

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 05.03.01 «Геология стратегических металлов»
Отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Геолого-структурная позиция и вещественный состав кимберлитовой трубки "Айхал" (Республика Саха Якутия)

УДК 553.81(571.56)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ71	Кисленко Алексей Борисович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Домаренко В. А.	к. г.-м. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына З. В.	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООТД	Мезенцева И. Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Язиков Е. Г.	Профессор	д.г. - м.н		

Томск – 2019 г.

Результаты обучения

по основной образовательной программе 05.04.01 Геология

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<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
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.
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.
P4	Может совершенствовать существующие и разрабатывать новые методы и методики исследования вещества, проведения ГРР, 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.
<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.
P6	Способен отказаться от традиционных подходов, генерировать новые идеи и подходы. Способен найти новые возможности развития в неопределенных ситуациях и др.

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.
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональном коллективе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности в геологоразведочной сфере.
P9	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 05.03.01 «Геология стратегических металлов»
Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Язиков Е. Г.
 (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
2ЛМ71	Кисленко Алексею Борисовичу

Тема работы:

Геолого-структурная позиция и вещественный состав кимберлитовой трубки "Айхал" (Республика Саха Якутия)	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Опубликованная и фондовая специализированная литература, каменный материал отобранный автором в полевых условиях.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Проработка литературы по геологическому строению и истории геологического развития Алакит-Мархинского поля; - Анализ геологических, геофизических, геоморфологических условий нахождения алмазоносной трубки Айхал; - Изучение геолого-структурной позиции трубки Айхал; - Особенности вещественного состава пород и внутреннего строения кимберлитовой трубки Айхал.
--	--

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схематическая геологическая карта Алакит-Мархинского алмазоносного района; геолого-структурный разрез трубки Айхал; Фрагмент листа ГГС 1:200000 Q-49-XXI; Схема отработки трубки Айхал</p>
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, Ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП, к.т.н. Криницына Зоя Васильевна
Социальная ответственность	Ассистент ООТД, Мезенцева Ирина Леонидовна

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

Inclusion of eclogite from the Aykhal kimberlite pipe

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Домаренко В.А.	к.г.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ71	Кисленко Алексей Борисович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ЛМ71	Кисленко Алексею Борисовичу

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	05.03.01 Геологии

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Литературные источники;
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Методические указания по разработке раздела;
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Сборник сметных норм на геологоразведочные работы;
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Расчёт затрат времени по видам работ;
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Общий расчет сметной стоимости

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына З. В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ71	Кисленко А.Б.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту

Группа	ФИО
2ЛМ71	Кисленко Алексею Борисовичу

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	05.03.01 Геологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Объектом исследования являются Алаakit-Мархинское алмазоносное кимберлитовое поле и образцы кимберлитовой руды.
Рабочая зона – шахта, карьер.
Рабочее место – научно-исследовательская лаборатория 20 корпуса ТПУ, аудитория 541.
Методика исследования проб – Электронная оптическая микроскопия.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1 Анализ выявленных опасных факторов при эксплуатации проектируемого решения на месторождении.

1.1. Анализ выявленных опасных факторов на месторождении:

– Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования, острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхности инструментов;
– Электрический ток;
– Пожарная безопасность;

1.2. Анализ выявленных вредных факторов при эксплуатации проектируемого решения на месторождении (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).

1.4. Анализ выявленных вредных факторов на рабочем месте:

– Загазованность и запыленность воздух рабочей зоны;
– Отклонение показателей климата на открытом воздухе;
– Превышение уровней шума и вибрации;
– Отклонение показателей микроклимата в помещениях;
– Недостаточная освещенность рабочей зоны

2. Экологическая безопасность:	2. Экологическая безопасность: – Воздействие на недра и почвы; – Воздействие на атмосферу; – Охрана растительного и животного мира;
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – Типичная ЧС - пожары; – На случай стихийных бедствий и аварий предусматривается план по ликвидации их последствий.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – Специальные правовые нормы трудового законодательства; – Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны (организация санитарно-бытового обслуживания рабочих).

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООТД	Мезенцева И.Л.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ71	Кисленко Алексей Борисович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 137 страниц, 38 рисунков, 27 таблиц, 93 наименований использованной литературы, в том числе 71 опубликованный и 22 нормативно-методических источника.

Ключевые слова: трубка Айхал, Алакит-Мархинское кимберлитовое поле, Якутия, тектоника, кимберлиты, алмазонасность, геолого-структурная позиция, фиксизм, мобилизм.

Объектом исследования является коренное месторождение алмазов трубки Айхал Алакит-Мархинского кимберлитового поля Республики Саха (Якутия).

Цель работы – изучение особенностей и геолого-структурной позиции и вещественного состава трубки Айхал.

В процессе исследования проводилось изучение минералогического и вещественного составов кимберлитовых и вмещающих пород и пород.

В результате исследования описана геолого-структурная позиция трубки Айхал с фиксиской и мобилиской точки зрения; изучены минеральный состав кимберлитов трубки Айхал и вещественный состав вмещающих пород.

Область применения: результаты данного исследования могут применяться при доразведочных работах на территории Алакит-Мархинского кимберлитового поля Республики Саха (Якутия), в частности для трубки Айхал.

Оглавление	
Введение	12
1. Минерально-сырьевая база алмазов мира.....	14
2. Перспективы развития минерально-сырьевой базы алмазов Российской Федерации.....	19
3.2. Изученность Якутской алмазоносной провинции	28
4.Изученность Алакит-Мархинского кимберлитового поля	33
4.1.Геологическая изученность	33
4.2. Геофизическая изученность.....	35
4.2.1.Аэрогеофизические исследования	35
4.2.2.Наземные геофизические исследования	36
4.3. Геохимическая изученность	38
5.Геологическое положение и геолого-структурная позиция трубки Айхал с точки зрения фиксизма и мобилизма	39
5.1. Геологическое положение трубки Айхал	39
5.2. Геолого-структурная позиция трубки Айхал с точки зрения фиксизма и мобилизма.....	43
6. Особенности морфологии и состава важнейших минералов-индикаторов кимберлитов, их эволюция в экзогенных условиях	53
6.1. Оливин	54
6.2. Гранат.....	55
6.3. Диопсид.....	57
6.4. Ильменит	58
6.5. Хромшпинелид.....	60
6.6. Магнетит	61
6.7. Циркон	63
6.8. Апатит	64
7. Минеральный и вещественный состав кимберлитов трубки Айхал	66
9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	86
10. Социальная ответственность	99
10.1. Производственная безопасность	99

10.1.1 Анализ опасных производственных факторов и мероприятия по их устранению	99
10.1.2. Анализ вредных факторов воздействия и мероприятия по их устранению	105
10.2. Экологическая безопасность	111
10.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	112
10.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	113
Заключение	115
Список публикаций.....	118
Список использованной литературы:.....	118
Приложение А	128

Введение

Выпускная квалификационная работа посвящена исследованию геолого-структурной позиции и вещественного состава кимберлитовой трубки Айхал, расположенной на северо-востоке Сибирской платформы Республики Саха (Якутия).

Проблема изучения алмазности территории Российской Федерации является приоритетным направлением развития геологической отрасли.

На сегодняшний день вопрос возраста, генезиса, закономерностей локализации, поисковых особенностей возможных коренных источников алмазов на северо-востоке Якутской алмазной провинции остается дискуссионным и требует принципиального решения. На основе доизучения тектонического строения и минерализации территории с помощью современных методов лабораторных исследований и новейших компьютерных технологий обработки и интерпретации геолого-геохимической информации, проводится выделение площадей и структур, благоприятных на выявление коренных месторождений алмазов.

Магистерская диссертация написана по материалам производственной практики, проходившей в Научно-исследовательском геологоразведочном предприятии АК «АЛРОСА» ПАО. Исходными данными для написания послужили опубликованные и фондовые литературные источники, картографический материал, а также полевые наблюдения автора.

Минеральный состав кимберлитовой брекчии был изучен рентгеноструктурным анализом с помощью настольного порошкового дифрактометра Bruker D2 Phaser, петрографическое описание проводилось с использованием оптического микроскопа Axioskop 40 с системой анализа изображений, вещественный состав вмещающих пород исследовался сканирующим электронным микроскопом Hitachi S-3400N с приставкой для микроанализа. Исследования проводилось в учебно-научной лаборатории электронно-оптической диагностики МИНОЦ «Урановая геология».

Выпускная квалификационная работа состоит из 137 страниц, включает

38 рисунков, 27 таблиц, список использованной литературы из 93 наименований.

Автор выражает глубокую признательность заведующему лабораторией петрофизических исследований Научно исследовательского геологоразведочного предприятия АК «АЛРОСА» ПАО доктору геолого-минералогических наук К.М. Константинову, за помощь в сборе полевых материалов, геологу II категории П.В. Старостину, геофизику II категории А.А. Яковлеву.

За помощь в написании и оформлении дипломного проекта автор выражает признательность сотрудникам отделения геологии ТПУ: профессору, д. г.-м. н., Е.Г. Языкову и ассистенту к. г.-м. н., С.С. Ильенку. Особая благодарность и признательность моему научному руководителю доценту, к. г.-м. н., В.А. Домаренко за постоянную помощь, поддержку и чуткое руководство.

1. Минерально-сырьевая база алмазов мира

Алмазная промышленность представляет отрасль горной промышленности по добыче, обработке и продаже необработанных алмазов. По данным компании Bain&Company, в 2005 году в мире добывалось 177 млн. карат. Плавное снижение в 2006-2008 годах переросло в весомое падение в кризисном 2009 году. С тех пор уровень добычи почти не менялся и составил в 2016 году 128 млн. карат (рисунок 1).

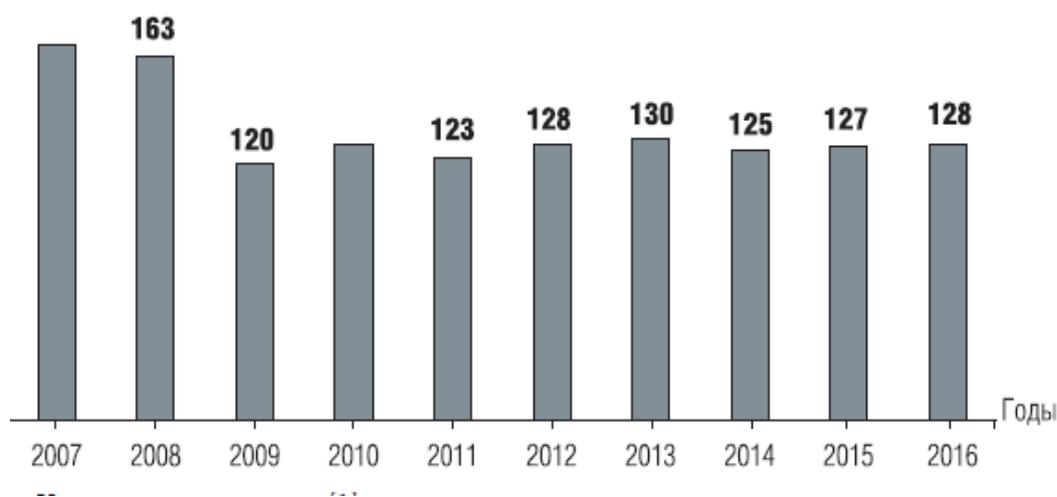


Рисунок 1 Добыча алмазов в мире [4]

Подавляющий объем добычи алмазов сосредоточены в 9 странах, на долю которых приходится 99% мировой добычи в натуральном выражении. Более крупными производителями алмазов являются Россия, Ботсвана и демократическая республика Конго (рис 2).

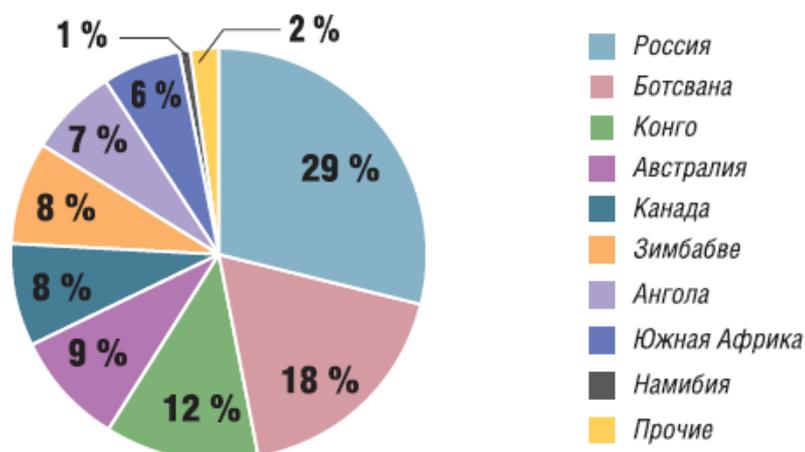


Рисунок 2 Структура добычи алмазов по странам, %, 2013 г. [4]

Таблица 1 – Динамика добычи алмазов по ведущим странам мира (млн. карат)

Страна	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ангола	9,8	9,7	9,8	8,1	8,2	9,8	9,8	9,8	9,8
Австралия	13	14,6	11,5	9,7	9,8	11,4	9,8	13	13
Ботсвана	31	16,2	21,3	22,7	19,7	22,8	23	19,5	23
ДРК	32,6	21,1	19,7	17,8	21,3	14,6	14,8	14,7	14,8
Зимбабве	1	6,6	8,1	9,8	9,8	4,9	3,3	3,3	3,3
Канада	13	9,7	9,8	9,7	9,8	9,8	9,9	11,4	14,8
Намибия	3,3	2	3	1,6	3	3,2	3,3	3,2	1,6
Россия	35,9	34,1	34,5	35,6	36,1	35,8	39,5	42,3	39,4
Южная Африка	13	5,2	8,2	6,5	6,6	6,5	6,6	6,5	6,6

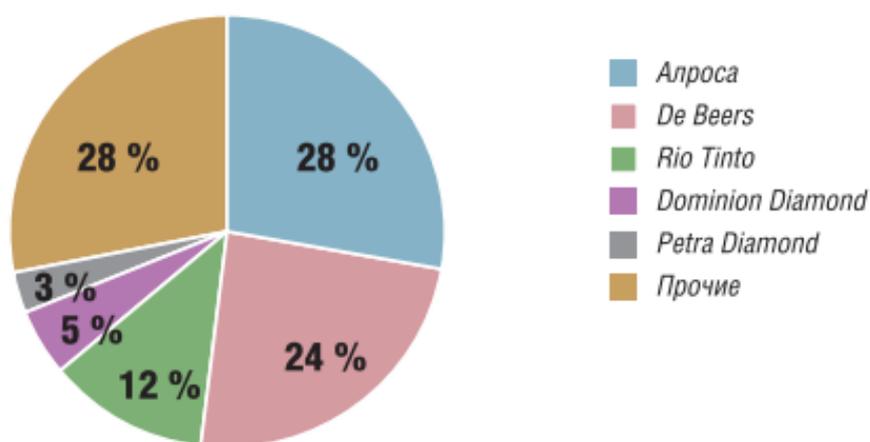


Рис. 3 Доля крупнейших компаний в добыче алмазов, % [5]

Мировая добыча алмазов на крупных месторождениях, на которые приходится 55% глобальной добычи. Эти месторождения разрабатываются в течение долгого времени, и на многих из них произошел переход к подземной добыче с ограниченным жизненным циклом в 10-20 лет. Остальная добыча происходит на россыпных месторождениях, важнейшие из которых расположена в Зимбабве и Демократической Республики Конго. Динамика добычи алмазов компаниями является разнонаправленной. Три из пяти компаний в 2015 году нарастили объём добычи. Добыча в целом по миру выросла на 3 млн. карат или на 2,4%. Текущий уровень добычи далек от максимумов, однако в случае с отдельными производителями динамика может

сильно варьироваться от компании к компании. Объем добычи и объемы реализации также могут сильно различаться.

По своим качествам алмазы, добываемые на месторождениях, делятся на две группы: ювелирные (около 70% все мировой добычи) и технические, последние широко используются в промышленных целях. Ювелирные алмазы сортируются по размеру, цвету качеству и форме и затем продаются покупателям в соответствии с продажной политикой добывающей компании.

Крупнейшими торговыми центрами, где концентрируется большая часть торговли необработанными алмазами, Бельгия, ОАЭ, США, Гонконг, Индия и Израиль.

Сравнивая объемы экспорта и импорта страны, можно составить представление потребления на её территории, но также об их переработки. Например, Индия импортирует на 100 млн. карат больше, нежели экспортирует. Это не значит, что остальные алмазы остаются в стране, а говорит о том, что в стране развита ювелирная промышленность. Индия с древнейших времен и по сегодняшний день остается крупным центром обработки и огранки алмазов.

Как видно из таблицы, значительные объемы добычи могут соответствовать низкой стоимости, и наоборот. Наилучшие тому примеры ДРК и небольшое государство Лесото. Это не значит, что одни и те же алмазы в разных странах стоят по-разному. Играет роль структура производства: где-то больше добываются крупные качественные ювелирные алмазы где-то преимущественно технические. Данные об импорте и экспорте алмазов (таблица 2).

Таблица 2 – Структура экспорта и импорта алмазов в мире

Страна	Объем, млн карат
Экспорт	
Европейский союз	96,7
ОАЭ	63,6
Индия	34,3

Продолжение таблицы 2

Россия	30,8
Импорт	
Индия	130,1
Европейский союз	104,1
ОАЭ	62
Китай	14

Эти данные указывают, скорее, на страны, наиболее активно задействованные в добыче или переработке алмазов, но не всегда на то, где эти алмазы фактически употребляются. Средняя цена российских алмазов – 101 доллар США за карат. При этом необходимо понимать, что 97% в стоимостном выражении составляет ювелирные алмазы, средняя цена которых значительно выше.

Ювелирные алмазы добываются в основном в Ботсване, России, Южной Африки, Анголе, Намибии, Австралии и демократической Республики Конго. Для производства одного карата готового алмаза необходимо добывать около 250 тонн руды.

В настоящее время в мире известно о существовании 5.000 кимберлитовых тел, но только 100 из них с достаточным содержанием алмазов, представляющих экономический интерес. Кимберлитовая, аллювиальная и морская добыча используют разные технологии. Кимберлитовые месторождения могут быть открытыми и подземными. Аллювиальные месторождения могут разрабатываться только в небольших масштабах. Морская добыча требует использования специальных судов. Добыча алмазов имеет место на всех континентах Земли.

Рынок алмазов можно считать более стабильной альтернативой другим сырьевым рынкам. Спрос на драгоценные камни в денежном выражении хоть и значительно ниже спроса, скажем, на нефть, газ, золото, уголь или металлы, но зато более предсказуем и стабилен, что сказывается и на ценах.

Так как большая часть выручки приходится на ювелирные алмазы, которые меньше, чем технические, подвержены колебаниям спроса со стороны промышленного производства, отрасль в кризисной для мировой экономики моменты выглядит достойно.

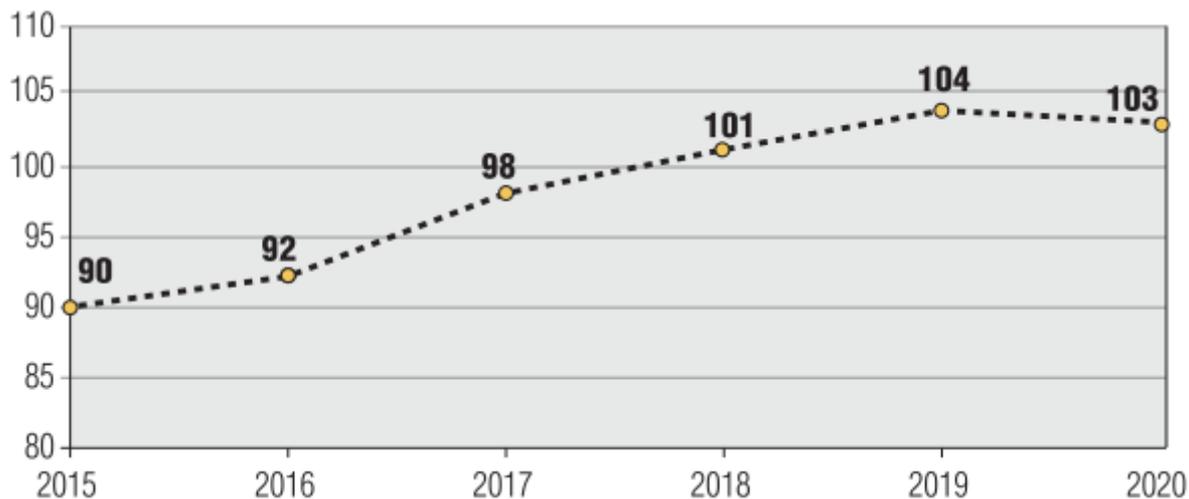


Рисунок 4 Прогноз средних цен на алмазы, в млн. долларов США/карат[6]

В долгосрочной перспективе до 2030 года глобальный спрос на необработанные алмазы прогнозируется на уровне 2 -5% в год. США и Китай останутся крупнейшими рынками ювелирных алмазов, а Индия, по всей вероятности, займёт по этому показателю третье место, обогнав к 2020 году Европу и Японию [4].

В целом положение компании алмазодобывающей отрасли можно назвать устойчивым. Даже несмотря на падение спроса на алмазы рентабельность остаётся высокой, а после не самого удачного 2014 года основные игроки рынка получили положительные итоговый финансовый результат. Драгоценные камни, на которые идёт большая часть наиболее дорогих алмазов, имеет стабильный спрос а потому в долгосрочной перспективе отрасль выглядит привлекательно для инвесторов.

2. Перспективы развития минерально-сырьевой базы алмазов Российской Федерации

Развитие добычи алмазов в России определяется мировыми тенденциями. Российская Федерация наряду с африканскими странами остается крупнейшим мировым производителем необработанных алмазов [7]. В 2017 году добыча природных алмазов составила 30% мирового уровня, что в физическом эквиваленте составляет 40.3 млн. каратов.

