундамента. В 1979 и 1985-1988 гг. работы КМПВ были продолжены на юге шельфа. По результатам работ в Южно-Лаптевском прогибе было установлено, что мощность чехла здесь составляет 8 км [20]. Выделенные преломляющие горизонты и их стратиграфическая привязка в целом хорошо согласуются с данными КМПВ полученными по Нордвик-Хатангскому району, свидетельствуя о продолжении разреза Сибирской платформы с архей-раннепротерозойским основанием в западную часть шельфа.

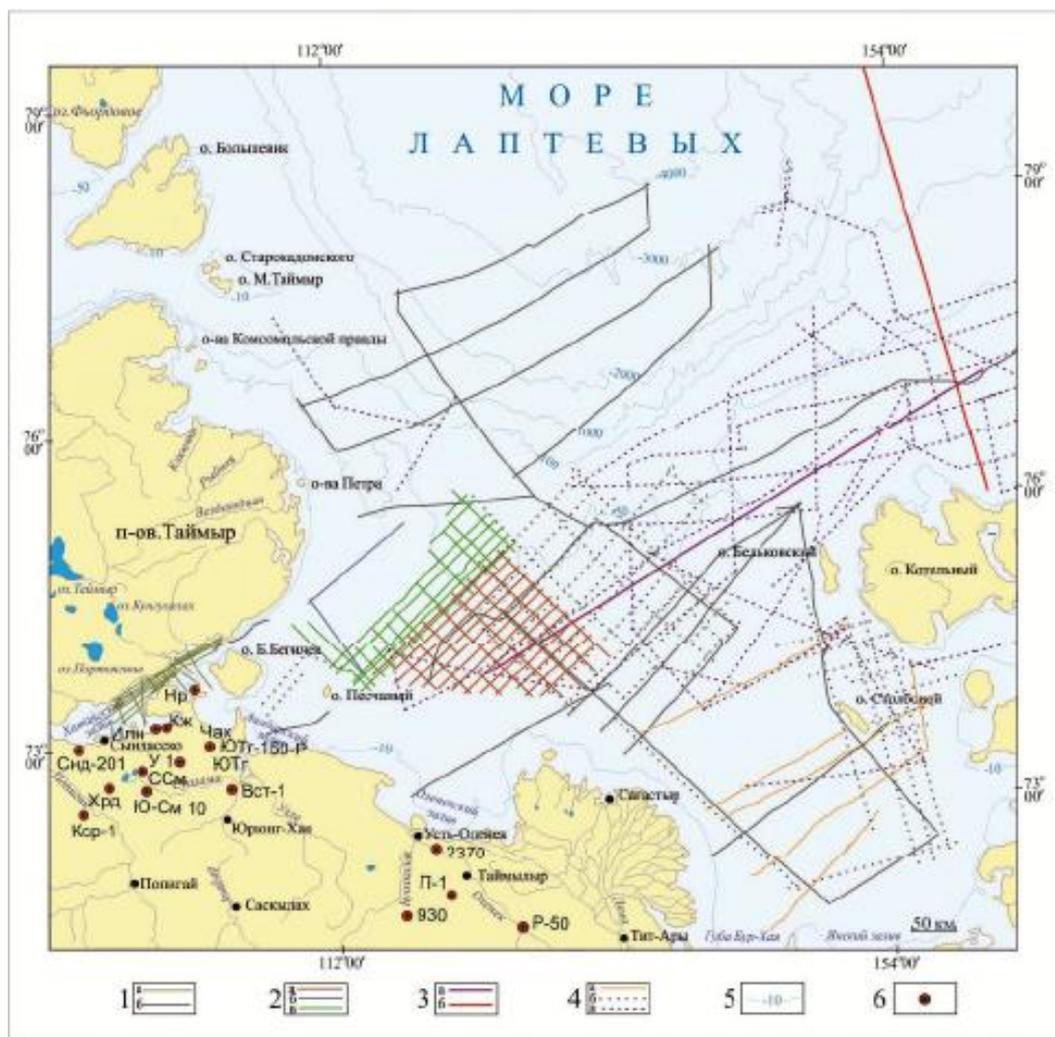


Рисунок 3.1 – Геолого-геофизическая изученность шельфа моря Лаптевых и прилегающей территории [21]

Условные обозначения: 1 – профили МОВ ОГТ ОАО МАГЭ: а) 1985-1986 гг., 1988 г., б) 1986-1990 гг.; 2 – профили МОВ ОГТ ОАО МАГЭ: а) 2005 г.; б) 2006 г.; в) 2007 г.; 3 – профили региональной увязки а) А4, б) А7; 4 – профили МОВ ОГТ других организаций: а) ЛАРГЭ, 1989 г., б) СМНГ, 1989, 1991 г., в) СМНГ и ВGR и СМНГ, 1994 г., 1997 г.; 5 – изобаты; 6 – скважины глубокого бурения: Кср-1 – Костроминская, Снд-201 – Сындаская, Хрд – Хорудалахская, Ю-См – 10 – Южно-Соулемская, ССм- Северо-Соулемская, Кж- Кожевниковская, ЮТг-150-Р – Южно-Тигянская, 2370 – Усть-Оленекская.

В губе Буор-Хая было установлено, что к северу увеличивается мощность верхнемелового – кайнозойского чехла до 4,5 км. Как и предполагалось ранее, работы КМПВ в совокупности с геологическими данными по обрамлению шельфа подтвердили, что Лаптевский седиментационный бассейн как единая геоструктура заложен на гетерогенном основании.

Планомерное изучение шельфа региональными профилями осуществлялось МАГЭ ПГО «Севморгеология» в 1984-1985 гг. в Хатангском

заливе, в 1986-1988 гг. – по всей акватории шельфа и в 1990 г. – в области сочленения шельфа с Евразийским бассейном – всего около 6100 пог. км [22].

Трест «Севморнефтегеофизика» в 1989 г. прошел около 3000 пог. км профилей в центральной и восточной частях шельфа, а Лаборатория региональной геодинамики (ЛАРГЕ) – 1100 пог. км на юго-востоке шельфа и в губе Буор-Хая.

Наконец, Федеральный институт геологии и природных ресурсов Германии (BGR) совместно с трестом «Севморнефтегеофизика» в 1993- 1994 гг. и в 1997 г. отработал около 11 800 пог. км профилей – т. е. почти половину общего объема сейсморазведки – на шельфах моря Лаптевых и частично Восточно-Сибирского моря [20].

К сожалению, полное отсутствие глубоких скважин на акватории и недостаток надежных данных по сейсмическим скоростям, при значительной латеральной изменчивости сейсмогеологических параметров, допускают крайне неоднозначную интерпретацию данных сейсморазведки как будет показано далее. Для изучения верхней части кайнозойского чехла используются результаты сейсмоакустического профилирования, выполненного в 1986 г. МАГЭ, в 1993 1995 и 1998 гг. – в рамках российско-германского сотрудничества на ледоколе «Polar team» на шельфе и континентальном склоне [23]. Имеются также материалы неглубокого бурения проводившегося объединением «Севморгеология» в 70-е годы в Анабарском заливе бухте Нордвик, проливе Дм. Лаптева в картировочных и поисковых (на россыпи) целях [20].

3.2 Главные особенности строения и морфологии Лаптевского бассейна

В геологической структуре арктической континентальной окраины Лаптевский бассейн играет ключевую роль, которая определяется его положением:

– на стыке древней Сибирской платформы и мезозойской складчатой системы Северо-Востока.

– в области замыкания Евразийского океанического бассейна, где срединно-океанический хр. Гаккеля ортогонально сочленяется с краем Сибирского материка.

Первая особенность определяет характер складчатого основания Лаптевского седиментационного бассейна. В восточной половине шельфа основанием служат позднекиммерийские складчатые сооружения, входящие в систему мезозойского Северо-Востока России. Западную часть шельфа принято рассматривать как акваториальное продолжение древней Сибирской платформы. Соответственно разрез здесь имеет трехчленное строение: докембрийский фундамент платформы – промежуточный (параплатформенный) осадочный комплекс широкого возрастного диапазона – бассейновый $K_2 - K_1$ комплекс. Последний субсогласно надстраивает параплатформенные слои, в результате чего суммарная мощность чехла достигает 10-12 км. Однако, как будет показано ниже, в последние годы ряд исследователей ставит под сомнение наличие платформенных структур (и слоев) в основании Лаптевского бассейна, предполагая повсеместное развитие здесь мезозойского и соответственно ограничивая объем всего осадочного чехла «бассейновым» K_2-K_1 интервалом разреза.

В современной структуре Земли регион приурочен к центриклинальному замыканию Евразийского бассейна Северного Ледовитого океана, являющегося крайним северным звеном глобальной Арктико-Атлантической области раздвига по представлениям ю. Е. Погребицкого. В отличие, например, от Баренцево-Карской континентальной окраины, ориентированной параллельно оси разрастания спредингового бассейна в Лаптевоморском регионе имеет место уникальная структурная ситуация, когда срединно-океанический хр. Гаккеля ортогонально сочленяется с краем континента Евразии. Трансляция процесса раскрытия океана на шельф и далее собственно на континент осуществляется посредством весьма сложного и не до

конца расшифрованного механизма. Если в океане растяжение земной коры реализуется через единый осевой рифт хр. Гаккеля (являющийся одновременно дивергентной границей Евразийской и Северо-Американской литосферных плит), то при переходе на шельф моря Лаптевых оно трансформируется в целую систему субпараллельных континентальных рифтов. Сопряженное с раскрытием Евразийского океанического бассейна развитие Лаптевского окраинно-материкового бассейна в течение позднего мела – кайнозоя ознаменовалось формированием единого бассейнового (плитного, синокеанического) структурно-формационного комплекса.

Современный рельеф и морфология Лаптевского шельфа во многом отражают его уникальную структурную позицию – на продолжении оси раскрытия океанического бассейна. Если Баренцево-Карская континентальная окраина, расположенная непосредственно западнее, отличается повышенной глубиной моря и резко расчлененным рельефом дна с наличием субокеанических желобов и краевых поднятий, то для шельфа моря Лаптевых характерны мелководность (менее 20 м на 70 % площади) и исключительно выровненная поверхность дна. Эти особенности роднят его с шельфами Восточной Арктики, однако обращает на себя внимание нетипичная для последних общая форма Лаптевского бассейна: пологий амфитеатр с центриклинальным погружением дна в северном направлении. Прибрежная отмель с глубиной до 10 м достигает максимальной ширины (75-100 км) близ дельты Лены и вдоль Лено-Анабарского междуречья.

Субгоризонтальная шельфовая равнина прорезается от побережья до края шельфа пологими (уклоны в бортах до 5-10 мин) ложбинами, отвечающими палеоруслам рек Хатанга, Омолой, Анабар, Лена, Яна, компенсированным седиментацией.

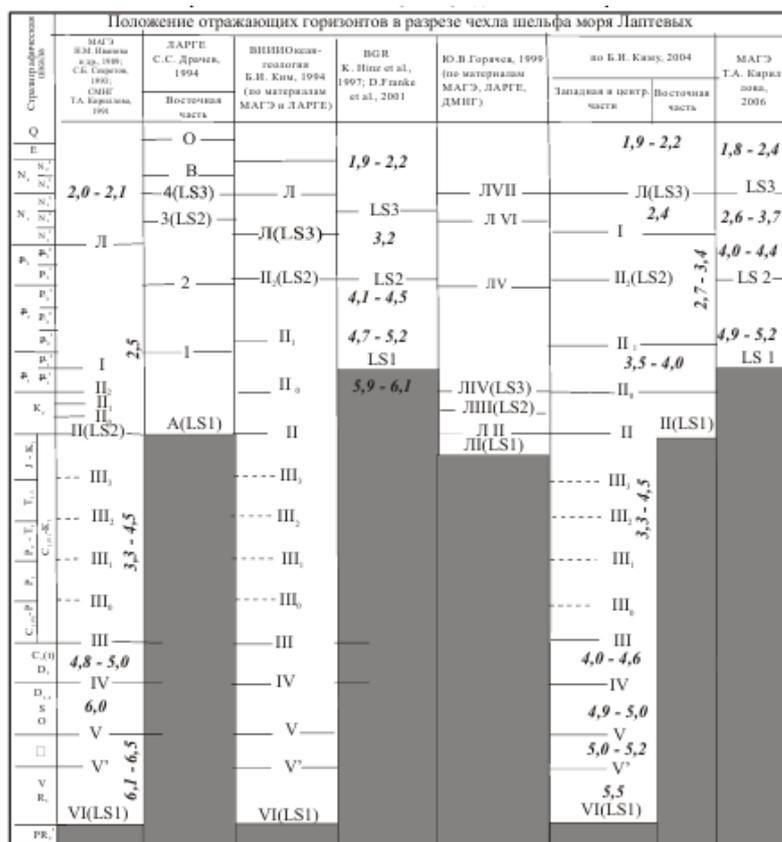
Крутизна продольного профиля долин увеличивается к краю шельфа. Интересно что крупные рифтогенные грабены формирующие современную структуру Лаптевского шельфа, равно как и сопряженные с ними сублинейные зоны концентрации эпицентров землетрясений, практически не проявлены в

рельефе дна. Только на крайнем северо-западе шельфовая равнина рассечена молодыми тектоническими желобами глубиной до 200-300 м, формирующими проливы между о-вами Северной Земли.

Бровка шельфа моря Лаптевых расположена на глубине от 80 до 100-120 м сопровождается флексурно-разломными зонами и переходит в широкий (60-125 км) и крутой (от 3-4 до 6-80) континентальный склон. Последний рассечен глубокими каньонами, приуроченными к устьям палеодолин основных рек. Интенсивный терригенный снос формирует на материковом склоне мощные проградационные клиноформы, наращивая склон и обеспечивая его продвижение в сторону океана. Обильные конусы выноса, сливаясь на материковом подножии, образуют его мощное (до 5-6 км) осадочное выполнение, под которым погребено юго-восточное окончание хребта Гаккеля [20].

3.3 Стратиграфия

О геологическом разрезе в области шельфа косвенно можно судить по его обрамлению и интерпретации геофизических данных. Следует подчеркнуть, что трактовка последних неоднозначна и имеется, по крайней мере, три варианта их интерпретации (рисунок 3.2). В строении прилегающей суши принимают участие отложения палеозоя-кайнозоя. Докайнозойский комплекс представлен преимущественно терригенными и карбонатно-терригенными разностями, среди которых доминируют глинистые сланцы и песчаники. Возможно обнаружение галогенных отложений и битуминозных фаций среднего палеозоя. В образованиях кайнозоя отмечаются терригенно-морские и континентальные фации, в литологических разрезах которых преобладают пески, алевриты, глины. Комплекс четвертичных отложений на побережье в значительной мере представлен аллювиальными и озерными фациями, подчиненно – морскими и в меньшей степени – нивационными и склоновыми разностями. Как правило, эти отложения охвачены процессами криогенеза.



Кравченко и некоторых других авторов [22; 23; 28; 29], а также в последней монографии об арктических морях [20].

Согласно рассматриваемой точке зрения, на сейсмических разрезах МОГТ в области Лаптевского массива (примерно до разлома Лазарева) выделяются два структурных этажа: параплатформенный, полный возрастной диапазон которого охватывает интервал от позднего рифея до раннего мела, и бассейновый, верхний мел-кайнозойский, соответствующий образованию шельфовой плиты и Лаптевского седиментационного бассейна; на востоке моря осадочный чехол представлен только верхним этажом (см. рисунок 3.3). Мощность верхнего этажа в западной части массива, не подвергшейся молодому рифтогенезу, составляет не более 2 км, восточнее она в отдельных грабенах достигает 4-5 км. Мощность параплатформенных отложений существенно больше – до 7-11 км; на западе они слагают пологие прогибы и валообразные поднятия, почти не затронутые разломами, но на востоке такие структуры сильно нарушены грабенообразованием, в целом согласным с предшествующим структурным планом [20].

Результаты работ МОГТ 1993-1997 гг. предоставили новые данные, которые поставили под сомнение постулат о платформенной природе большей части шельфа моря Лаптевых. Было доказано практически повсеместное распространение грабенов и горстов при полном отсутствии спокойных платформенных структур. Вторым важным фактором явились результаты определения скоростной модели среды по зондированиям МПВ, выполненным ВГР. Было установлено, что значения интервальных скоростей в осадочном разрезе меняются сверху вниз по разрезу в основном от 1,9-2,2 км/с до 4,1-4,5 км/с, увеличиваясь в самых низах чехла на глубинах более 10 км до 4,7-5,2 км/с. Близкие значения были определены по зависимости $V_{огт} = f(t_0)$ на участке, отработанном ОАО МАГЭ в центральной части моря в 2005 г. Следует отметить, что подобные скоростные параметры характерны, например, для терригенного выполнения глубоких кайнозойских прогибов Дальнего Востока и не могут служить указанием на древний возраст отложений и на наличие

карбонатных пород в нижней половине параплатформенного структурного этажа, выделяемого сторонниками платформенной позиции. Первоначально для этих отложений принимались интервальные скорости 4,8-6,5 км/с, свойственные R3-C1 карбонатному интервалу осадочного чехла севера Сибирской платформы. После появления новых данных значения скоростей были понижены до 4,0-5,5 км/с (см. рисунок 3.2), но трактовка интервала разреза между горизонтами III и VI (фундамент) осталась прежней [20].

3.4 Тектоника

Море Лаптевых находится на северной пассивной окраине Евразии, в районе центриклинального замыкания Евразийского суббассейна Северного Ледовитого океана. Действующий срединно-океанический хребет Гаккеля и разделяемые им океанические котловины Нансена и Амундсена, подходя ортогонально к континентальному склону, образуют торцевое сочленение с краем континента [24]. Раскрытие суббассейна в раннем кайнозое сопровождалось отколом от Евразии микроконтинента хребта Ломоносова. Предполагается, что его смещение относительно края континента происходило по Северному трансформному разлому (разлом Чарли по А. Гранцу, Хатангско-Ломоносовская зона разломов по Э.В. Шипилову) [24].

Шельф в тектоническом отношении является рифтовой системой моря Лаптевых [30]. Простираение структурных элементов системы – рифтовых грабенов и межрифтовых горстов, совпадает в основном с общим уклоном дна моря (рисунок 3.4), то есть с северо-северо-запада на юг-юго-восток. Рифтовые грабены имеют ширину около 20-25 км. Наиболее широким считается Усть-Ленский рифт (70-150 км) с блоковым строением и разделенным на узкие, разноопущенные структуры шириной от 10–15 до 20–30 км. Ширина горстов, как правило, больше. Так, например, Восточно-Лаптевский мегагорст имеет ширину в 100, местами 200 км, но и относительно поднятые и относительно опущенные блоки субмеридионального простираения близких к указанным размерам.

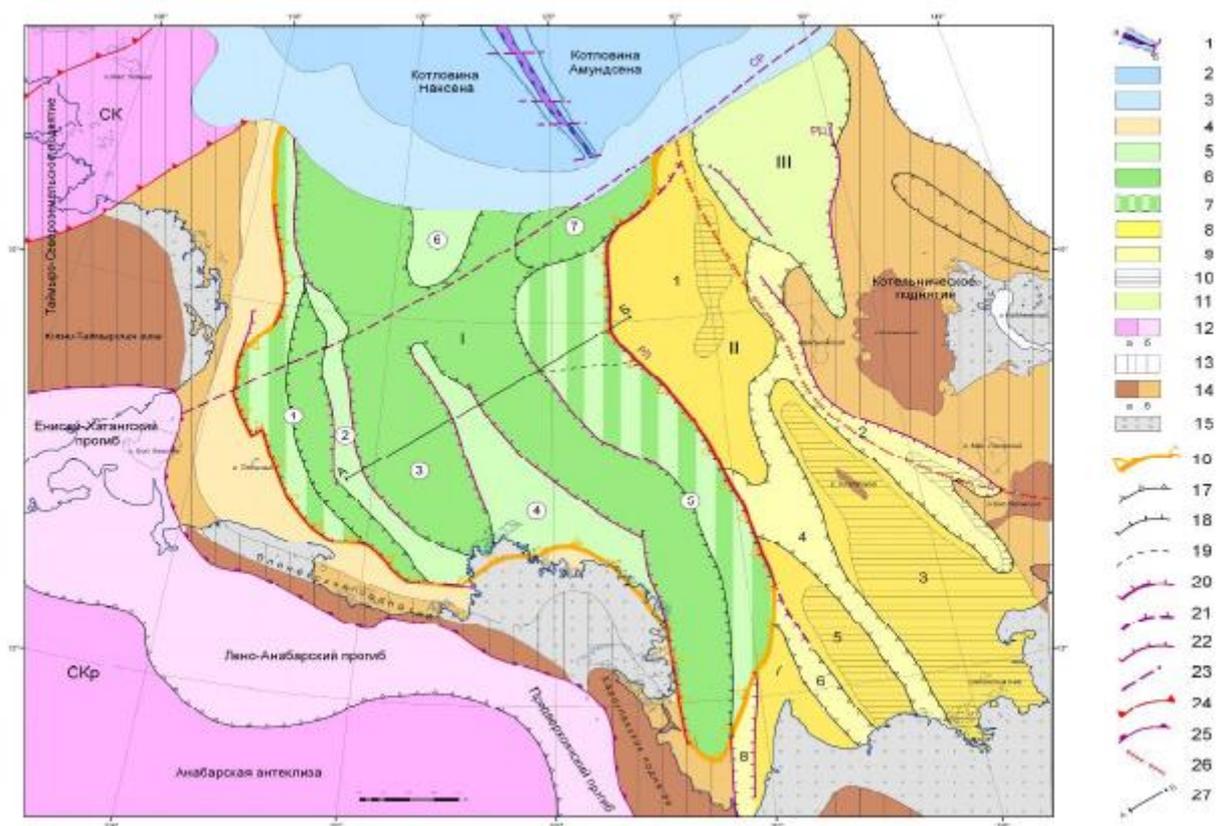


Рисунок 3.4 – Тектоническая схема шельфа моря Лаптевых [24]

Условные обозначения: Евразийский океанический суббассейн. 1- срединно-океанический хребт Гаккеля (а – рифтовая долина, б – трансформные разломы); 2 – океанические котловины. Континентальная окраина. 3 – континентальный склон; 4-11 – Лаптевская краевая плита: 4 – Лено-Таймырская система поднятий; 5-7 – Лаптевский мегарифт (I): 5 – горсты, 6 – грабены, 7 – бортовые участки; 8-10 – Восточно-Лаптевское горстовое поднятие (II): 8 – горсты, 9 – грабены и седловины, 10 – участки с мощностью чехла менее 1 км; 11 – Анисинский прогиб (III). Континентальное обрамление. 12 – структуры с докембрийским фундаментом (а – поднятия, б – прогибы): СКр – Сибирский кратон (Сибирская платформа и ее краевые прогибы), СК – Северо-Карский микроконтинент (Северо- и Центрально-Таймырская зоны); 13 – орогенные поднятия; 14 – позднекиммерийские складчатые комплексы на поднятиях (а – выходы на дневную поверхность, б – на шельфе под мало мощным чехлом); 15 – выходы на дневную поверхность KZ и K2-KZ отложений. Границы структур: 16 – граница Лаптевского мегарифта, 17 – границы других крупнейших и крупных структур (основных поднятий и прогибов), 18 – границы бортов мегарифта, 19 – граница наиболее приподнятого северного блока на восточном борту. Разломы: 20 – главный рифтообразующий сброс (РЛ), 21 – РЛ, прослеженный менее уверенно, 22 – другие основные сбросы, 23 – сдвиги, 24 – надвиги, 25 – фронт киммерийской складчатости, 26 – предполагаемое продолжение Южно-Аньюйской сутуры. 27 – Линия сейсмогеологического разреза. Названия структур. Лаптевский мегарифт (цифры в кружках): 1 – Южно-Лаптевский грабен, 2 – Ребековский горст, 3 – Усть-Оленёкский грабен, 4 – Трофимовский горст, 5 – Усть-Ленский грабен, 6 – Западно-Лаптевское поднятие, 7 – Северный окраинно-шельфовый прогиб. Восточно-Лаптевское поднятие: 1 – Северо-Лаптевский горст, 2 – Бельковско-Святоносский грабен, 3 – Столбовской горст, 4 – Широстонский грабен, 5 – Широстонский горст, 6 – Усть-Янский грабен, 7 – Усть-Янский горст, 8 – Омолойский грабен. Разломы: РЛ – разлом Лазарева; РД – разлом Драницина; СР – Северный разлом.