Таблица –3 Состояние минерально- сырьевой базы алмазов России

на 1.01.2017 г.				на 1.01.2018 г.		
Прогнозные ресурсы	P1	P2	P3	P1	P2	P3
количество, млн кар	391,95	401,05	3075,88	391,95	401,05	3120,88
Запасы*	A+B+C1	C2		A+B+C1	C2	
количество, млн кар	986,1	197,4		963,5	208,1	
доля распределенного фонда, %	96,6	97,9		96,5	98	

Таблица–4 Использование сырьевой базы алмазов Российской Федерации[2]

Год	2016 г.	2017 г.
Добыча из недр, млн кар	40,1	40,3
Производство сырых алмазов, млн кар	40,3	42,6
Производство сырых алмазов, млн долл.	3 579	4 112
Экспорт сырых алмазов, млн кар	42,7	46
Экспорт сырых алмазов, млн долл.	4 393	4 429
Импорт сырых алмазов, млн кар	0,181	0,71
Импорт сырых алмазов, млн долл.	139,2	196,1

Российская Федерация располагает богатейшей в мире минерально-сырьевой базой коренных алмазов — запасы драгоценных камней эксплуатируемых и осваиваемых месторождений, подсчитанные по международному стандарту JORC, составляют 653 млн кар, а запасы, учитываемые Государственным балансом запасов полезных ископаемых Российской Федерации, превышают 1,18 млрд. кар; более 83% из них относятся к категориям A+B+C1. Также на государственном учете стоят гигантские запасы импактных алмазов, достигающие 268 млрд. кар. Перспективы прироста запасов алмазов значительны, однако большая часть прогнозных ресурсов относится к наименее изученной категории P3; прогнозные ресурсы категорий P1 и P2 примерно равны и составляют около 400 млн. кар по каждой категории.

Основу российской сырьевой базы алмазов составляют коренные кимберлитовые месторождения в трубках и дайках, заключающие 93% запасов драгоценного сырья; еще 7% запасов камней сконцентрировано в россыпях.

Таблица–5 Запасы алмазов и объемы их добычи в ведущих странах

Страна	Запасы, млн кар	Добычи в натуральном выражении		Добычи в денежном выражении	
		млн кар	%	млрд долл. США	%
Россия	653,3	40,3	30	3,58	29
ДРК	111	23,2	17	0,25	2
Ботсвана	306,6	20,5	15	2,85	23
Австралия	67,4	14	10	0,22	2
Канада	267	13	10	1,4	11

Почти 4/5 запасов алмазов России сосредоточено в недрах Дальневосточного федерального округа, где на территории Республики Саха (Якутия) расположены главные месторождения страны: кимберлитовые трубки Удачная, Мир, Юбилейная, Ботуобинская, Айхал, Нюрбинская, Интернациональная и Зарница, а также гигантские по количеству запасов россыпи Нюрбинская и р. Эбелях. Суммарно эти месторождения заключают

почти 70% российских запасов алмазов. Некоторые из них уникальны по концентрации камней; так, кимберлиты Интернациональной трубки в среднем содержат 9,2 кар/т, Ботуобинской — 6,2 кар/т, Айхал — 5,8 кар/т, Нюрбинской — 4,6 кар/т, а пески одноименной россыпи — 4,9 кар/куб. м.

В Республике Саха (Якутия) локализовано основное количество отечественных прогнозных ресурсов драгоценных камней категорий P1 и P2. Большой частью они приурочены к флангам и глубоким горизонтам разрабатываемых месторождений.

В Северо-Западном федеральном округе находится еще один крупный алмазоносный регион, заключающий более 20% запасов алмазов страны, сосредоточенных в семи кимберлитовых трубках Архангельской области: имени В. Гриба и шести трубках группы имени М. В. Ломоносова (Архангельская, имени Карпинского 1, имени Карпинского 2, имени Ломоносова, Пионерская и Поморская; на последней учтены только забалансовые запасы алмазов



Рисунок 5 Основные месторождения алмазов и распределение их запасов и прогнозных ресурсов категории P1 по субъектам Российской Федерации, млн. кар [7]

В распределенном фонде недр по состоянию на 1.01.2017 г. находилось 47 месторождений алмазов (20 коренных и 27 россыпных), в том числе все

значимые объекты, за исключением Краснопресненской трубки, которая при высоком качестве руд отличается крайне сложными горнотехническими условиями эксплуатации. Нелицензированными остаются еще три кимберлитовые трубки в Республике Саха (Якутия) и 28 россыпей в Якутии и Пермском крае, которые по качественным характеристикам уступают вовлеченным в освоение месторождениям.

Компания ПАО «АК "АЛРОСА"» завершила работы по разведке глубоких горизонтов Трубки Айхал, по результатам которых получен значительный прирост запасов алмазов — 41,4 млн. кар категории С1 и 0,55 млн кар категории С2.

В итоге прирост запасов алмазов категорий А+В+С1 за счет ГРР в 2016 г. составил 28,9 млн. кар., что позволило компенсировать немногим менее трех четвертей убыли запасов при добыче. Кроме того, по результатам переоценки получен прирост запасов алмазов в количестве 12,8 млн. кар, практически полностью — на Верхне-Мунском месторождении в Республике Саха (Якутия). В целом, с учетом разведки, переоценки, добычи, потерь при добыче и изменения технических границ, в 2016 г. запасы алмазов категорий А+В+С1 по сравнению с предыдущим годом увеличились на 3,2 млн кар, категории С2—уменьшились на 6,9 млн кар.

Объем добычи алмазов в России в 2016 г. составил 40,1 млн кар, что почти на 5% меньше результата предыдущего года. Снижение добычи вызвано ее сокращением на трубках Юбилейная, Удачная, Интернациональная и Ботуобинская из-за отработки блоков руды с более низким содержанием алмазов. В 2018 г., по предварительным данным, добыча алмазов осталась примерно на том же уровне — 40,3 млн. кар.

Основной объем, а именно 99% всех алмазов в России добываются в Республике Саха (Якутия), есть также небольшие месторождения на территории Пермского края и Архангельской области. В России на рынке алмазов более 95 % российской добычи приходится на компанию АК «АЛРОСА» ПАО.

Компания обладает богатейшими кимберлитовыми месторождениями в России. Крупнейшими горно-обогатительными комбинатами (ГОК) по производству природных алмазов являются Мирнинский (185,5 млн. кар), Удаченский (212,4 млн. карат), Айхальский (171,3 млн. карат) и Нюрбинский (173 млн. карат) [2]. В 2016 году на долю компании приходилось 96,8% от общего производства алмазов в России. АК «АЛРОСА» ПАО, как монополист в горнодобывающем сегменте устанавливает высокие барьеры для выхода на рынок новым компаниям, за исключением разработки россыпных месторождений. Это объясняется тем, что месторождения алмазов, имеют стратегическое значение для страны.

В нынешней экономической и политической ситуации, связанной с замедлением роста экономики, сложно прогнозировать перспективы роста производства алмазов в Российской Федерации [2]. Ко всему прочему ситуация усложняется низкой стоимостью необработанных алмазов на мировом рынке (около 88,75 долл./кар.), падением рентабельности добычи сырья на ряде месторождений, стремлением некоторых алмазодобывающих стран развивать собственные обрабатывающие мощности. Несомненно, что по мере разрастания мирового финансового кризиса эти обстоятельства могут негативным образом сказаться на перспективах развития российской алмазно-бриллиантовой индустрии уже в ближайшие годы. Из всего вышесказанного следует необходимость проведения всестороннего анализа состояния, проблем и перспектив развития Российского алмазного рынка в современных условиях международной торговли [8].

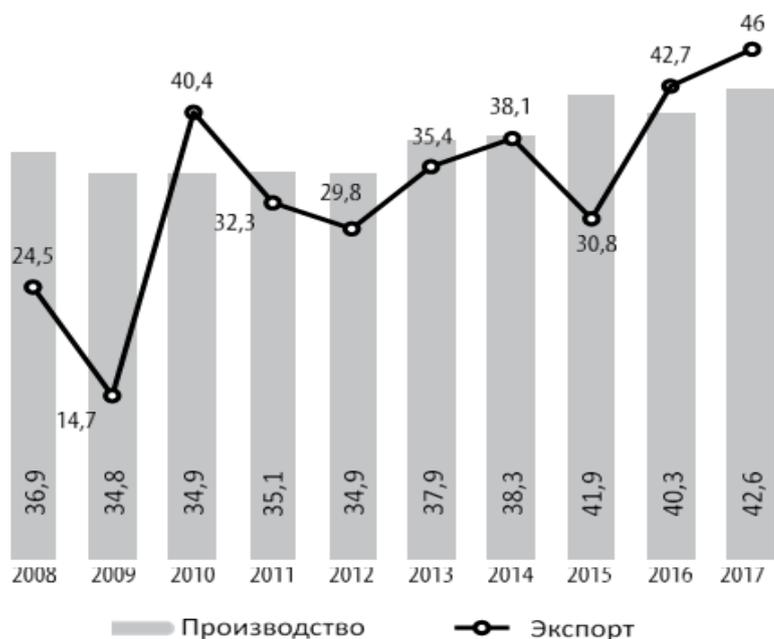


Рисунок 6 Динамика производства и экспорта сырых алмазов в натуральном выражении в 2008–2017 гг., млн. кар

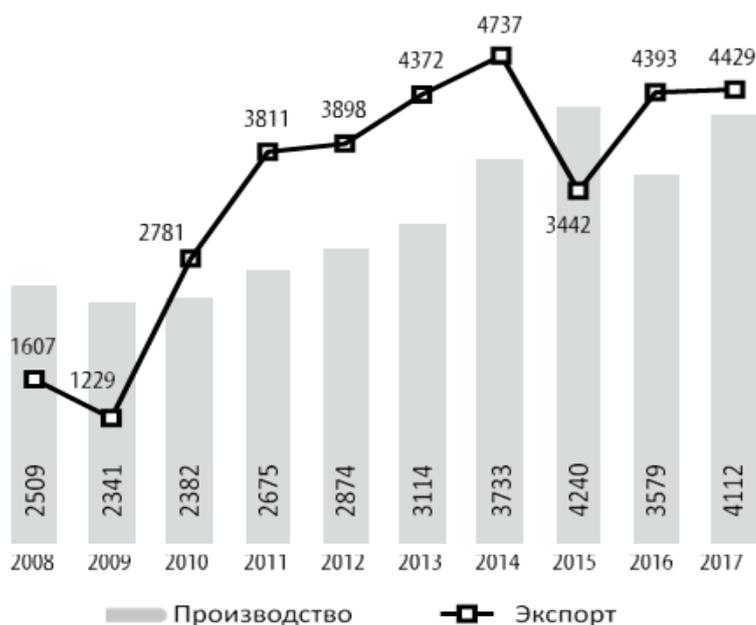


Рисунок 7 Динамика производства и экспорта сырых алмазов в денежном выражении в 2008–2017 гг., млн. долл.

Бриллианты и ювелирные изделия с ними являются предметами роскоши, и спрос на них напрямую зависит от уровня благосостояния потребителей, а следовательно — от финансово-экономической ситуации в мире. После резкого падения во время мирового кризиса 2008–2009 гг. рынок бриллиантов довольно быстро восстановился и начал набирать обороты на фоне роста спроса со стороны азиатских стран, в особенности Китая. Взлетев

до максимума в середине 2011 г., позже цены начали не менее стремительное снижение, которое с некоторыми перерывами продолжалось до начала 2017г.

Хотя Россия является крупнейшим в мире держателем запасов алмазов, они могут быть исчерпаны менее чем через четверть века, учитывая высокие темпы добычи. На всех значимых коренных месторождениях страны, за исключением трубок Юбилейная и Зарница, алмазодобыча ведется дорогостоящим и трудоемким подземным способом. В течение трех последних десятилетий в России не было открыто ни одного месторождения алмазов, которое могло бы быть сопоставимо с главными разрабатываемыми кимберлитовыми трубками страны по количеству запасов и качеству сырья.

Наиболее выгодная для страны позиция - формировать на территории России производство ювелирных изделий и изделий для высокотехнологичных отраслей с использованием драгоценных камней.

Идея построить на базе «АЛРОСА» вертикально-интегрированную структуру, которая объединяла бы все составляющие алмазно - бриллиантового комплекса, уже предлагалась, но одобрения от высшего менеджмента алмазно-гранильного бизнеса Компании не получила. Дело в том, что структура каждого из сегментов, будь то добыча, огранка или производство ювелирных изделий проста и понятна. Специфика деятельности каждого сегмента индивидуальна. Например, огранка или производство ювелирных изделий – это высококонкурентные рынки. От участников данного производства требуется повышенное внимание на меняющуюся конъюнктуру рынка, способность их адаптироваться и принимать оперативные решения.

Столкнувшись с данным вариантом развития в будущем, российские горнорудные компании будут стремиться улучшить методы обогащения низкосортных руд, используя современное оборудование [9]. Более того, они должны будут изменить процесс обогащения руд для снижения денежных и транспортных расходов путем осуществления переработки на месте или использования грузовых машин.

Еще хотелось бы сказать, что Российский рынок алмазов и изменение основных показателей развития в целом неоднородна [10]. В физическом выражении такие показатели как, добыча, импорт, экспорт алмазов не обнаруживают определенной тенденции. Это объясняется устойчивостью структуры мирового алмазно-бриллиантового комплекса, когда на рынке доминируют несколько крупных участников.

Помимо того, постепенно снижается эффективность добычи российского алмазного сырья на разрабатываемых месторождениях, а новые, крупные месторождения, за редким исключением, в настоящее время не разведываются. В этих условиях стране весьма затруднительно наращивать объем добычи природного алмазного сырья на рынке.

Показатели развития рынка алмазного сырья устойчиво повышаются[11]. Это объясняется тем, что алмаз остается самым популярным и дорогим драгоценным камнем. В то время как стоимость других драгоценных камней полностью зависит от модных тенденция, предпочтений потребителей и непрерывно меняется, алмаз является признаком стабильности на рынке драгоценных камней.

3. История открытия алмазов на территории России геологическая изученность Якутской алмазоносной провинции

В данной главе рассматриваются основные моменты из истории открытия алмазов на территории России. Важные аспекты изученности алмазоносности Якутии, успехи людей внесших свою лепту для изучения Якутской алмазоносной провинции.

3.1. Открытия алмазов на территории России

Находки алмазов в России (Урал, Архангельская губерния, Енисейский край, Кольский полуостров) были известны давно. Начиная с 1938–1939 гг. вопросу изученности алмазоносной территории СССР правительством и геологическими организациями уделялось большое внимание в связи с необходимостью обеспечения нашей страны собственными техническими алмазами для удовлетворения растущих потребностей отечественной промышленности. Решение «алмазной» проблемы в СССР в те годы было не только экономическим, но и политическим вопросом, так как ведущие страны мира имели возможность резкого регулирования отпуска технических алмазов с целью разностороннего давления на Советский Союз.

Первые геолого-поисковые работы на алмазы были поставлены на Урале, где единичные находки алмазов были известны с 1829 г. В 1938–1939 гг. здесь были открыты первые алмазоносные россыпи, промышленная эксплуатация которых началась в 40-е гг. прошлого века. Но уральские алмазные россыпи оказались довольно бедными.

После окончания Великой Отечественной войны организация поисков алмазов в СССР, была поручена специальному Третьему геологическому управлению Министерства по делам геологии. Перед новым управлением была поставлена задача поисков более богатых, чем уральские, месторождений алмазов на всей территории СССР.

Третье геологическое управление значительно расширило поисково-разведочные работы на алмазы на Урале и организовало работы по поиску алмазов на Енисее, в Восточных Саянах, в бассейнах Ангары и Подкаменной

Тунгуски, на Кольском полуострове. Кроме того, территориальными геологическими управлениями Министерства геологии СССР были поставлены поисковые работы на алмазы на Дальнем Востоке, в Восточной и Западной Сибири, Казахстане, на Северном Кавказе и в Таджикской ССР.

3.2. Изученность Якутской алмазоносной провинции

Первой к изучению алмазоносности территории Якутии в бассейне верхнего течения Вилюя приступила в 1948 г. Вилюйская партия, возглавляемая геологом Г.Х. Файнштейном, Тунгусской (с 1949 г. – Амакинской) экспедиции Иркутского геологического управления. Отправка этой партии на Вилюй стала возможной благодаря инициативе технического руководителя экспедиции М.М. Одинцова и дополнительным социалистическим обязательствам Тунгусской ГРЭ на 1948 г., так как в план эти работы не были включены. Коллектив экспедиции обязался полностью выполнить план поисковых работ, утвержденных проектом, но с меньшими затратами и силами, а за счет сэкономленных средств, без увеличения ассигнований, сформировать дополнительную партию для работы в бассейне Вилюя.

Известно, что до 1918 г. в долине Вилюя и других его притоков велась добыча золота и платины. В годы наиболее интенсивной эксплуатации (1915–1918 гг.) на косах Вилюя добывалось ежегодно до 16 кг золота и 2,4–2,8 кг платины [12]. Вполне возможно, что при промывке золотых песков старателям попадались и алмазы. В своих воспоминаниях Г.Х. Файнштейн пишет, что в 1949 г. побывал в районе наслега Тенке у вдовы якутского купца Крюкова, имевшей, по рассказам местных жителей, алмаз для резки стекла. И хотя вдова не показала алмаз гостям, сказав, что потеряла его, и не рассказала, как он попал в их семью, Г.Х. Файнштейн был уверен, что он имеет местное происхождение [13].

Вилюйской партией в целях выявления участков, перспективных для постановки поисков на алмазы, летом 1948 г. были проведены геолого-геоморфологические исследования в бассейне Вилюя от его верховьев до с.

Нюрба и в районе Тунгусско-Вилюйского междуречья на участке верховьев Чоны и Чирко. Г.Х. Файнштейн отметил значительную роль в геологическом строении указанного района пород трапповой формации, которые, по его мнению, являлись перспективными в отношении алмазоносности, и наметил районы для постановки поискового опробования на алмазы, в число которых были включены бассейн Чирко и верхнее течение Вилюя.

В 1950 г. в Вилюйском алмазоносном бассейне начала проводить поисково-разведочные работы 2-я Восточная комплексная партия АмГРЭ (база – с. Крестях), в состав которой входили партии 126 (П.И. Черняев), 127 (В.В. Алексеев), 128 (Ю.И. Хабардин), 129 (В.Б. Белов) и 131 (И.Г. Прокопьев). Главной задачей всех этих партий было изучение алмазоносности среднего Вилюя. В этом году партией 126 была разведана в основных контурах россыпь «Соколиная», констатированы алмазы на косе «Орлиная» и в отложениях террас Вилюя в районе косы «Соколиная», партией 127 констатированы алмазы на косах «Счастливая», «Сказочная», в галечниках поймы у с. Крестях. Тогда же были открыты алмазоносные россыпи на Вилюе – «Сталинская», «Огонек», «Рыбачья», «Колхозная», «Пережатная», «Темкенская».

В 1950 г. партия 129 провела геолого-геоморфологические исследования в бассейне Мархи с небольшим объемом опробования. В итоге этих работ в бассейне Мархи была открыта алмазоносная россыпь «Верхние острова» и установлена алмазоносности русловых отложений реки. Таким образом, открытие сотрудниками АмГРЭ многочисленных алмазоносных аллювиальных россыпей в бассейне Вилюя и Мархи, позволило сделать вывод, что ими обнаружена богатая алмазоносная провинция со своими коренными источниками алмазов – Якутская алмазоносная провинция.

В 1951 г. поисковые работы на алмазы в среднем течении Вилюя были значительно расширены. Были выделены крупные ассигнования на поиски алмазов в бассейне этой реки. Было принято решение приступить к детальной разведке россыпей «Сталинская 1, 2, 3» и оценке их возможной промышленной эксплуатации, продолжить разведку алмазов на Вилюе выше реки Малая

Ботуобия до порога Улахан. В 1951 г. в АмГРЭ работали 27 полевых, одна тематическая партия и 3 отряда.

Почти все разведочные и поисковые работы, проведенные в среднем течении Вилюя в 1949–1951 гг., дали хорошие результаты – были сделаны многочисленные находки алмазов в аллювиальных отложениях Вилюя, образующих устойчивые скопления – россыпи. Как и ожидалось, содержание алмазов в вилюйских алмазоносных россыпях оказалось выше, чем в уральских. Средний вес алмазов в россыпях Вилюя составлял от 20 миллиграммов на косе «Сталинской» до 8–9 мг на косе «Рыбачьей», в то время как на Урале преобладали камни весом 200–400 миллиграммов.

После первых находок алмазов в Западной Якутии здесь началось планомерное изучение геологии Вилюйского бассейна АН СССР, ВСЕГЕИ, Всесоюзным институтом минерального сырья (ВИМС), Всесоюзным аэрогеологическим трестом (ВАГТ). Постановлением Совета Министров СССР от 1 февраля 1949 г. на АН СССР было возложено изучение алмазоносности Сибирской платформы.

В 1952 г. 2-я комплексная партия АмГРЭ продолжила работы в бассейне среднего течения Вилюя и начала геолого-поисковые работы в верховьях Моркоки. Была закончена разведка косовых россыпей «Сказочная», «Звездочка», «Сталинская 1», «Огонек». В том же году Всесоюзной комиссией по запасам (ВКЗ) СССР были утверждены запасы алмазов наиболее богатых якутских россыпей «Соколиная», «Сталинская 1», «Сказочная», «Верхние острова».

Поисковые работы, проведенные в 1952–1954 гг. на реке Моркоке, выявили непромышленное содержание почти во всех опробованных россыпях. Этот район был признан бесперспективным. Небогатыми также оказались россыпи Мархи выше устья реки Моркоки.

В Западной Якутии в это время работала и 5-я Комплексная партия АмГРЭ, в задачу которой входили всевозможные геологические исследования алмазоносных районов Сибирской платформы с целью выявления

первоисточника алмазов и внедрения более совершенных методов геологических исследований.

В это время на территории Западной Якутии в составе АмГРЭ трудилось 1200 рабочих. Рост коллектива экспедиции происходил в основном за счет приезжих специалистов. Если в первые годы деятельности АмГРЭ в Якутии основная часть ее рабочих была представлена бывшими уголовниками, старателями и местными жителями, то к 1952–1953 гг. в коллективы партии влились рабочие и инженерно-технические работники из Сибири, Дальнего Востока, Урала [15].

В 1952 г. геологами НИИГА (Научно-исследовательского института геологии Арктики) в районе с. Шологонцы в верхнем течении Мархи было найдено 17 кристаллов алмазов. В следующем году ими были найдены алмазы в верхнем течении Моркоки. В течение 1952–1953 гг. геологами НИИГА найдены алмазы в бассейне Алакита и в устьевой части реки Нижняя Томба. В 1951 г. геолог НИИГА К.С. Забурдин обнаружил на реке Омонос (притоке Беректы, впадающей в Оленек) выход на поверхность темно-зеленого туфа, который минералогом В. Черепановым во время камеральных работ был определен как кимберлит. Но начальник минералогической лаборатории НИИГА М.Г. Равич предложил назвать эти породы эруптивными туфами. Спустя четыре года на месте находки К.С. Забурдина геологи НИИГА обнаружили кимберлитовую трубку «Ленинград» [16].