Также в регионе развиты субширотные разрывные структуры, выделенные как элементы ортогональной системы и на приморских низменностях, и на шельфе. Так, распределение суши и моря в северной части низменности и Новосибирских островах связывают [31] с субмеридиональными и субширотными разрывными и блоковыми структурами.

Динамика современных тектонических движений в регионе оценивается по-разному. По одним оценкам [24], все побережье преимущественно поднимается со скоростью 0,7-3 мм/год, с частными опусканиями до 2,2 мм/год и участками энергичных воздыманий – до 8,4 мм/год. Согласно другим данным [31], на шельфе преобладают низкие и умеренные восходящие движения менее 1 мм/год и локально проявляются опускания со скоростью 2 мм/год. Некоторые исследователи считают, что погружение свойственно лишь отрицательным морфоструктурам, а остальные области шельфа и побережья либо стабильны, либо имеют тенденцию к поднятию разной интенсивности. По другим данным [27], береговая зона испытывает поднятие со скоростью 0,4-0,6 мм/год, сопровождаясь выравниванием береговой линии. По данным О.Р. Галабалы [20], смещение тектонических блоков, например, в дельтах рек Лена и Яна, только за голоцен составляет 30 м.

Приведенные материалы убеждают, что в обозримом будущем шельф и побережье моря Лаптевых будут находиться под влиянием трансгрессии, которая повлечет за собой определенное перераспределение областей денудации и аккумуляции, изменение морфоскульптурного рельефа, гидрологического режима, усиление размыва и абразии берегов, продолжение деградации мерзлоты и т.д. [32].

3.5 Особенности криолитогенеза моря Лаптевых

Характер литогенной основы криогенных ландшафтов во многих случаях является ведущим фактором, определяющим специфику развития процессов криолитоморфогенеза. Необходимо отметить, что в рельефообразовании исследуемого района особенно велика роль

геокриологических особенностей. К ним в первую очередь относятся: объем, распространенность и положение в разрезе текстурно- и породообразующих подземных льдов, температурный режим верхних горизонтов криолитозоны, параметры и динамика деятельного слоя. Подземные льды в виде повторно-жильных, пластовых, другого вида ледяных включений, текстурообразующего типа и т.д. встречаются в том или ином количестве на всех без исключения геоморфологических уровнях, получив самое широкое развитие в позднеплейстоценовых и голоценовых осадках.

Четвертичные породы в исследуемом районе имеют разнообразные литологию, возраст и генезис. В связи с этим, характер криолитогенеза и температурного режима на разных участках исследуемой территории также может быть существенно неодинаков.

В целом, многолетнемерзлые породы (ММП) в этом районе характеризуются мощностью до 650 м. При приближении к береговой линии она существенно уменьшается, а под крупными озерами и протоками сформированы как замкнутые, так и сквозные талики. Мощность сезонно-талого слоя в этом районе составляет в среднем от 0,3 до 0,9 м, при наиболее частых значениях – 0,4-0,6 м.

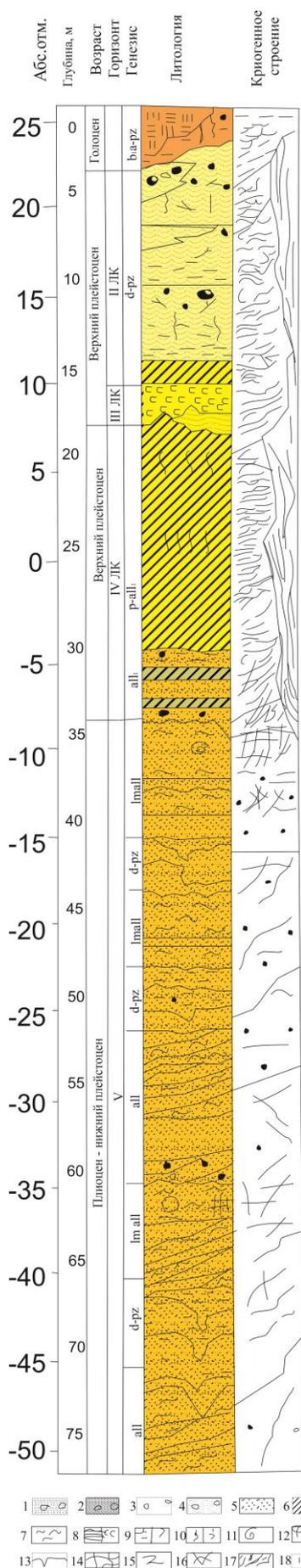
Главной особенностью, так называемых едомных толщ, слагающих верхнюю часть разреза о. Муостах, а также Быковского п-ова, является наличие в них мощных, шириной до 10 м, повторно-жильных льдов, вертикальный размер которых достигает 50 м. Их объем обычно превышает объем вмещающего грунтового материала. Верхняя граница ледяных жил иногда отмечается на глубине всего 0,5-1 м от поверхности. Плотный торфяной и мохово-дерновый покров с песчаным и супесчано-суглинистым заполнителем грунтов и ограничивает величину сезонного протаивания до 0,3-0,8 м [31].

По данным криолитологического анализа опорных разрезов установлен [26] генезис отложений останцов Приморской аккумулятивной равнины, в частности мыс «Муостах» на северной оконечности одноименного острова. В строении останцов аккумулятивной равнины принимает участие ледовый

комплекс (ЛК), слагающий поверхность с абсолютными отметками 15-43 м, расчлененную аласами, лагунами, термоэрозионными оврагами и понижениями. Опорный разрез «Муостах» содержит отложения голоцена, ледовый комплекс, включающий верхнеплейстоценовые и, предположительно, среднеплейстоценовые отложения и подстилающие приоцен-нижнеплейстоценовые отложения. Сводный разрез для северной оконечности острова составлен по расчисткам береговых обнажений «Северное», 351 и скважинам 101-103/92 и 301-309.

Горизонт V – отложения плиоцен-раннеплейстоценового возраста состоят из: переслаивающихся плотных темно-серых суглинков и супесей, тонких песков; коричневатого-серых табачных песчаных супесей с рассеянным гравием и заиленным песком (слой 2); светло-серых и черных сортированных песков разной крупности. Все эти разновидности пород слагают прослой мощностью 2-5 м, закономерно чередующиеся в разрезе, и образуют 4 пачки сходного строения, с размывом залегающие друг на друге. Горизонт отличается: низкой льдистостью, в песках – 20-25%, в супесях и суглинках – 28-34%, тонкошлифовыми наклонными, вертикальными, неправильно-решетчатыми, корковыми, массивными и линзовидно-ломанными криотекстурами, обусловленными эпигенетическим промерзанием толщи.

Слой 1 горизонта V относится к осадкам замкнутых мелководных пересыхавших водоемов, слой 2 – к делювиально-пролювиальным образованиям, к осадкам временных потоков, пески слоев 3 – к русловым фациям постоянного крупного потока, поставляющего как местный, так и транзитный материал из удаленных источников сноса (рисунок 3.5).



Условные обозначения к рисунку 3.5: 1 – пески неслоистые с гальками и валунами; 2 – галечно-гравийные породы с супесчаным заполнителем; 3 – гравий песчаный; 4 – пески сортированные с косою наклонной перекрестной слоистостью; 5 – супеси; 6 – суглинки; 7 – плотные алевриты; 8 – автохтонный торф: а – из корней и стеблей трав, б – из стеблей мхов; 9 – аллохтонные растительные остатки: а – веточки кустарников, стволы деревьев, щепки; 10 – корни трав, захороненные на месте произрастания: а) свежие, б) разложившиеся; 11 – остатки раковин остракод, гастропод, моллюсков; 12 – включения: а) голубого вивианита; б) диффузных пятен и потеков соединений железа; 13 – деформации слоистости, вертикальные затеки по земляным жилам; 14 – посткриогенные текстуры; 15 – сколы, смятия и смещения слоистости; 16 – ледяные жилы; криогенные текстуры: 17 – линзовидные, поясковые, прерывистые; 18 – решетчатые, плитчатые.

Рисунок 3.5 – Опорный разрез мыса Муостах [26]

Таким образом, плиоцен-нижнеплейстоценовый горизонт V в разрезе «Муостах» образован ритмично чередующимися в разрезе озерными, озерно-флювиальными, делювиально-пролювиальными и русловыми аллювиальными отложениями с нормальным распределением материала по крупности и переменным соотношением местных и транзитных компонентов, изменения их крупности и состава и окатанности соответствуют колебаниям режима гидродинамической активности потоков, среды седиментации осадков.

Горизонт IV ЛК, предположительно, средне-верхнеплейстоценовый, вскрыт в нижних частях береговых обнажениях и скважинами ниже уровня моря. Представлен коричневыми, темно-серыми и сизо-серыми суглинками, супесями с тонкими прослойками заиленных и заторфованных песков, с редкими присыпками крупных и сортированных светло-серых песков. Отложения послойно обогащены голубым вивианитом, нитевидными корешками трав, захороненных на месте произрастания и образующих кочки-сгущения по простиранию слоев. Слоистость отложений равномерная горизонтальная и полого-наклонная, с мощностью слоев порядка 0,1-0,3 м.

Среди легких компонентов горизонта преобладают продукты местных источников сноса – породы Верхоянского терригенного комплекса, а в составе тяжелых компонентов – повышена для продуктов дальнего сноса. Все это свидетельствует о пролювиально-аллювиальном режиме среды накопления горизонта и о переувлажненных, периодически заболачиваемых условиях тыловой и присклоновой частей пойменных ландшафтов.

Горизонт III ЛК, предположительно, каргинского времени содержит следующие виды отложений (сверху вниз): бурый автохтонный торф, состоящий из целых стеблей мхов, с линзами и гнездами светло-серых и коричневатых песков, супесей, а вблизи кровли – с включениями графия и крупных песков. По латерали он замещается аллохтонным слоистым торфом из растительного детрита с линзами супесей и песков; далее бурыми заторфованными супесями с «кочками» – скоплениями корешков и трав *in situ*;

и далее к югу они выклиниваются. Нижняя граница горизонта неровная, резкая и наклонная к северу, мощность изменяется от 2,5 до 3,5 м.

Данные о ритмичной слоистости, гранулометрическом и минералого-петрографическом составе терригенных и новообразованных компонентов, криогенном строении и режиме промерзания свидетельствуют о формировании описанных осадков временными потоками с ритмично изменяющейся гидродинамической активностью, поставлявшими как местный материал, так и продукты дальнего переноса. Таким образом, ясно, что горизонты II, III ЛК относятся к болотным и делювиально-пролювиальным отложениям, в разрезе последовательно сменяющим друг друга. Они промерзали сингенетически в условиях полигональной тундры с меняющимся увлажнением.

Горизонт III ЛК (верхнеплейстоценовый – сартанский) включает: переслаивающиеся желтовато-серые пески с рассеянным гравием, мелкими гальками; бурые и коричнево-серые супеси, суглинки послойно опесчаненные, послойно обогащенные нитевидными корешками трав и корнями кустарничков, захороненных на месте произрастания, намытым детритом. Слоистость отложений горизонтальная и полого-наклонная, волнистая, не выдержана по простиранию, мощность слоев составляет от 0,05-0,3 м до 1,5 м. Показателен разный характер контактов слоев: часть из них связана между собой постепенными переходами по вертикали; в других случаях ровные, резкие контакты образованы высокой концентрацией песчаных или гравийных зерен вверху слоя на контакте с перекрывающими суглинками. Слоистость осложнена затеками и кармаками суглинков, внедряющихся как и в выше, так и в нижележащие породы. В тонких песках слоистость осложнена песчаными элементарными жилками, а вдоль ледяных жил – песчаными «зальбандами».

В разрезе этого горизонта выделяются три пачки сходного строения: нижние части их сложены суглинками и супесями, средние – опесчанеными супесями и песками, верхние – песками разной крупности, суглинисто-супесчаными породами с гравием и мелкогалечными породами. Отложения горизонта связаны с подстилающим торфом постепенными переходами, или

имеют резкие неровные контакты в виде границы размыва. Мощность горизонта меняется от 12 до 15 м.

Горизонт I: Голоценовые образования, включающие: серые супеси, заиленные пески с рассеянным гравием и мелкими гальками. По латерали на расстояниях 0,01-0,1 км они замещаются (в замкнутых понижениях) автохтонным бурым торфом, состоящим из мхов и трав, на склоновых понижениях – слоистым торфом из обрывков растений, целых стеблей мхов, с линзами супесей, песков, с полого-наклонным параллельно уклону поверхности залеганием. В торфах и супесях встречаются мелкие ледяные жилки шириной до 0,2 м, по вертикали до 0,8 м, гумусовые и песчаные элементарные жилки. Этот горизонт имеет прерывистое распространение на поверхности всего острова, по характеру залегания он вложен в кровлю ледового комплекса. Мощность этого горизонта изменяется в интервале от 0 до 3,5 м.

Таким образом, все пять горизонтов ледового комплекса сохранили набор специфических черт, отражающих механизм переноса и условия среды осадконакопления, характер, интенсивность, длительность и разные типы воздействия на осадки собственно криогенных процессов [26].

3.7 Нефтегазоносность

Открытие уникальных газовых месторождений, таких как Медвежье, Уренгойское, Ямбургское, Заполярное, Бованенковское, найденные промышленные запасы твердых полезных ископаемых и четверть (22%) мировых ресурсов нефти и газа, сосредоточенных в регионе, обуславливают научный и практический интерес к территории Арктического шельфа.

Согласно проекту «Программы разведки континентального шельфа и разработки его минеральных ресурсов» Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации [33], шельф восточно-арктических морей, в частности моря Лаптевых, является наиболее перспективным на крупные скопления углеводородов, к чему располагает достаточно высокая сейсмическая изученность моря и высокие предпосылки его

нефтегазоносности; малые глубины большей части и возможность проведения буровых работ с берега и насыпных островов; расположение моря в центральной части Северного морского пути и возможность использования его при транспортировке нефти и газа из будущих месторождений на шельфе моря Лаптевых к дальневосточным морским портам [34].

Непосредственная близость к морю Енисей-Хатангской нефтегазоносной области, наличие месторождений природных битумов в пределах Лено-Анабарского прогиба (Оленекское и др.), а также многочисленные битумопроявления на побережье моря Лаптевых и островах Новосибирского архипелага, нефтегазопроявления в скважинах глубокого бурения в пределах Анабаро-Хатангской седловины и Лено-Анабарского прогиба позволяют высоко оценивать перспективы шельфа моря Лаптевых с точки зрения обнаружения промышленных залежей нефти или газа [35]. Но, до настоящего времени, в связи с отсутствием глубокого бурения, промышленные скопления углеводородов на шельфе моря Лаптевых не установлены.

В соответствии со схемой нефтегазогеологического районирования использованной для выполнения последней официальной количественной оценки перспектив нефтегазоносности (на 01.01.1993 г.), в пределах акватории моря Лаптевых выделена самостоятельная Лаптевская перспективная нефтегазоносная область, а крайнюю юго-западную ее часть занимает Анабарско-Хатангская НГО.

За исключением самой северной полосы Лаптевского шельфа, которая получила лишь качественную (положительную) оценку, остальная часть площади была оценена количественно. Согласно этой оценке, начальные суммарные ресурсы углеводородов Лаптевского седиментационного бассейна составили около 5 % общих ресурсов арктического шельфа России. По фазовому состоянию УВ оцененные ресурсы распределяются следующим образом: нефть – 45, конденсат – 5, газ свободный – 45, газ растворенный – 5 %. Ресурсы УВ отнесены преимущественно к категории D_2 ресурсы категории D_1 , (около 8 % от общей суммы) выделены только в субаквальной части

Анабарско-Хатантской НГО. По глубинам залегания распределение начальных суммарных геологических ресурсов прогнозируется таким образом: до 1 км – 9, 1-3 км – 39, 3-5 км – 41 %. Большая часть ресурсов, согласно прогнозу, размещается на глубине моря менее 100 м: до 10 м – 17, 10-50 м – 46 %, 50-100 м – 19 %.

В качестве наиболее перспективных структурных элементов с плотностью геологических ресурсов 30-50 тыс. т/км² при оценке на 01.01.1993 г. принимались валлообразные поднятия типа Трофимовского.

На сегодняшнем уровне знаний представляется, что не меньшими перспективами обладают борта рифтогенных грабенов и многие другие структурные объекты.

Актуальной является задача уточнения качественной и количественной оценок перспектив нефтегазоносности региона. Принципиальным шагом в нефтегазогеологическом изучении Лаптевского бассейна должно стать подтверждение реальности существования здесь промышленных месторождений нефти и газа. Хотя объем сейсмических работ, выполненных на сегодня на акватории моря Лаптевых, далеко не отвечает условиям регионального этапа исследований, полученные материалы уже сейчас позволяют наметить наиболее перспективные площади для постановки более детальной сейсморазведки, а затем и первых глубоких скважин [20].

Согласно газогеохимическому опробованию донных осадков [34] в Лаптевском бассейне были выявлены аномальные концентрации углеводородных газов (0,05–1,0 см³/кг) в нескольких десятках проб, территориально приуроченные к границам положительных и отрицательных структур, осложненных разрывами. В составе газов присутствует метан при преобладающем содержании тяжелых гомологов, включая бутан. Наличие аргона и гелия подтверждает глубинный фактор при формировании газовых аномалий [20], появившихся в донных осадках на поверхности дна в результате современной сейсмичности бассейна. Согласно проведенным исследованиям [35], большая часть их экранирована региональной глинистой покрывкой

(корой выветривания) в основании кайнозоя, о чем косвенно свидетельствуют данные о нефтегазопроявлениях в разрезах американских скважин на шельфе Чукотского моря. В них отложения нижнего мела характеризуются многочисленными проявлениями нефти и газа, а перекрывающий кайнозойский комплекс оказывается стерильным от углеводородов [34].

Газовые гидраты, рассматриваемый и как нетрадиционный источник сырья, представляют собой скопления газа (чаще метана) в связанном с водой состоянии на молекулярном уровне, в результате чего один кубометр природного метан-гидрата в твердом состоянии содержит около 164 м^3 метана в газовой фазе и $0,87 \text{ м}^3$ воды. Проведенные ранее исследования [6; 7; 10] выявили на территории моря Лаптевых около 200 мощных факелов с рекордно высокой концентрацией метана (до 6000 нМ). Комплексные гидроакустические и гидрофизические исследования позволили идентифицировать корни факелов в толще донных отложений, обогащенных органическим веществом [7].

3.8 Другие полезные ископаемые

Полезные ископаемые архипелага Новосибирские острова в море Лаптевых, несмотря на его сложное геологическое строение, немногочисленны. Основными среди них являются олово (в россыпях и коренном залегании), каменный и бурый уголь. К экзотическому виду полезных ископаемых, представляющему значительный практический интерес, относится мамонтовая кость (бивни). На островах архипелага установлены проявления.

Олово – главный металл определяющий металлогеническую специализацию территории. Его рудопроявления и россыпи сконцентрированы на о. Б. Ляховский (рисунок 3.6) и прилегающей акватории – в зоне массового развития раннемеловых гранитоидов. Абсолютное большинство проявлений других металлов (медь, серебро, свинец, цинк, вольфрам, мышьяк) лишь сопутствуют оловянному оруденению.

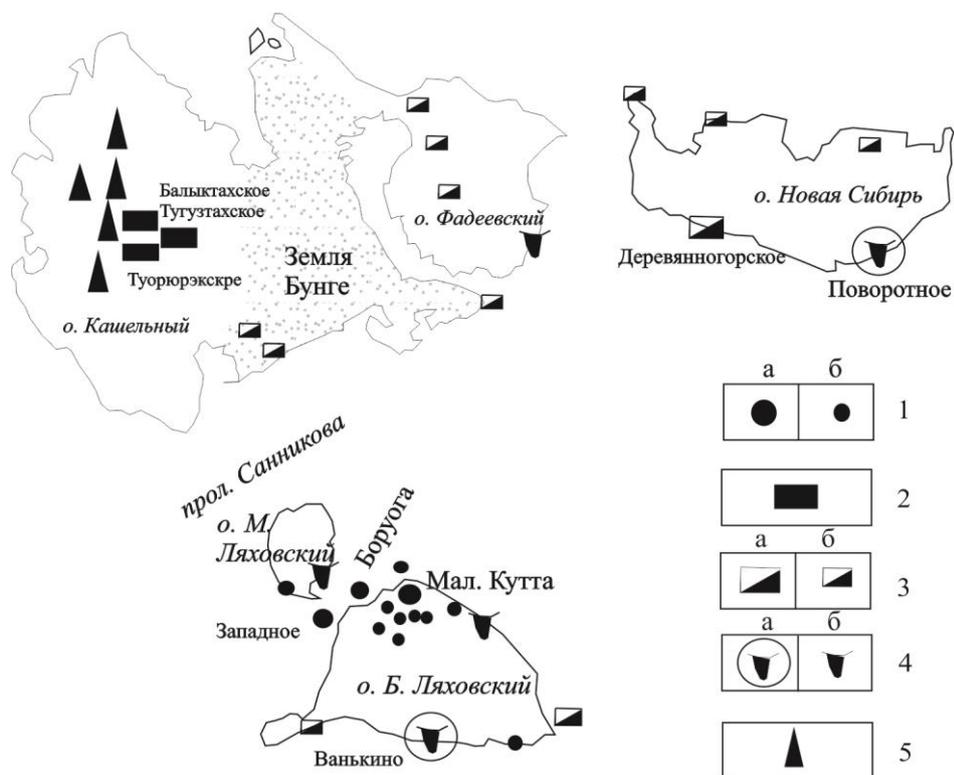


Рисунок 3.6 – Схема размещения месторождений и проявлений полезных ископаемых на Новосибирских островах [20]

Условные обозначения: 1 – россыпное олово (а-крупные месторождения и россыпи, б – средние и мелкие россыпи); 2 – каменный уголь – месторождения; 3 – бурый уголь (а – месторождение, б – проявление); 4 – ископаемая мамонтовая кость (бивни): а – месторождения, б – перспективные участки (по данным СПО «Северокварцсамоцветы»); 5 – проявления битумов.