Для добычи песков со дна реки использовали так называемые пахари – большие лопаты, укрепленные на плоту. Зимой для опробования русел рек выполняли специальные работы на проморозку – прорубали поперек реки несколько прорубей и постепенно их промораживали до самого дна [14]. Когда промораживалась вся толща воды до галечника, начиналась проходка канавы с помощью костров или лома. На берегу до галечников добирались с помощью глубоких шурфов, вырытых вручную или «на пожог», когда с помощью костров размораживали землю. С 1951 г. при проходке шурфов стали применять взрывчатку. Добытые пески складировали на бортах канав и шурфов, оттуда их

вывозили конными или оленьими подводами на рудные дворы.

Несмотря на то, что в 1948–1952 гг. работы по поиску алмазов в Якутии увенчались многочисленными находками, вопрос о первоисточниках алмазов оставался здесь открытым [13]. С самого начала поисковых работ на Вилюе в качестве минералогических критериев перспективности бассейнов тех или иных рек многими геологами выдвигался тот же комплекс минералов, что и на Урале, в частности хромит и платина. Кроме хромита, спутниками алмазов эти геологи считали все минералы, которые были обнаружены в россыпях вместе с алмазами. Отсюда, вследствие резкого преобладания в россыпях минералов, связанных с траппами, наиболее благоприятными для поиска алмазов считались районы, где широко развиты породы трапповой формации.

Первой была открыта кимберлитовая трубка «Зарница» 21 августа 1954 года [12] геологом Ларисой Попугаевой и её помощником Ф. А. Беликовым. Они были членами экспедиции, которую возглавляла Н. Н. Сарсадских [17]. Следом, 13 июня 1955 года Ю. И. Хабардиным, Е. Н. Елагиной и В. П. Авдеевко была открыта трубка «Мир», которая стала вторым коренным месторождением алмазов в Якутии после открытия в 1954 году первой в Советском Союзе кимберлитовой трубки «Зарница». И кимберлитовая трубка «Удачная» была открыта 15 июня 1955 года [13] геологоразведочным отрядом под руководством В. Н. Щукина.

В настоящее время можно с уверенностью сказать, что открытие первых коренных месторождений алмазов в Якутии произошло бы значительно ранее, если бы поисковые работы были обеспечены опережающими научными исследованиями, более четким определением цели поиска – кимберлита, с точным указанием характерных черт его петрографии и минералогии, включая сведения о минералах-спутниках.

4.Изученность Алакит-Мархинского кимберлитового поля

Ранее проведенные геологоразведочные работы на территории Алакит-Мархинского кимберлитового поля представлены в производственных отчетах по геологической, геофизической, и геохимической изученности.

4.1.Геологическая изученность

Планомерное изучение Алакит-Мархинского алмазоносного района с целью поисков коренных и россыпных месторождений алмазов было начато после первых находок алмазов на р. Вилюй (1949 г.) и р. Моркока (1951 г.) [18]. В начале 50-х годов вся территория района была покрыта кондиционной геологической съемкой масштаба 1:1000000, сопровождавшейся поисками коренных месторождений алмазов. В эти же годы в районе проводились тематические маршрутные исследования по составлению шлиховой карты Сибирской платформы силами партии №26 Центральной экспедиции Союзного треста. В результате этих работ Н.Н. Сарсадских и А.А. Кухаренко установили, что гранаты, повсеместно встречающиеся в шлихах бассейна р.Далдын, относятся к пироповому ряду и являются парагенетическими спутниками алмазов.

В 1954 г. Л.А. Попугаевой, в ходе шлихового опоскования бассейна р. Далдын, была открыта первая в СССР кимберлитовая трубка Зарница[19]. Это открытие на многие годы предопределило интенсификацию поисков месторождений алмазов в пределах Алакит-Мархинского района, вошедшего в число наиболее перспективных территорий Якутии. Основной объем геолого-поисковых и разведочных работ в районе, с момента открытия первой трубки и до сегодняшнего дня, производит Амакинская геологоразведочная экспедиция. Во второй половине 50-х годов вся территория Алакит-Мархинского кимберлитового поля была покрыта кондиционной геологической съемкой масштаба 1:200 000. По результатам геолог съёмочных работ были подготовлены к изданию, а затем изданы листы Государственной геологической карты СССР масштаба 1:200 000 [20]. В 60-70-х годах

проводится кондиционная геологическая съемка масштаба 1:50 000. В районе среднего течения реки Сохсолох проведены съемочные работы масштаба 1:10 000. В процессе проведения геолог съёмочных работ выполнялось шлиховое и мелко-объемное опробование аллювиальных и склоновых отложений, осуществлялась проходка шурфов и опробование на алмазы базальных горизонтов карбон-пермских отложений, заверка геофизических аномалий.

Одновременно с геологической съемкой, начиная с 1952 года, в районе проводились общие поиски масштабов 1:200 000 - 1:100 000 в результате которых была установлена алмазоносность аллювиальных отложений верхнего течения р. Мархи и её притоков, наличие минералов- спутников алмаза разной степени сохранности. В 1955 г. были открыты трубки Сытыканская и Маршрутная, первая из которых оказалась промышленно алмазоносной.

В результате этих исследований было открыто несколько кимберлитовых трубок, в том числе, в 1960 году – трубка Айхал, которая по содержанию алмазов является наиболее богатым месторождением в Далдыно-Алакитском алмазоносном районе. Кроме того, были определены перспективные участки на обнаружение новых кимберлитовых трубок. Кимберлитовые тела Алакит-Мархинского поля большей частью перекрыты мощным покровом (до 100-150 м) терригенных отложений верхнего палеозоя и базитов трапповой формации, поэтому поиски их традиционными методами оказались малоэффективными. В результате этих работ было вскрыто несколько десятков кимберлитовых тел, в том числе три коренных месторождения алмазов – трубки Комсомольская (1974 г.), Юбилейная (1975 г.) и Краснопресненская (1984 г.) [18].

Наряду с поисковыми работами на алмазы в Алакит-Мархинском поле проводился большой объем разведочных работ на трубках Айхал, Сытыканская, Юбилейная, Краснопресненская и Комсомольская, давших значительный фактический материал по структурно-тектоническому положению месторождений в структуре кимберлитового поля, гидрогеологии, морфологии, вещественному составу и алмазоносности месторождений.

В конце 2003 года завершены работы по изучению остаточных перспектив Далдынского кимберлитового поля в рамках объекта Далдынский. В контуры объекта входили, в том числе и северо-восточные фланги Алакит-Мархинского поля. В результате была составлена обновленная геологическая карта масштаба 1:50 000, получены новые данные о пликативной и разрывной тектонике фундамента и осадочного чехла, позволившие наметить дальнейшие пути картирования разрывных нарушений в верхней части разреза и установлению их связей с кимберлитовым магматизмом. Так же выявлены кимберлитовые трубки с убогой алмазоносностью (Сохсолохская и Кутузовой), находящиеся на северном фланге Алакит-Мархинского поля.

В 2008-2010 гг. были выполнены поисковые работы по объекту Верхне-Чукукский. В результате проведенных работ в 450 м и 500 м юго-восточнее тр. Кира вскрыты две кимберлитовые жилы. Проведены поисково-оценочные работы на трубке Кира, а также до изучение вещественного состава и алмазоносности трубок Мархинская и Москвичка.

4.2. Геофизическая изученность

Геофизическое изучение предполагает аэрогеофизические исследования, наземную магниторазведку, электроразведку, сейсморазведку.

4.2.1. Аэрогеофизические исследования

Аэрогеофизические исследования начались в 1953 году[21]. В период с 1953 по 1958 гг. вся площадь была покрыта мелкомасштабными аэромагнитными (1:1000000 и 1:200000) съёмками, проводившимися Восточной экспедицией Западного геофизического треста с целью геологического картирования территории и уточнения её тектонического строения. По материалам аэромагнитных съёмок масштаба 1:200 000 составлены и изданы Государственные карты аномального магнитного поля масштабов 1:200000 и 1:1 000000 на лист Q-49. Эти расчеты используются до настоящего времени при геолого-тектонических построениях.

4.2.2. Наземные геофизические исследования

В своем большинстве наземные геофизические работы на территории Алакит-Мархинского алмазоносного района были направлены на прямые поиски кимберлитовых тел [21].

Гравиразведка

Среднемасштабные работы. В 1970 году вся территория Алакит-Мархинского кимберлитового поля была покрыта гравиметрической съемкой масштаба 1:200 000. В результате проведенных работ составлена геолого-тектоническая схема Алакит-Мархинского кимберлитового поля и выделены участки предположительного проявления кимберлитового магматизма. Всего гравиметрической съемкой масштаба 1:50 000 было закрыто около 90% территории Алакит-Мархинского кимберлитового поля.

Детальные работы. Основной задачей детальной гравиразведки 60- 70-х гг. являлась разбраковка аномалий магнитного поля в условиях развития пород трапповой формации [22]. Амакинской горно-разведывательной экспедицией проведен ряд гравиметрических работ в комплексе с магниторазведкой масштаба 1:5 000 и 1:10 000. В результате проведенных камеральных работ были составлены сводная гравиметрическая карта по данным работ и сводная карта магнитного поля.

К достоинствам проведенных работ следует отнести составление единой гравиметрической карты по итогам работ 1974-79 гг., а также попытку выработки критериев для формального анализа полей с целью выделения потенциально перспективных аномалий. Было изучено гравитационное поле над трубкой Юбилейная [23], которая отражается отрицательной аномалией поля силы тяжести амплитудой порядка 1,2 мГал.

В 2008-2010 гг. проводились гравиразведочные работы по объекту Верхне-Чукукский [19]. С целью изучения структурно-тектонического строения площади. Оценивая в целом итоги проведения крупномасштабных гравиметрических работ, следует отметить, что решение задачи прямых поисков кимберлитовых тел на локальных участках в условиях сложного

рельефа неоднозначно и перед гравirazведкой в первую очередь необходимо ставить цели определения структурно-тектонического контроля кимберлитового магматизма.

Наземная магниторазведка. Наземные магнитные съемки с поисковыми целями проводятся в пределах Алакит-Мархинского кимберлитового поля с 1957 года[21]. Территория изучена крайне неравномерно, со значительными пропусками.

По работам 1968-70 гг. было выделено более 200 аномалий, при заверке которых были вскрыты трубки Октябрьская, Кира, Липа, однако большая часть аномалий оказалась обусловленной приповерхностными неоднородностями. В эти же годы магниторазведочные работы масштабов 1:2000 и 1:5000 выполнялись на известных трубках с целью изучения магнитного поля над ними и результаты исследований были сведены в альбомы. Во все годы значительный объем наземных магнитометрических работ выполнялся с целью заверки на земле аэромагнитных аномалий.

Электроразведка. Электроразведочные методы с целью поисков кимберлитовых тел в пределах Алакит-Мархинского кимберлитового поля начаты в 1958 году[18]. За прошедшее время было опробовано порядка 15 различных модификаций электроразведки на постоянном и переменном токе. Положительных результатов эти исследования не дали и в дальнейшем вышеуказанные методы в производственных целях не применялись.

Сейсморазведка. Сейсморазведочные работы в пределах Далдыно-Алакитского алмазоносного района проводились с 1974 года; в 1974-76 гг. в основном, как опытно-методические на известных трубках, с 1978 года они носили производственный характер.

В результате выделено 37 перспективных аномалий, но ни на одной из заверенных аномалий кимберлиты вскрыты не были, что, возможно, указывает на низкую эффективность сейсморазведочных методов для прямых поисков кимберлитовых трубок в условиях развития траппового магматизма.

В связи с вышеизложенным, основной целью геофизических работ являлось выделение и картирование линейных зон горизонтальных градиентов поля силы тяжести, линейных аномалий проводимости, связанных с предполагаемыми кимберлитовыми вмещающими зонами и выделение локальных аномалий, возможно, связанных с кимберлитовым магматизмом.

4.3. Геохимическая изученность

Первые попытки применения геохимии, как поискового метода, были предприняты Тимченко В.А. (ЯТЭ ЯТГУ) и Янишевским Е.М. (ИМГРЭ) в 1970-71 гг. [21]. Авторы пришли к выводу, что геохимическое опробование кимберлитовых тел и вмещающих пород не позволяет выявить вокруг трубок отчетливые первичные ореолы элементов-индикаторов [24]. Поэтому, основное внимание было направлено на совершенствование методики поисков по вторичным ореолам рассеяния типичных элементов-индикаторов кимберлитов: Cr, Ni, Co.

За период 1972-92 гг., в пределах Алакит-Мархинского кимберлитового поля, были выделены 223 геохимические аномалии, из которых 55 заверены бурением[1]. В 1984 году, при заверке геохимической аномалии на склоне долины ручья Шумного, под делювием, была обнаружена кимберлитовая трубка Геохимическая. Впервые была доказана принципиальная возможность поисков кимберлитов по вторичным ореолам рассеяния на открытых площадях.

С 2005 в результате, разработанных решений и рекомендации по усовершенствованию методики отбора и обработки проб при геохимических поисках геологоразведочные подразделения АК «АЛРОСА» полностью перешли на принципиально новый метод анализа литохимических проб, с использованием высокоточных приборов класса ICP (индуктивно связанная плазма) и ренгенофлуорисцентных анализов, позволяющих определять значительный круг химических элементов и компонентов с достаточным нижним пределом обнаружения[25].

Планомерное изучение Алакит-Мархинского района с целью поисков коренных и россыпных месторождений алмазов было начато в 1949 г после первых находок алмазов на реках Вилюй и несколько позднее реке Моркока 1951 г [27].

В ходе этих работ в частности было установлено, что в пределах Алакит-Мархинского кимберлитового поля, в отличие от Далдынского эффективность геофизических методов поисков низкая и основным поисковым критерием следует считать минералогический.

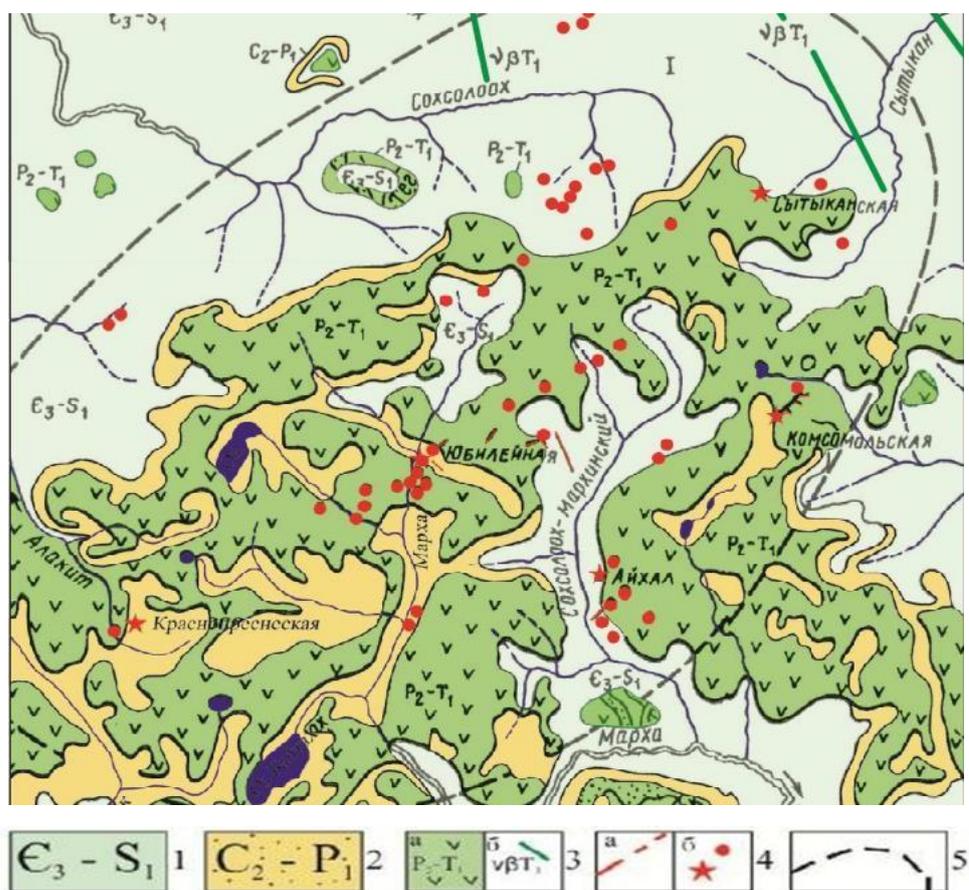


Рисунок 9 Схематическая геологическая карта Алакит-Мархинского алмазоносного района [29]

1-карбонатные породы кембрия-силура; 2-терригенные отложения пермо-карбона; 3-силлы (а) и дайки (б) траппов пермо-триасового возраста; 4-дайки, жилы (а) и трубки (б) кимберлитов среднего палеозоя; 5-границы Алакит-Мархинского кимберлитового поля

Трубка Айхал была открыта в ходе этой серии исследований. Она оказалась в Далдыно-Алакитском алмазоносном районе самой богатой по

содержанию алмазов. Результаты разведочных работ на этой трубке дали материал для разработки концепций структурно-тектонического положения месторождений в структуре кимберлитового поля [30].

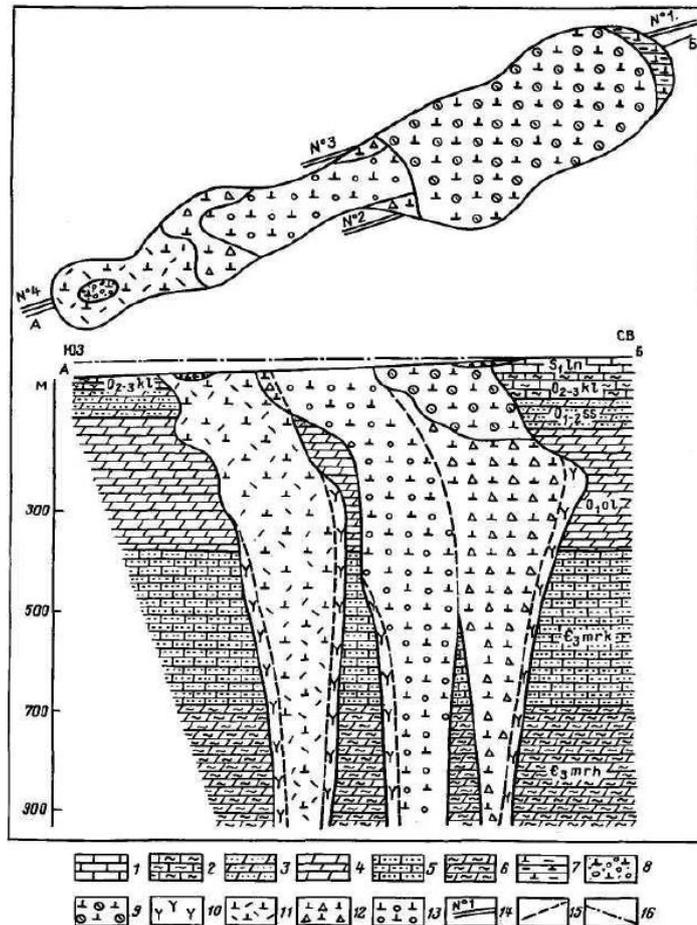


Рисунок 10 Геолого-структурный план и разрез трубки Айхал [1]

1-6-вмещающие породы: известняки, доломиты, терригенно-карбонатные породы; 7-стратифицированные породы осадочно-вулканогенного происхождения; 8-линзы переотложенных галечников; 9-кимберлитовые туфы и туфобрекчии; 10-порфиновые кимберлиты интрузивной стадии формирования (первая фаза); 11-13-кимберлитовые брекчии эксплозивной стадии внедрения: 11-мелкооб-ломочные юго-западного тела (вторая фаза), 12-туффизитовые восточной части северовосточного тела (третья фаза), 13-автолитовые центральной части трубки (четвертая фаза); 14-кимберлитовые дайки; 15-предполагаемая граница между кимберлитовыми породами различных фаз внедрения; 16-палеоповерхность трубки после высвобождения из-под траппов;

Трубка Айхал пространственно приурочена к левому склону долины реки Сохсолох-Мархинской, она находится в 15 км от устья данной реки. Трубка представляет собой крутопадающее тело линзообразной формы, сложенное кимберлитами различной плотности, и не кимберлитовыми (вмещающими кимберлиты) породами. Помимо трубки выявлены многочисленные дайки кимберлитов.

Трубка прорывает терригенно-карбонатные отложения нижнего полеозоя (Є3-S1), представленные известняками среднего отдела силурийской системы, мергелями и известняками кылахской свиты средневерхнего отдела ордовикской системы, доломитами и песчанистыми известняками сохсолохской свиты нижнего ордовика, глинистыми доломитами и доломитистыми известняками олдондинской свиты нижнего ордовика. В 50 метрах от трубки расположен трапповый силл.

Кимберлитовая трубка Айхал представляет собой крутопадающее сплюснуто-трубчатое тело, имеющее в поперечном сечении дайкообразную форму. До начала отработки поверхность рудного тела имела размеры: по длинной оси – 510 м, по короткой от 85 м до 125 м (рисунок 10).

Как единое рудное тело трубка прослеживалась до горизонта +350 м (на глубину 150 м от поверхности). Ниже обособляется и прослеживается на глубину западный рудный столб (один из подводящих каналов). Остальная часть трубки единым рудным телом прослеживается до горизонта –100 м (на глубину 600 м от поверхности). Ниже обособляются центральный и восточный рудные столбы (еще два подводящих канала). Таким образом «трехкорневая» трубка Айхал образована в приповерхностной части разреза как единое рудное тело тремя рудными столбами.

Все три рудных столба сложены на флангах (в прибортовых частях) порфировым кимберлитом, а в центральной «стержневой» части – кимберлитовой брекчией, которая нередко содержит в себе обломки порфирового кимберлита. Между этими двумя разновидностями кимберлита наблюдаются, как резкие так и постепенные контакты.

В отработанной верхней части трубки отмечались также кимберлитовые туфы и «стратифицированные» кимберлиты, которые представляли собой кратерную фацию. Средняя плотность кимберлитов 2,35 г/см³.

В структурном отношении предполагается, что на уровне кристаллического фундамента для трубки Айхал рудовмещающей структурой является одна из трещин скола северо-восточного простирания, оперяющих субмеридиональный глубинный разлом, картируемый геофизическими методами вдоль современной долины р. Сохсолоох. Выше, в толще осадочного чехла, последовательно (с запада на восток) сформировались три канала термодинамической проработки, преобразованных в три расположенных цепочкой рудных столба.

Очередность формирования рудных столбов, по-видимому, нашла свое отражение в сложной морфологии северо-восточного фланга трубки Айхал, где помимо известных жильных проявлений выявлено ранее неизвестное кимберлитовое тело - пластообразная апофиза (слепое рудное тело).

Предшествующими работами северо - восточное рудное тело было частично изучено на горизонте +20 м и юго-западное на горизонте +70 м.

По данным эксплоразведочных работ установлено, что в строении рудного тела на горизонтах +160 м - +105 м основную роль играет кимберлитовая брекчия.

В процессе изучения установлено, что трубка Айхал имеет три подводящих обособленных канала, каждому из которых соответствует свой рудный столб. Все три рудных столба сложены на флангах порфиrowыми кимберлитами, а в центральной части кимберлитовыми брекчиями, которые нередко содержат в себе обломки порфиrowого кимберлита. Контакты между кимберлитовыми брекчиями и порфиrowыми кимберлитами достаточно четкие.

5.2. Геолого-структурная позиция трубки Айхал с точки зрения фиксизма и мобилизма

При поиске новых кимберлитовых тел в пределах Западной Якутии

тектонические критерии признаются определяющими [26]. Однако, несмотря на важность тектонических факторов для поисков коренных месторождений алмаза, представления о тектонических условиях расположения алмазоносных трубок до сих пор не являются проясненными в полной мере.

Кимберлиты преимущественно пространственно связаны с субмеридиональными зонами тектонических нарушений. С позиций мобилизма повышенная алмазоносность кимберлитов в этих зонах определяется существованием западного дрейфа континентов. При таком внедрении кимберлитовых магм ряд исследователей выделяет геодинамическую обстановку дрейфогенного дробления континентальной литосферы [27].

Согласно пояснительной записке к ГГК РФ 1:200000 лист Q-49 –XXI, XXII (Айхал) пространственное размещение большинства кимберлитовых тел Алакит-Мархинского поля контролируется тремя основными кимберлитовмещающими зонами северо-восточного простираия Далдыно-Оленекского глубинного разлома. Значительная часть трубок приурочена к узлам пересечений указанных зон с разломами северо-западного и субширотного направлений, т.е. к участкам с наибольшей проницаемостью земной коры.

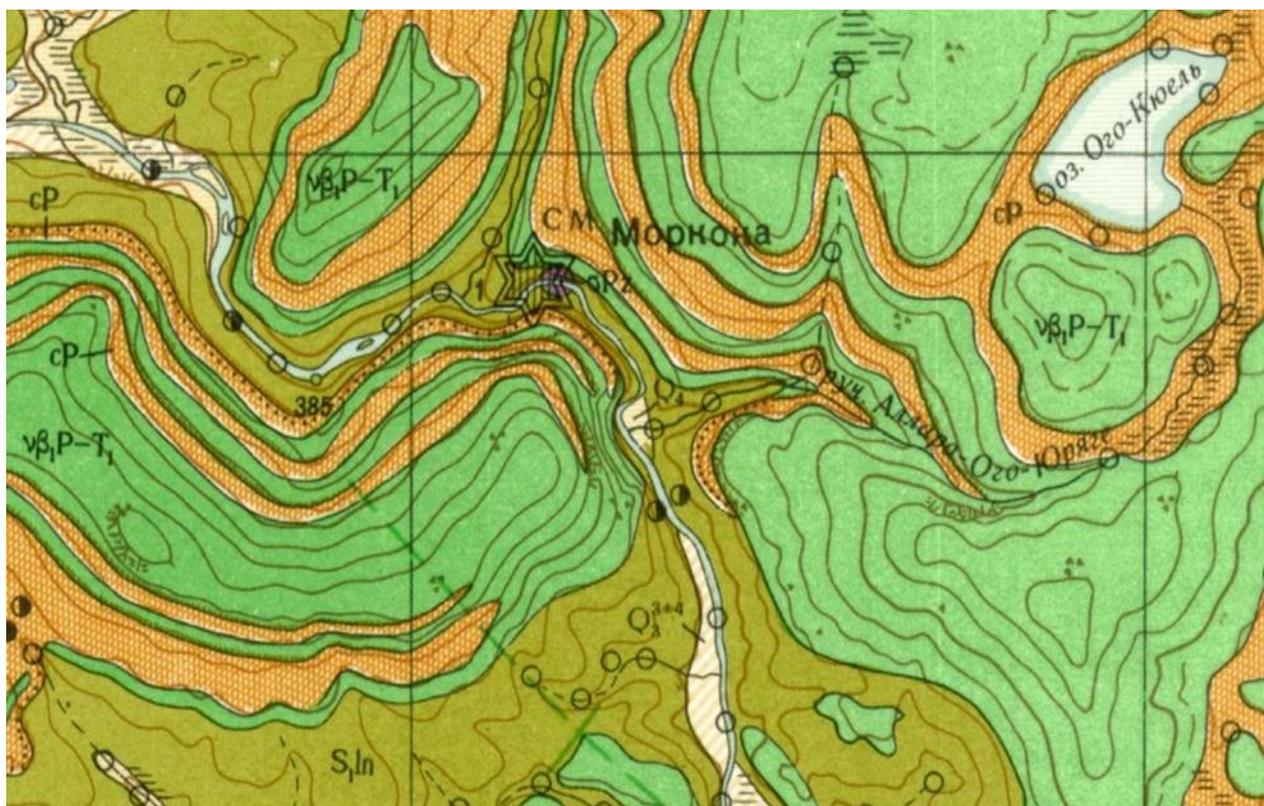


Рисунок 11 Фрагмент листа ГГС 1:200000 Q-49-XXI [29]

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СИСТЕМА	ВЕРХНЕЕ ЗВЕНО		Современное звено. Аллювий пойм, озерно-речные, озерно-болотные отложения. Пески, илы, биогенные осадки
			Аллювий первой надпойменной террасы. Пески, илы, галечники
			Аллювий второй надпойменной террасы. Пески, суглинки, галечники
			Аллювий третьей надпойменной террасы. Супеси, галечники
			Среднее звено. Аллювий четвертой надпойменной террасы. Супеси, галечники
ЮРСКАЯ СИСТЕМА	НИЖНИЙ ОТДЕЛ		Средний отдел. Чонская свита. Пески, песчаники, алевролиты
			Верхняя подсвита. Алевролиты, глины, пески и песчаники
			Нижняя подсвита. Пески, песчаники, алевролиты, конгломераты
			Оруктагская свита. Пески, алевролиты, аргиллиты, углистые глины
ПЕРМСКАЯ СИСТЕМА		Верхний отдел. Боруллойская свита. Пески, песчаники, алевролиты, шлы, галечники	
		Нижний отдел. Ботубинская свита. Аргиллиты, алевролиты, пески, песчаники, угли, сидериты, галечники (только на разрезе)	
КАМЕННО-УГОЛЬНАЯ СИСТЕМА		Средний – верхний отделы. Лапчанская свита. Глины, аргиллиты, алевролиты, пески, галечники	
		Нижний отдел. Ичодинская свита. Алевролиты и аргиллиты серые и лилово-серые, песчаники алевролитистые и изветгички алевролитистые и водорослевые, песчаники известковистые и конгломераты	
ОРДОВИКСКАЯ СИСТЕМА		Нижний отдел. Устькутская свита. Доломиты известковистые, глинистые, водорослевые; известняки, мергели, алевролиты известковистые, конгломераты	
КЕМБРИЙСКАЯ СИСТЕМА		Верхний отдел. Илгинская свита. Мергели, алевролитистые известняки и доломиты, песчаники, алевролиты водорослевые доломиты	
		Средний отдел. Верхонская свита. Мергели, алевролиты, аргиллиты, песчаники, прослой гипсов	
РАННЕТРИАСОВЫЕ ИНТРУЗИИ		Катангский комплекс. Недифференцированные и слабодифференцированные интрузии – пластообразные тела и штоки. Долериты, габбро-долериты	
ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ		Речные	
		Озерно-болотные	
		Границы между разновозрастными образованиями достоверные и предполагаемые	
		Тектонические контакты достоверные и предполагаемые	
		Линейные структуры, интерпретируемые как разрывные нарушения: а) отчетливо дешифрируемые, б) нечетко дешифрируемые	
		Тектонические контакты, скрытые под более молодыми образованиями: а) достоверные, б) предполагаемые	
Элементы залегания пластов		Наклонные	
		Горизонтальные	
Места находок ископаемых остатков		беспозвоночных	
		позвоночных	
		спор	
		Буровые скважины и их номера	

Рисунок 12 Условные обозначения к рисунку 11

Также размещение кимберлитовых трубок контролируется структурами вмещающего трубки карбонатного «цоколя» [31]. Отмечается приуроченность кимберлитовых тел к поднятиям венд-раннепалеозойского структурного яруса – так называемым кимберлитоперспективным структурно-денудационным выступам карбонатного «цоколя». Кимберлитовые тела Алакит-Мархинского поля приурочены преимущественно к таким выступам. На структурной карте палео-рельефа карбонатного «цоколя» отмечена приуроченность подавляющего большинства кимберлитовых тел к малоамплитудным отрицательным структурам (типа депрессий), значительно меньшая часть – к склонам поднятий. Тектонофизически это объясняется тем, что в синформных структурах поля тектонических напряжений распределены таким образом, что в килевой части создается область растяжения, а в приповерхностной части, наоборот, сжатия.

Обстановка растяжения в нижней части благоприятствует быстрой транспортировке кимберлитового расплава-флюида в верхние горизонты платформенного чехла, что обеспечивает сохранность алмазов в расплаве [32]. Господствующее в верхней части разреза сжатие, при этом препятствует преждевременной потере расплавом летучих вследствие дегазации, и связанной с этим «мгновенной» кристаллизацией магмы на недоступных глубинах. Это обеспечивает замкнутость системы на период, необходимый для накопления энергии для формирования в последующем собственно кимберлитовой трубки взрыва.

Также в качестве кимберлитоконтролирующих структур выделяют околодиатремовые мульды оседания (ОМО), «межтрапповые окна и коридоры» [31]. Околодиатремовые мульды оседания представляют собой структурные деформации вмещающих пород на локальном около и надтрубочном пространстве, возникшие в процессе становления диатрем.

Мощные долеритовые интрузии оленек-велингинского комплекса в околотрубочном пространстве испытывают резкое выклинивание и расслоение на несколько маломощных (2 – 4 м) силлов, которые как бы обтекают трубки,

образуя над ними «окна» или «козырьки» [33]. Такое поведение базитов, по-видимому, связано с особенностями строения околотрубочного пространства и механизмом их внедрения.

Уже длительное время учеными обсуждается роль разломной тектоники в распределении и локализации кимберлитовых тел на территории Якутской алмазоносной провинции [31]. Сложность этого вопроса связана с тем, что кимберлитовые тела однозначно приурочены к зонам глубинных разломов, но при этом при переходе на уровни кимберлитового поля, куста кимберлитовых трубок и единичных кимберлитовых тел определенность связи с разломными структурами утрачивается. Это может быть вызвано недостаточной степенью изученности разрывных структур приповерхностных слоев платформенного чехла. На это указывает то, что формирование разломных зон чехла происходит в условиях сравнительно невысокой тектонической активности в результате подвижек по сместителям в фундаменте. В результате таких подвижек, как правило, образуются широкие зоны проявления локальных разрывных нарушений. В результате многократного наложения таких зон, сформировавшихся в разное время верхняя часть платформенного чехла оказывается разбита сетью разнонаправленных разрывных нарушений [32].

По результатам исследований выявлено, что в качестве главных факторов структурного контроля кимберлитовых тел в пределах Алакит-Мархинского кимберлитового поля и в частности трубки «Айхал» выступают следующие элементы разрывной тектоники [31]:

- 1) узлы сочленения разломов субширотного и субмеридионального направлений;
- 2) участки взаимодействия вблизи окончаний сближенных разломов одного направления (субширотного или субмеридионального);
- 3) собственно зона субширотного или субмеридионального направления.

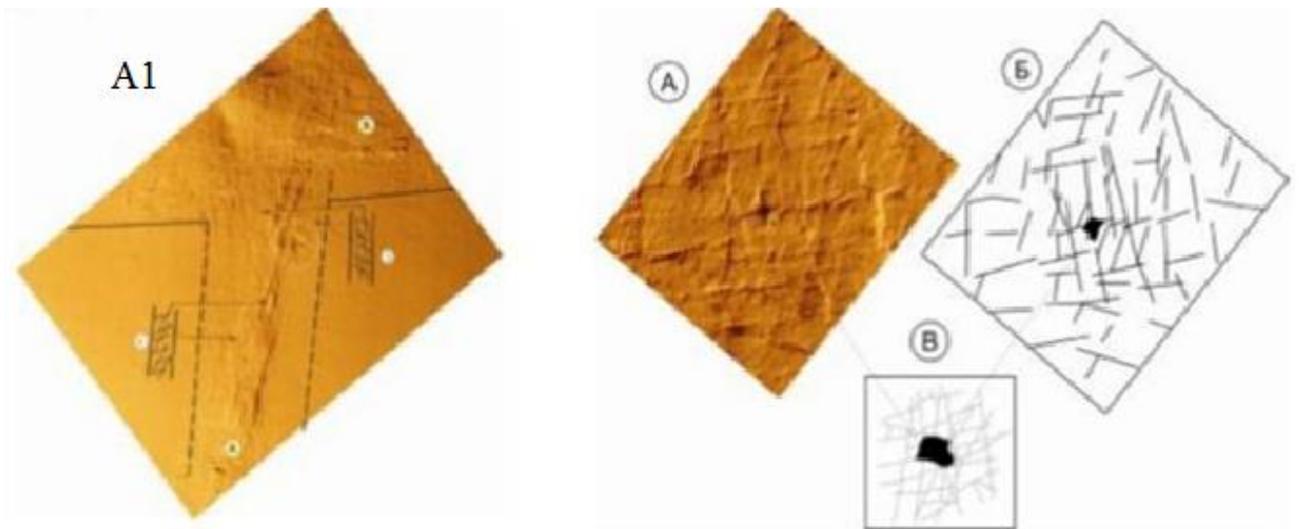


Рисунок 13. Структура разломной сети Алакит-Мархинского кимберлитового поля [31]

А1-Фрагмент узлового сочленения, субмеридионального (А) и субширотного (Б) разломов фундамента над которыми в результате двух этапов разнонаправленных смещений сформировались зоны, внутреннее строение которых определяется сочетанием разрывов разных парагенезисов; А,Б,В-Локальный участок раскрытия в узле пересечения модельных разломов субширотного и субмеридионального направлений; А и Б-фотография и рисунок разрывов на модели; В-разломная сеть и кимберлитовое тело в карьере трубки «Айхал»;

Согласно господствовавшим в геологии в первой половине XX века и до 1970-х годов включительно гипотезам фиксизма, основную роль в формировании геологических структур играют вертикальные колебательные движения. Роль значимых горизонтальных смещений крупных блоков земной коры при этом отрицается, горизонтальные смещения (надвиги, сдвиги), в рамках этой гипотезы рассматриваются как производные вертикальных подвижек. Одна из разновидностей фиксистских гипотез контрактционная теория, согласно которой крупные трещины Земной коры являются следствием снижения объема при остывании Земли.

Большая часть известных на сегодня кимберлитовых тел пространственно расположена в пределах стабильных участков земной коры: щитов древних платформ, толщина континентальной коры в этих участках минимальна и достигает 25—30 км. В условиях платформенного режима и при наличии в платформах глубинных трещин имеются благоприятные условия для продвижения мантийного субстрата в верхние горизонты коры [33].

Пространственное размещение большинства кимберлитовых тел Алакит-Мархинского поля контролируется тремя основными кимберлитовмещающими зонами северо-восточного простирания Далдыно-Оленекского глубинного разлома. Значительная часть трубок приурочена к узлам пересечений указанных зон с разломами северо-западного и субширотного направлений, то есть, к участкам с наибольшей проницаемостью земной коры [30].

В качестве главных факторов структурного контроля кимберлитовых тел в пределах Алакит-Мархинского кимберлитового поля: узлы сочленения разломов субширотного и субмеридионального направлений; участки взаимодействия вблизи окончаний сближенных разломов одного направления (субширотного или субмеридионального); собственно зона субширотного или субмеридионального направления [31].

С позиций мобилизма появление этих и им подобных разломов объясняется дрейфогенным дроблением континентальной литосферы. Одно из возможных объяснений с позиций фиксизма – сеть контракционных трещин, разбивающих литосферу.

Контракционная гипотеза согласно которой, формирование складчатости обусловлено сжатием Земной коры в результате постепенного уменьшения объема и радиуса Земли по мере ее остывания. Это явилось исходным положением для объяснения всех геологических процессов (горообразования, история развития). Более полувека она являлась доминирующей тектонической гипотезой и прочной научной базой для дальнейшего развития геологии в целом.

Площади проявления кимберлитового и лампроитового магматизма, с которыми связаны основные объемы добываемых коренных алмазов наиболее устойчивым образом характеризуются наличием гравитационных минимумов, депрессиями магнитоактивной поверхности, участками разрыва полосовидных аномалий Ag и AT, купольными поднятиями разделов земной коры(7)

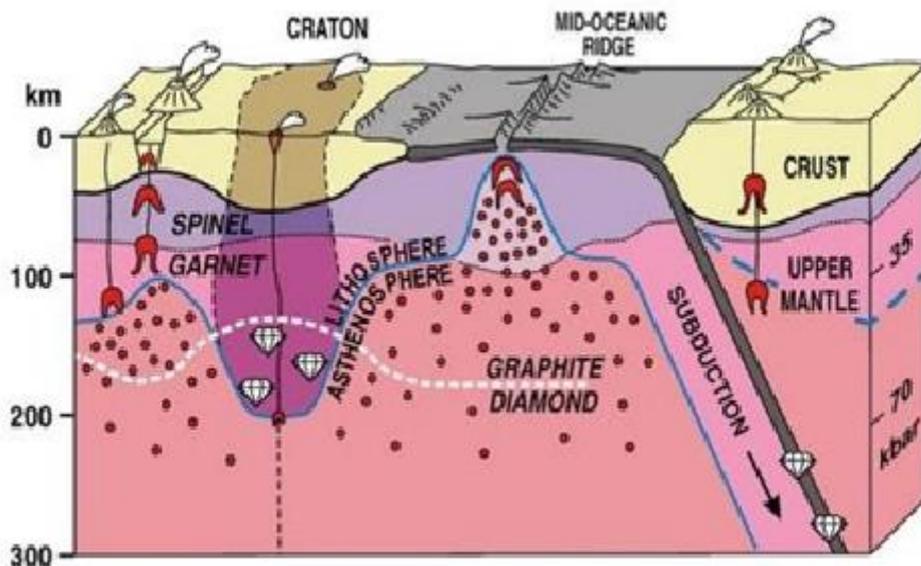


Рисунок 14 Схематический разрез через земную кору и часть верхней мантии [33]

Верхняя мантия подразделяется на два минералогических слоя: шпинелевую (лиловая) и гранатовую (розовая) фации. Небольшие по объему расплавленные образования, обуславливающие низкую скорость сейсмических волн в астеносфере, показаны красными точками. Глубина литосферной мантии архейских кратонов может достигать 200 км. По сравнению с астеносферой на той же глубине, субконтинентальная литосферная мантия более холодная, что обуславливает прохождение границы алмаз/графит при более низком давлении. Область между линией перехода графит/алмаз и основанием кратоновой литосферы, является «алмазным окном» - главным источником мировых алмазов, которые выносятся на поверхность глубинными магматическими породами (кимберлитами, оливиновыми лампроитами).

Ю.Л. Серокуров с соавторами отмечают, что размещение кимберлитового и лампроитового магматизма на платформах контролируется сочетанием разноранговых и разноглубинных структур, которые могут быть выявлены при анализе материалов космических съемок. В завуалированной форме эти процессы отражены в современных ландшафтах в виде радиальнокольцевых структур диаметром около 200 км.

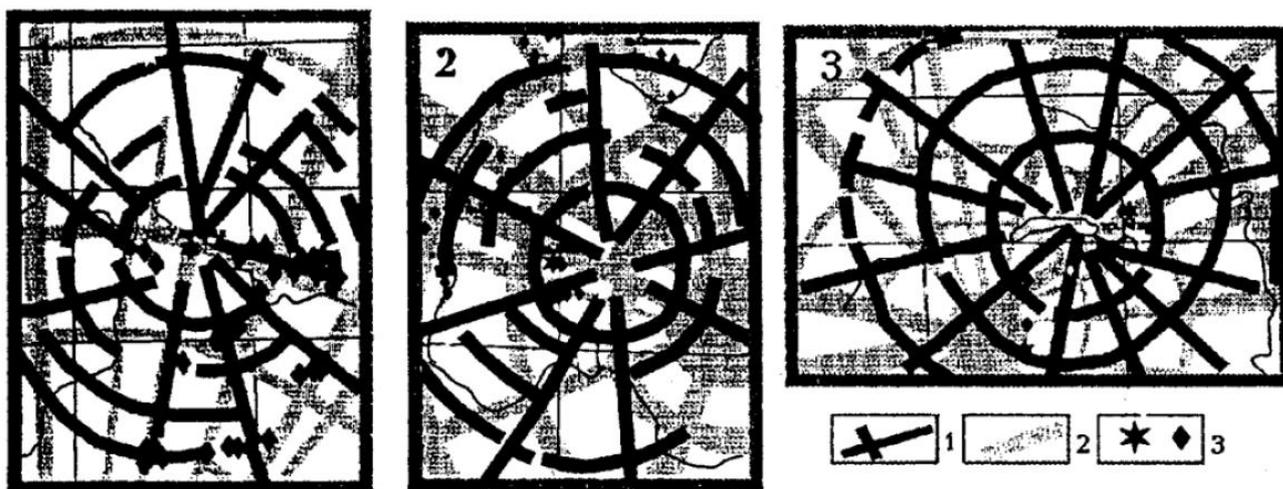


Рисунок 15 Обобщенный образ кольцевых структур, контролирующих поля алмазоносного магматизма [31]

1-оси зон сгущения элементов, составляющих кольцевые структуры; 2-зоны тектонической дислокаций, относящихся к радиально-кольцевым структурам, контролирующим алмазоносные районы(цифры на изображениях): 1-Далдынской; 2- Алакит-Мархинской; 3-Мирнинской

Пространственное размещение большинства кимберлитовых тел Алакит-Мархинского поля контролируется тремя основными кимберлитовмещающими зонами северо-восточного простираия Далдыно-Оленекского глубинного разлома

С позиций мобилизма появление этих и им подобных разломов объясняется дрейфогенным дроблением континентальной литосферы. Одно из возможных объяснений с позиций фиксизма – сеть контракционных трещин, разбивающих литосферу.