Основная масса коренных рудопроявлений олова находится на севере о. Б. Ляховский и прилегающей акватории в поле развития интрузий гранит-гранодиоритовой формации и их контактовых ореолов. Имеющиеся материалы позволяют выделить три типа оловянной минерализации: касситерит-кварцевый (кварцевый подтип), касситерит-силикатный (турмалиновый подтип возможно, хлоритовый) и касситерит-сульфидный (галенит-сфалеритовый и полисульфидный подтипы).

Ископаемая мамонтовая кость. Новосибирские острова – ведущий район по ресурсам и качеству кости, добыча которой велась там уже в конце XVIII в. Исходным коллектором, в котором мамонтовые бивни пребывают в первичном залегании, являются верхне-плейстоценовые лессово-ледовые образования так называемого едомного комплекса; продуктивным (на скопления мамонтовой кости) является весь комплекс голоценовых

терригенных образований, сформированных за счет пород «едомного комплекса».

Горючие полезные ископаемые. На островах Анжу – центральной группе островов Новосибирского архипелага – располагается весьма крупный по ресурсам угленосный бассейн включающий в себя четыре месторождения и до 15 проявлений каменного и бурого угля позднемезозойского и кайнозойского возраста [20].

4 Литологические особенности и органическое вещество отложений моря Лаптевых

В магистерской работе представлены результаты лабораторно-аналитических исследований проб современных осадков, отобранных со дна северной части моря Лаптевых (рисунок 4.1, таблица 4.1) и с клифа мыса Муостах полуострова Быковский в рамках морской научно-исследовательской экспедиции в 2011 и 2015 гг. (НИС «Академик М.А. Лаврентьев»).

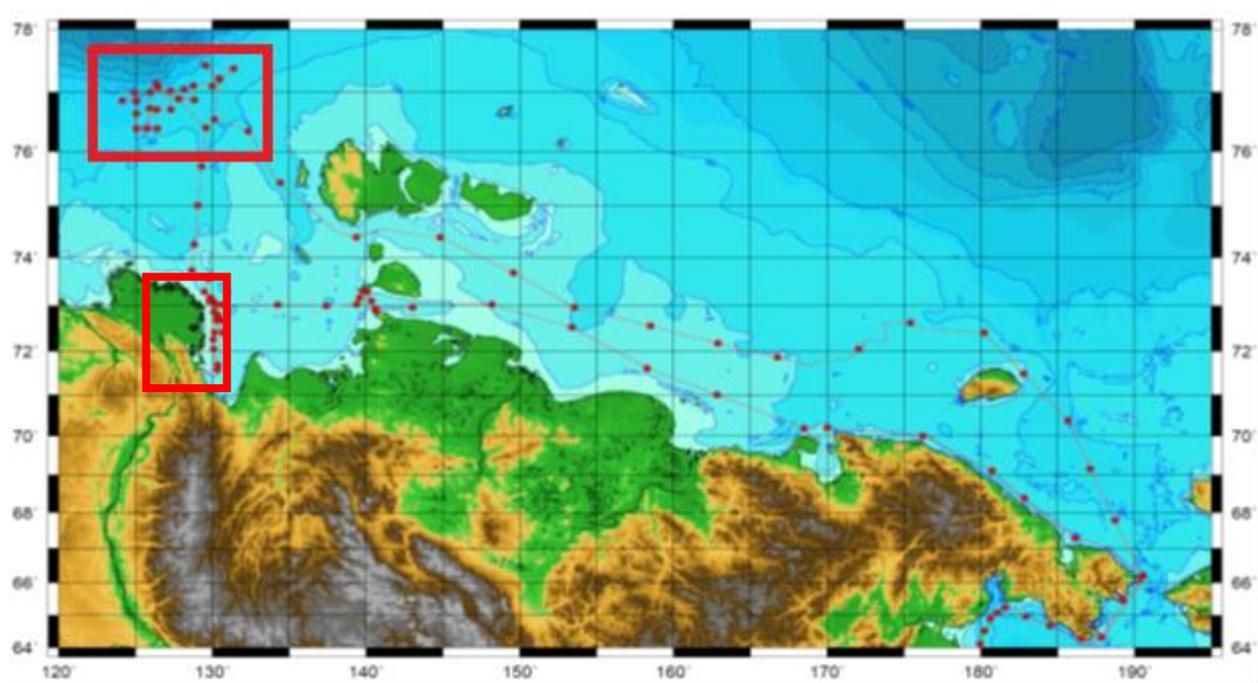


Рисунок 4.1 – Район исследований (полигон в левом верхнем углу) [6]

В северной части моря Лаптевых были зафиксированные мощные и множественные прорывы метана, достигающие в диаметре до 500 м. Именно в этих местах (таблица 4.1) были отобраны 24 пробы (рисунок 4.2) донных отложений.

Таблица 4.1 - Координаты и глубина станций пробоотбора

СТ.	Координаты станций				Глубина	
	начало		конец		эхолот	CTD
	LAT	LON	LAT	LON		
20	76.554	130.136	76.556	130.133	60	60
21	77.210	130.471	77.212	130.477	65,6	67
22	77.440	129.550	77.442	129.555	85	86
23	77.383	131.398	77.386	131.402	67	68
25	77.101	130.007	77.103	130.013	60	60
28	77.000	125.985	76.997	125.990	91,3	92
29	76.736	125.905	76.732	125.910	67,3	68
30	76.392	125.755	76.388	125.754	50	50
32	77.029	127.289	77.029	127.289	74	74
33	76.721	127.309	76.720	127.313	65	66
34	76.720	126.396	76.720	126.401	66	67
35	76.392	126.423	76.393	126.431	49	49
36	76.398	125.051	76.397	125.057	62	62
37	76.648	125.048	76.648	125.055	70	69
38	76.859	125.047	76.856	125.047	86	86
40	76.867	124.134	76.863	124.135	103	103
43	77.143	126.368	77.140	126.366	651	651
44	76.896	127.812	76.895	127.806	64	64
45	76.880	128.834	76.876	128.827	69	69
47	76.897	127.812	76.894	127.803	65	65
48	76.410	129.573	76.410	129.573	57	57
49	75.734	129.301	75.733	129.306	46	46
51	74.261	128.836	74.262	128.839	21	21
52	73.735	128.675	73.735	128.682	23	23
53	73.572	129.764	73.573	129.773	13	13

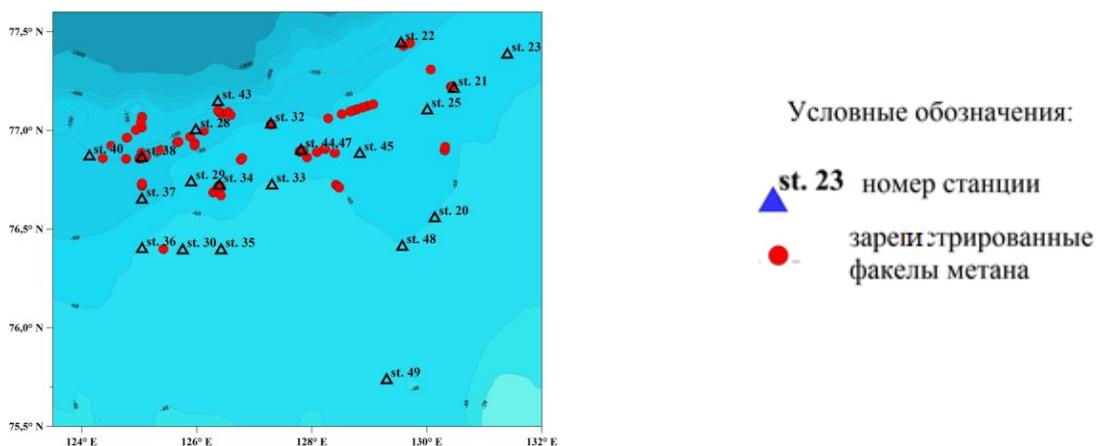


Рисунок 4.2 – Местоположение зарегистрированных факелов метана в северной части моря Лаптевых

Высокая скорость береговых эрозионных процессов, зарегистрированная на острове Муостах и полуострове Быковский, обусловила необходимость проведения более детальных работ. Для изучения особенностей литологического состава и органического вещества образцы осадочного материала были отобраны по клифу мыса Муостах, в конусе выноса и волноприбойной нише (рисунок 4.3).



Рисунок 4.3 – Мыс Муостах, полуостров Быковский

4.1 Литологические особенности и органическое вещество северной части моря Лаптевых

В северной части моря Лаптевых с использованием колонкового бурения отобраны 24 поверхностные пробы (0-5 см) донных осадков в ходе экспедиции 2011 г на борту флагмана научно-исследовательского флота ДВО РАН НИС «Академик М.А. Лаврентьев».

Были изучены гранулометрический, минералогический состав исследуемых образцов, определено общее содержание органического углерода.

По гранулометрическому составу выделены фракции размерностью от 0,01 мкм до 3,08 мм. В их составе преобладает пелитовая (<0,01 мм), содержание которой составляет от 24 до 77%, менее распространены алевритовая (от 22 до 45%) и псаммитовая (от 0,3 до 47%) фракции. Согласно классификации осадочных обломочных горных пород образцы представлены преимущественно алевритовыми глинами, реже алевритистыми глинами и песками. По данным гранулометрии построены кумулятивные кривые (рисунок 4.4), рассчитан коэффициент отсортированности, изменяющийся в пределах 1,18-3,65, что свидетельствует о средней степени сортировки обломочного материала у алевритов и хорошей – у песков.

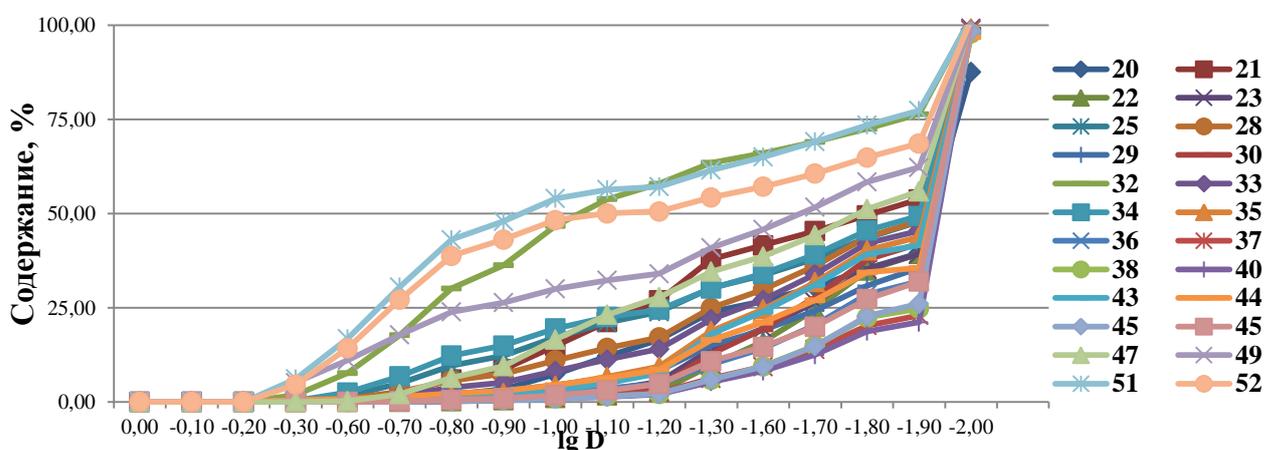
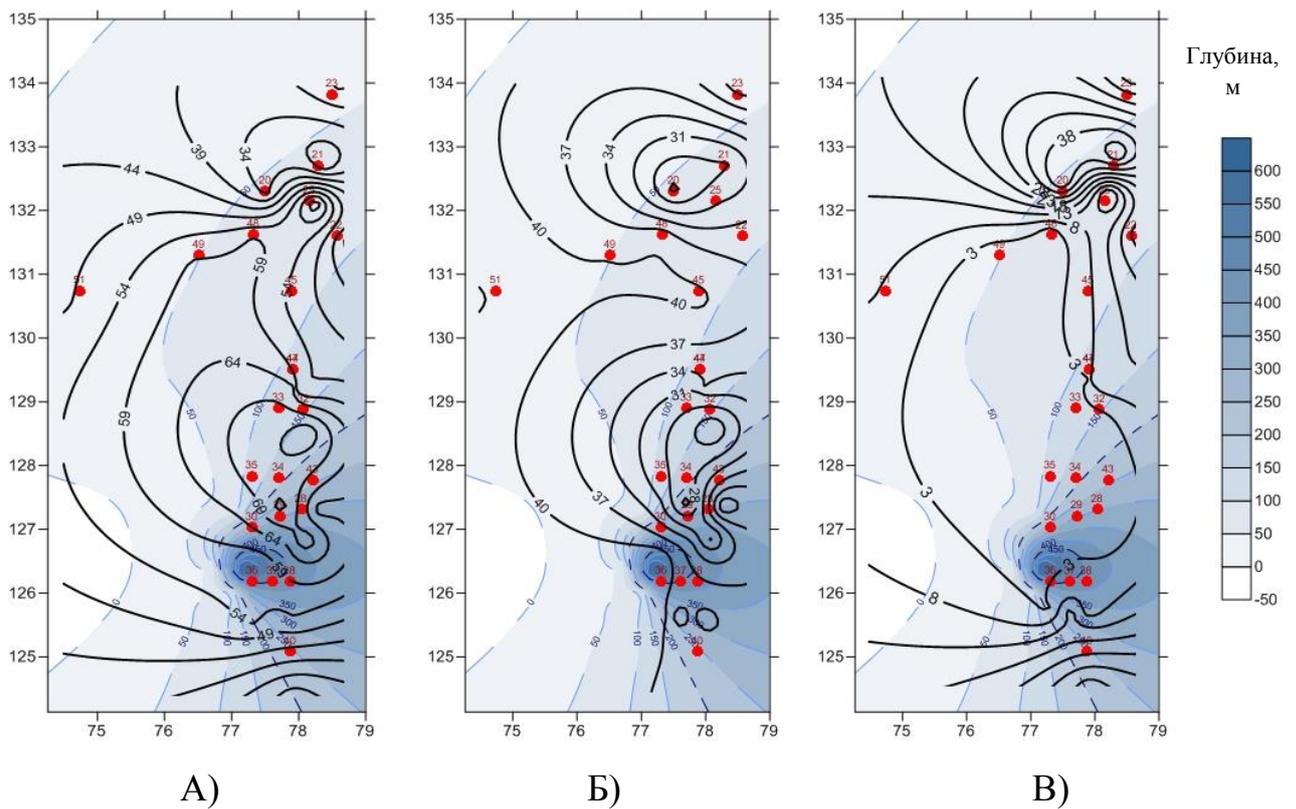


Рисунок 4.4 – Кумулятивные кривые

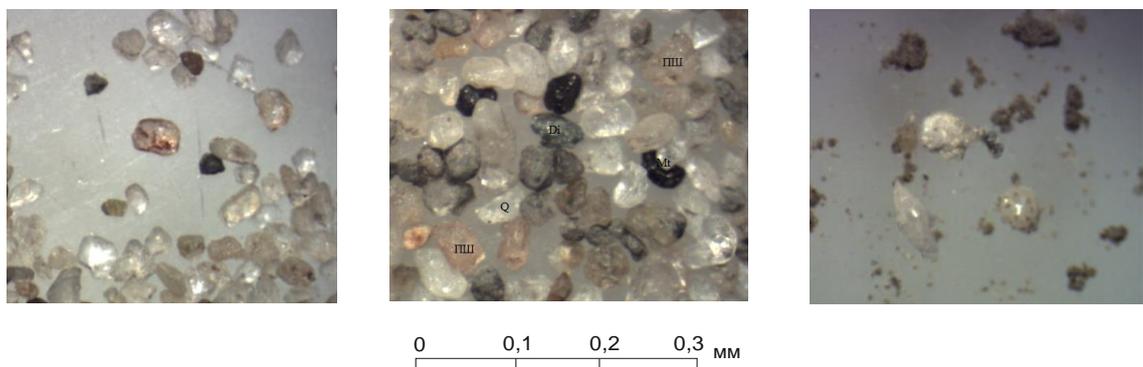
По результатам гранулометрического анализа построены карты распределения содержания пелитовой, алевритовой и песчаной фракций и установлена зависимость их содержания от поверхности рельефа морского дна (рисунок 4.5). Согласно полученным данным, установлена следующая закономерность распределения гранулометрического состава осадков от поверхности рельефа морского дна. Так, отложения пелитовых осадков тяготеют к наиболее пониженным участкам, а песчаные осадки, наоборот, приурочены к мелководным частям.



1 2 3 Условные обозначения: 1 – номера проб; 2 – а) содержание пелитовой фракции, %; б) содержание алевритовой фракции, %; в) содержание псаммитовой фракции, %; 3 – изогипсы, м.

Рисунок 4.5 - Карта распределения гранулометрического состава донных отложений

По минералогическому составу пески и алевриты относятся к полевошпат-кварцевым с содержанием обломков пород от 5 до 20 % (рисунок 4.6).



А) – Прожилки гематита в зерне кварца

Б) – Зерна кварца (Q), полевых шпатов (ПШ), диопсида (Di) и магнетита (Mt)

В) – Раковины моллюсков

Рисунок 4.6 – Особенности минералогического состава песков

Кварц резко преобладает над другими минералами и присутствует в количестве 30-60 %. Доминируют прозрачные хорошо окатанные обломки, также отмечаются редкие, угловатые разности, иногда отмечаются прожилки гематита (см. рисунок 4.6, А).

Полевые шпаты представлены удлиненными полупрозрачными, бесцветно-серыми, розовыми и светло-желтыми угловатыми и угловато-окатанными обломками. Минералы в сумме составляют 25-35 % (см. рисунок 4.6, Б).

В группе слюд отмечены две разновидности: калиево-натриевые слюды (группа мусковита) и магниально-железистые слюды (группа биотита). Минералы имеют характерные пластинчатые агрегаты белого, светло-желтого и темно-бурого цвета с перламутровым блеском. Суммарное их содержание в пробе колеблется в пределах 5-15%.

Карбонатные минералы наблюдаются в образцах №22, 27, 29, 30 в количестве 10-15% и представлены кальцитом бесцветного и белого цветов и бурым сидеритом округлой и удлиненной формы.

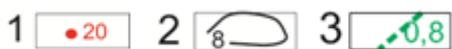
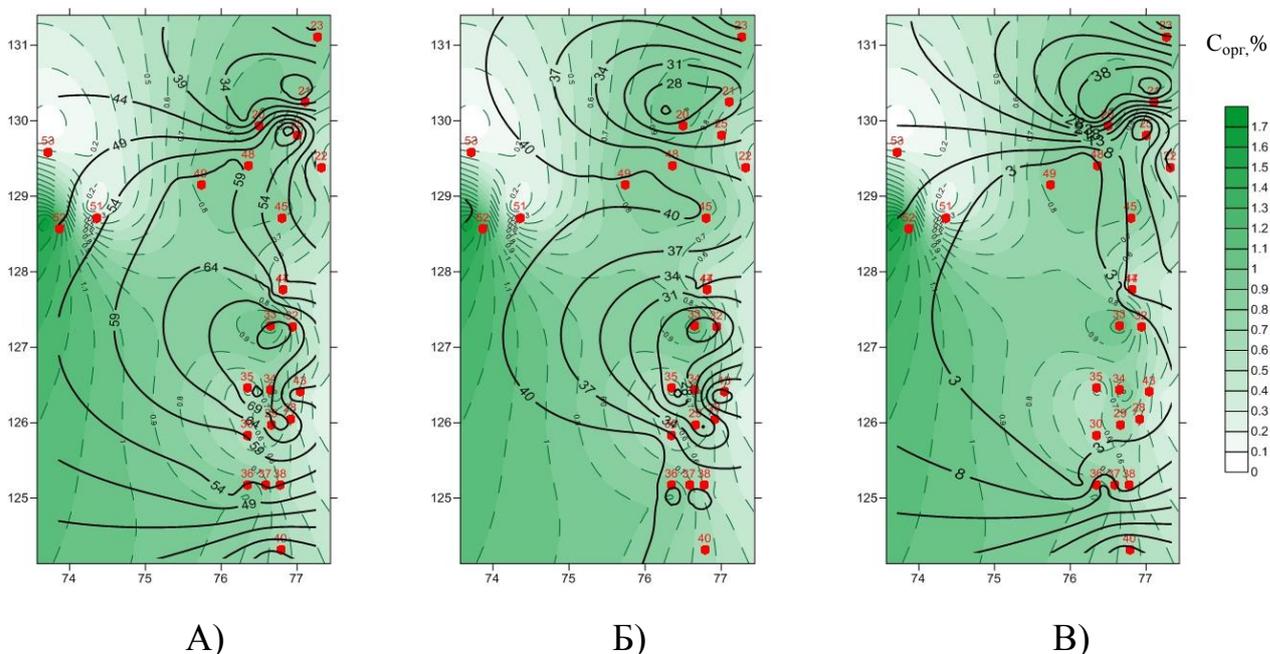
Из рудных минералов повсеместно распространен магнетит (до 15% в образце № 30), образующий угловато-окатанные обломки, обладающими характерным железо-черным цветом и сильными магнитными свойствами.

Акцессорные минералы представлены эпидотом, диопсидом, апатитом, хлоритом и гранатами, содержание которых в сумме не превышает 5 %.

Также отмечается присутствие углефицированных растительных обломков и остатки раковин моллюсков различной формы (см. рисунок 4.6, В).

Изучение **органического** вещества является важным аспектом гидрохимических, гидробиологических и геологических исследований и наиболее презентабельным его показателем является органический углерод. Содержание C_{org} в исследованных пробах варьируется от 0,03 до 1,61 %. Для выявления закономерностей содержания и распределения C_{org} в поверхностном слое донных осадков севера моря Лаптевых (0-5см) была построена карта распределения органического углерода (рисунок 4.7) и сопоставлена с картой

распределения гранулометрического состава. Таким образом, выявлено относительное обогащение органическим углеродом пелитовых осадков северной части моря Лаптевых. Причиной этого, возможно, является повышенная сорбция $S_{орг}$ тонкой пелитовой фракцией.



Условные обозначения: 1 – номера проб; 2 – а) содержание пелитовой фракции, %; б) содержание алевритовой фракции, %; в) содержание псаммитовой фракции, %; 3 – содержание $S_{орг}$, %.

Рисунок 4.7 – Карта распределения гранулометрического состава и содержания $S_{орг}$

На гистограмме статистического распределения $S_{орг}$ (рисунок 4.8) в поверхностном слое донных осадков моря Лаптевых наглядно показана прямая зависимость распределения органического углерода и содержания пелитовой фракции в изучаемых пробах.