6. Особенности морфологии и состава важнейших минералов-индикаторов кимберлитов, их эволюция в экзогенных условиях

В главе охарактеризованы важнейшие минералы кимберлитов, особенности их морфологии и непосредственное значение при поиске алмазов.

Минералы-индикаторы кимберлитов характеризуются ярко выраженным типоморфизмом. Типоморфными принято считать минералы, образовавшиеся в довольно определенных условиях и позволяющие судить об этих условиях [34]. Изучение типоморфных особенностей минералов имеет первостепенное значение для расшифровки сложных условий минералообразования и ореолообразования.

Исходя из имеющихся сведений по алмазной минералогии [35], все минералы кимберлитов подразделяются на несколько групп: 1 — ксенозерна из разных уровней мантии (минералы, слагающие ксенолиты глубинных пород или являющиеся продуктами их дезинтеграции); 2 — зерна, кристаллизующиеся непосредственно из кимберлитового расплава; 3 — ксенозерна корового генезиса (преимущественно минералы из пород кристаллического фундамента); 4 — реакционные (реакционно-магматические) минеральные фазы (оболочки); 5 — постмагматические минералы (развивающиеся по первичным магматическим и ксеногенным минералам). Не исключается возможность кристаллизации части минералов в глубинном (астеносферном) магматическом очаге (протозерна).

Среди минералов-индикаторов кимберлитов трубки Айхал наибольшим распространением характеризуются гранат (пироп) и пикроильменит, реже отмечаются оливин и хромшпинель, в очень малых количествах и не всегда присутствуют хромдиоксид, циркон и апатит [36]. Несмотря на кажущееся относительное постоянство минерального состава кимберлитов, количественные соотношения одних и тех же минералов в различных телах варьируют в значительных пределах [37].

6.1. Оливин

Оливин в кимберлитах и ксенолитах ультраосновных пород относится к наиболее распространенным минералам. В отдельных телах Якутской алмазоносной провинции его содержание может достигать 200 кг/м³ и более [36]. И все же содержание незамещенного оливина в кимберлитах, за редким исключением, как правило, уступает содержанию пироба и пикроильменита. В связи с интенсивными постмагматическими процессами оливин в кимберлитах часто претерпевает значительные изменения и большей частью, а иногда и полностью превращен в серпентин или в магнетит-карбонат-серпентиновые агрегаты [35].



Рисунок 16 Оливин с ребристой поверхностью, тр. Комсомольская-Магнитная, кл. -2+1 мм;

Однако наибольшее распространение имеют зерна из классов -1+0,5 и -0,5 мм. Оливин размером более 2 мм встречается редко, однако содержание их может достигать 30–40 % и даже более. Преобладающей формой оливинов в кимберлитах является угловатая, в более мелких классах (< 0,5 мм) возрастает доля как угловато-округлых зерен, так и остроугольных обломков. Поверхность зерен оливина довольно часто покрыта корочками серпентин-карбонатного состава.

Соотношение различных поверхностей для оливинов из разных тел существенно различается с преобладанием определенного типа рельефа, что

может использоваться в качестве характерного типоморфного признака конкретной кимберлитовой трубки и даже поля [38]. Так, для трубок Верхне-Мунского поля не характерны скульптурированные поверхности с пирамидально-черепитчатым типом растворения, а наибольшее распространение имеют оливины с матированным и шероховатым микрорельефом. Во многих трубках Алакит-Мархинского поля, напротив, преобладают зерна с ребристой поверхностью (трубки Веселая, Айхал).

Более четкий характер носит отличие по железистости оливинов из кимберлитов и основных пород [39]: так, для кимберлитовых оливинов зафиксирован довольно узкий предел колебаний железистости, укладываемый с интервалом от 5 до 15 мас.% FeO, в то время как для оливина из траппов содержание железистого компонента составляет более 20 мас.% [40], а сами зерна характеризуются мелкими размерами и буровато-желтой окраской.

6.2. Гранат

До настоящего времени гранат, в том числе его магнезиальная разновидность — пироп, является одним из самых информативных и наиболее изученных минералов кимберлитов [35,36]. Источником гранатов ультраосновного парагенезиса в кимберлитах являются лерцолиты (в том числе катаклазированные и ильменитсодержащие) гарцбургит-дуниты и верлиты (в том числе ильменитовые). Помимо этого, в кимберлитах трубки Айхал присутствует гранат эклогитового и пироксенитового парагенезисов, источником которого являются эклогиты (биминеральные, дистеновые, глиноземистые, магнезиально-железистые, рутиловые и др.), гроспидиты, пироксениты, а также алькремиты [41].

Содержание граната в кимберлитах колеблется в значительных пределах — от практически полного его отсутствия до 12–15 кг/т [36]. Гранат присутствует в кимберлитах в виде мономинеральных зерен размером от долей миллиметра до 18 см [39]. Форма выделений округлая, иногда сплюснута-

овальная, однако нередко наблюдаются угловатые неправильные зерна которые, как правило, являются фрагментами (осколками) овальных. Крупные зерна обычно трещиноваты трещины нередко выполнены вторичными минералами. Изучение гранатсодержащих мантийных ксенолитов трубки Айхал показывает, что именно в них зерна гранатов наиболее идиоморфны [37], что позволяет связывать этап идиоморфного роста гранатов с начальным этапом глубинного морфогенеза. Минералы группы граната представлены в кимберлитах, с одной стороны, магнезиальными разностями — пиропами с переменным содержанием хрома (ультраосновной парагенезис), с другой — магнезиально-железистыми пироп-альмандинами с переменными содержаниями кальция (эклогитовый парагенезис) [36].



Рисунок 17 Зерна пироба с келифитовой каймой, тр. Комсомольская-Магнитная, кл. -1+0,5 мм

Тр. Айхал, центр. рудн. столб, $n=299$

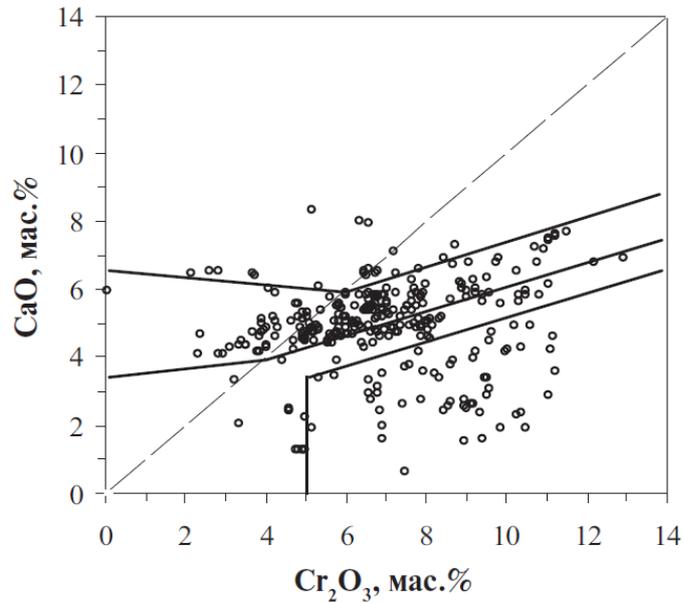


Рисунок 18 Положение фигуративных точек гранатов на диаграмме Cr₂O₃–CaO [37] из кимберлитов различной степени алмазоносности из высокоалмазоносной тр. Айхал, Алакит-Мархинское поле;

Имеются сведения, что ассоциация пиропов мелкой фракции в кимберлитах трубки представлена более высокими параметрами по хрому, чем более крупные фракции [42], так как в мелких классах больше лиловых разностей.

Изучение гранатов ультраосновного парагенезиса в основном сводится лишь к построению бинарных диаграмм в координатах Cr₂O₃–CaO. Необходимо проводить дальнейшее изучение и топографии поверхностей зерен граната, различных форм его микрорельефа, которых на сегодня известно достаточное множество, при этом требуется систематизация всех поверхностей гранатов по генезису.

6.3. Диопсид

Диопсид, и его высокохромистая разновидность — хромдиопсид, является важным поисковым минералом кимберлитов. Этот минерал установлен во многих кимберлитовых трубках, однако содержание его ничтожно мало, преимущественно в виде редких знаков. Относительно высокое содержание хромдиопсида наблюдается в трубках Алакит-Мархинского поля.

Источником диопсида в кимберлитах могут быть породы как ультраосновного (гранатовые и ильменитовые перидотиты, шпинелевые и катаклазированные лерцолиты), так и эклогитового (биминеральные, дистеновые, глиноземистые, корундовые и другие эклогиты, гроспидиты) и пироксенитового (пироксениты и вебстериты) парагенезисов [36, 41].



Рисунок 19 Хромдиопсид из тр. Заполярная (Верхне-Мунское поле), кл. -1+0,5 мм. Видимая слабая притертость зерен является техногенной, полученной в результате прохождения минерала через фабричную мельницу

Кроме кимберлитов, хромистые диопсиды в виде рассеянных зерен встречаются в базальтах [43], в карбонатитах и родственных кимберлитам породах (Алданский район). Существенных отличий состава диопсида из данных пород от кимберлитового аналога не наблюдается.

В связи с этим, вопросы поведения данного минерала в древних и современных ореолах, так же как и оливина, нуждаются в дополнительных исследованиях. Кроме этого, в настоящее время еще недостаточно изучаются и используются в поисковых целях состав и топография поверхности зерен диопсидов. Зачастую все сведения о данном минерале сводятся к простой констатации его в шлихах.

6.4. Ильменит

Ильменит, и его магнизиальная разновидность — пикроильменит, характерный и самый распространенный глубинный минерал кимберлитов после оливина, что определило повышенный интерес к нему в отношении

поисков кимберлитовых тел [37]. Значение данного минерала для поисков трудно переоценить, многие кимберлитовые тела, как в Якутской алмазоносной провинции, так и за ее пределами выявлены исключительно по пикроильмениту. Важное поисковое значение ильменита определяется тем, что он, в отличие от граната и хромита, редко встречается в других магматитах [43].

Пикроильменит в кимберлите находится в форме округлых, овальных, лепешковидных, неправильных выделений размером от долей миллиметра до 15 см. Однако самыми распространенными являются зерна размером менее 1 мм, на долю которых приходится до 75 % от общего числа выделений [44]. Довольно часто зерна трещиноваты, но степень трещиноватости выражена значительно слабее, чем на гранатах, и распознается труднее. Содержание трещиноватых зерен в кимберлите может достигать 30–35 % и более [45], однако с уменьшением класса крупности количество трещиноватых зерен снижается [36].



Рисунок 20 Общий вид пикроильменитов из элювия кимберлита. Дайка Zoubourma, Гвинея, кл. -4+1 мм

Отдельными исследователями отмечаются различия между особенностями составов пикроильменитов из кимберлитовых трубок разных районов [46], что используется для разбраковки ореолов и прогнозирования коренных источников. Однако ильменит для данных целей используется в

меньшей степени, чем гранат или хромшпинелид. Связано это с тем, что, по мнению отдельных исследователей, значение состава ильменита ограничивается типизацией кимберлитов на уровне районов и полей [37].

Уже в элювии кимберлита содержание вторично колотых зерен пикроильменита может достигать 80 %, а в ореоле, в делювиальных образованиях, по мере удаления от источника количество трещиноватых зерен сокращается от 35 % до 10–15 % на расстоянии 3 км [45]. Уменьшается на данном расстоянии по мере удаления от источника и количество целых и первично колотых зерен — от 40 % до 10 %, а содержание зерен с примазками кимберлита падает от 80 % до 10 %.

6.5. Хромшпинелид

Хромшпинелид является одним из наиболее важных минералов-индикаторов кимберлитов [47]. Источником хромшпинелида в кимберлитах являются ксенолиты ультраосновных пород с уровня верхней мантии. Имеются основания предполагать, что железистый хромшпинелид относится к эклогитовым и пироксенитовым парагенезисам [36]. Хотя данный минерал является все же малораспространенным (по весу и объему), но, тем не менее, он встречается в кимберлитах трубки практически постоянно. Содержание его в породе обычно является низким — от отдельных знаков до нескольких сотых долей процента к весу кимберлита, только в единичных случаях оно повышается до 0,3–0,5 % [48]. Повышенные содержания хромшпинелей характерны для тр. Айхал Алакит-Мархинского поля (0,56 г/л). Хромшпинелид в кимберлитах по степени идиоморфизма уступает только алмазу [49].



Рисунок 21 Внешний вид хромшпинелидов из кимберлитовой трубки
Заполярная (Верхне-Мунское поле), кл. -1+0,5 мм

Для кимберлитов трубки Айхал не характерно преобладание правильных остросереберных октаэдров среди хромшпинелидов, содержание которых изменяется 12 - 31 %. Основное количество составляют зерна неопределенной формы (от 52 до 74 %), редко их содержание может достигать 80 % и более [36]. Поверхность зерен хромшпинелидов изменяется от гладкой блестящей (зеркальная поверхность) до матированной, реже шероховатой. Редко встречаются октаэдрические кристаллы хромшпинелидов, на корродированной поверхности граней которых расположены обратно параллельные гладкие блестящие треугольники, а иногда треугольные впадины, место и условия, образования которых не вполне ясны.

6.6. Магнетит

Магнетит довольно широко распространен в кимберлитовых породах Якутской алмазоносной провинции и в выделениях различной формы входит в состав основной массы, участвует в строении псевдоморфоз по первичным минералам, а также образует гидротермальные прожилки и гнезда [35]. Например, нередко магнетит (титаномагнетит) развивается по пикроильмениту, образуя каймы по периферии зерен, и данное замещение имеет реакционный генезис [50]. Основное же его количество находится в виде мелких выделений

(сотые доли миллиметра), тонкораспыленных в основной массе кимберлитов. Более крупные зерна магнетита имеют неправильную угловатую форму размером до нескольких миллиметров, часто образуют тесные сростания с породой [51]. Отмечаются крупные агрегаты радиально-лучистого строения или почковидные натечные образования.



Рисунок 22 Магнетит с каплевидной поверхностью из тр. Бабье Лето, Западно-Укукитское поле, кл. -4+2 мм

Магнетит в кимберлитах, как правило, имеет вторичное происхождение и практически не содержит Cr, Ti, Ni при минимальной примеси Mg [35]. Исследования показали, что образование его происходит при относительно низких термобарических параметрах среды в постмагматическую стадию изменения пород [52]. Количество магнетита в кимберлитовых телах довольно широко варьирует и зависит как от первоначального содержания железа в кимберлитовом расплаве, физико-химических условий его кристаллизации, так и от степени и характера вторичного преобразования кимберлитов. Не исключается и ксеногенная природа магнетита, причем источниками его предполагаются породы как корового субстрата, так и более глубинного эколгитового парагенезиса [53]. Помимо типичных кимберлитов, магнетит

характерен для кимберлитоподобных пород. Наравне с кальцитом и апатитом магнетит является самым распространенным минералом в карбонатитах.

Наибольший интерес в практическом плане вызывают крупные выделения магнетита из кимберлитов — моно- и полиминеральные прожилки и желваки. Согласно литературным данным, такие выделения минерала относятся к беспримесному стехиометрическому, в той или иной степени маггемитизированному магнетиту. Имеются сведения, что кимберлитовый магнетит и трапповый титаномагнетит резко различаются по температурам Кюри — 560–570 и 500–520 С соответственно [54], что предоставляет возможность изучения магнитных свойств тяжелых фракций шлихов экспрессным методом термомагнитного анализа.

6.7. Циркон

Циркон — один из наименее изученных минералов кимберлитов [55]. Принадлежность данного минерала к ультраосновному парагенезису не так очевидна, хотя в ряде цирконов изучены включения оливина, хромдиоксида, хромшпинелида, флогопита, ильменита, сульфидных минералов [34]. Важно отметить присутствие циркона в качестве включений в алмазах [55]. Известно о наличии цирконов в ксенолитах ильменит-рутиловых эклогитов [56]. Имеющиеся сведения позволяют судить о глубинном происхождении цирконов из кимберлитов, источником которого являются породы мантии, редкие ксенолиты которых встречены в трубках Южной Африки и Якутии. Не исключено, что происхождение некоторых цирконов в кимберлитах связано и с начальными этапами собственно кимберлитового процесса, доказательством чего может служить наличие в цирконах включений магнетита, кальцита и доломита [57].



Рисунок 23 Внешний вид цирконов кимберлитового генезиса (Муно-Тюнгский район). Бассейн р. Серки, пр. 3110, кл. -1+0,5 мм

Кроме типичного кимберлитового генезиса, циркон генетически связан с породами кристаллического фундамента. Он отмечается в многочисленных метаморфитах: в чарнокитоидах, гранулитах, плагиоклазовых кристаллических сланцах, в гранитоидах и т. д. [55]. Характерно постоянство состава цирконов из кимберлитов независимо от коренного тела.

6.8. Апатит

Апатит — характерный минерал многих кимберлитов Якутской Алмазоносной провинции и других регионов. Отнесение данного минерала к ультраосновному парагенезису проблематично, для него установлена ассоциация с оранжевым гранатом [36].



Рисунок 24 Окатанное зерно апатита из устьевой части р. Кутугуна (27 км ниже тр. Бабье Лето), кл. -4+2 мм

Предполагается, что апатит является малотранспортабельным минералом кимберлитов. Считается, что он крайне неустойчив при переносе и на удалении нескольких сотен метров, максимум 1–2 км от коренного источника, в шлихах практически не встречается [43].

Однако апатит в отдельных случаях может переноситься на расстояния в первые десятки километров. Ограниченное использование апатита в поисковых целях объясняется прежде всего тем, что апатит присутствует далеко не в каждом теле и содержание его, в основном, незначительно.

Как видим из приведенных выше сведений, каждая стадия морфогенеза накладывает свой отпечаток на минералы, что находит отражение в их морфологических особенностях и составе. Для минералов-индикаторов кимберлитов характерен резко выраженный эндогенный (первичный) характер, проявляющийся в виде микрорельефа на поверхности зерен, сформированной в процессе становления кимберлитовых тел.

7. Минеральный и вещественный состав кимберлитов трубки Айхал

В главе изучены и описаны рудные и вмещающие породы. Изучен вещественный и минеральный состав кимберлитов и вмещающих пород алмазоносной трубки Айхал. Охарактеризованы стадии внедрения кимберлитовых пород.

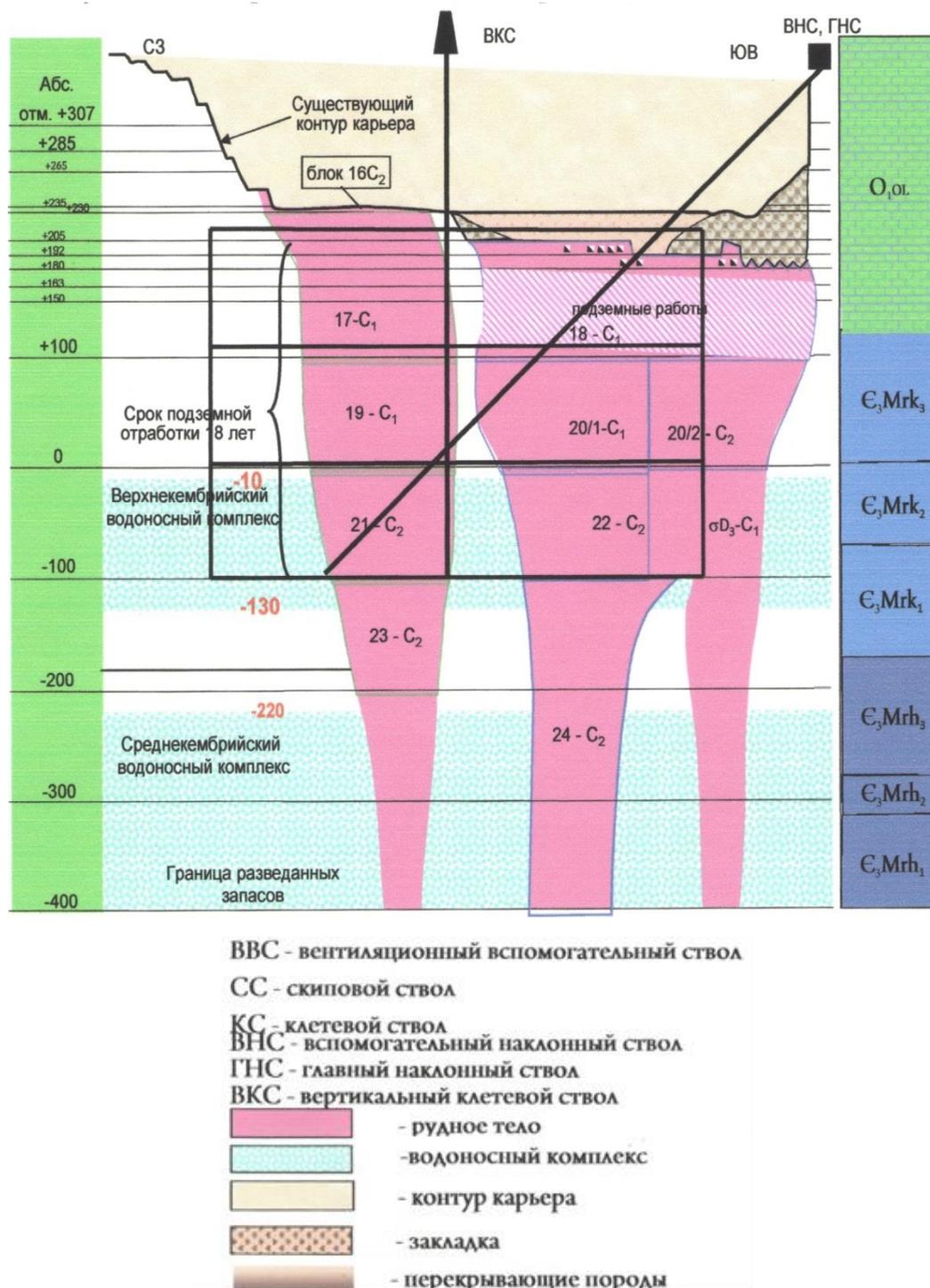


Рисунок 25 Схема отработки трубки Айхал

Кимберлитовая брекчия серого, светло-серого, зеленовато-серого цвета с голубоватым оттенком, как правило, плотная, крепкая с порфировой структурой и брекчиевой текстурой. Ксеногенный материал, представленный обломками вмещающих карбонатных пород, составляет, в основном, 15% - 30% и лишь в зоне эндоконтактов его количество достигает 80% - 90%. В основном, это обломки глинистых и песчанистых доломитов, реже доломитизированных мергелей и известняков. Размеры обломков от первых мм до 10 – 30 см. Форма угловатая, округло-угловатая.

Ксенолиты глубинных пород составляют не более 1% объема породы. Представлены они оливиновыми серпентинитами темно-зеленого, синезеленого цветов размером 0,3 – 0,5 см, редко до 3 см, изометричной, округлой, овальной формы.

В порфириковых выделениях псевдоморфозы серпентина и карбонатов по оливину темно-зеленого, голубовато-зеленого цветов, имеют петельчато - полосчатое строение и составляют 10 % - 20 %. Размер вкрапленников, в основном 0,1 – 0,5 см, реже выделения достигают 1 - 3-х см. Форма округлая, угловатая, овальная.

Флогопит составляет менее 1 % и присутствует в виде округлых чешуек и табличек размером от 1 мм до 5 мм и имеет коричневую окраску. Пироп красного цвета встречается в виде осколков размером 1 - 5 мм и составляет менее 1 %, часто зерна с келифитовой каймой мощностью до 1 - 2 мм.

Связующая масса серпентин - карбонатного и карбонатно-серпентинового состава имеет серую, темно-зеленовато-серую окраску.

Кимберлит с прожилками пирита, магнетита, гипса, кальцита. Прожилки извилисто-волнистые, самой различной ориентировки. Мощность прожилков составляет от 1 –2 мм, в раздувах – до 1,5 см. Часто сульфиды и гипс с кальцитом выполняют хаотично направленные трещины. Модуль трещиноватости, в среднем, составляет 10 – 15 трещин на 1 погонный метр.

Порфириковые кимберлиты имеют резко подчинённое значение в строении рудного тела и были вскрыты в центральной части тела. Порфириковые

кимберлиты имеют голубую, зелёную окраску с различными оттенками, как правило, плотные с массивной текстурой.

Ксенолиты осадочных пород составляют не более 5% от объёма породы и представлены, в основном, обломками известняков овальной, угловатой формы размером от 0,5 см до 3 см.

Псевдоморфозы по оливину, зелёного и голубоватого цветов, размером от 0,5 мм до 1,5 см сложены преимущественно серпентином. Имеют угловато – округлую, округлую и овальную формы и составляют до 20 % - 25 % от объёма породы.

Флогопит коричневатого цвета составляет 2 % - 3 % от объёма. Выделения округлой формы размером 1 - 2 мм, реже до 5 мм.

Пироп красного, тёмно – красного цветов, размером 1 – 5 мм, изометричной формы, часто с келифитовой каймой.

Основная масса флогопит – серпентин – карбонатная с тонкой вкрапленностью рудных минералов.

Трещиноватость слабая, до 5 – 10 трещин на 1 пог. м керна. Трещины разно ориентированы и часто выполнены пиритом, кальцитом, гипсом.

Трубка Айхал относится к месторождениям с резким различием типоморфных особенностей алмазов отдельных рудных столбов, так же имеет сложное морфологическое строение; она выполнена кимберлитовыми породами образовавшимися в результате четырехфазного внедрения [58].

Первая фаза внедрения представлена порфиоровыми кимберлитами интрузивной стадии внедрения не выходящими на уровень среза юго- западной части трубки. Порфиоровые кимберлиты представляют собой относительно плотные крепкие породы зеленовато- серого и голубовато-зеленого цвета, нередко выветренные в верхних горизонтах [1]. Текстура пород брекчиевая, текстура кимберлита, цементирующего обломочный материал, массивная. Содержание обломочного материала варьирует от 5 до 15-20 %. Обломочный материал представлен ксенолитами вмещающих осадочных пород, обломками

кристаллических пород фундамента и включениями глубинных пород. Структура их спорадофировая.

Породы второй фазы локализованы в юго-западной части трубки это мелкообломочные брекчии кристаллокластической структуры. Представляют собой плотные породы зеленовато-серого цвета. Текстура брекчиевая, текстура цемента массивная. Содержание обломочного материала меняется от 10 до 20 %. Ксенолиты представлены включениями глубинных пород. Структура их порфировая.

К третьей фазе относятся туффзиты и кимберлитовые образования в северо-восточной части трубки. Макроскопически представляют собой слабосцементированные породы грязно-зеленовато-серого, буровато-серого цвета. Структура пород литокристаллокластическая. Содержание обломочного материала практически всегда превышает 60-70 % объема породы. Кимберлитовый материал содержится от 5, редко 10 % до исчезающих малых количеств. Обломочный материал представлен обломками пород и минералов. Основной процент обломочного материала составляют ксенолиты карбонатных и терригенно-карбонатных пород, размером от долей мм до 6, иногда 11 см. Автолитовые кимберлитовые брекчии темно-зеленого и голубовато-серого цвета расположенные в центральной части трубки сформировались в заключительную стадию магмообразования.

Автолитовые кимберлитовые брекчии представляют собой среднеобломочные породы от светло-серого до темно-серого цвета с голубоватыми или зеленоватыми оттенками. Текстура породы брекчиевая, текстура кимберлита, цементирующего обломочный материал, автолитовая. Состав породы довольно однороден. Обломочный материал представлен ксенолитами вмещающих и глубинных пород. Содержание ксенолитов осадочных пород варьирует в основном от 6 до 15 %, повышаясь до 50 % на участках контакта с ксенотуфобрекчиями. Автолитовая текстура в основном проявлена довольно четко.

К четвертой фазе относятся наиболее продуктивные поздние автолитовые (4 фаза) и близкие к ним по составу и текстурным особенностям (наличие лапиллиевых автолитов) туффзитовые брекчии (3-ей фазы) [60]. Порфиновые и мелко-обломочные кимберлиты Айхала являются ранними. Для пород этой трубки характерна более интенсивная серпентинизация. Мантийные ксенолиты представлены, главным образом, гранатовыми серпентинитами. В кимберлитовой трубке Айхал преобладает хромшпинелид. Имеется отличие и по типам алмазов. Для Айхала характерно преобладание ромбододекаэдрической формы кристаллов над октаэдрическими (нередко с зеленым нацветом).

Выполнена трубка разновозрастными кимберлитовыми брекчиями. Кимберлиты её, по сравнению с породами других трубок Якутской алмазоносной провинции, характеризуются высокими содержаниями карбонатов, апатита и барита [59].

В магистерской диссертации приводятся данные по вещественному составу кимберлитовой трубки Айхал [61] на основе данных оптической микроскопии, рентгеноструктурного анализа и сканирующего электронного микроскопом Hitachi S-3400N с приставкой для микроанализа. Особенности внутреннего строения кимберлитовой трубки Айхал обусловлены образованием симметричных и асимметричных реакционных афировых оболочек (2-4 мм) вокруг ксенолитов осадочных и метаморфических пород, включений серпентинитов и крупных вкрапленников (рисунок 26А). Порфировая структура на локальных участках обусловлена высоким содержанием удлиненных обломочных форм псевдоморфоз серпентина по оливину и флогопиту (рисунок 26Б).

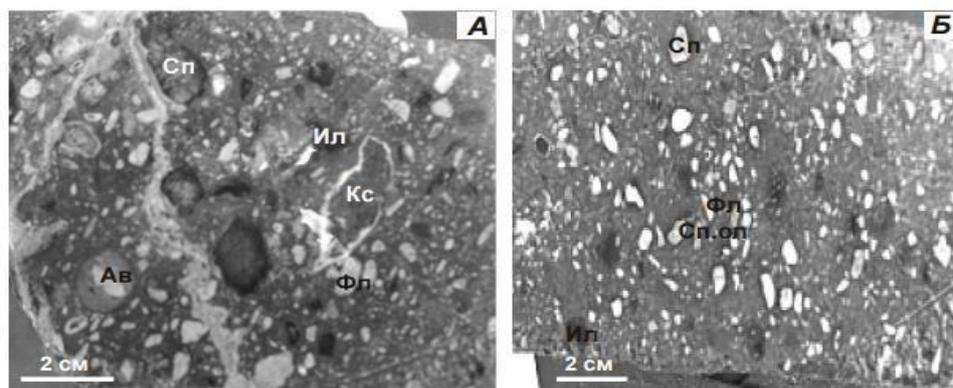


Рисунок 26 Текстурно-структурные особенности кимберлитов трубки Айхал

А – кимберлитовая брекчия с нечетко выраженной автолитовой текстурой; Б – кластопорфировая структура кимберлитов. Сокращенные названия. Кс – ксенолит; Ав – автолит; Сп – серпентинит; Сп.ол – серпентинизированный оливин; Фл – пластинки флогопита; Ил – ильменит. Образец 591.

Основная масса породы мелко-микрозернистая (0.005 до 0.1 мм) серпентин-флогопит, хлорит- апатитового состава с кристаллами пирропа. Вкрапленники представлены зернами серпентинизированного оливина, пикроильменита, реже граната, их размеры варьируют от 0.1 до 0.5 мм.

Микроскопическое изучение показало, что состав кимберлитовой породы представлен флогопитом, серпентином, кальцитом, магнетитом, пирропом, оливином, хлоритом, шпинелью, цирконом, ильменитом (рисунок 27). Удлиненные пластинки слюды (5 - 10 %) размером 0.5x1.0 см. 0.3x0.7 см часто образуют гломеропорфировые, крестообразные, секторальные сростания, хлорит отмечается в виде сферолитовых образований.

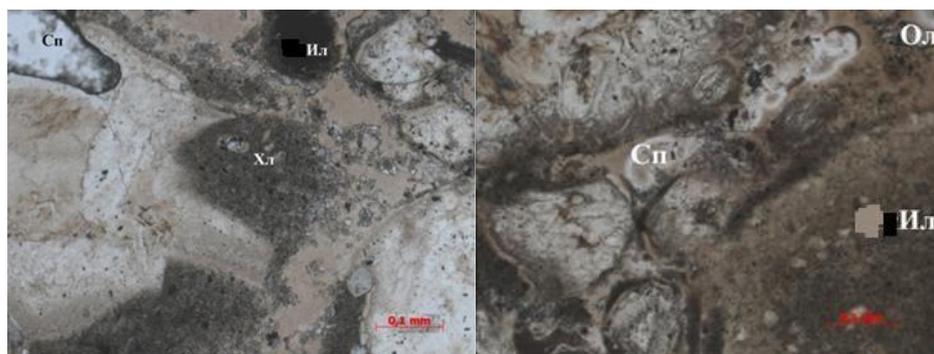


Рисунок 27 Кимберлитовая брекчия. Порфировая структура.
Сп – серпентинит, Ил – ильменит, Хл – хлорит, Ол – оливин. Образец 591. Увеличение x30. Николи П.

Детальный анализ проведенный с помощью настольного порошкового дифрактометра Bruker D2 PHASER подтвердил наличие части описанных выше минералов, также выявил новые – кальцит (18.3 %), лизардит (группа серпентина) (30.7 %), магнетит (4.1 %), флогопит (20.7 %), пироп (6 %), , , перекристаллизованный оливин (7.7 %), шпинель (4.1 %), циркон (1.2 %), хлорит (7.2 %).



Рисунок 28 Кимберлитовая брекчия. Содержание минералов в породе.
Образец 590.

На данной круговой диаграмме изображено наличие породообразующих минералов характерных для кимберлитовой трубки Айхал Алакит-

Мархинского рудного поля (рисунок 28) [61]. Соотношение породообразующих минералов в кимберлитовой брекчии трубки Айхал характерно для большинства трубок Алакит-Мархинского кимберлитового поля.

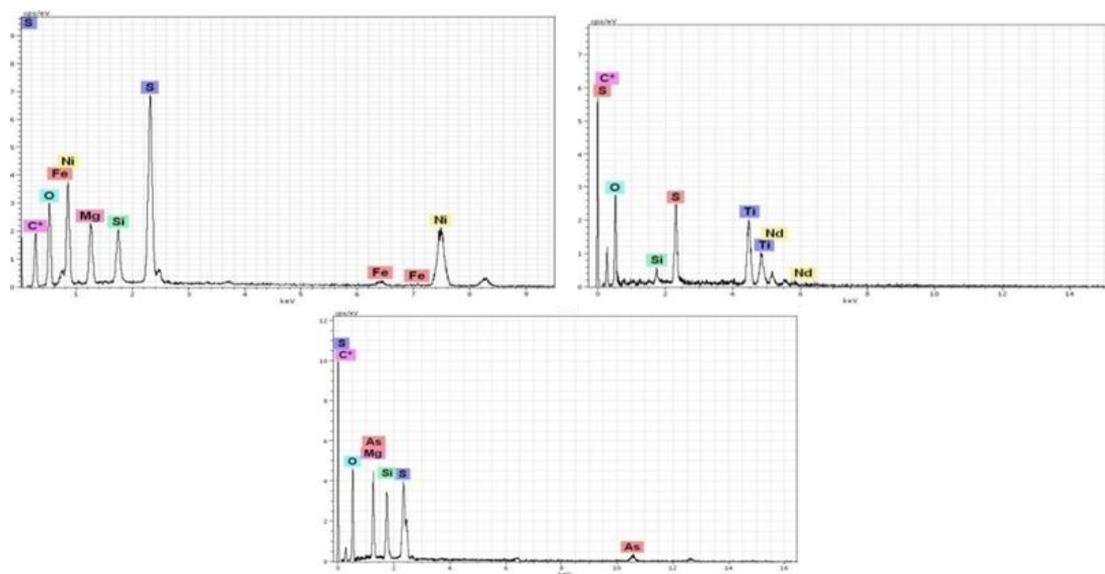


Рисунок 29 Графики наличия химических элементов в пробе по результатам ЭМ

Электронно микроскопические исследования показали что в породе присутствуют о присутствие таких элементов как: углерод (24.4 %), кислород (13.6 %), кремний (8.1 %), Неодим (3.1 %), серу (21.7 %), титан (3.9 %), магний (8.9 %), никель (7.8 %), железо (0.4 %), мышьяк (8.1 %) (рисунок 29).

Таблица 6–Таблица содержаний в кимберлитах трубки Айхал

№	C	O	Si	Nd	S	Ti	Mg	Ni	Fe	As
1	2	3.2	2.2	2	7	-	2.4	4	0.4	2.6
2	6.5	2.8	0.5	0.4	5.8	2.1	-	2	-	0.6
3	10.5	4.5	3.5	-	4	1	4.5	-	-	3
Среднее	6.3	3.5	2.1	0.8	5.6	1	2.3	2	0.1	2.1
%	24.4	13.6	8.1	3.1	21.7	3.9	8.9	7.8	0.4	8.1

Вмещающие породы представлены доломитами глинистыми, песчанистыми серого, зеленовато-серого цвета с прямой, волнистой, тонкой слоистостью, скрытокристаллические, реже доломитизированными известняками и мергелями. Порода в коренном залегании плотная, крепкая; в зоне контакта часто трещиноватая.

Так же, в свою очередь были изучены породы околотрубного пространства кимберлитовой трубки Айхал.

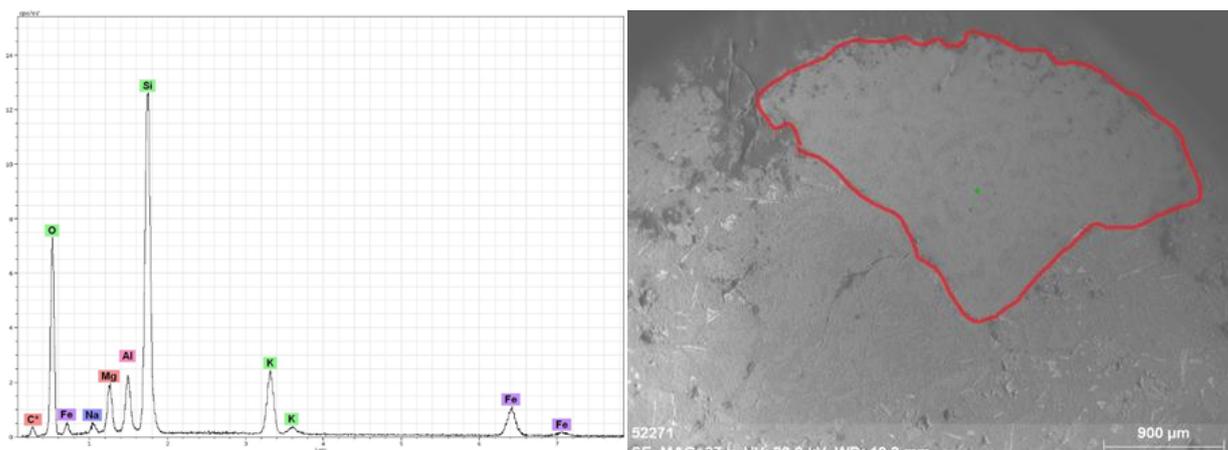


Рисунок 30 Результаты электронной микроскопии наличия химических элементов. Образец 3/9.

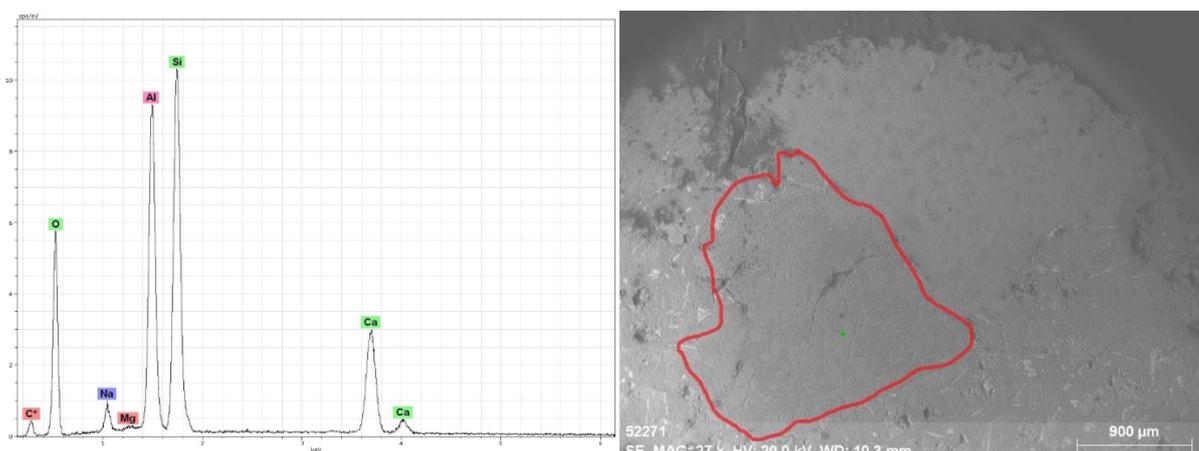


Рисунок 31 Результаты электронной микроскопии наличия химических элементов. Образец 3/9.

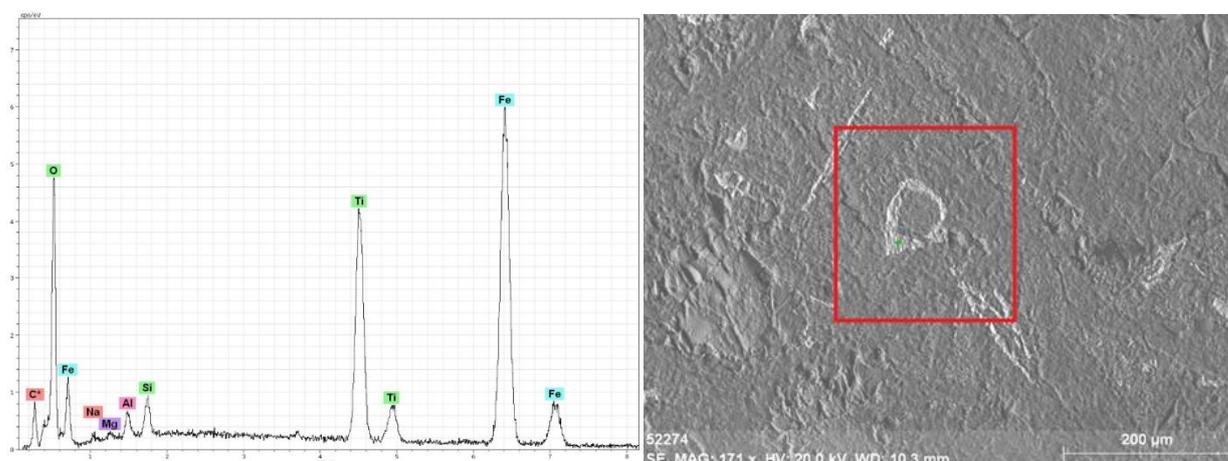


Рисунок 32 Результаты электронной микроскопии наличия химических элементов. Образец 3/9. Реликт Оливина.