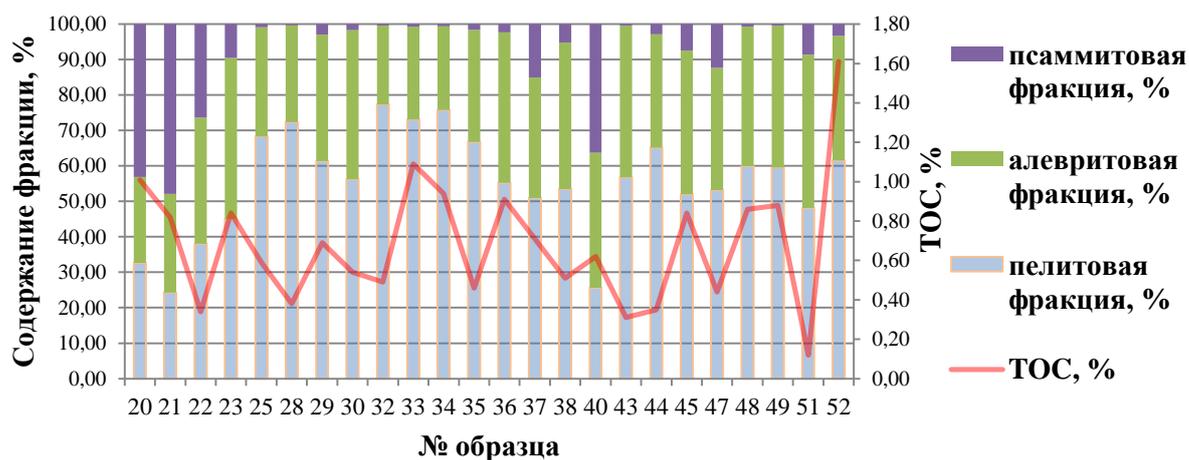


Рисунок 4.8 – Гистограмма статистического распределения $C_{орг}$ в поверхностном слое донных осадков моря Лаптевых

4.2 Литологические особенности и органическое вещество осадочных отложений мыса Муостах (полуостров Быковский)

7 образцов осадочных отложений мыса Муостах отбирались клифу мыса Муостах, в конусе выноса и волноприбойной нише.

В ходе исследования были проведены гранулометрический, минералогический и рентгенофазовый анализы исследуемых образцов, хромато-масс-спектрометрия, определены изотопный состав и общее содержание органического углерода и легколетучих органических соединений.

По гранулометрическому составу выделены фракции размерностью от 0,05 мм до 1,25 мм. В их составе преобладает псаммитовая фракция, содержание которой составляет от 31 до 91%. Менее распространены псаммитовая (до 53%) и алевритовая (от 3 до 15%) фракции. Согласно классификации осадочных обломочных горных пород, образцы представлены преимущественно крупнозернистыми песками, реже глинами. По данным гранулометрии, построены кумулятивные кривые, рассчитан коэффициент отсортированности, изменяющийся в пределах 1,6-3,98, свидетельствующий о хорошей сортировке обломочного материала у песков.

Согласно данным рентгенофазового анализа основу минералогического состава отложений составляют каркасные минералы – кварц и полевые шпаты (рисунок 4.9), содержание которых достигает 72-

82,7 %. Полевые шпаты в изученных образцах представлены в основном плагиоклазами, тогда как калиевый полевой шпат присутствует в осадках в незначительных количествах. Доля калиевых полевых шпатов составляет в среднем около 6 %, плагиоклазов – 26 %, при общем содержании полевых шпатов более 30 %.

В осадках присутствует гидрослюда группы мусковита (иллит-мусковит), самый стойкий к выветриванию слоистый силикат, в среднем около 14%.

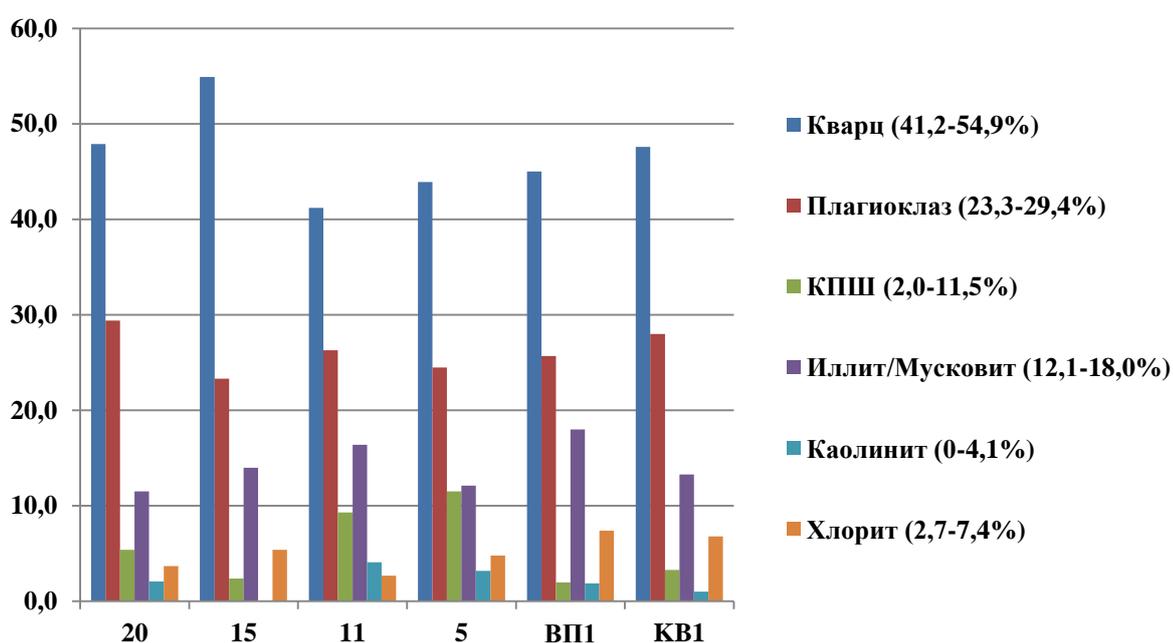
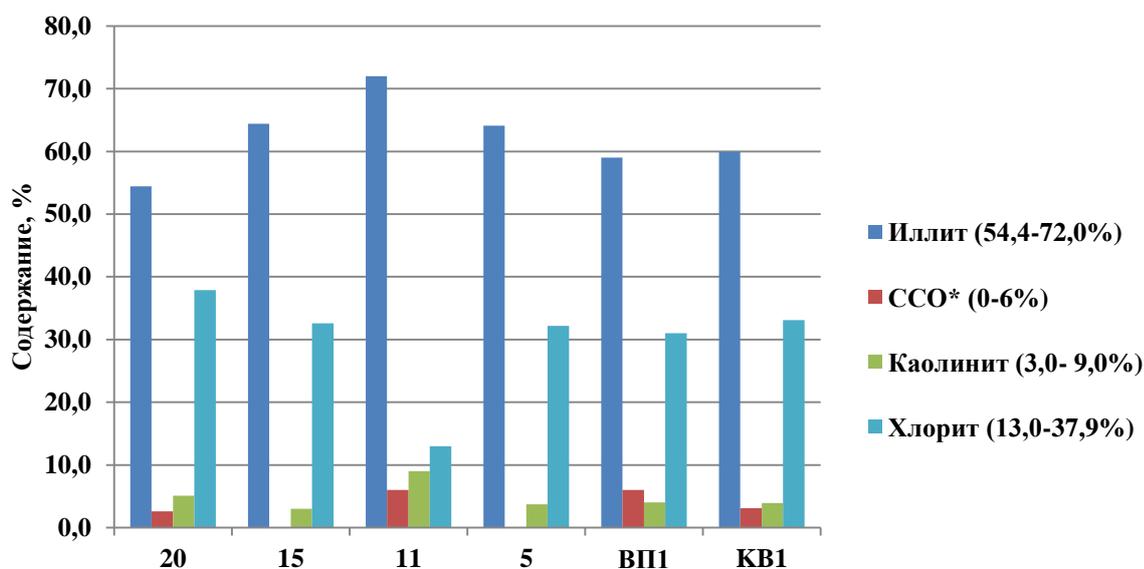


Рисунок 4.9 – Общий минералогический состав осадочного материала мыса Муостах, полуостров Быковский

Глинистые минералы (рисунок 4.10) представлены каолинитом, хлоритом и иллитом и их содержание в осадочном материале мыса не превышает 27%. Смешаннослойные образования обнаружены в образцах, отобранных на абсолютных отметках 20, 11 м, волноприбойной нише и конусе выноса.



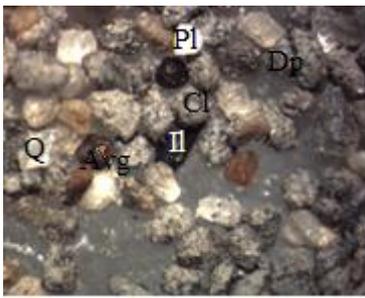
*ССО – смешаннослойные отложения

Рисунок 4.10 – Содержание глинистых минералов в отложениях мыса

В горизонтах с уменьшением суммарного содержания глинистых минералов происходит увеличение содержания кварца и резкое уменьшение относительного содержания каолинита и, наоборот – с увеличением доли глинистых минералов наблюдается уменьшение содержания кварца, а среди глинистых минералов возрастает количество каолинита.

Зональность глинистых минералов заключается в следующем: вниз по разрезу падает доля хлорита, возрастает количество иллита, каолинита и смешаннослойных отложений, достигая максимальных концентраций на высоте 11 м, что говорит о континентальных условиях осадконакопления.

По минералогическому составу отложения разреза относятся к аркозовым грауваккам (рисунок 4.11). В качестве породообразующих компонентов (см. рисунок 4.11, А) в них отмечаются зерна кварца (прозрачные, неокатанные, метами с железистыми налетами и пленками, присутствуют в количестве от 5 до 25%), плагиоклазов (выветрелые неокатанные, до 10-30%), обломки горных пород (сланцев, диабазов, габбро, до 40-60 %).



0 0,1 0,2 0,3 мм

А) – Зерна кварца (Q), плагиоклаза (Pl), хлорита (Cl), диопсида (Dp), авгита (Avg), ильменита (Il)

Б) – Зерна кварца (Q), сфена (sph), граната (gr) и железные обломки горных пород

В) – Хитиновые остатки насекомых среди зерен биотита (Bi), роговой обманки (hbl), глинистых частиц и остатков горных пород (г.п.)

Рисунок 4.11 – Особенности минералогического состава песков

Пески обогащены (до 15-20%) хлоритом и слюдами: сильно выветрелыми и серицитизированными разностями мусковита и хлоритизированными зернами биотита. Акцессорные минералы составляют до 5%, образуют преимущественно роговообманково-пироксеновую ассоциацию из неокатанных зерен роговой обманки и пироксенов (розовато-коричневый авгит, зеленовато-черный диопсид), отмечаются гранаты альмандинового ряда, сфен (см. рисунок 4.11, Б), эпидот. Из рудных минералов присутствует ильменит, обладающий магнитными свойствами, черным цветом и ярким металлическим блеском. Повсеместно отмечается наличие хитиновых остатков насекомых (см. рисунок 4.11, В).

Содержание $\delta^{13}\text{C}$ в исследуемых образцах варьирует в широких пределах (от -23 до -28‰). Отложения, залегающие на абсолютной высоте от 5 до 15 м обладают более тяжелым изотопным составом ($\delta^{13}\text{C}$ от -23 до -24). Наиболее низкие значения (-27, -28) характерны для образцов, обладающих наиболее высоким содержанием $\text{C}_{\text{орг}}$ (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Геохимические коэффициенты и данные Rock-Eval анализа осадочного материала

№ образца	Параметры Rock-Eval							$\delta^{13}\text{C}$, ‰
	S1, мг/г	S2, мг/г	S3, мг/г	ТОС, % мас.	НІ, мг/г	ОІ, мг/г	MinC, %мас.	
21,5	36,13	104,94	70,34	34,15	307	206	1,61	-28,00
20	5,20	15,74	6,78	5,35	294	127	0,22	-27,20
15	0,19	2,21	3,26	2,02	109	161	0,18	-24,30
11	0,13	1,39	2,62	1,72	81	152	0,15	-24,30
5	0,02	0,14	0,99	0,96	15	103	0,11	-23,60
ВП1	0,57	5,14	4,30	2,75	187	156	0,17	-26,20
KB1	0,50	3,84	4,67	2,94	131	159	0,22	-27,60

Примечание: ТОС – total organic carbon (количество органического углерода), % мас.; S1 – количество летучих (300 °С) органических соединений, мг/г породы; S2 – количество летучих продуктов деструкции органического вещества, мг/г породы; НІ – водородный индекс $S2 \times 100 / \text{ТОС}$, мг продуктов деструкции/ г органического углерода, MinC – содержание минерального углерода, % мас.

Содержание $C_{\text{орг}}$ в исследованных пробах равно 0,9-34,1 % (таблица 4.2), генерирующих от 0,02 до 36,13 мг/г породы легких углеводородов (S1).

Содержание высокомолекулярных углеводородов и углеводородов крекинга (S2) изменяется в широком интервале от 0,14 до 104,94 мг/г и содержание CO_2 при крекинге остаточного органического вещества (S3) варьирует от 0,99 до 70,34 мг/г породы.

Таким образом, количество летучих органических соединений (количественно равное экстрагируемой части органического вещества породы – параметр S1) в осадках невелико по сравнению с продуктами деструкции органического вещества (параметр S2). Можно заключить, что основная масса органического вещества представлена высокомолекулярными нелетучими соединениями – био-геополимерами (см. таблицу 4.2).

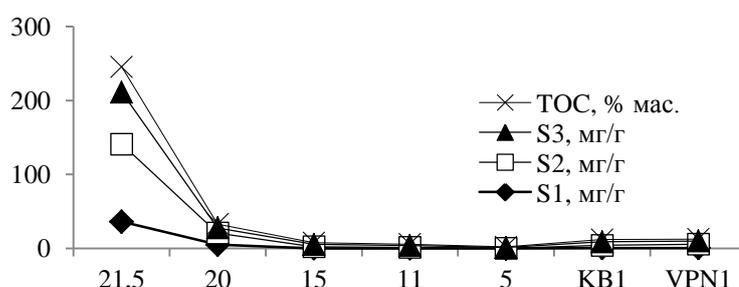


Рисунок 4.12 – Распределение суммарных показателей S1, S2, S3, ТОС в пробах осадочного материала клифа Муостах (полуостров Быковский)

Распределение суммарных показателей УВ (S1, S2, S3) в исследуемых пробах идентично распределению ТОС (рисунок 4.12), что подтверждается высокими положительными значениями коэффициента корреляции между S1, S2, S3 и ТОС (таблица 4.3).

Таблица 4.3– Значения коэффициентов парной корреляции между основными параметрами анализа Rock Eval

Параметры	S1	S2	S3	ТОС
S1	1,0	0,9996	0,9959	0,9985
S2	0,9996	1,0	0,9970	0,9994
S3	0,9959	0,9970	1,0	0,9988
ТОС	0,9985	0,9994	0,9988	1,0

Однако количественные соотношения индексов HI и OI в исследуемых пробах отличаются. В образцах, отобранных с абсолютных отметок в 21,5 и 20 м, высокий водородный индекс, следовательно, в молекулах органического вещества преобладают водородонасыщенные структуры и их образование шло в более восстановительной среде. В нижележащих отложениях клифа мыса Муостах более высокий кислородный индекс, следовательно – в молекулах вещества преобладают кислородные структуры и образование происходило в более окисленной среде.

По полученным данным литологического анализа построен сводный геологический разрез обнажения мыса Муостах (рисунок 4.13, А, Б) и распределения органического вещества (ТОС), органических соединений и изотопного состава органического углерода ($\delta^{13}\text{C}$) (см. рисунок 4.13, В).

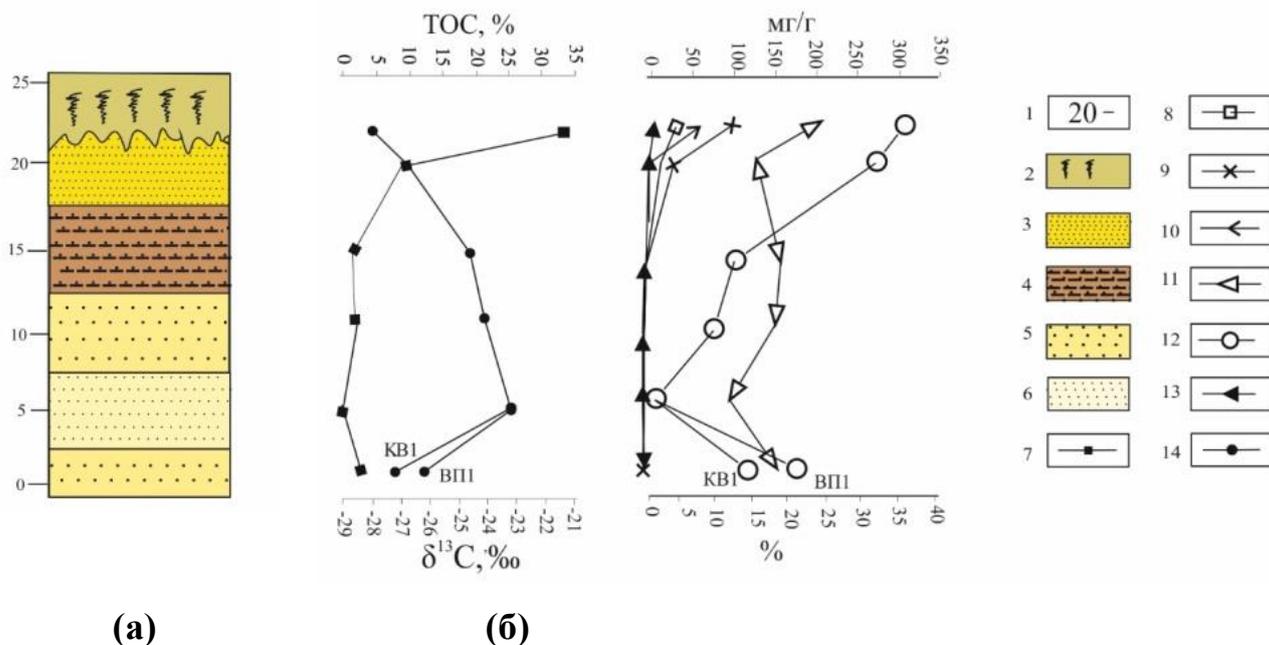


Рисунок 4.13 - Распределение органического углерода по разрезу ледового комплекса мыса Муостак

(а) литологическая колонка; (б) данные Rock-Eval анализа исследуемых проб. Условные обозначения: 1 – абсолютная высота над уровнем моря, м; 2 – дерново-торфяной покров; 3 – песок мелкозернистый; 4 – алеврит пелитовый; 5 – песок крупнозернистый; 6 – песок среднезернистый. 7 – распределение общего содержания органического углерода (ТОС, %); 8 – S1 – количество летучих (300 °С) органических соединений, мг/г породы; 9 – S2 – количество летучих продуктов деструкции органического вещества, мг/г породы; 10 – S3 – количество CO, выделившегося при пиролизе керогена и при низкотемпературном (<600 оС) разложении карбонатов, мг CO/г породы; 11 – HI – водородный индекс S2×100/ТОС, мг продуктов деструкции/ г органического углерода; 12 – OI – кислородный индекс, мг CO/г Сорг; 13 – MinC – содержание минерального углерода, % мас.; 14 – распределение изотопного состава органического углерода ($\delta^{13}C$, ‰).

Максимальные значения всех исследуемых параметров зафиксированы в верхней части разреза, представленной торфяником, затем исходные значения содержания C_{org} к средней части разреза уменьшаются в среднем в 20 раз (до 1,7 %), на пляже – еще почти в 2 раза, при результирующем сокращении до 37 раз. Величина органического углерода в отложениях клифа резко увеличивается к конусу выноса и волноприбойной нише, в которой отмечается наличие растительных остатков, вероятнее всего, накопившиеся в результате сползания материала с более молодых, верхних горизонтов разреза вследствие процессов эоловой эрозии и термоабразии [19].

Образец, отобранный на а.о. 5,0 м характеризуется максимальными значениями параметров A/B и K_i и минимальным значением CPI (таблица 4.4),

что свидетельствует о высокой степени преобразованности органического вещества.

Таблица 4.4 – Геохимические коэффициенты, рассчитанные на основе ХМС данных

Pr/Phy	K _i	A/B	C/D	CPI
1,30	0,50	0,19	0,16	6,94
0,78	0,27	0,28	0,07	7,17
1,20	0,34	0,18	0,06	9,19
1,01	0,47	0,31	0,15	7,55
0,38	0,52	0,44	0,03	3,94
1,02	0,30	0,34	0,07	6,66
1,31	0,36	0,22	0,08	7,18

Примечание: A/B – отношение суммы площадей пиков n-алканов по четной огибающей к сумме площадей пиков высокомолекулярных n-алканов – маркеров высшей наземной растительности по m/z 57, C/D – отношение суммы площадей пиков низкомолекулярных n-алканов к сумме пиков высокомолекулярных алканов по четной огибающей по m/z 57, K_i = (Pr+Phy)/(nC₁₇+nC₁₈), Pr – пристан, Phy – фитан; CPI = 0,5*[(C₂₅+C₂₇+C₂₉+C₃₁+C₃₃)/(C₂₄+C₂₆+C₂₈+C₃₀+C₃₂)+(C₂₅+C₂₇+C₂₉+C₃₁+C₃₃)/(C₂₆+C₂₈+C₃₀+C₃₂+C₃₄)].

В составе органического вещества этого образца отсутствуют алкены, тогда как на остальных горизонтах они присутствуют, в том числе в волно-прибойной нише. Накопление органического вещества происходило в восстановительных условиях. Отсутствие алкенов, а также минимальное значение параметра C/D, характеризующего вклад низкомолекулярных алканов, по-видимому, свидетельствуют о минимальной бактериальной активности на этом уровне клифа (см. таблицу 4.4).

Проведен корреляционный анализ коэффициентов, полученных по данным пиролиза и ХМС (зависимость коэффициентов Pr/Phy, OI и A/B, HI и δ¹³C), и установлена хорошая сопоставимость результатов полученных разными методами (рисунок 4.14; 4.15). Как видно из графиков, по мере распределения исследуемых параметров вниз по разрезу происходит преобразование исходного вещества под действием различных биохимических процессов. Так близкие к исходной биомассе и, следовательно, подвергшиеся наименьшим изменениям, образцы расположены на горизонтах близких к торфяному слою (рисунок 4.16).