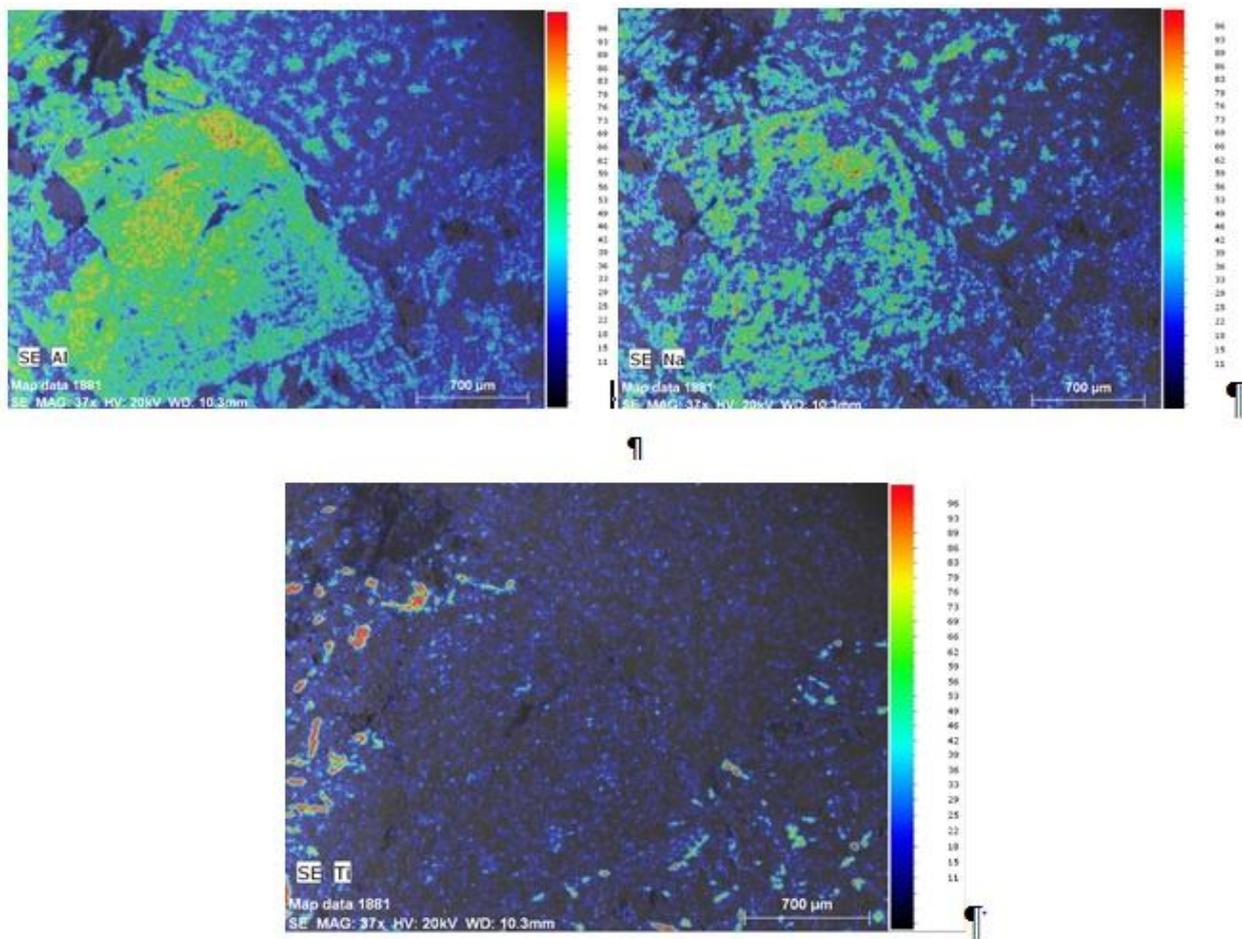


Рисунок 33 Результаты в режиме сканирования. Образец 1/3.

В результате выборочного анализа по-мимо изображенных на снимке алюминия, натрия, титана были определены кремний, железо, калий магний.

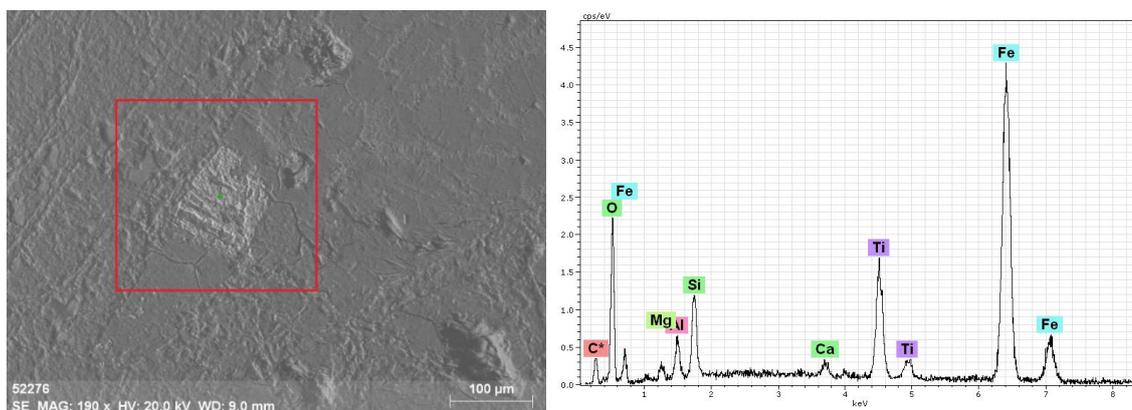


Рисунок 34 Результаты в режиме сканирования. Образец 1/3.

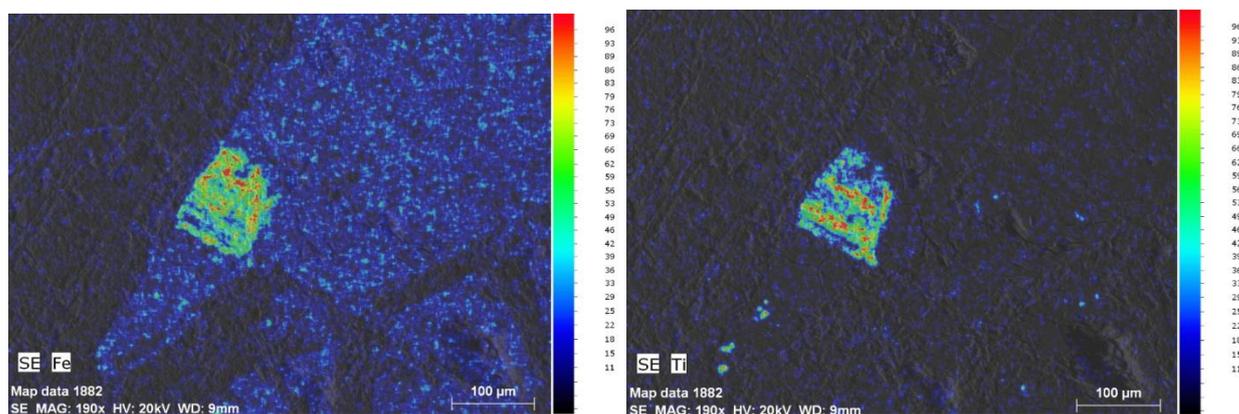


Рисунок 35 Результаты в режиме сканирования. Образец 1/3.

Таблица 7–Таблица содержаний вмещающих пород

№	C	O	Si	Fe	Na	Mg	K	Ca	Al	Ti	
1	0,5	2,5	1,3	4,3	-	0,3	-	0,3	1,2	1,7	
2	0,8	3,8	1,6	5,2	-	0,4	-	0,4	0,6	2,2	
3	0,5	5,8	13	1,8	0,5	2,1	2,5	-	2,2	-	
4	0,5	6	11	-	1	0,3	-	2,8	9,5	-	
5	1	8	12,5	0,1	3	0,5	0,3	0,8	7,5	-	
6	2	11,5	6	5	0,4	3,8	0,5	0,5	2,2	3	
7	1,3	7	16,5	0,5	0,6	6	-	5	2	0,3	
8	1,5	11	3	3	0,4	0,5	0,5	0,5	1	0,5	
Среднее	1,0	7,0	8,1	2,5	0,7	1,7	0,5	1,3	3,3	1,0	
%	3,7	25,9	30	9,3	2,6	6,3	1,9	4,8	12,2	3,7	100

Электронно микроскопические исследования показали, что в породе присутствуют такие элементы как: Углерод (3,7 %), кислород (25,9 %), кремний (30 %), калий (1,9 %), титан (3,7 %), магний (6,3 %), натрий (2,6 %), железо (9,3 %), кальций (4,8 %), алюминий (12,2%).

8. Геолого-экономическая оценка перспектив отработки трубки «Айхал»

Открытые горные работы на трубке «Айхал» были начаты в 1961 г. В 1997 г., при достижении проектной отметки дна карьерной выемки (+230 м), открытые работы на трубке «Айхал» были завершены. Подземная разработка месторождения «Айхал» была начата в 1997 году [62].

На втором этапе разведки месторождения, выполненном в 1991-1997 гг, работы были направлены на изучение запасов глубоких горизонтов трубки,. Разведочные работы велись в интервале глубин от 270 до 900 м (отметки от +230 м до -400 м). Разведка была проведена проходкой системы наклонно-направленных многозабойных колонковых скважин, пройденных из вмещающих пород в рудное тело. Буровые работы производились с берм разрабатываемого карьера, располагающихся на горизонтах от +512 м до +340 м. Была пройдена 31 скважина колонкового бурения, общей длиной 15156,4 м, было отобрано 253 пробы.

Обогащение керновых проб было проведено на стационарной геологоразведочной фабрике №10 Амакинской экспедиции. Контролем качества обогащения керновых проб было охвачено 10,1% обработанных проб, выявлено лишь 2 кристалла в дополнение к 5707 кристаллам, отобранным при рядовом обогащении. Это говорит о высоком качестве работ при обогащении керновых проб.

В период разведки трубки «Айхал» в 1997 г. ГОКом было проведено валовое опробование кимберлитов месторождения. Целью опробования являлась оценка стоимости алмазов месторождения. Валовая проба весом 50 тысяч тонн была отобрана в центральной части Северо-восточного рудного тела, со дна действовавшего в тот момент карьера на горизонте с отметкой +245 м. Обработку пробы выполнила фабрика № 8 Айхальского ГОКа с использованием промышленной схемы обогащения. Содержание алмазов в валовой пробе составило 6,22 кар/т, что значительно выше среднего содержания в нижележащих (на отметках +230/0 м) подсчетных блоках №№ 18-С1 и 20-С1, где содержания по результатам кернового опробования составляют

4,20 и 4,75 кар/т, соответственно. По результатам обработки полученных данных были сделаны выводы о непредставительности кернового опробования для крупных классов алмазов (+4 мм) [64].

Трубку «Айхал» образуют несколько рудных столбов, включающих в себя как минимум три отдельных подводящих канала. Открытые горные работы на месторождения велись в период с 1961 г. по 1998 г., по окончании их ведения глубина дна карьера была 270 м. В процессе открытых горных работ было добыто около 65 млн. карат алмазов класса +0,2 мм. Общее количество извлечённой кимберлитовой руды составило около 13,9 млн. тонн. Несмотря на то, что вес добытой руды составил на 7,4% выше утвержденных ГКЗ объёмов, содержание алмазов оказалось на 25,4% ниже утвержденного ГКЗ.

Таблица 8 – Балансовые запасы кимберлитовой трубки «Айхал» по состоянию на 01.01.2013 г.

Категория	Вес руды (тыс. т)	Содержание класса +0.5 мм (кар/т)	Алмазы класса +0,5 мм (тыс. карат)
Для открытой разработки, выше отметки +230 м			
C1	92	3,87	356
C2	19	3,49	66
Для подземной разработки, +230 м / -100 м			
C1	5 432	4,97	26 992
C2	2 572	3,92	10 082
Без определения балансовой принадлежности, интервал -100 / -400 м			
C2	2 651	2,99	7 924

Заключение о минеральных ресурсах трубки «Айхал» в соответствии с требованиями кодекса JORC составлено компанией «Майкон» с использованием тех же подсчетных блоков, по которым подсчитывались запасы, утвержденные ГКЗ. Объемы руды содержания алмазов оценивались с использованием геологической компьютерной модели [66]. Данные по средним содержаниям использовались затем при подсчете ресурсов в соответствии с требованиями кодекса JORC.

Таблица 9 – Минеральные ресурсы кимберлитовой трубки «Айхал» по состоянию на 01.07.2013 г [62].

Категория JORC	Описание	Верхняя отметка	Нижняя отметка	Вес руды руды	Содержание класса +0,5	Алмазы класса +0,5 мм
Выявленные	СВ трубка, блоки 18 и	230	0	5 135	4,81	24 706
Выявленные	ЮЗ трубка, блоки 17 и	230	0	2 594	4,42	11 453
Итого Выявленные				7 729	4,68	36,159
Предполагаемые	СВ трубка, блоки 22,24,25	0	-400	4 811	3,29	15 832
Предполагаемые	ЮЗ трубка, блоки 21,23	230	-400	3 458	4,67	16 135
Итого Предполагаемые		0	-400	8 269	3,87	31 967

При подсчёте запасов по JORC применялись следующие модифицирующие факторы:

- Учёт запасов, отнесенных ГКЗ к «забалансовым», при оценке не проводился, ввиду того, что их содержание ниже экономически оправданного минимума, достаточного для рентабельной разработки;

- Значения поправок на разубоживание и потери руды (6,64% и 0,58% соответственно) приняты в соответствии с фактическими показателями 2012 года. Под разубоживанием понимается процентное отношение веса примешанной к руде пустой породы к весу добытой руды (с учетом потерь и разубоживания).

Также были учтены объемы оставленного под дном карьера предохранительного целика, предназначенного для защиты подземных выработок рудника «Айхал» от затопления.

Таблица 10– Запасы руды трубки «Айхал» по состоянию на 01.07.2013 год. [62]

Категория JORC	Вес руды (тыс. тонн)	Содержание класса +0,5 мм (кар/т)	Алмазы класса +0,5 мм (тыс. карат)
Вероятные	5 217	4,37	22 789

В 2004 г. институтом «Гипроникель» была разработана пересмотренная версия проекта разработки месторождения «Айхал». В настоящее время разработка ведётся в соответствии с данным проектом [63].

В настоящее время разработка рудника ведётся четырьмя комбайнами (тремя AM75 и одним Sandvik MR-360), обеспечивающими объём добычи, примерно соответствующий подвиганию фронта работ на 120 метров в месяц.

Проектом разработки подразумевается вскрытие и отработка запасов трубки «Айхал» до отметки -100 м. Основные вскрывающие выработки рудника, предусмотренные проектом: пройденный с поверхности (с отметки +584,6 м) вспомогательный наклонный ствол до отметки -111,2 м; пройденный с поверхности (с отметки +580,2 м) до отметки -13,6 м грузовой наклонный ствол; пройденный с поверхности (отметка +496,2 м) до отметки -145,05 м вертикальный клетевой ствол.

Размещение основных транспортных горизонтов рудника планируется на отметках +180 м, +100 м, 0 м и -100 м. Горизонт, расположенный на глубине -100, планируется оснастить конвейерами, дизельным самоходным оборудованием, его задачей является обеспечение транспортировки руды на остальных горизонтах.

В настоящее время применяется камерно-целиковая система разработки с закладкой выработанного пространства. Сейчас проводится оценка возможности внедрения новой системы разработки, которая должна привести к снижению затрат и повышению производительности добычных работ. Предлагается внедрение камерной системы разработки с последующей закладкой.

Модель денежного потока Айхальского ГОКа разработана на основании данных планов горных работ, откорректированных для целей комбината с

данных оценки запасов, в соответствии с требованиями кодекса JORC. Объем запасов месторождения «Айхал», соответствующий этой оценке, будет окончательно исчерпан к 2023 году. Проведение необходимых работ по доразведке в процессе ведения горных работ может привести к существенному увеличению объема запасов месторождения «Айхал» и продлить время эксплуатации занимающегося его разработкой рудника [65].

Таблица 11–Айхальский ГОК (основные данные модели денежного потока) [62]

Параметры	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Всего
ГОРНЫЕ РАБОТЫ										
Рудник «Айхал»										
Подготовительные работы (тыс. м3)	22	21	17	17	17	17	17	17	17	160
Руда (тыс. т)	553	575	550	535	500	500	500	500	500	4 713
Алмазы +0,5 мм в руде (карат/т)	5,46	5,34	5,20	5,00	3,86	3,86	3,86	3,86	3,86	4,52
Алмазы +0,5 мм (тыс. карат)	3 021	3 071	2 860	2 675	1 932	1 932	1 932	1 932	1 932	21 288
Средняя цена 1 -го карата (долл.)	48,71	52,53	52,56	49,05	55,55	58,71	62,05	65,58	69,31	
Ценность 1 тонны руды (долл. США)	266,08	280,58	273,30	245,27	214,66	226,87	239,78	253,42	267,84	
Всего добыча										
Руда (тыс. т)	8 953	8 565	8 550	9 035	9 000	9 000	9 500	8 847	7 500	78 950
Содержание алмазов (карат/т)	1,16	1,32	1,23	1,14	1,05	1,06	1,02	1,05	1,08	1,12
Алмазы в руде (тыс. карат)	10 413	11 280	10 542	10 279	9 426	9 558	9 665	9 271	8 077	88 511
ОБОГАТИТЕЛЬНАЯ ФАБРИКА №. 8										
Обработка руды (тыс. т)	968	580	1 065	1 535	1 500	1 500	1 500	948	500	10 096
Алмазы в руде (тыс. карат)	3 179	3 073	3 053	3 048	2 305	2 305	2 305	2 099	1 932	23 299
Содержание алмазов (карат/т)	3,28	5,30	2,87	1,99	1,54	1,54	1,54	2,21	3,86	2,31
Извлечение (%)	95,90	96,21	96,20	96,22	96,00	96,00	96,00	96,00	95,90	96,06
Извлеченные алмазы (тыс. карат)	3 048	2 956	2 937	2 933	2 213	2 213	2 213	2 015	1 853	22 381
ОБРАБОТКА ВСЕГО										
Обработка руды (тыс. т)	9 823	8 684	8 906	9 821	8 888	8 452	9 142	8 453	8 216	80 385
Алмазы в руде (тыс. карат)	10 980	11 385	10 875	10 969	9 314	9 028	9 343	8 871	8 736	89 500
Содержание алмазов (карат/т)	1,12	1,31	1,22	1,12	1,05	1,07	1,02	1,05	1,06	1,11
Извлечение (%)	96,47	96,64	96,63	96,64	96,38	96,37	96,38	96,38	96,37	96,48
Извлеченные алмазы (тыс. карат)	10 592	11 002	10 509	10 600	8 977	8 700	9 005	8 550	8 419	86 354
ВЫРУЧКА										
Суммарная выручка (тыс. долл.)	1 431 455	1 579 907	1 534 299	1 578 773	1 165 882	1 190 379	1 306 765	1 275 918	1 300 879	12 364
Средняя цена карата (долл. США)	135,14	143,60	146,00	148,94	129,88	136,82	145,12	149,23	154,52	

Продолжение таблицы 11

Показатели	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Всего
Добыча руды (тыс. т)	8 953	8 565	8 550	9 035	9 000	9 000	9 500	8 847	7 500	78 950
Алмазы в добытой руде (тыс.	10 413	11 280	10 542	10 279	9 426	9 558	9 665	9 271	8 077	88 511
Обработка руды (тыс. т)	9 823	8 684	8 906	9 821	8 888	8 452	9 142	8 453	8 216	80 385
Среднее содержание в переработанной руде (карат/т)	1,12	1,31	1,22	1,12	1,05	1,07	1,02	1,05	1,06	1,11
Среднее извлечение (%)	96,5	96,6	96,6	96,6	96,4	96,4	96,4	96,4	96,4	96,5
Извлеченные алмазы (тыс. карат)	10 592	11 002	10 509	10 600	8 977	8 700	9 005	8 550	8 419	86 354
Средняя цена (долларов)	135,1	143,6	146,0	148,9	129,9	136,8	145,1	149,2	154,5	143,2
Средняя цена (руб./карат)	4 243,4	4 609,6	4 920,3	5 198,1	4 532,7	4 775,1	5 064,8	5 208,1	5 392,8	4 866,5
Суммарная выручка от реализации алмазов (тыс.	1 431 455	1 579 907	1 534 299	1 578 773	1 165 882	1 190 379	1 306 765	1 275 918	1 300 879	12 364 257
Операционные затраты (долларов США/т)	60,5	65,0	60,7	54,0	55,1	56,3	43,6	45,6	44,2	54,0
Операционные затраты (долларов США/карат)	56,1	51,3	51,4	50,0	54,6	54,7	44,3	45,1	43,2	50,3
Денежные затраты (руб./карат)	1494,8	1351,9	1426,7	1436,3	1597,9	1579,5	1215,3	1236,4	1199,3	1 396,8
Капитальные затраты в том числе оборотный капитал (долларов)	9,2	10,0	8,8	5,5	4,0	-0,2	2,7	1,9	3,5	5,1
Капитальные затраты (долларов США/т)	10,4	9,9	8,5	6,5	4,8	3,6	3,1	2,5	4,0	6,0
Чистый денежный поток (тыс. долларов США)	594 280	740 498	731 867	801 172	521 607	589 746	718 848	713 758	739 150	6 150 925
Чистый дисконтированный доход для ставки 7% (тыс. долл. США) ¹										4 306 352

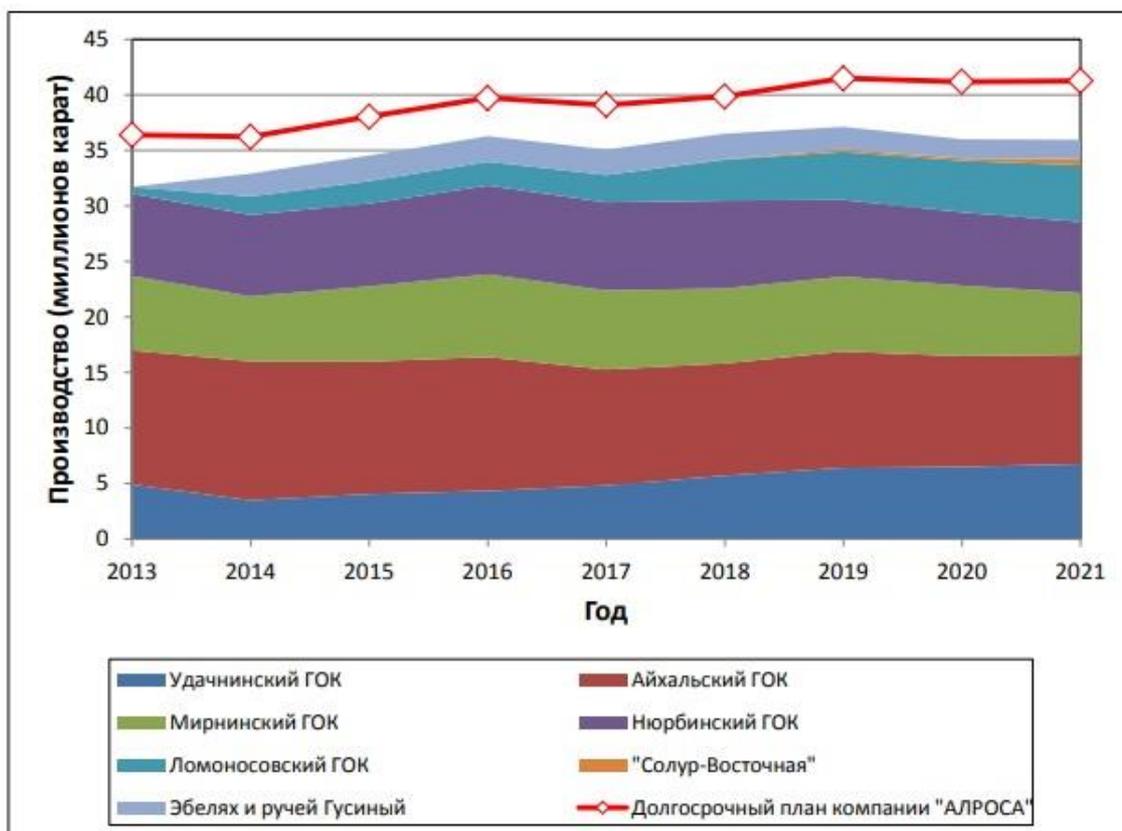


График 1– Объемы производства алмазов, календарный план и долгосрочный план компании «АЛРОСА».