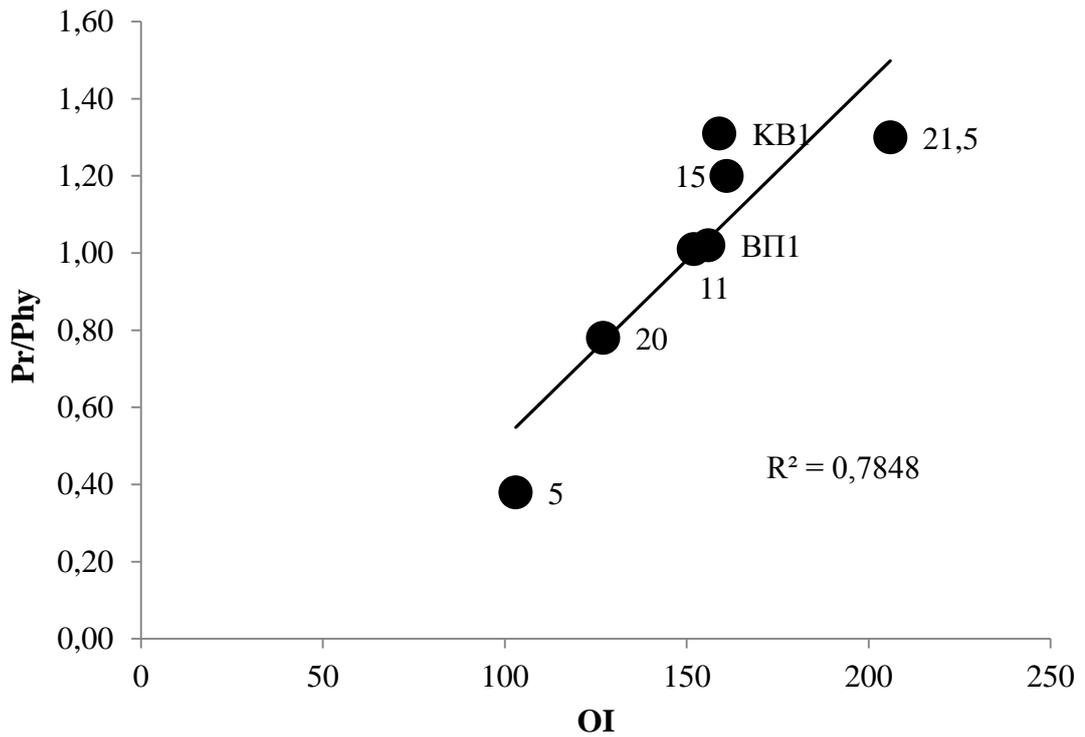


Рисунок 4.14 – Линейная зависимость параметров пристан/фитан (Pr/Phy) и кислородного индекса (OI)

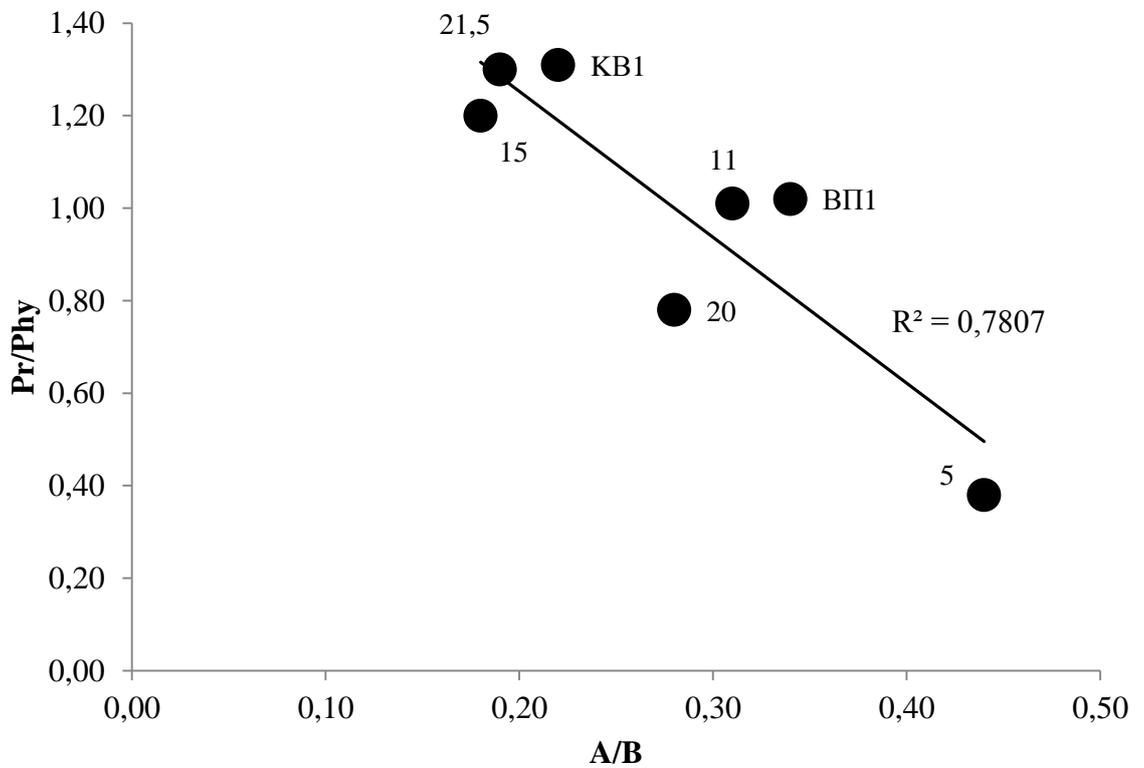


Рисунок 4.15 – Взаимосвязь параметров пристан/фитан и A/B

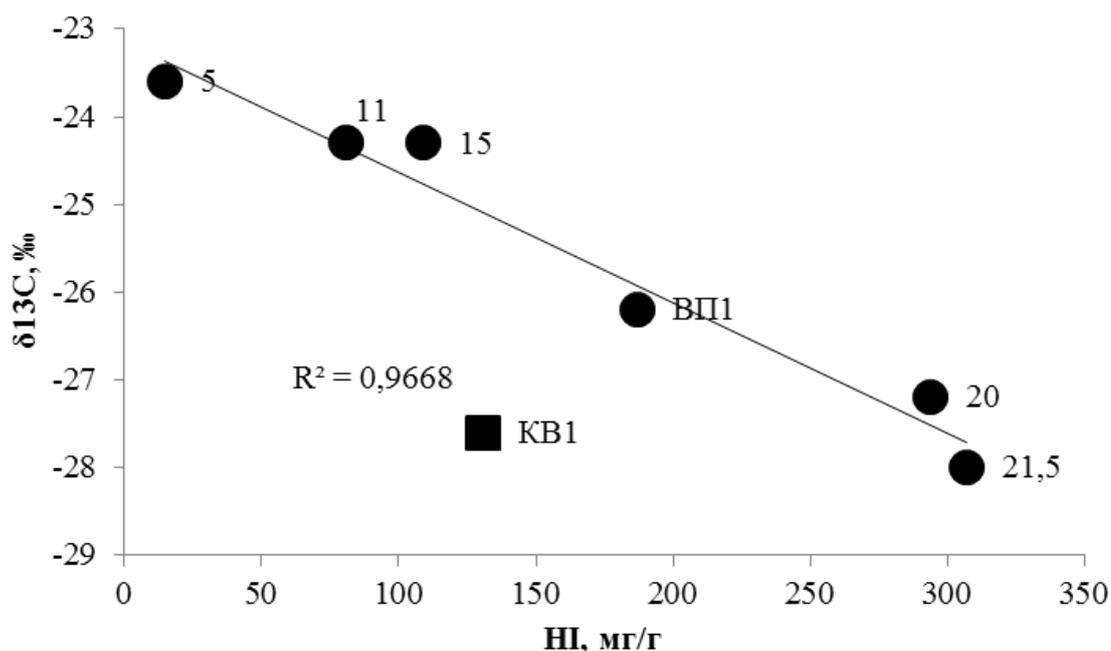


Рисунок 4.16 – Зависимость водородного показателя от изотопного состава осадков

Органическое вещество образца, отобранного на уровне 5 м, обладает низким водородным индексом и тяжелым изотопным составом, что может быть вызвано тем, что в процессе бактериального окисления произошла потеря насыщенных углеводородных фрагментов в его составе.

Вследствие обрушения осадочных пород с верхних горизонтов, органическое вещество в конусе выноса является смешанным, то есть содержит в себе как глубоко окисленное, так и слабо преобразованное.

Вполне вероятно, что накопление органического вещества на уровне 11 метров в прошлом происходило в условиях волно-прибойной зоны. При понижении уровня моря, имело место интенсивное окисление органического вещества осадков, которое привело к потере в его составе насыщенных структурных фрагментов, в результате чего на уровне 5,0 метров осталось небольшое количество органического вещества, представленного, в основном, конденсированными структурами (см. таблицу 4.4, рисунок 4.16).

Графики зависимости, представленные на рисунках 4.14, 4.15, 4.16 показывают очень хорошую сопоставимость полученных результатов разными методами исследования (Rock-Eval и ХМС), что обусловлено особенностями

состава органического вещества на молекулярном и изотопном уровнях. В свою очередь, они отражают комплекс биохимических и химических процессов сопровождающих превращение органического вещества (ОВ) на различных стадиях, начиная от раннего диагенеза и заканчивая разрушением ОВ при выходе пород на дневную поверхность.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Технико-экономическое обоснование продолжительности и объема работ

Цель данной магистерской выпускной квалификационной работы заключается в изучении особенностей литологического состава и органического вещества отложений моря Лаптевых. Для этого необходимо произвести следующие виды работ, которые выполняются последовательно: лабораторные и камеральные (таблица 5.1.1, таблица 5.1.2). На основании технического плана рассчитываются затраты времени и труда.

Таблица 5.1.1 – Виды и объемы проектируемых работ (технический план)

№ п/п	Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
		Ед. изм	Кол-во		
1.	Лабораторные работы	проба	7	пробоподготовка материала	
		проба	7	Гранулометрический анализ	Вибрационная просеивающая машина AS-200 CONTROL
		Проба/фракция	7/14	Микроскопическое изучение проб	бинокулярный микроскоп ПОЛАМ-Л211
		проба	7	Рентгенофазовый анализ	Дифрактометр Rigaku Ultima IV
		проба	7	Хромато-масс-спектрометрический анализ	SCION 436 GC TQ фирмы "Bruker"
2.	Камеральные работы			обработка данных, анализ материала	ПЭВМ

5.1.1 Лабораторные работы

Лабораторно-аналитические исследования проводились с применением комплекса современных методов анализа в аккредитованной Международной

лаборатории изучения углерода арктических морей МНОЛИУАМ кафедры геологии и разведки Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета и Лаборатории седиментологии ОАО «ТомскНИПИнефть».

-Лаборатория седиментологии сектор литологии. Исследование глинистых минералов методом рентгенофазового анализа на дифрактометре Rigaku Ultima IV. Подготовка иммерсионного препарата (набивка кюветы). Было изучено 7 проб осадочного материала мыса Муостах.

Учебная лаборатория по исследованию керна и шлама. Микроскопическое изучение проб осадочного материала под бинокулярном микроскопом ПОЛАМ-Л-211 с видеоприставкой; гранулометрический анализ был выполнен на вибрационной просеивающей машине AS-200 CONTROL по 7 пробам (по фракциям – 14 проб).

Международная научно-исследовательская лаборатория изучения углерода арктических морей. Методом хроматомасс-спектрометрии на приборе SCIION 436 GC TQ фирмы "Bruker" с использованием кварцевой капиллярной колонки HP-5MS было изучено 7 проб.

5.1.2 Камеральные работы

Камеральная обработка материалов включает: сбор и систематизацию информации об изучаемой территории; изучение результатов анализов проб и их систематизация; расчет геохимических показателей; оформление полученных данных в виде таблиц, графиков, диаграмм.

5.2 Расчет затрат времени и труда по видам работ

Для расчета затрат времени и труда использовались нормы, изложенные в ССН-92 выпуск 7 «Лабораторные работы» [36]. Из этих справочников взяты следующие данные:

- норма времени, выраженная на единицу продукции;
- коэффициент к норме.

Расчет затрат времени выполняется по формуле:

$$N = Q \times H_{BP} \times K, \quad (3)$$

где: N -затраты времени, (бригада, смена на м.(ф.н.);

Q -объем работ, (м.(ф.н.);

H_{BP} - норма времени из справочника сметных норм (бригада, смена);

K - Коэффициент за ненормализованные условия/

Все работы были выполнены геологом и лаборантом. Используя технический план, в котором указаны все виды работ, определялись затраты времени на выполнение каждого вида работ в сменах (таблица 5.2.1).

Таблица 5.2.1- Расчет затрат времени и труда

№ п/п	Вид работ	Объем		Норма времен и по ССН (H_{BP})	Коэф-ты (К)	Документ	Итого времен и на объем (N)
		Ед. изм	Кол-во (Q)				
1	2	3	4	5	6	7	8
1.1	Пробоподготовка	проба	7	За 1 смену 15 проб	-		0,5
1.2	Дробление	проба	7	0,03		Табл. 8.2 ССН 92, вып.7	0,23625
1.3	Дезинтеграция и отмучивание глинистых частиц	проба	7	0,14		Табл. 8.2 ССН 92, вып.7	0,945
1.4	Взвешивание шлихов и навесок	шлих (навеска)	28	0,01		Табл. 8.3 ССН 92, вып. 7	0,14
1.5	Выделение магнитной фракции	фракция	14	0,03		Табл. 8.3 ССН 92, вып. 7	0,42
1.6	Гранулометрический состав	проба	7	0,04	-	табл. 7.1. ССН 92, вып. 7	0,27125
1.7	Минералогический анализ рыхлых пород	проба	7	0,43	-	Табл.12.1. ССН 92, вып. 7	2,975
1.8	Подготовка препарата для рентгено-структурного анализа с ионизационной регистрацией дифракции рентгеновских лучей (набивка кюветы)	проба	7	0,01	-	Табл.9.2 ССН 92, вып. 7	0,06125

Продолжение таблицы 5.2.1

1.9	Насыщение проб органическими комплексами (этиленгликогелем)	проба	3	0,03	-	Табл.9.2. ССН 92, вып. 7	0,07875
1.10	Получение дифрактограмм для качественного фазового анализа	проба	7	0,03	-	Табл.9.2 ССН 92, вып. 7	0,18375
1.11	Получение дифрактограмм для количественного фазового анализа	проба	7	0,03	-	Табл.9.2. ССН 92, вып. 7	0,2275
1.12	Визуальная расшифровка на 4-5 минералов	проба	7	0,03	-	Табл.9.2. ССН 92, вып. 7	0,21875
1.13	Исследование углеводородного состава отложений методом хромато-масс-спектрометрии, идентификация их, расчеты	микро-навеска	7	3,69	-	Табл.16.1 ССН 92, вып. 7	25,83
1.14	Проверка (контроль) результатов анализов и сведения их в таблицы установленной формы	проба	7	0,25	-	Табл.16.1 ССН 92, вып. 7	1,75
Итого на лабораторные работы:						33,84 смен	
2.1	Расчет кумулятивных кривых, коэффициента сортировки	проба	7	0,05	-	табл. 7.1 ССН 92, вып. 7	0,35
2.2	Камеральная обработка материалов (с использ. ЭВМ)	Масшт аб работ 1:50000 - 1:25000	73	41,4	-	табл. 61 ССН, вып. 1	3,022
Итого на камеральные работы:						3,372 смен	
Итого:						37,2 смен	

В месяце 23 смены, таким образом, все работы у геолога и лаборанта займут 1,6 месяца.

5.3 Расчет материальных затрат на лабораторные работы

В соответствии с пунктом 3 Методики ВПСН [37] стоимость лабораторных исследований составляет следующие виды затрат:

- основная заработная плата;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- материалы;
- амортизация;
- контрагентные расходы.

5.3.1 Расчет заработной платы

Расчет заработной платы осуществляется с учетом районного коэффициента, который для Томской области составляет 1,3. Рассчитывается для одного геолога и одного лаборанта при пятидневной рабочей неделе и восьмичасовом рабочем дне (таблица 5.3.1).

Таблица 5.3.1 – Основная заработная плата

№ п/п	Должность	Кол-во человек	Оклад за месяц, руб.	Оклад за 1,6 месяца, руб.	Район. коэф-т (для Томска)	Итого зарплата, руб.
1	Геолог	1	22100	35360	1,3	45968
2	Лаборант	1	16900	27040		35152
	Итого по зарплате (за 1,6 месяца):					81120

Таким образом, основная заработная плата для геолога и лаборанта в сумме составит 81120 на время проведения работ.

5.3.2 Расчет страховых взносов в социальные внебюджетные фонды

Страховые отчисления в социальные внебюджетные фонды производятся согласно Федеральному закону от 19 декабря 2016 г. № 417-ФЗ “О бюджете Фонда социального страхования Российской Федерации на 2017

год и на плановый период 2018 и 2019 годов” [38]. На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

Таблица 5.3.2 – Страховые отчисления в социальные внебюджетные фонды (за 1,6 месяца)

№ п/п	Вид отчисления	Общая сумма зарплаты, руб.	Ставка отчисления (в %)	Сумма страховых взносов в государственные внебюджетные фонды, руб.
1	Пенсионный фонд	81120	22,0	17846
2	Фонд социального страхования		2,9	2352,5
3	Фонд обязательного медицинского страхования		5,1	4137,1
Итого:			30,0	24336

Согласно полученным данным, сумма страховых взносов в государственные внебюджетные фонды составит 24336 рублей.

5.3.3 Расчет затрат на материалы

Перечень основного оборудования, применяемого при изготовлении прозрачных, согласно ССН-92, Вып. 7 [36], приведен в таблицах 5.3.3 и 5.3.4.

Таблица 5.3.3 – Перечень основного оборудования лаборатории

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Стоимость, руб.
1	Микроскоп поляризационный	штука	1	1040000
2	Дифрактометр рентгеновский	штука	1	1534000
3	Вибрационная просеивающая машина	штука	1	75000
4	Хроматограф	штука	1	3100000
5	Шкаф сушильный вакуумный (с вакуумметром термпарным) ШСВ-45к	штука	1	124000

Таблица 5.3.4– Нормы расхода материалов на проведение работ (согласно таблицам 5 и 16.9 главы 6 ССН-92, Вып. 7 [36] и таблице 18 главы 3 ССН-92, Вып.1 [39])

№ п/п	Наименование и характеристика изделия	Ед. изм.	Стоимость , руб.	Норма расхода	ССН	Сумма , руб.
Лабораторные работы						
1	Фольга алюминиевая 10 м × 30 см	шт.	23	0,082		1,8
2	Трубка ПВХ	м	4	70,00		280,00
3	Воронки пластмассовые	шт.	50	8,00		400,00
4	Бутылки полиэтиленовые	шт.	53	9,5		475,00
5	Перчатки резиновые	шт.	10	10,00		100,00
6	Спирт этиловый	л	3,5	4,4	ССН, вып 7, табл. 16.9, пункт 126	15,4
7	Хлороформ для хроматографии, в ампулах (5 мл)	шт.	7	20	ССН, вып 7, табл. 5, пункт 130	140,0
8	Пинцет медицинский	шт.	48	1		48,00
9	Воронка делительная 100мл	шт.	163,90	2,0		327,8
Итого на лабораторные работы:						1788
Камеральные работы						
10	Бумага офисная	пачка (100 л)	165	0,05	ССН, вып. 1, табл. 18, пункт 2	7,9
11	Карандаш простой	шт.	3	0,5	ССН, вып. 1, табл. 18, пункт 3	9
12	Резинка ученическая	шт.	6	0,15	ССН, вып. 1, табл. 18, пункт 6	5,4
13	Линейка чертежная	шт.	25	0,15	ССН, вып. 1, табл. 18, пункт 4	22,5
14	Ручка шариковая (без стержня)	шт.	12	0,15	ССН, вып. 1, табл. 18, пункт 7	10,8
15	Стержень для ручки шариковой	шт.	12	2,8	ССН, вып. 1, табл. 18, пункт 22	201,6
Итого на камеральные работы:						257,2
Итого на проведение работ:						2045,2

Затраты на материалы составили 2045 рублей 20 копеек.

5.3.4 Амортизация

Расчет амортизации производится только для оборудования (таблица 6.3.5). Норма амортизации вычисляется линейным методом по формуле 4 (Налоговый кодекс часть 2, глава 25 статья 259 п.1) [40]:

$$\frac{1}{n} \times 100\%; \quad (4)$$

где n — срок службы оборудования.

Таблица 5.3.5 — Амортизация основного оборудования лаборатории

№ п/п	Наименование	Стоимость за единицу, руб.	Срок службы, лет	Амортизация за 1 месяц, руб.	Амортизация за 1,6 месяца, руб.
1	Микроскоп поляризационный	1040000	5	17333,3	27733,28
2	Дифрактометр рентгеновский	1534000	10	12783,3	20453,28
3	Вибрационная просеивающая машина	75000	10	625,0	1000
4	Хромато-масс-спектрометр	3100000	8	32291,7	51666,72
5	Шкаф сушильный вакуумный (с вакуумметром термпарным) ШСВ-45к	124000	10	1033,3	1653,28
Итого:					102506,6

Амортизационные отчисления по полученным данным составили 102506 рублей 60 копеек.

5.3.5 Накладные расходы

Величина накладных затрат обуславливается расходами, не попавшими в предыдущие статьи расходов, такие как печать, ксерокопирование материалов исследований, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д. Она рассчитывается согласно формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot \sum_6^1 Z_i \quad (5)$$

где: $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 20% (т.е. 0,2).

$$Z_{\text{накл}} = 0,2 \times (81120 + 24336 + 2045,2 + 102506,6) = 42001,56 \text{ р.}$$

Согласно расчетам, сумма накладных расходов равна 42001 рублю 56 копейкам.

5.4 Общая стоимость работ

Общая сметная стоимость работ представлена таблицей по форме СМ 4 (таблица 5.4.1).

Таблица 5.4.1 – Сметные нормы по статьям основных расходов на проведение комплекса лабораторных исследований

№ п/п	Статьи расхода	Сметная стоимость, руб.	Источник принятой нормы	Примечание
1.	Основная заработная плата	81120	ССН-92, Вып.7, гл.13; СНОР-93, Вып.7	Пункт 6.3.1
2.	Страховые взносы в социальные внебюджетные фонды	24336	ФЗ №322 от 2 декабря 2013 г. «О бюджете ...»	Пункт 6.3.2
3.	Материалы	2045,2	ССН-92, Вып.7; СНОР-93, Вып.7	Пункт 6.3.3
4.	Амортизация	102506,6	Налоговый кодекс, ч.2, гл. 25, ст. 259, п.1	Пункт 6.3.4
5.	Накладные расходы	42001,56	Налоговый кодекс, ч.2, ст.264	Пункт 6.3.5
Итого:		252009,36		Сумма ст. 1-7

Таким образом, общая стоимость работ по изучению литологического состава и органического вещества составит **252009 рублей 36 копеек**. Основную часть затрат составляет амортизация основного оборудования (102506,6 руб.).

6 Социальная ответственность при изучении особенностей литологического состава отложений моря Лаптевых

Социальная ответственность или корпоративная социальная ответственность (как морально-этический принцип) – это ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров [41].

Цель магистерской диссертации – выявление литологических особенностей и изучение содержания органического вещества отложений моря Лаптевых. Исследования заключаются в изучении, сравнении свойств пород, в обработке результатов анализов, построение разрезов и графиков, а также в наборе текста на персональном компьютере.

Таким образом, рассматриваются научные исследования камерального типа. Рабочее место расположено в 540 аудитории для самостоятельной работы магистров международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» кафедры ГЭГХ 20 корпуса НИ ТПУ. В кабинете предусмотрено 7 индивидуальных рабочих мест. Каждое место представляет собой компьютерный стол с тумбой и полками для книг, оснащенное стационарным компьютером (процессор: Intel(R) Core(TM) i5-3230M CPU 2,60 GHz) с жидкокристаллическим монитором Samsung SyncMaster 713N диагональю 17 дюймов (яркость 77%, контрастность 50%, с частотой обновления 60 Hz и разрешением 1920×1080).

Так же кабинет оборудован круглым столом, рассчитанным на 8 человек. Кабинет имеет естественное и искусственное освещение. Естественное освещение осуществляется через световые проемы (окна), искусственное освещение осуществляется системой общего равномерного освещения.

Основная работа производится в закрытом помещении (камеральная обработка данных) за компьютером, поэтому в разделе «Социальная

ответственность» рассматривается безопасность работы за рабочим местом в компьютерном классе – пользователя ПЭВМ.

Все лабораторные исследования проводились в лабораториях ОАО«ТомскНИПИнефть», г. Томск.

6.1 Производственная безопасность в компьютерном помещении

Соблюдение установленных норм и правил при работе с ПЭВМ – залог продуктивной и безопасной работы.

Таблица 6.1.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работе в компьютерном классе

Этап работ	Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999 г.)		Нормативные документы
		Вредные	Опасные	
1	2	3	4	5
Камеральный	Обработка информации на персональном компьютере (обработка результатов анализов, построение графического материала, набор текста)	1.Отклонение показателей микроклимата в помещении; 2.Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3.Степень нервно-эмоционального напряжения; 4. Шум; 5. ЭМИ.	1.Электрический ток 2.Пожароопасность	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [42] СанПиН 2.2.4.548-96 [42] СП 2.2.1.1312-03 [44] СНиП 23-05-95 [45] ГОСТ 12.1.038-82 [48] ГОСТ 12.1.038.79 4[6] НПБ 105 – 95 [49] СП 2.6.1.3247-15 [53]

6.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария)

1. Отклонение параметров микроклимата в помещении

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются [43]: температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового облучения.

Кабинет № 540 20-го корпуса рассчитан на коллектив из 7 человек. Значения размеров комнаты составляют: длина – 6,5 м, ширина – 5 м, высота – 3,5 м, площадь составляет 32,5 м². Одно рабочее место занимает площадь равную 4,5 м² и 10 м³ воздуха на одно рабочее. Согласно требованиям СП 2.2.1.1312-03 [44] и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [42], помещение соответствует нормам, т.к. площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) должна составлять не менее 4,5 м², высота – не менее 3,25 м, объем производственных помещений не менее 15 м³.

К источникам теплоты относится вычислительное оборудование, приборы освещения. Из них 80% суммарных выделений дают ЭВМ, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещениях.

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать СанПиН 2.2.4.548-96 [43] (таблица 6.1.2). По интенсивности общих энергозатрат организма в процессе труда работа с ПЭВМ относится к категории работ Ia - работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

Таблица 6.1.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений для категории работ Ia [43]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1

Из таблицы видно, что показатели характеризуют микроклиматические условия как оптимальные, которые при их воздействии на человека в течение рабочей смены обеспечивают оптимальное тепловое состояние организма. В этих условиях напряжение терморегуляции

минимально, общие и (или) локальные дискомфортные теплоощущения отсутствуют, что позволяет сохранять высокую работоспособность.

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ [55].

Таблица 6.1.3 - Нормы подачи свежего воздуха в помещениях, где расположены компьютеры [55]

Характеристика помещения	Объёмный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ /на одного человека в час
Объём до 20м ³ на человека	Не менее 30

2. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов. Недостаточная освещенность может возникать при неправильном выборе осветительных приборов при искусственном освещении и при неправильном направлении света на рабочее место при естественном освещении. научно-исследовательские учреждения. Реальная освещенность на рабочем месте взята из материалов аттестации рабочих мест по условиям труда.

Оценка освещенности производилась в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [54]. В таблице 6.1.4 приведены нормируемые и фактические показатели искусственного освещения. Нормируемые показатели представлены для кабинетов, рабочих комнат, офисов, представительств в административных зданиях (министерства, ведомства, комитеты, префектуры, муниципалитеты управления, конструкторские и проектные организации, научно-исследовательские учреждения). Реальная освещенность на рабочем месте взята из материалов аттестации рабочих мест по условиям труда.

Таблица 6.1.4 – Нормируемые и фактические показатели искусственного освещения [54]

Рабочая поверхность и плоскость нормирования освещенности(Г-горизонтальная) и высота плоскости над полом, м	Освещенность (при общем освещении), лк		Показатель дискомфорта М, не более		Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более	
	Факт.	Доп.	Факт.	Доп.	Факт.	Доп.
Г – 0,8	400	300	40	40	15	15

Исходя из табличных данных, можно сказать, что освещенность соответствует нормативным данным, следовательно, освещение оказывает благоприятное влияние на качество рабочего процесса и безопасность учащихся.

3. Степень нервно-эмоционального напряжения

Длительная непрерывная работа с ПЭВМ вызывает усталость и перенапряжение зрения, внимания, нервно-эмоциональное и умственное напряжение. Во избежание этого продолжительность непрерывной работы с ПЭВМ без перерыва не должна превышать 2 часов. При работе на ПЭВМ необходимо осуществлять комплекс профилактических мероприятий:

- проводить упражнения для глаз через каждые 20-25 минут работы на ПК, а при появлении зрительного дискомфорта, выражающегося в быстром развитии усталости глаз, рези, мелькании точек перед глазами и т.п., упражнения для глаз проводятся индивидуально, самостоятельно и раньше указанного времени;

- для снятия общего утомления, улучшения функционального состояния нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной систем, а также мышц плечевого пояса, рук, спины, шеи и ног, следует проводить физкультпаузы [42].

4. Шум. Длительное воздействие шума снижает остроту слуха и зрения, повышает кровяное давление, утомляет центральную нервную систему, в результате чего ослабляется внимание, увеличивается количество ошибок в действиях рабочего, снижается производительность труда. Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний и может явиться причиной несчастного случая.

Органы слуха человека воспринимают звуковые колебания с частотой 16–20000 Гц. Колебания с частотой ниже 20 Гц (инфразвук) и выше 20000 Гц (ультразвук) не вызывают слуховых ощущений, но оказывают биологическое воздействие на организм. Гигиенические нормативы шума определены ГОСТ 12.1.003 - 83* «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» и СН 2.2.4/2.1 .8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий».

Для снижения шума в помещениях проводятся следующие основные мероприятия:

- уменьшение уровня шума в источнике его возникновения;
- звукопоглощение и звукоизоляция;
- установка глушителей шума;
- рациональное размещение оборудования.

5. *Электромагнитное излучение (ЭМИ)*. Основным вредным фактором, воздействию которого подвергается инженер-исследователь при работе за компьютером, является электромагнитное излучение. Оно пагубно влияет на костные ткани, ухудшает зрение, повышает утомляемость, а также способствует ослаблению памяти и возникновению онкологических заболеваний.

Безопасные уровни излучений регламентируются нормами СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 и представлены в таблице 6.1.5.

Таблица 6.1.5 – Временные допустимые уровни (ВДУ) электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах [45]

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	<i>в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц</i>	25 В/м
	<i>в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц</i>	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	<i>в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц</i>	250 нТл
	<i>в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц</i>	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

С целью снижения вредного влияния электромагнитного излучения при работе с компьютером необходимо соблюдать следующие общие гигиенические требования [55]:

Длительность работы без перерыва взрослого пользователя должна быть не более 2 ч, ребенка – 10÷20 мин, в зависимости от возраста. В процессе работы следует менять содержание и тип деятельности (чередовать ввод данных и редактирование). Согласно требованиям санитарных норм необходимы обязательные перерывы при работе за компьютером, во время которых рекомендовано делать упражнения для глаз, рук и опорно-двигательного аппарата.

1. Рабочее место с компьютером должно располагаться по отношению к окнам таким образом, чтобы лучи света падали слева. Если в помещении находится несколько компьютеров, то расстояние между экраном одного монитора и задней стенкой другого должно быть не менее 2 м, а расстояние между боковыми стенками соседних мониторов – 1,2 м. Оптимальным расстоянием между экраном монитора и глазами работника является 60÷70 см, но не ближе 50 см.

2. Для ослабления влияния рассеянного рентгеновского излучения от монитора ПК рекомендуется использовать защитные фильтры (экраны).

6.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (техника безопасности)

1. Электрический ток

Аудитория, где проводится камеральная обработка результатов научной деятельности, согласно ПУЭ [46] относится к помещениям без повышенной опасности поражения электрическим током (относительная влажность воздуха – не более 75 %, температура воздуха +25С⁰, помещение с небольшим количеством металлических предметов, конструкций, в помещении бетонные полы).

Основные нормативные акты, устанавливающие требования электробезопасности, являются ГОСТ 12.1.019-79 [46] и ГОСТ 12.1.038-82 [48].

Для предотвращения электротравм следует соблюдать требования, предъявляемые к обеспечению электробезопасности работающих на ПЭВМ [46]:

- все узлы одного персонального компьютера и подключенное к нему периферийное оборудование должно питаться от одной фазы электросети;
- корпуса системного блока и внешних устройств должны быть заземлены радиально с одной общей точкой;
- для отключения компьютерного оборудования должен использоваться отдельный пункт с автоматами и общим рубильником;
- все соединения ПЭВМ и внешнего оборудования должны проводиться при отключенном электропитании.

Заземление ПЭВМ и источников бесперебойного питания служит для достижения так называемой электромагнитной совместимости (ЭМС) — обеспечения работоспособности оборудования как при привносимых извне, так и создаваемых самим оборудованием электромагнитных помехах. Другой, наиболее важной функцией заземления является обеспечение электробезопасности персонала, работающего с инфокоммуникационным

оборудованием. Трехпроводная схема подключения, установленной на объекте информатизации представлена на рисунке 6.1.2.1.

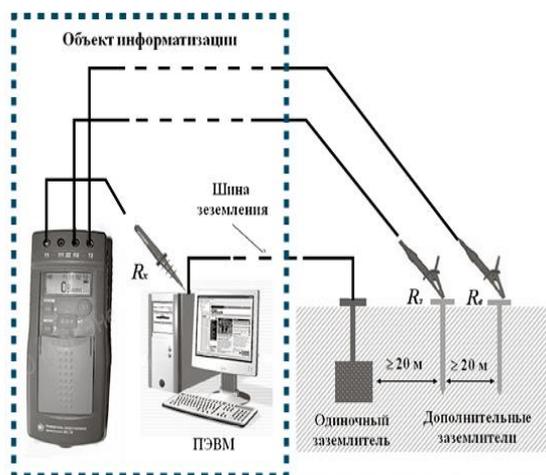


Рисунок 6.1.2.1 – Трехпроводная схема подключения прибора для измерения сопротивления заземления к корпусу ПЭВМ, установленной на объекте информатизации

2. Пожароопасность

Нередко, при определенных работах, в помещении возникает опасность пожара. Более подробно данный пункт рассмотрен в главе 6.3. «Безопасность в чрезвычайных ситуациях».

6.2 Экологическая безопасность

Утилизация персонального компьютера является наиболее опасной экологической ситуацией, так как вся оргтехника включает в свой состав как органические составляющие (пластик различных видов, материалы на основе поливинилхлорида, фенолформальдегида), так и почти полный набор металлов.

Техногенный мусор в виде отслуживших свой срок компьютеров не может быть уничтожен самой природой. Более того, их громоздкость и наличие внутри ядовитых химических веществ не позволяют подвергать эту технику уничтожению способом сожжения.

Порядок утилизации компьютеров:

1) создание комиссии на предприятии, имеющем технику, подлежащую утилизации. Это внутренняя комиссия, которая создается для коллективного принятия решения о том, какая именно техника может быть списана.

2) Составление экспертного заключения о том, что техника действительно «отжила свое» и должна быть списана. В качестве эксперта может выступать как независимый специалист, так и сотрудник компании, имеющий диплом, подтверждающий его компетентность в работе с данной техникой.

3) Составление акта технической экспертизы, подтверждающего, что техника уже вышла из строя и не подлежит ремонту либо же что ремонт её уже нецелесообразен.

4) Составление акта списания компьютерной техники с обязательным отображением в бухгалтерском учете предприятия.

5) Утилизация техники на соответствующем предприятии, имеющем право на переработку компьютеров.

6) Получение официального подтверждения в виде документа, сообщающего о том, что техника была утилизирована в соответствующем порядке и опасные отходы не будут загрязнять окружающую среду.

Такие металлы, как свинец, сурьма, ртуть, кадмий, мышьяк входящие в состав электронных компонентов переходят под воздействием внешних условий в органические и растворимые соединения и становятся сильнейшими ядами. Утилизация пластиков, содержащих ароматические углеводороды, органические хлорпроизводные соединения является насущной проблемой экологии, поэтому вся оргтехника должна утилизироваться по правилам [57].

Отдельного положения, регулирующего утилизацию именно техники и компьютеров, в законодательной базе нет. Утилизация и переработка осуществляются согласно общим положениям. Списанные компьютеры относятся к отходам и должны быть утилизированы в порядке, указанном в законодательстве в сфере обращения с отходами. Отходы, содержащие в себе части цветных металлов, относятся к категории металлолома и подпадают под соответствующую категорию. Если техника содержит в себе опасные для окружающей среды вещества – тяжелые металлы, соли, – она подпадает под категорию опасных отходов [58].

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Исходя из пожароопасных свойств веществ и условий их применения или обработки кабинет № 540 20-го учебного корпуса по взрыво- и пожароопасности принадлежит к категории Д пожароопасные – производства, связанные с применением горючих и трудногорючих жидкостей, твердых горючих и трудно горючих веществ и материалов, способных при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть [49]. К горючим материалам относятся шкафы, столы, стулья и документация.

Для предотвращения пожара принимаются следующие меры:

- из аудитории необходимо удалить неиспользуемые нагревательные приборы;
- корпуса рубильников и розеток разместить на несгораемых основах;
- нагревательные приборы расположить на асбестовых ковриках и прокладках;
- работы с легко воспламеняющимися веществами должны проводиться вне аудитории;
- курение в аудитории строго запрещено [50].

В соответствии с требованиями пожарной безопасности разрабатывается план эвакуации, эвакуационная карта и инструкция.

Для тушения пожара используют следующие средства:

- прекращение доступа в зону горения окислителя (кислорода воздуха) или горючего вещества, а также снижение их поступления до величин, при которых горение прекращается;
- охлаждение очага горения ниже определённой температуры;
- механический срыв пламени струёй жидкости или газа;
- снижение скорости химической реакции, протекающей в пламени;
- создание условий огнепреграждения, при которых пламя распространяется через узкие каналы.

Основные огнегасительные вещества и материалы – это вода и водяной пар, пена, песок, инертные газы, сухие (твёрдые) огнегасительные вещества и др. Корпус, в котором находятся аудитория №540, оборудована порошковыми огнетушителями (ОП-2, ОП-4) и автоматической установкой пожаротушения. Согласно категории В пожароопасности общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей. Расстояние от возможного очага пожара до места размещения огнетушителя не должно превышать 30 м – для помещений категорий А, Б и В. На объекте должно быть определено лицо, ответственное за приобретение, ремонт, сохранность и готовность к действию первичных средств пожаротушения. Каждый огнетушитель, установленный на объекте, имеет порядковый номер, нанесенный на корпус белой краской. На него заводят паспорт по установленной форме. Учет проверки наличия и состояния первичных средств пожаротушения следует вести в специальном журнале. Огнетушители должны всегда содержаться в исправном состоянии, периодически осматриваться, проверяться и своевременно перезаряжаться.

6.4 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.

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

В соответствии с пунктом 13.1 статьи 13 Постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 03.06.2003 № 118 [55], лица, работающие с ЭВМ более 50% рабочего времени (профессионально связанные с эксплуатацией ЭВМ), должны проходить обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в установленном порядке.

Нормальная продолжительность рабочего времени согласно статье 91 Трудового кодекса РФ не может превышать 40 часов в неделю.

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 должна превышать двух часов. Продолжительность и частота перерывов зависит от категории работы с компьютером и уровня нагрузки (таблица 6.4.1).

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

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

Таблица 6.4.1 - Категории работ с компьютером

Категории работы 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
II	до 40000	до 30000	до 4
III	до 60000	до 40000	до 6

При 8-часовой рабочей смене и работе на компьютере регламентированные перерывы следует устанавливать:

– для I категории работ – через два часа от начала рабочей смены и через два часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый;

– для II категории работ – через два часа от начала рабочей смены и через 1,5-2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый или продолжительностью 10 минут через каждый час работы;

– для III категории работ – через 1,5-2 часа от начала рабочей смены и через 1,5-2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 20 минут каждый или продолжительностью 15 минут через каждый час работы.

Безопасные условия труда на производстве определяются должностными инструкциями и инструкциями по технике безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности.

Разработана «Система управления охраной труда», которая обеспечивает решение следующих основных задач: организация управления охраной труда; обучение и инструктирование работающих безопасности труда; безопасное использование оборудования; безопасность производственных процессов; обеспечение работающих средствами индивидуальной защиты, спецодеждой и спецобувью; создание нормальных санитарно-гигиенических условий труда; организация лечебно-профилактического и санитарно-бытового обслуживания работающих; пропаганды вопросов охраны труда; расследование и учет несчастных случаев, профзаболеваний и аварий. Все работы должны выполняться в строгом соответствии с инструкциями, разработанными и утвержденными для каждого рабочего места. Весь комплекс проектируемых работ регламентируется различными нормативными документами [52,53,54], которые охватывают все виды предусмотренных работ.

Заключение

Для изучения особенностей литологического состава и органического вещества отложений моря Лаптевых был проведен ряд лабораторно-аналитических исследований, по результатам которых установлено следующее:

– Минералогический состав песков и алевритов донных отложений северной части моря Лаптевых полевошпат-кварцевый с содержанием обломков пород от 5 до 20 %.

– Закономерность распределения гранулометрического состава отложений от поверхности рельефа морского дна: отложения пелитовых осадков тяготеют к наиболее пониженным участкам, а псаммитовые осадки, наоборот, приурочены к мелководным частям.

– Относительное обогащение органическим углеродом пелитовых осадков северной части моря Лаптевых. Причиной этого является повышенная сорбция $C_{орг}$ тонкой пелитовой фракцией.

– Согласно классификации осадочных обломочных горных пород, осадочный материал мыса Муостах, полуострова Быковский, представлен преимущественно крупнозернистыми песками, реже глинами.

– По минералогическому составу отложения разреза относятся к аркозовым грауваккам. В качестве породообразующих компонентов в них отмечаются зерна кварца, плагиоклазов, обломки горных пород.

– Отложения клифа, залегающие на абсолютной высоте от 5 до 15 м, обладают более тяжелым изотопным составом. Наиболее низкие значения характерны для образцов, обладающих наиболее высоким содержанием $C_{орг}$.

– Зональность распределения глинистых минералов осадочного материала мыса Муостах подтверждающая континентальные условия осадконакопления.

– Максимальные концентрации органического вещества и органических соединений приходятся на верхние горизонты мыса, второй максимум отмечен в конусе выноса и волноприбойной нише, накопившиеся в

результате сноса материала с более молодых, верхних горизонтов разреза вследствие процессов эоловой эрозии и термоабразии.

– Корреляционный анализ коэффициентов, полученных по данным пиролиза и ХМС (зависимость коэффициентов Pr/Phy, OI и A/B, HI и $\delta^{13}\text{C}$) показывает хорошую сопоставимость результатов полученных разными методами.

– Вниз по разрезу происходит преобразование исходного вещества под действием различных биохимических процессов.

Выявленные результаты позволяют расширить представления об особенностях и закономерностях восточно-арктического литогенеза, выявить закономерности пространственной структуры распределения донных отложений, взвеси и элементно-изотопного состава их органического вещества.

Список публикаций студента

1. Perevertaylo T. G., Nedolivko N. M., **Kazhumukhanova M. Z.** Features of lithological and granulometric composition of bottom sediments in the northern part of Laptev Sea (Article number 012007) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2016 – Vol. 43. – p. 1-5.

2. **Кажумуханова М. З.** Моря восточной Арктики как источник парниковых газов // Творчество юных - шаг в успешное будущее: материалы VIII Всероссийской научной студенческой конференции с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина, Томск, 23-27 Ноября 2015. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015 – С. 428-430

3. **Кажумуханова М. З.** Особенности литологии донных отложений северной части моря Лаптевых // Геология в развивающемся мире: сборник научных трудов (по материалам IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых): в 2 т., Пермь, 4-7 Апреля 2016. – Пермь: Изд-во ПГНИУ, 2016 - Т. 2 - С. 135-138.

4. **Кажумуханова М. З.** Особенности литологического и гранулометрического состава донных отложений северной части моря Лаптевых // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4-8 Апреля 2016. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016 – Т. 1 – С. 333-334.

5. **Kazhumukhanova M.Z.** Quantitative mineralogy and particle-size distribution of bed sediments in the northern part of the Laptev Sea // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4-8 Апреля 2016. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016 – Т. 2 – С. 1149-1150.

6. Кажумуханова М. З. , Перевертайло Т. Г., Литологические особенности донных отложений северной части моря Лаптевых // Современные исследования в геологии: сборник тезисов Всероссийской научно-практической молодежной конференции, Санкт-Петербург, 25-27 Марта 2016. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУ, 2016 – С. 198-199.

7. Кажумуханова М. З. Литологические особенности и органическое вещество в отложениях острова Муостах (Восточная Арктика) // Творчество юных - шаг в успешное будущее: материалы IX Всероссийской научной молодежной конференции с международным участием с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина, Томск, 10-14 Октября 2016. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016 – С. 111-114.

8. Кажумуханова М. З. Lithological features of bed sediments in the northern part of the Laptev sea // Творчество юных – шаг в успешное будущее: материалы IX Всероссийской научной молодежной конференции с международным участием с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина, Томск, 10-14 Октября 2016. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016 – С. 558-560.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Отчет Межправительственной группы экспертов по изменению климата, 2007. – Электрон. дан. – М.: МГЭИК, 2007. URL: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_ru.pdf, свободный – Загл. с экр. – Яз. рус. Дата обращения 02.04.2013
2. Ozone Depletion, 1994: Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1994. WMO Global Ozone Research and Monitoring Project. Report № 37. Geneva, 1994. – P. 27-35.
3. Rigby M., Prinn R. G., Fraser P. J., Simmonds P. G., Langenfelds R. L., Huang J., Cunnold D. M., Steele L. P., Krummel P. B., Weiss R. F., O'Doherty S., Salameh P. K., Wang H. J., Harth C. M., Mihle J. Porter and L. W. Geophysical Research Letters, 2008, 35, 22 pp.
4. ACIA, 2004. Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. ACIA Overview report. Cambridge University Press. 140 pp.
5. Arzhanov M., Eliseev A., Demchenko P., Mokhov I., Modeling of changes in temperature and hydrological regimes of subsurface permafrost, using the climate data (reanalysis) // Earth cryosphere, 2007, Vol. XI, № 4, P. 65-69
6. Shakhova N., Semiletov I., Sergienko V. The East Siberian Arctic Shelf: towards further assessment of permafrost-related methane fluxes and role of sea ice // Philosophical transactions of the royal society. 2015. №373. P. 1471-2962
7. Shakhova N., and Semiletov I. Methane Hydrate Feedbacks, In: Martin Sommerkorn & Susan Joy Hassol, eds., Arctic Climate Feedbacks: Global Implications // Published by WWF International Arctic Programme August, 2009, P. 81-92
8. Shakhova N., Semiletov I., Gustafsson O. Methane from the East Siberian Arctic Shelf-Response // Science. 2010. Vol. 329 (5996). P. 1147–1148.

9. Дмитриевский А.Н., Баланюк И.Е. Газогидраты морей и океанов - ресурсы, экология, проблемы освоения // М.: Нефть и Газ, 2009. 416 с.
10. Shakhova N., Semiletov I., Leifer I., Rekant P., Salyuk A., Kosmach D. Geochemical and geophysical evidence of methane release from the inner East Siberian Shelf // Journal of Geophysical Research. – 2010. – Vol. 115. – P. 187-193.
11. Peters, K.E. The Biomarker Guide, 2nd Edition, Part I, “Biomarkers and Isotopes in the Environmental and Human History”/ Peters, K.E., Walters, C.C., Moldowan, J.M. // Cambridge University Press: Cambridge, 2005. – 387 pp.
12. Лихт, Ф.Р. Структура осадков и фации Японского моря / Ф.Р. Лихт, А.С. Астахов, А.И. Боцул. [и др.]. – Владивосток, 1983. – 283 с.
13. Петелин, В.П. Новый метод водного механического анализа морских осадков / В.П. Петелин // Океанология. – 1961. – Т.1. – Вып. 1. – С. 143-148.
14. Кошелева, В.А. Донные осадки арктических морей России / В.А. Кошелева, Д.С. Яшин; ред. И.С. Грамберг. – СПб. 1999. – 286 с.
15. Moore, D.M. X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals / Moore, D.M., Reynolds Jr., R.C., – Oxford University Press: Oxford, 1997 – 548 pp.
16. Trask, P.D. Origin and Environment of Source Sediments of Petroleum/ Trask, P.D. // Gulf Publishing Company: Houston, 1932 – 189 pp.
17. Океанографическая энциклопедия. пер. с англ. / Лунев Л.В., – М.: Гидрометеоиздат, 1974, – 631 с.
18. Добровольский А. Д., Залогин Б. С. Моря СССР. – М., Изд-во МГУ, 1982 – 192 с.
19. Дударев, О.В. Особенности современного морфолитогенеза на шельфе моря Лаптевых: Семеновское мелководье («Земля Васема») /

О.В. Дударев [и др.] // Докл. Акад. наук. – 2015. – Т. 462, № 2. – С. 223-229.

20. Геология и полезные ископаемые России. Т. 5, кн. 1. Арктические моря. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. – 468 с.

21. Шкарубо С.И., Заварзина Г.А. Стратиграфия и характеристика сейсмических комплексов осадочного чехла шельфа моря Лаптевых // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2011. Т. 6. № 2. – 549 с.

22. Sekretov S.B. Eurasien Basin – Laptev Sea geodynamic system: Tectonic and structural evolution // Polarforschung, 2001, vol. 69, p. 51–54.

23. Kim B.I., Grikurov G. and Soloviev V. High Revolution Seismic Studies in the Laptev Sea Shelf: First Results and Future Needs // Land-Ocean System in the Siberian Arctic. Dynamics and History. 1999. P. 683-692.

24. Андиева Т.А. Тектоническая позиция и основные структуры моря Лаптевых // Нефтегазовая геология. Теория и практика.-2008,- №3.- 28 с.

25. Секретов С.Б. Геологическое строение Лаптевского шельфа по материалам сейсмических исследований МОВ ОГТ. Автореф. дисс. канд. геол. мин. наук. СПб., 1993. 23 с.

26. Слагода, Е.А. Криолитогенные отложения Приморской равнины моря Лаптевых: литология и микроморфология (полуостров Быковский и остров Муостах) / Е.А. Слагода. – Тюмень: Экспресс, 2002. – 120 с.

27. Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 9. Моря Советской Арктики // Под ред. Грамберга И.С., Погребницкого Ю.Е. Л.: Недра, 1984. С. 50-60.

28. Лазуркин Д.В. Геологическое строение шельфа моря Лаптевых // III съезд Советских океанологов: Тезисы докладов. Секция геология, геофизика и геохимия океана. 1987. С. 127-128.

29. Иванов В.Л. Геологические предпосылки нефтегазоносности шельфа моря Лаптевых // Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология. СПб: ВНИИОкеанология, 2002. С. 202-208.
30. Драчев, С.С. Тектоника рифтовой системы дна моря Лаптевых / С.С. Драчев // Геотектоника. – 2000. – Т. 6. – С. 43-58.
31. Григорьев Н.П., Самойлова А.А., Галит И.П. Развитие кайнозойских побережий в восточном секторе моря Лаптевых // Береговые процессы в криолитозоне. Новосибирск, Наука, 1984, с. 115–123.
32. Геоэкология шельфа и берегов морей России // Под ред. Действительного члена РАЕН, профессора Н.А. Айбулатова. – М.: Ноосфера, 2001. – 428 с.
33. Программа разведки континентального шельфа и разработки его минеральных ресурсов // Федеральный закон от 30.11.1995 N 187-ФЗ (ред. от 21.11.2011) "О континентальном шельфе Российской Федерации".
34. Каминский В.Д., Супруненко О.И., Сулова В.В. Состояние и перспективы освоения углеводородных ресурсов континентального шельфа России // Бурение и нефть. 2008. №12. С. 3 – 7.
35. Малышев Н.А., Обметко В.В., Бородулин А.А. Оценка перспектив нефтегазоносности осадочных бассейнов Восточной Арктики // Научно-технический вестник ОАО НК «Роснефть». 2010. №1. С. 20 – 28.
36. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы (ССН-92). Вып. 7 Лабораторные исследования полезных ископаемых и руд. (ВНИИ экономики минерального сырья и недропользования (ВИЭМС). – М.: ВИЭМС, 1992. – 66 с
37. Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы / Ахмет В.А., Голубков А.В., Косицын Н.А., Мокин Ю.П., Шелепнев К.В.// Издание:Роскомнедра – Москва, 1993 г., 57 стр.

38. ФЗ № 417 от 19 декабря 2016 г. “О бюджете Фонда социального страхования Российской Федерации на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов”

39. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы (ССН-92). Вып. 1. Работы геологического содержания. (ВНИИ экономики минерального сырья и недропользования (ВИЭМС). – М.: ВИЭМС, 1995. – 66 с

40. Налоговый кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : части 1 и 2: с изм. и доп. Дата обновления: 29.06.2013.

41. Безопасность жизнедеятельности. /Под ред. Н.А. Белова - М.: Знание, 2000 - 364с.

42. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

43. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 1 октября 1996 г. N 21).

44. СП 2.2.1.1312-03 Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий.

45. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» (утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78) (с изменениями и дополнениями).

46. Правила устройства электроустановок (ПУЭ).

47. ГОСТ 12.1.019-79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

48. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

49. НПБ 105 – 95. «Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности».
50. Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 N 390 (ред. от 06.03.2015) "О противопожарном режиме".
51. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ
52. Временные методические рекомендации по обоснованию природоохранных затрат при производстве геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые – М.: ВИЭМС, 1985 г.
53. СП 2.6.1.3247-15 Санитарно-гигиеническими требованиями по обеспечению радиационной безопасности от 28.10.2003 №158.
54. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
55. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
56. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
57. Временные методические рекомендации по обоснованию природоохранных затрат при производстве геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые. - М.: ВИЭМС, 1985
58. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 28.12.2016) "Об отходах производства и потребления".
59. Tarnocai C., Canadell J.G., Schuur E.A.G. et al. Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region // Global Biogeochemical Cycles, 2009, №23, p.115-120.

60. Semiletov I.P. On aquatic sources and sinks of CO₂ and CH₄ in the Polar Regions // *J. Atmosph. Sci.* – 2011 – Vol. 56 – P. 286-306.
61. Semiletov, I.P. The failure of coastal frozen rock as an important factor in the biogeochemistry of the arctic shelf water // *Doklady Earth Sciences*, 2010 – Vol. 369, №8 – P. 1140-1143.
62. Reynolds M.K. A new estimate of tundra-biome phytomass from trans-Arctic field data and AVHR-NDVI / Reynolds M.K., Walker D.A., Epstein H.E. et al. // *Remote Sensing Letters*, 2012 – Vol. 3, №5 – P.403-411.
63. Morison, J., Changing arctic ocean freshwater pathways/ Morison, J., R. Kwok, C. Peralta-Ferriz, M. Alkire, I. Rigor, R. Andersen, and M. Steele // *Nature* – 2012, Vol. 481, №379, P. 66–70.
64. Арэ Ф.Э. Развитие рельефа термоабразионных берегов // *Изв. АН СССР. Сер. геогр.* 1968. № 1 – С. 151-162.
65. Semiletov, I.P. Carbon transport by the Lena River from its headwaters to the Arctic Ocean, with emphasis on fluvial input of terrestrial particulate organic carbon vs. carbon transport by coastal erosion / I.P. Semiletov, I.I. Pipko, N.E. Shakhova et al. // *Biogeosciences.* – 2011. – Vol. 8. – P. 2407–2426.
66. Romanovskii, N.N. Environmental evolution in the Laptev Sea region during Late Pleistocene and Holocene / N.N. Romanovskii, A.V. Gavrilov, V.E. Tumskey [et al.] // *Polarforschung.* – 2000. – Vol. 68. – P. 237-245.
67. Romanovsky, V.E. Past and recent changes in air and permafrost temperatures in eastern Siberia / V.E. Romanovsky, T.S. Sazonova, V.T. Balobaev [et al.] // *Global and Planetary Change.* – 2007. – Vol. 56. – №3/4. – P. 399-413.
68. Munchow, A. The summer hydrography and surface circulation of the East Siberian shelf / A. Munchow, T.J. Weingartner, L.W. Cooper // *J. Physical Oceanography.* – 1999. – Vol. 29, №9. – P. 2167-2182.

69. Nicolsky, D. J. Modeling sub-sea permafrost in the East Siberian Arctic shelf: The Laptev Sea region / Nicolsky, D. J., V. E. Romanovsky, N. N. Romanovskii, A. L. Kholodov, N. E. Shakhova, and I. P. Semiletov (2012), // *J. Geophys. Res.*, 2012 – Vol. 46 – P. 117.

70. Fartyshev, A. I. Osobenosti pribrezhno-shel'fovoi kriolitozony morya Laptevykh (Characteristics of the Coastal-Shelf Permafrost Zone of the Laptev Sea) // Nauka, Novosibirsk, 1993 – 136 pp.

71. Taylor, K. E., Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram, *J. Geophys. Res.*, 2001. – Vol. 106 – P. 7183–7192.

72. Günther, F. Observing Muostakh disappear: Permafrost thaw subsidence and erosion of a ground-ice-rich island in response to arctic summer warming and sea ice reduction / P. P. Overduin, I. A. Yakshina, T. Opel, A. V. Baranskaya, and M. N. Grigoriev // *Cryosphere* – 2015, Vol. 9 – P. 151–178.

73. Bauch, H. A. Chronology of the Holocene transgression at the north Siberian margin, *Global Planet. Change* / T. Mueller-Lupp, E. Taldenkova, R. F. Spielhagen, H. Kassens, P. M. Grootes, J. Thiede, J. Heinemeier, and V. V. Petryashov // *Cryosphere*, 2001 – Vol. 31 – P. 125–139.

Приложение А

Features of lithological and granulometric composition of bottom sediments in the northern part of Laptev Sea

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ5Б	Кажумуханова Малика Зейнеллаевна		

Консультант кафедры ГРПИ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Панова Е.В.			

Консультант – лингвист кафедры ИЯПР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведущая кафедрой ИЯПР	Болсуновская Л.М.	к.ф.н., доцент		

Приложение А

Features of lithological and granulometric composition of bottom sediments in the northern part of Laptev Sea

The Arctic region contains a huge amount of organic carbon (OC) buried inland [59] and within the Arctic Ocean sedimentary basin, which could become involved in current biogeochemical cycling due to thawing of on-land and subsea permafrost. Release of OC from thawing Arctic permafrost is postulated to be one of the most powerful and vulnerable, yet least understood of the mechanisms by which OC could be released [4; 6-8; 10; 60; 61]. As more than 50% of the planet's stored soil OC is in the Arctic region [59], re-mobilization of this carbon leads to its incorporation into the modern carbon cycle, which accelerates CO₂ and CH₄ production. It is well documented that the highest concentration and greatest seasonal amplitudes of atmospheric CH₄ and CO₂ observed globally occur in the Arctic region [2]. Moreover, historic atmospheric CO₂ and CH₄ Arctic maxima have occurred during warm climate epochs and have disappeared during cold epochs, suggesting a connection with the thawing vs. freezing state of permafrost [4, 6-8; 10; 61].

Nevertheless, many gaps remain in our evaluation of CO₂ and CH₄ sources and our understanding of the present state of OC and the processes responsible for its transport, transformation, and fate in Arctic shelf water. In this regard, the East Siberian Arctic Shelf (ESAS) represents a very important part of the Arctic shelf; it not only composes a significant fraction of Arctic shelf area (~25%), but also holds >80% of the Arctic shelf subsea permafrost and permafrost-related unique Arctic shelf hydrates predicted to exist [8; 10; 62] accepts about 30% of total Arctic river discharge, and is surrounded by a coastline that currently exhibits the highest rates of coastal erosion on the globe [63; 64]. The current ongoing warming in the Arctic region is most pronounced in the western Arctic Ocean and the East Siberian part of the Arctic, where surface air temperature increased during the 2000-2005 period by about 5°C compared to 20th century temperature patterns [6].

The current ESAS annual atmospheric CH₄ venting, which occurs by means of both gradual ebullition and diffusion, is on par with previous estimates of CH₄ venting from the entire World Ocean [8; 10]. New findings by the PIs of this project in fall 2011 show widespread distribution of flare-like gas structures rising from the seabed through the water column from as deep as 90 m and, in places, further to the atmosphere. The best candidate responsible for such CH₄ releases is degrading subsea permafrost and decaying deposits of CH₄ within and beneath it. The ESAS currently holds a very large and vulnerable reservoir of natural hydrocarbons, preserved mostly as Arctic hydrates and natural gas, whose involvement in the modern carbon cycle is determined by the highly uncertain state of subsea permafrost.

Ocean anomalies of >40 nM dissolved CH₄ are usually attributed to CH₄ release from destabilized hydrates or vents of geological CH₄ [3]. In the ESAS, scientists have obtained evidence of large (up to 500 m in diameter) flares, within which concentrations of dissolved CH₄ reached up to 6100 nM. These flares probably represent massive CH₄ release from decaying hydrates where subsea permafrost has completely melted through, providing ascending gas with high-capacity migration pathways.

Taking into account that >90% of the ESAS is land that was flooded by the sea during the Holocene transgression, our scientific team may assume that the upper 100 m shelf sediment layer contains at least 1,800 Gt of OC [65]. This reservoir also consists of ESAS hydrate deposits estimated to hold ~540–750 Gt of CH₄ and an additional pool of hydrates 2/3 as large (~360–500Gt) trapped below as free gas [6; 7; 10; 63]: in total ~900-1,200 Gt of pre-formed CH₄, an amount more than 200 times greater than the modern atmospheric CH₄ burden (~5 Gt). The release of even a small fraction of the ESAS CH₄ pool would multiply atmospheric CH₄ and cause a significant greenhouse effect [8; 10]. ESAS subsea permafrost stability is key to whether sequestered ancient CH₄ can escape through the seabed to the water column and further to the atmosphere. Current knowledge of subsea permafrost physics and kinetics is extremely limited.

The understanding to date is primarily based on investigating the thermodynamic properties of terrestrial non-mineralized permafrost [66; 67]. The first reports regarding subsea permafrost on the Siberian Arctic Shelf appeared in late 1880, when ship anchors could not find purchase in the ice-bonded seabed [20]. Almost one century later the first attempt to model permafrost temperature at the Laptev Shelf after a marine transgression was attempted by Molochushkin. Currently, subsea permafrost evolution models vary significantly in the physical assumptions made about the paleo-geographic scenario, geological structure; thermal properties, initial temperature distribution, and geothermal heat flux [67]. Nevertheless, until recently the driving idea behind the majority of modeling efforts was that the annual mean temperature of seawater-inundated terrestrial permafrost (no or low salt content in soil) remained well below 0°C, ranging from -0.5 to -1.8°C, causing partial freezing of existing submerged lake taliks and preventing development of new ones. Exception was made for areas of the shelf underlain by fault zones. The perception followed that subsea permafrost is completely frozen and, thus, impermeable to ground (sub-permafrost) water and gases [66].

This assumption was widely accepted until recently. Extensive CH₄ release from sea surface to atmosphere was observed from the ESAS that could not be explained under an assumption that subsea permafrost is impermeable to gases such as CH₄ [6; 7].

Subsea permafrost model [8; 10] incorporated the so-called thermokarst and land-ocean interaction theory [66; 69] to show that the sediment salinity and parameterization of unfrozen water content on temperature are critical factors influencing subsea permafrost dynamics, but formation of water and gas pathways due to the presence of unfrozen water/salt within frozen ground material in the ESAS has not yet been studied. Improvements to the modeling algorithm allowed better agreement to be achieved between the spatial distribution of high dissolved CH₄ concentrations and areas of projected taliks.

Extensive CH₄ release to the atmosphere from ESAS sediments is a process controlled by the state of degrading subsea permafrost. The present-day interest in

understanding whether and how CH₄, preserved in seabed reservoirs can escape to the atmosphere suggests a need to review subsea permafrost observations and to re-examine available subsea permafrost models.

Scientists emphasize that because of insufficient measurements of thermal properties and salinity, unknown dynamics of the ocean regressions/transgressions, and lack of a prehistoric temperature record, all models of subsea permafrost dynamics are based on some hypotheses and assumptions about past and present shelf properties and physical processes. Note that for areas deeper than 60 m, a group of modelers led by Romanovskii [66] suggested that subsea permafrost could be discontinuous (or island-like), allowing gas release from deeper geological strata. This is in good agreement with experimental data, which show that where subsea permafrost is totally or mostly degraded, CH₄ fluxes occur as flarelike bubble emissions, most likely from disturbed seabed deposits, including hydrates, and reach the sea surface and atmospheric boundary layer.

Therefore they focus this proposal on the inner ESAS, where key unknowns about permafrost dynamics exist. This project aims to reconsider assumptions used for subsea permafrost modeling by incorporating observational and experimental data obtained from this project, and hence to develop an up-to-date model of the subsea permafrost dynamics at the ESAS with emphasis on the inner part of the ESAS.

Our scientific team suggests that sediment salinity and a temperature-based parameterization of unfrozen water content are critical, yet the least-studied factors influencing subsea permafrost dynamics. Recent numerical calculations suggest that open taliks are developing beneath submerged thaw lakes in a large area of the ESAS [69]. Model combine ideas of Fartyshev [70], Taylor et al. [71], Romanovskii et al. [66] to show that degradation of salt-bearing subsea permafrost can lead to formation of open taliks outside of the Laptev Sea region fault zones. Numerical results show that permafrost thickness varies greatly across the Laptev Sea shelf and the adjacent part of the East Siberian Sea shelf. The liquidpore water fraction is much higher beneath submerged thaw lakes than beyond their boundaries. In the case of a slightly elevated geothermal heat flux of $70 \times 10^{-3} \text{ W m}^{-2}$, which is within the range of

variability for undisturbed blocks, open taliks can develop underneath thaw lakes. Gas escape is likely through such taliks. This model also demonstrated that in areas affected by warm water inflow (e.g. the Lena River plume), permafrost can significantly degrade from the top down. Taliks can serve as subsea permafrost pathways for CH₄, and may explain widespread Laptev Sea CH₄ observations [6; 8; 61; 65]

The assumption is made when modeling subsea permafrost dynamics that modeled permafrost is homogeneous ice-bonded ground material with even surface and thickness throughout. The limited drilling data available indicates that geocryological conditions on the Arctic shelf are highly variable and often cannot be explained by heat conduction alone [60]. Moreover, several physical processes such as anomalies in geothermal heat flux [66], intra-permafrost ground water heating, water pathways due to liquid water within frozen ground material, permafrostbreaks due to tectonic movement, and endogenous seismicity resulting from hydrate decay and sediment settlement [6] can cause temporary and permanent subsea permafrost destabilization. Each of these processes may contribute to formation of disturbed, broken, and thawed ground material layers, possibly even taliks, in the subsea permafrost. However, our knowledge about these processes is very limited, and therefore difficult to use for improving a modeling algorithm. Nevertheless, a number of processes are known to affect subsea permafrost stability and dynamics.

Recently detected warmer water temperatures near the seabed may impact the stability of subsea permafrost and the carbon pool buried in the ESAS [7]. As a result of these processes, subsea permafrost is degrading at higher rates than previously thought. This site was near Muostakh Island, where water depth was ~0.5 m and a 2 m thick fast ice cover existed [8]. When this site was first drilled 30 years ago (1982) by Yakutsk Permafrost Institute scientists, the permafrost table was found at ~15m. That allows a first estimate of the vertical permafrost degradation rate of ~30 cm per year, a rate significantly higher than previously suggested by different scientists working in the area (~1-20 cm per year; mean = 4 cm per year). In some Arctic shelf areas such high values of subsea degradation can be associated with the influence of

forced convection of the pore water and ions [63]. There are two main factors could cause such high rates of subsea permafrost degradation: 1) the heating effect of the Lena River, and 2) enhanced vertical salt diffusion, called the “salinization effect” [72] in combination with forced convection of the pore water and ions. Caught between the warming effects of upward geothermal heat flux and downward heat flux from saline and river water and modern sediments, submarine permafrost is prone to significant destabilization and thawing especially beneath the inundated thaw lake taliks.

Salinization effect. It has been shown that downward migrations of ions and moisture into frozen sediment occur [72]. Increased external pressure, especially in shallow lagoons (2-4 m depth) during freeze-up (ice thickness ~2 m), can lead to downward moisture and ion migration, affecting sediment freezing point and the geochemical and physical properties of sediments overlaying seabed CH₄ deposits [66]. Submerged thermokarst lakes/taliks may play a significant role in accelerating subsea permafrost degradation [69]. Downward salinization might increase vertical subsea degradation and talik (thaw bulb beneath a body of water) formation rates, increasing vulnerability of the gas hydrate stability zone (GHSZ) located within/beneath subsea permafrost over the vast ESAS [66].

Formation of sea lagoons. During the last (Holocene) sea transgression, numerous thermokarst lakes were transformed into “thermokarst lagoons”, and lake taliks that had formed beneath them became submarine taliks; downward heat/cold and salt migration led to warming/cooling and mineralization of freshwater continental deposits under the influence of seawater [66].

Temperature- and pressure-controlled laboratory “salinization” experiments will be conducted using selected sediment cores. The potential for the release of substantial amounts of methane from the ESAS region has important implications not only for atmospheric methane concentrations but also, given methane’s potency as a greenhouse gas, for global climate. While system model simulations that couple climate change with subsurface permafrost thaw and gas releases are an ultimate goal, uncoupled simulations documenting sensitivities are necessary prerequisites to

fully coupled simulations, As an example of the latter type of study, a doubling of methane emissions from Siberian wetlands in response to a 3°C climate warming (accompanied by a 10% increase in precipitation) have been simulated by Bohn et al. [73]. Bhattacharyya et al. [73] simulated the atmospheric response to an increase of methane released from methane clathrates on the Arctic subsea regions. In Bhattacharyya et al.'s simulations with the Community Earth System Model (CESM), releases of an additional 139 Tg yr⁻¹ of methane were found to increase the global mean surface concentration of methane by 38%; increases were also found in surface temperature and in the concentration of near-surface ozone by more than 10%. Of particular note here is that the extra methane added to the atmosphere in the Bhattacharya et al. experiments was from the Barents Sea, the Canadian Archipelago and the Sea of Okhotsk (in a 5:5:1 ratio). Because the East Siberian Shelf region contains the largest store (and arguably most vulnerable) stores of subsea methane, inclusion of the ESAS source in such experiments must be considered a high priority. The proposed project will respond to this need by providing best estimates of the present and future releases of methane from the ESAS, thereby informing global model simulations such as those that are now becoming possible with earth system models and their chemistry modules.

The facts of temperature jumps (figure A.1) as compared to the past century (about 5°C) [7], the highest coastal erosion rate, annual methane discharge, enormously intense, in contrast with the other objects, revealed ocean anomalies of the dissolved methane, including big gas plumes (up to 500 m in diameter) [2-4], have induced to perform a more detailed research.

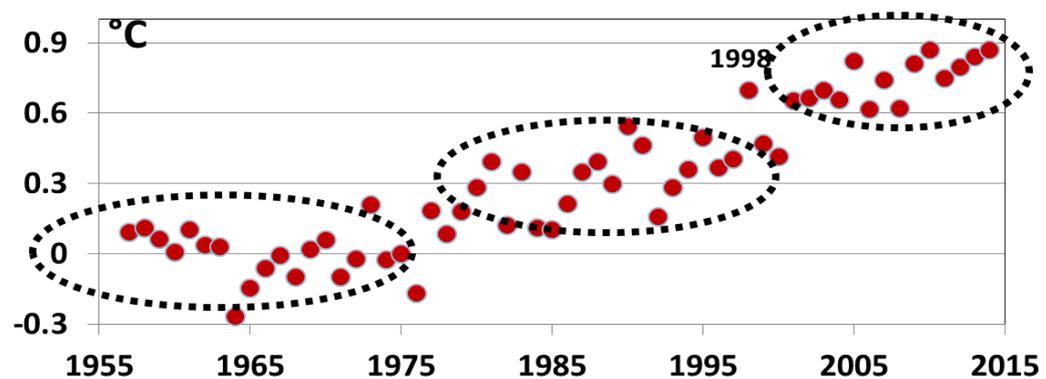


Figure A.1 – Global land-ocean temperature index (°C) [4]

24 bed-sediment (0-5 cm) samples were collected from the northern part of the Laptev Sea to assess particle-size distribution and mineralogical composition as well as to examine organic matter content. The study area (figure A.2) was explored by the Russian and US scientists in September-October 2011 on the board of research vessel Academician Lavrentiev.

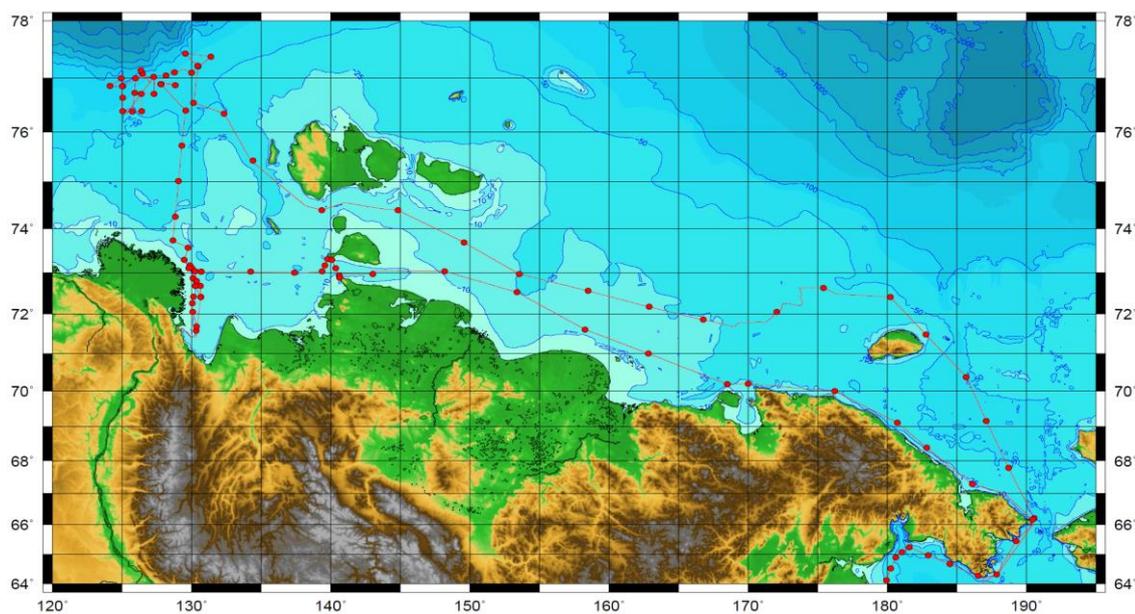


Figure A.2 – Study area

Particle size distribution was examined by laser diffraction method. Laser diffraction measures particle size distributions by measuring the angular variation in intensity of light scattered as a laser beam passes through a dispersed particulate sample. Mineralogical analysis was carried out using a binocular microscope to reveal the different mineral species within sandy and silt fraction. Organic matter content was determined in the sediments by the Rock Eval pyrolysis. The analysis was carried out at the Arctic Sea's Carbon Research International Laboratory, Tomsk Polytechnic University.

In terms of the granulometric composition, the fractions with dimensions from 0,01 mkm to 3,08 mm were obtained. The range of fractions consisted of predominant pellicle fraction (<0,01 mm) with the content from 24 to 77%, aleurite (from 22 to 45%), and psammitic (from 0,3 to 47%) fractions are minor. Due to the classification of clastic sedimentary rocks, the samples were primarily represented in

the form of aleuritic-clays, less frequently in the form of silty clays and sands. Using the granulometry data, the cumulative curves were built (figure A.3), the calculated sorting coefficient changed within the range of 1,18-3,65, which indicated the mean sorting ratio for aulerites' clastic material, and good sorting ratio for sands' clastic material.

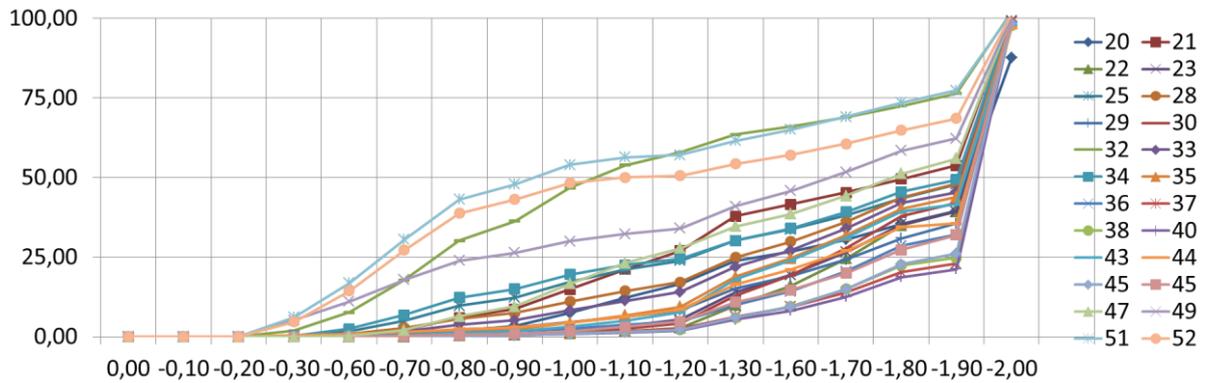


Figure A.3 – Particle-size accumulation curve

Using the granulometric analysis results, the distribution maps of pellicic, aleurite and sandy fraction content were generated, and correlation between fractions content and surface of submarine relief was determined (figure A.4).

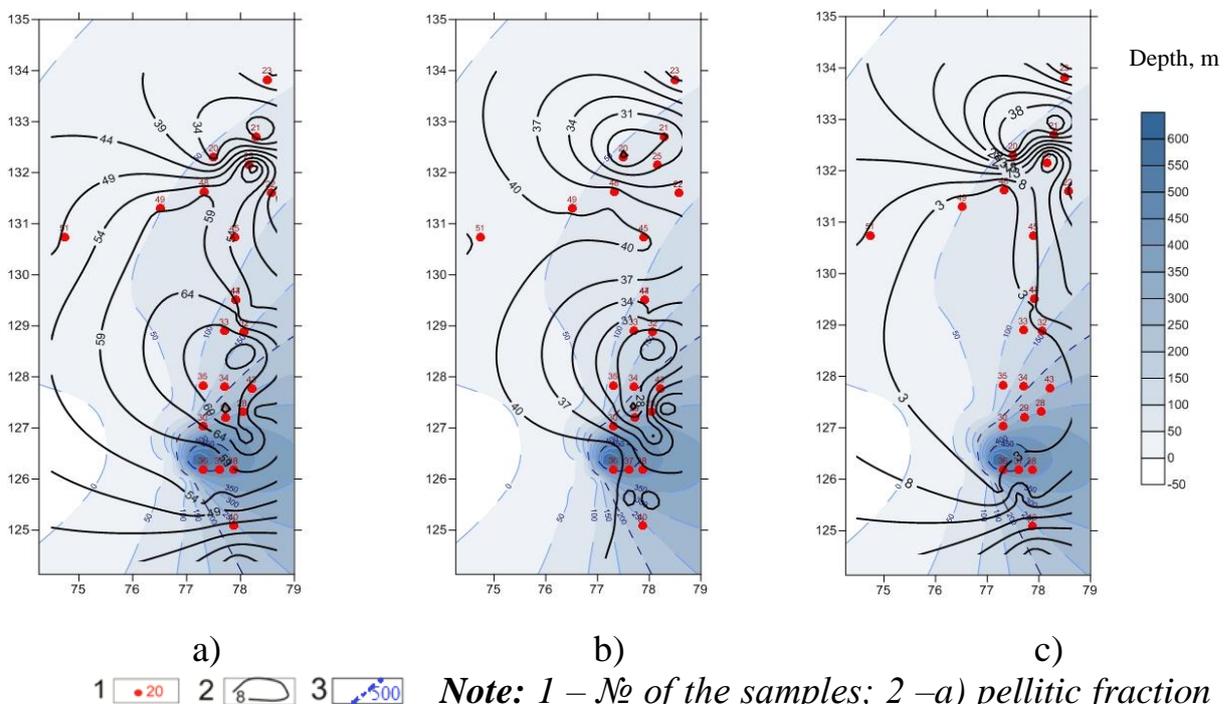
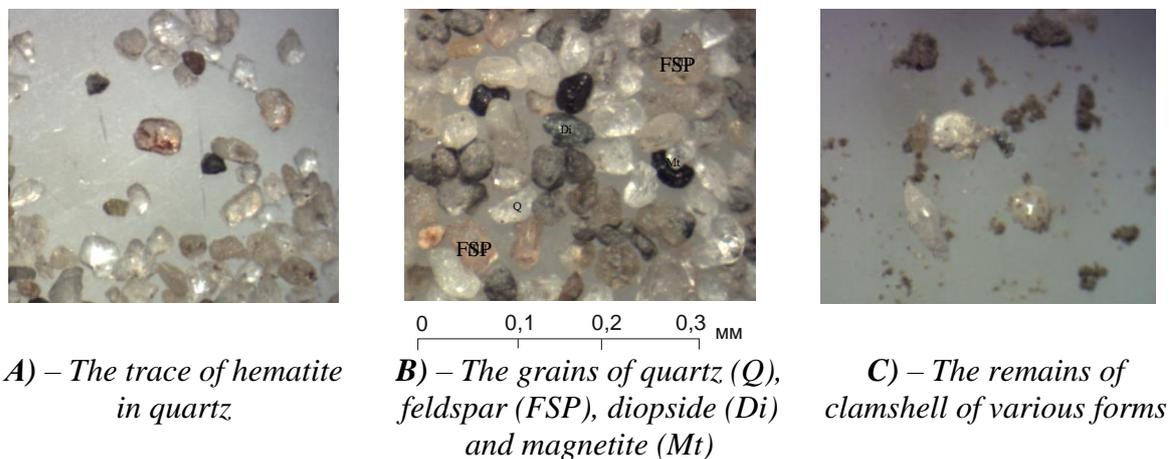


Figure A.4 – Particle-size distribution map

According to information received by the study, the relation between water depth and grain size distribution has been established: pelitic sediments tend to the most low-lying areas, whereas the psammitic depositions, on the contrary, are confined by the shallow part (figure 4).

Mineral analysis by physical method indicated the presence of quartz, feldspar, muscovite, biotite, garnet, and some of the other sediment minerals in sediment samples. Quartz and feldspars predominated in all samples. Quartz was the most common mineral which was found to be about 30-60% of total sediment, grains being colorless and transparent or translucent, ranging from rounded to angular. They were colorless and rarely included trace of hematite (figure A.5 (a)).



A) – The trace of hematite in quartz

B) – The grains of quartz (Q), feldspar (FSP), diopside (Di) and magnetite (Mt)

C) – The remains of clamshell of various forms

Figure A.5 – Features of the mineralogical composition of sands

Feldspar (25-35%) is elongated, translucent, colorless, gray, pink and pale yellow angular-rounded and angular fragments. Micas (biotite and muscovite) are found in small amounts (5-15%) in all samples (figure A.5 (b)). Carbonate minerals are presented by calcite brown siderite and are observed in samples No. 21, 22, 28, 30 in the amount of 10-15%. The magnetite (to 10%) is widespread among the ore minerals which has specific iron-black color and strong magnetic properties. Accessory minerals (to 5%) are presented by epidote, diopside, apatite, chlorite, and garnets. Also, there are carbonized vegetable fragments and the remains of clamshell of various forms (figure A.5 (c)).

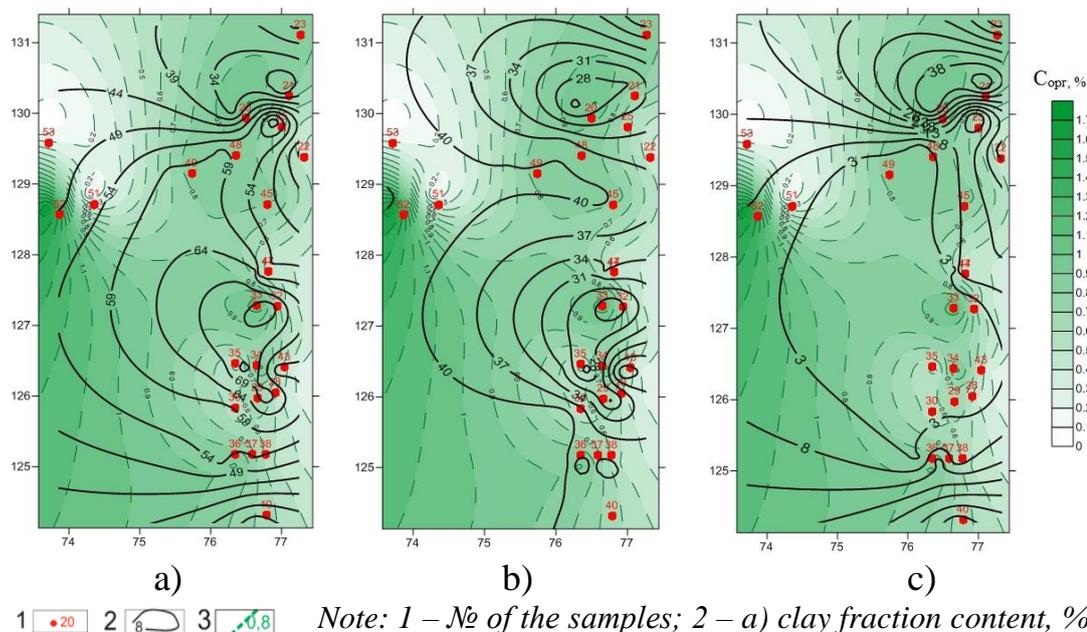


Figure A.6 – Organic carbon distribution map

Organic substance study is the most important aspect of hydrochemical, hydrobiological and geological research, and organic carbon is its most presentable characteristic. In the studied sampling material the C_{org} content varies from 0.03 to 1.61%. The organic carbon distribution map is built to reveal the trends of C_{org} content and distribution in the surface of the north Laptev Sea's bottom sediments (figure A.6) and associated with the granulometric composition distribution map. Therefore, the relative saturation of north Laptev Sea's pelitic sediments with organic carbon is revealed. The correlation between organic carbon and sediment granulometry can be partly explained by the sorption of organic carbon by the thin pelitic fraction.

Based on the obtained data, it has been found that depositions of pelitic sediments are inclined to the lower areas, whereas in contrast, the psammit depositions are limited to the shallow areas.

The concentration of the north Laptev Sea's pelitic sediments with organic carbon is revealed. The probable reason of this process is the increased occlusion of C_{org} by fine pelitic fraction.

Present day permafrost in the East Siberian Arctic shelf is the relict permafrost aggregated during the most recent ocean regression and continuing to

survive the "abrupt" climate change since 14,000 years ago. According [67] to Lachenbruch and Marshall, Kudryavtsev, Nixon, Zhigarev, Danilov et al., and Romanovskii et al., the duration of the transgression/regression cycle, air temperature, temperature of the ocean bottom water, the geothermal heat flux, thermal properties of the ground material, and salinity of the pore water in sediments are among the most important factors influencing the sub-sea permafrost distribution and its present-day level of degradation.

We propose to employ the recently developed general thermodynamic model [69] of the permafrost evolution in East Siberian Arctic Shelf (figure A.7) that accounts for all of the above-mentioned factors and processes. The aggregation/degradation of the subsea permafrost is closely followed by formation/disassociation of the gas-hydrates in the subsea sediments. To simulate the evolution of the gas hydrates stability zone (GHSZ), we will take into account additional processes of the heat transfer and phase transitions between liquid water and ice as well as between water+gas and gas hydrate (under the thermobaric conditions of natural gas hydrate formation).

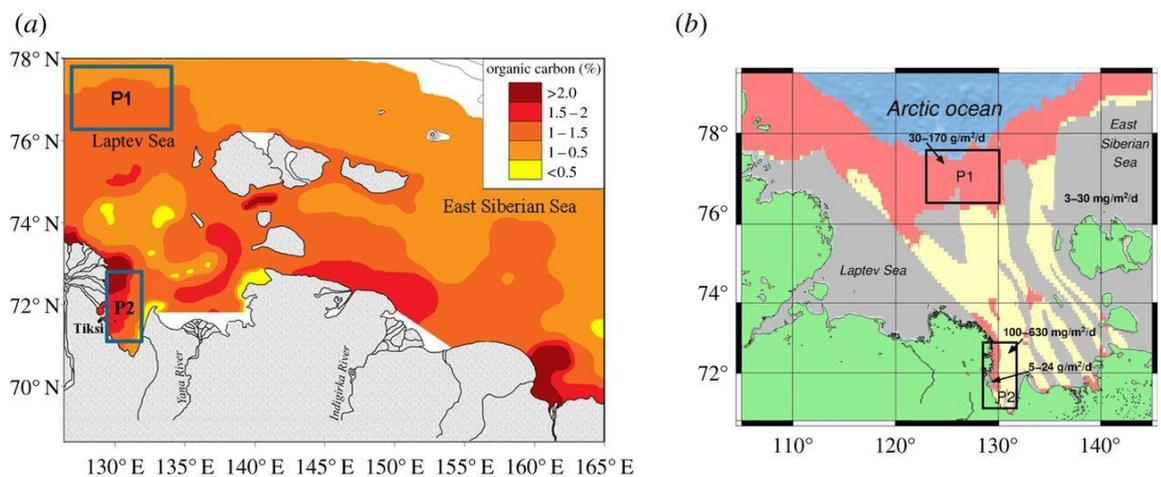


Figure A.7 –distribution of total organic carbon in the ESAS surface sediment (a) versus current state (b) of subsea permafrost (our modeling) and CH₄ fluxes from the sea floor/sea surface in the ESAS.

To compute the temperature and GHSZ dynamics in time, a finite element scheme, backward Euler in time, based on enthalpy technique for solution of Stefan-

type problems will be utilized to discretize the heat equation at each time step. The discretized system of equations is solved iteratively by Newton-Raphson method [63]. The model parameters such as the thermal conductivity, heat capacity, porosity, and salinity of the ground material will be set according to the data collected during the planning and previous Laptev Sea drilling campaigns in 2009-2013. Moreover, in order to fine-tune the paleogeographic scenario of the most recent transgression, we will employ unique electro-magnetic data collected during the 2012 ISSS cruise. The electro-magnetic data reveals the upper and lower boundaries of the subsea permafrost at a dozen of the off-shore sites in Laptev Sea as well as along two profiles, each one is several hundred kilometers long both in Laptev and East Siberian Seas [6]. As a result, we will obtain a well-calibrated model of the subsea permafrost distribution as well as the spatial distribution of the GHSZ in the East Siberian Arctic Shelf.

One of the key outputs of the Permafrost/GHSZ model will be a distribution of the ice-bearing (>70-80% of the pore space is filled with water) and ice-bonded (otherwise) sediments. The shelf-wide distribution of the destabilized GHSZ - a location of the potential source of the methane – will be another key output of the model. Note that it is commonly assumed that the ice-bonded sediments are trapping the methane gas collected in the subsea sediments from reaching the ocean bottom. The developed model will allow us to find the regions, where such "traps" are still existing, and where the traps are severely degraded such that they allow the accumulated methane to reach the ocean bottom.

Finally, to parameterize the flux of methane reaching the ocean bottom across the entire shelf will employ the in-situ measured values of the methane emission from the ocean bottom. We hypothesize that the methane emission is determined by the state of the subsea permafrost and thus the methane flux at the ocean bottom will be specified according to the degree of the modeled permafrost degradation:

1. In regions, where there are no open taliks and the subsea permafrost is thought to be ice-bonded, methane fluxes are largely due to the modern methanogenesis in partially thawed pre-Holocene and never frozen Holocene

sediments. Depending on a spatial extent of the Holocene thermokarst development (more thermokarst lakes are forming in grabens, less are forming in horst and other tectonic uplifts [67]), we will parameterize the methane flux between 3-30mg/m²/day as a function of lake extent.

2. In regions, where deep sub-bottom taliks are already developed and the subsea permafrost between the talik bottom and destabilized GHSZ is primarily ice-bearing, the methane emission is fed both by modern methanogenesis and by methane release from the destabilized GHSZ. The methane flux will be set as a function of the permafrost thickness and its volumetric unfrozen liquid water content. Since, the gas permeability is a highly non-linear function of the unfrozen liquid water content, the methane flux in this region is assumed to vary between 30 - 30,000 mg/m²/day. The latter values are again in-situ measured values across the East Siberian Arctic Shelf. Several boreholes, as well as the collected electro-magnetic data will allow us to correlate the measured methane flux to the level of permafrost degradation.

3. Finally, in regions with open taliks and completely thawed permafrost, we assume that the methane flux can be as high as 30-170 g/m²/day, largely fed by full force methane release from seabed deposits in the destabilized GHSZ. The precise value assumed within the range 30-170 g/m²/day is a function of sediment permeability for gases determined from morphological features of the sea floor (such as pockmarks, pockmark-induced erosion channels, collapse depressions and features related to mass wasting, submarine slides) associated with massive methane releases from the seabed observed in the ESAS.

To simulate the near-future permafrost and GHSZ dynamics, the developed model will be forced by sea water temperature dynamics computed by the Community Earth System Model. Since GCMs provide coarse-resolution temperature dynamics, we will incorporate local sea water warming effects due to plumes of the Arctic rivers. Dedicated ranges of methane emission are based on the recent observations accomplished by Semiletov-Shakhova' group in the ESAS [6].