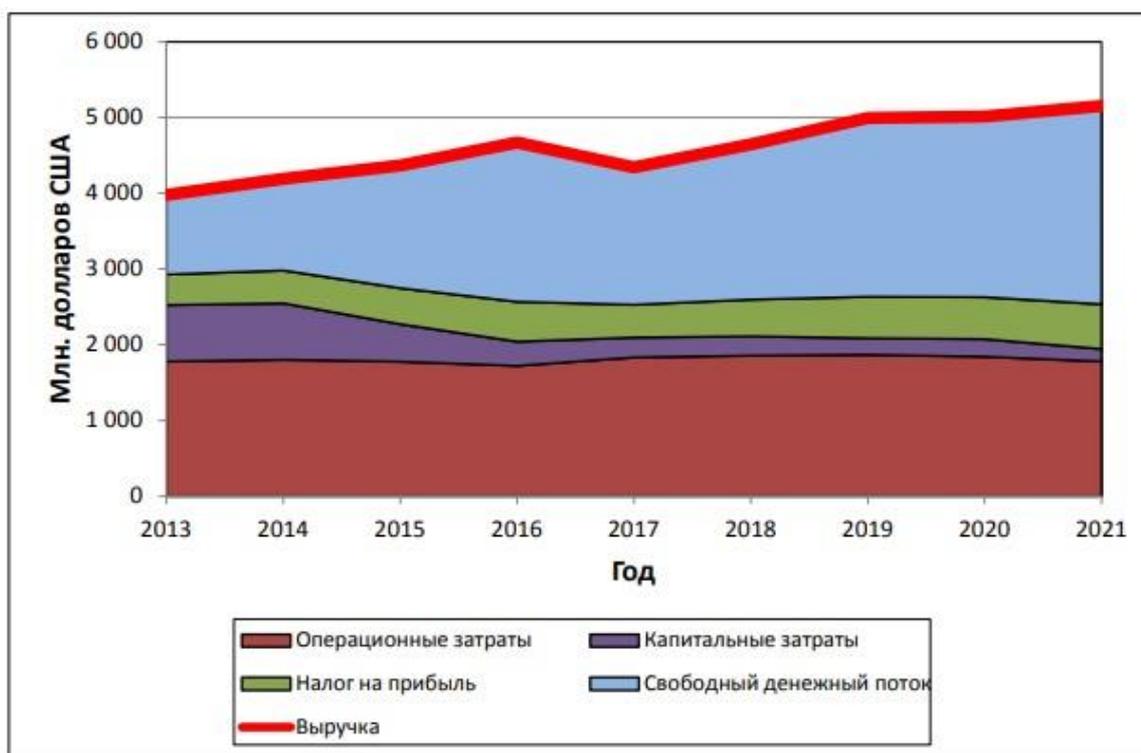


График 2 – «АЛРОСА», суммарный денежный поток

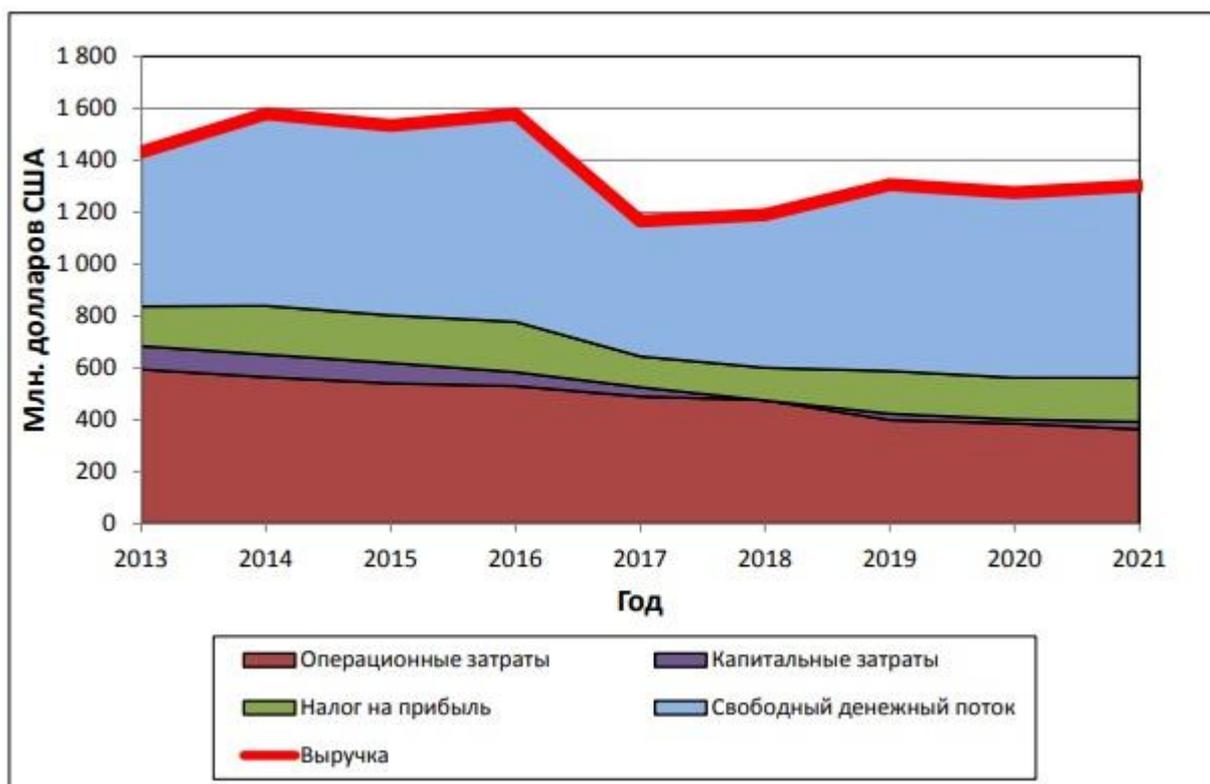


График 3–Денежный поток Айхальского ГОКа для запасов по кодексу JORC

Основные данные построенной модели денежного потока представлены в таблице 11. Все эксплуатационные и капитальные затраты выражены в условиях 2012 года. Капитальные затраты в номинальном выражении были преобразованы с использованием значений дефлятора капитальных затрат. Был использован обменный курс российского рубля к доллару, согласно прогнозу Министерства экономического развития РФ.

9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе расчет по объекту производился с использованием действующих нормативных документов - ССН-84, ССН-92, и СНОР -93, и в соответствии с «Инструкцией по составлению проектов и смет на ГРР» (1986-93) [67, 68].

В сметно-финансовых расчетах (СФР) принимались следующие поправочные коэффициенты: к заработной плате - районный -2.0; высокогонный - нет; безводный – нет, общий – 2.0.

Поправочные коэффициенты, учитывающие нормы транспортно-заготовительных расходов, устанавливаются по опыту работ подразделений АК «Алроса» ПАО и составляют не более 20% от стоимости материалов и амортизации оборудования. В СФР приняты следующие значения КТЗР:

1. по материальным затратам - **КТЗР** = 1,105
2. по амортизации - **КТЗР** = 1,100

Прочие затраты, не учтенные вышеуказанными справочными материалами, оценивались прямым расчетом на основании Укрупненных (УКР) и порайонных (ПКР) комплексных расценок, разработанных для конкретных условий проведения геологических исследований.

Лимиты накладных расходов и плановых накоплений принимаются в соответствии с циркулярным письмом МПР от 25.11.2018 г. в размере не более 20 %, по обеим позициям. В настоящей смете лимиты накладных расходов приняты в размере 10%; плановых накоплений – 7%. Интегральный поправочный коэффициент, учитывающий лимиты плановых накоплений и накладных расходов $K_{н.р.п.н} = 1.177$.

Калькуляция затрат выполнена в базовом варианте по государственным расценкам СНОР-93 и в текущих ценах на момент проектирования. Для перевода базовых расценок в текущие (2-й квартал 2018 г.) применялись индексы изменения цен (индексы удорожания), величина которых устанавливается Комитетом по ценообразованию РФ, и применяется согласно

методическому положению об индексации затрат на геологоразведочные работы. В частности, для перевода базовых цен в текущие применены расчетные индексы, учитывающие инфляционные процессы для конкретных видов ГРР. Принятая индексация может быть откорректирована по фактическому началу работ по проекту.

Калькулирование затрат в рамках настоящей сметы осуществлено по видам работ, приведенным в сводной таблице №8 геолого-методической части проекта.

Таблица 12– Сводный расчет сметной стоимости геологоразведочных работ

№№ рас-чета по сме-те	№ п/п	Наименование видов работ и дополнительных затрат	Ед. изм.	Объем работ по про-екту	Кол-во расчетных единиц по проекту (смена, бригада)	Стои-мость расчетно-й единицы СНОР-93 в руб.	Общая стоимость работ по расчетам СНОР-93	Расчет-ный индекс измене-ния цен на IV кв. 2018 г.	Всего затрат с учетом индекса, в руб. (гр.8 × гр.9)	Стои-мость ед. работ по СНОР-93, в руб. (гр.8 / гр.5)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	I	Основные расходы								
	A	Собственно ГРР, в т. ч.:								
1	1	Подготовительные работы и проектирование, в т.ч.:	руб						1229867	
	1.1	Проектирование	про-ект	1	12,8 ч/мес	32550	416548	2,049	852257	416548
1.1	1.2	Предполевое де-шифрирование АФС	дм ²	359,3	201,2 чел/см	1670	336004	1,124	377610	952
	2	Полевые работы:								
1.2	2.1	Наземные поиско-вые маршруты	пог. км	4560	185,4 чел/см	2833	525238,2	0,959	503703	116
1.3	2.2	Отбор проб-протолок	пог. км.	142,5	5,79 чел/см.	2833	16403	0,959	15731	115
1.3	2.3	Шлиховое опробо-вание	проба	2189	250,9 чел/см	2602	652842	0,959	626075	298
	2.4	Буровые работы								
	2.4.1	Бурение скв. с от-бором керна D-76, в нормализованных условиях	м	7636	872.9	13435	11727412	1.350	15832006	1536
	2.4.2	Бурение скв. с от-бором керна D-76, в ненормализо-ванных условиях	м	513	80.75	13435	1084876	1.350	1464583	2115
	2.4.3	Бурение скв. без отбора керна D-93, в нормализованных условиях	м	3086	511.4	16371	8372129	1.350	11302375	2712
	2.4.4	Монтаж-демонтаж буровых скважин	скв	62	18.36	11621	213362	1.407	300200	4842
	2.4.5	Тампонаж кондукт. скважин глиняными шариками	тамп.	62	12.38	10661	132132	1.407	185909	2131

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	2.10	Мелкообъемное опробование	про-ба	92	112,76 чел/см	1043	117609	0,978	115021	1278
	2.11	Керновое опробова-ние буровых сква-жин	м.	1050 2	1712,2	3214	550323	0,978	538216	524
2.1	2.12	Отбор и обработка проб-протолок	проба	285	368,1 чел/см	2532	933067	0,862	804304	32739
2.3	2.13	Полевая камераль-ная обработка мате-риалов	1 ном. лист	1,1	80,96 чел/см	12473	1009814	0,907	915901	918013
2.2	2.14	Переезды поисковых групп сплавом на моторной лодке типа «Казанка»	100 км	2,85	45,2 чел/см	4145	187354	0,643	120469	65738
	2.15	Переезды поиско-вых групп вертоле-том Ми-8	1 пере-езд	37	148 чел/см	1116	165147	0,643	106190	4463
	2.16	Содержание радио-станции «Ангара»	рад/мес	12	304,8 чел/см	1390	423690	0,978	414369	35308
	3	Технологическое строительство:								
3.2	3.1	Устройство ВПП для МИ-8	пло-щадка	15	15	621	9315	0,865	8057	621
3.3	3.2	Устройство радио-мачт	шт.	19	19	472	8968	0,865	7757	472
3.4	3.3	Строительство де-ревянных основа-ний под 6-местные палатки	шт.	54	54	3180	171720	0,865	148538	3180
3.5	3.4	Устройство туале-тов на 1 очко	шт.	18	18	2928	52704	0,865	45589	2928
	3.5	Устройство помой-ных ям	шт.	18	18	2858	51444	0,865	44499	2858
		ИТОГО ПОЛЕ-ВЫХ РАБОТ:							333194	92
	4	Организация (1,5×2)%	руб						999585	
	5	Ликвидация (1,2×2)%	руб						799668	
	6	Лабораторные ис-следования:	руб						416350	
	6.1	Расширенный ком-плекс специализи-рованных минера-логических иссле-дований	%	100	256,92 чел/см	1657	425716	0,978	416350	4257

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	7	Камеральные ра- боты:	руб						261000	
3.1	7.1	Окончательная ка- меральная обработ- ка материалов, со- ставление отчета	100 %	100	5.4 чел/м	32350	174690	0,966	169000	1747
	7.2	Ввод и обработка данных на ПК от- четных материа-лов в электронном ва- рианте	%	100	68,6 чел/см	1626	111512	0,824	92000	1115
		ИТОГО СОБСТ- ВЕННО ГРР:	руб						37025962	
	Б	Сопутствующие работы и затраты, в т. ч.:	руб						4110000	
	8	Строительство временных зданий и сооружений								
	8.1	Строительство жи- лых балков	шт.	3	3	315998	947994	0,865	820000	3159 98
	8.2	Строительство ба- ни-балка	шт.	1	1	328007	328007	0,865	284000	3280 07
	8.3	Строительство де- ревянных основа- ний под 10-местные палатки	шт.	2	2	32958	65916	0,865	57000	3295 8
	8.4	Обустройство стел- лажей	шт.	4	4	4281	17124	0,865	15000	4281
	9	Транспортировка грузов и персонала (наемным транс- портом)								
	9.1	Вертолётом Ми-8	лет/ча с.	126,3	126,3	26462	3342151	0,878	2934000	2646 2
		ИТОГО основных расходов (А+Б):	руб				6158260 1		4113596 2	
		в т. ч. авиация:					3342151		2934000	

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	II	Накладные расходы 10, %	руб						411359 6	
	III	Плановые накопления 5%	руб						226247 8	
	IV	Компенсированные расходы и затраты:	руб						181500 0	
10		Производственные командировки	%	100			268850	1,0	269000	
11		Полевое довольствие 7%	руб				872372	-«-	872000	
12		Доплаты и компенсации 5%	Руб				623073	-«-	623000	
13		Охрана недр и окружающей среды	руб				51143	1,0	51000	
		ИТОГО (I-IV)	руб						493271 36	
	V	Договорные работы по проведению спец. лабораторно-технологических исследований	руб				342800	1,0	343000	
		ИТОГО ПО РАСЧЕТУ (I-V)	руб						496701 36	
	VI	Резерв 3%							149010 4	
		ВСЕГО ПО ОБЪЕКТУ БЕЗ НДС:	руб						511602 40	
		в т.ч. авиация:	руб						2934.9	
		НДС 18%	руб						920884 3	
		ИТОГО с НДС:	руб						603690 83	

Таблица 13–Расчет № 1 Сметной стоимости проектирования и подготовительного периода (12.8 чел/мес)

№№	Наименование расходов	Ед. изм.	Кол-во	Цена за единицу или зарплата в ценах СНОР-93	Всего в ценах СНОР-93		Индекс с изменением цен	Сумма расходов с учетом индекса
					базовые	С учетом коэф-та 2,0		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Основная заработная							
	1) Начальник	ч/мес.	1	14945	14945	29280		
	2) Геолог I кат	ч/мес.	2	12936	25872	51744		
	3) Геолог 2 кат	ч/мес.	3	11424	34272	68544		
	4) Экономист I кат	ч/мес.	2	8000	15999	31998		
	5) Техники 1-2кат	ч/мес.	4.8	6265	30312	60624		
	ИТОГО:	ч/мес.	12.8		121400	242800	2,046	496768.8
2	Дополнительная зарплата (к=0,079) 7,9% к осн. з-п					19180		
	ИТОГО оплата труда:					261980	2.046	536011,1
3	Начисления на оплату (31 %)					81213,8		
	ИТОГО; п.п. 1-3 (ФОТ)					343193,8		702174,5
4	Материалы (K=0.05) (5% от 1+2) x 1.105					13099		
5	Услуги со стороны (15 % от 1 + 2)					39297		
	ИТОГО основных рас-					416548	2.046	852257.2
10	Сметная стоимость единицы					32550		66582.6

Расчет №2

Основные расчеты на единицу работ

1. Колонковое бурение скважин Д до 132 мм, кат. 1V - V1, глубина. до 200 м С отбором керна в нормализованных условиях.
2. Бескерновое бурение скважин Д до 132 мм, кат. VIII-IX, глубина. До 200 м. Поправочные коэффициенты:

К затратам на оплату труда:

Безводность.- нет, районный- 2,0, высокогорность- нет, общий- 2,0.

К материальным затратам: индекс _____, ТЗР__1,105,

общий-1,105 К амортизации: индекс, ТЗР-1,100 , общий-1,100

Таблица 14– Основные расчеты на единицу работ

Показатели норм	1		2	
	Таб. Стр.		Таб. Стр.	
	Норма СНОР-93	С учетом коэф-фициента	Норма СНОР-93	С учетом коэф-фициента
1	2	3	4	5
1. Затраты на оплату труда	1958	3916	1968	3936
2. Отчисления на соц. нужды (39%)	812	1624	817	1634
3. Материальные затраты	6165	6812	8798	9721
4. Амортизация	980	1083	982	1080
Всего в смену	9915	13435	12565	16371

Расчет №3

Основные расчеты на единицу работ

1. Тампонирование кондукторов глиной

2. Оборудование устьев скважин
превентором

Поправочные коэффициенты: К

затратам на оплату труда:

Безводность.- нет, районный- 2,0, высокогорность- нет, общий- 2,0.

К материальным затратам: индекс _____, ТЗР__1,105, общий-1,105

К амортизации: индекс, ТЗР-1,100, общий- 1,100

Таблица 15– Основные расчеты на единицу работ

Показатели норм	1		2	
	Таб. Стр.		Таб. Стр.	
	Норма СНОР-93	С учетом коэф- фициента	Норма СНОР-93	С учетом коэф- фициента
1	2	3	4	5
1. Затраты на оплату труда	1966,90	3933,8	9727,3	19454,6
2. Отчисления на соц. нужды (39%)	767,09	1534,18	3793,7	7587,4
3. Материальные затраты	4276	4724,98	5674	6269,8
4. Амортизация	425	467,5	0	0
Всего в смену		10661		33311,8

Расчет №4

Основные расчеты на единицу работ

1. Монтаж-демонтаж и перемещение буровых установок одним блоком

2. Привязка устьев скважин

Поправочные коэффициенты:

К

затратам на оплату труда:

Безводность.- нет, районный- 2,0, высокогорность- нет, общий- 2,0. К

материальным затратам: индекс _____, ТЗР __1,105, общий-1,105

К амортизации: индекс, ТЗР-1,100, общий- 1,100

Таблица 16– Основные расчеты на единицу работ

Показатели норм	1		2	
	Таб. Стр.		Таб. Стр.	
	Норма СНОР-93	С учетом коэффициента	Норма СНОР-93	С учетом коэффициента
1	2	3	4	5
1. Затраты на оплату труда	3553,95	7107,9	28871,94	57743,88
2. Отчисления на соц. нужды (39%)	1386,04	2772	11260,05	22520,1
3. Материальные затраты	14718	16263,39	4750	5248,75
4. Амортизация	3067	3373,7	991	1090,1
Всего в смену		11621		3409,6

Расчет №5

Основные расчеты на единицу работ

1.Обработка проб, 1бр/см

2.Полный минералогический анализ

пород, 1мес. Поправочные

коэффициенты:

К затратам на оплату труда:

Безводность.- нет, районный- 2,0, высокогорность- нет, общий- 2,0. К

материальным затратам: индекс _____, ТЗР__1,105, общий-1,105

К амортизации: индекс, ТЗР-1,100, общий- 1,100

Таблица 17 – Основные расчеты на единицу работ

Показатели норм	1		2	
	Таб. Стр.		Таб. Стр.	
	Норма СНОР-93	С учетом коэф- фициента	Норма СНОР-93	С учетом коэф- фициента
1	2	3	4	5
1. Затраты на оплату труда	12342,44	24684,88	14527,33	29054,66
2.Отчисления на соц. нужды (39%)	4813,55	9627,1	5665,66	11331,32
3. Материальные затраты	33590	37117	28840	31868,2
4. Амортизация	3637	4000,7	4221	4643,1
Всего в смену		2969,7		30274,5

Расчет №6

Основные расчеты на единицу работ

1. Окончательная камеральная обработка материалов

2. Компьютерное
сопровождение

Поправочные
коэффициенты:

К затратам на оплату труда:

Безводность.- нет, районный- 2,0, высокогорность - нет, общий- 2,0. К
материальным затратам: индекс _____, ТЗР__1,105, общий-1,105

К амортизации: индекс, ТЗР-1,100, общий- 1,100

Таблица 18– Основные расчеты на единицу работ

Показатели норм	1		2	
	Таб.	Стр.	Таб.	Стр.
	Норма СНОР-93	С учетом коэф- фициента	Норма СНОР-93	С учетом коэф- фициента
1	2	3	4	5
1. Затраты на оплату труда	30206,47	60412,94	7277,33	14554,66
2. Отчисления на соц. нужды (39%)	11780,5	23561	2818,66	5637,32
3. Материальные затраты	3632	4013,36	302	333,71
4. Амортизация	0	0	237	260,7
Итого основных расходов в месяц		87987,3		20786,39
Всего в смену (25,4)		3464,06		818,36

Таблица 19–Перечень индексов изменения стоимости по видам геологоразведочных работ, рассчитанных по СНОР-93 на 18-19 год

№№ пп	№СНОР № табл № стр				Наименование работ	Индекс изменения
1	2				3	4
1	1	1	1	1	Сбор информации	2,049
2	1	1	1	2	Систематизация сведений	1,982
23	11	5		5	Геологическая документация керна горных пород Стационарные (круглогодичные) работы у буровой сква- жины (без радиометрических исследований)	1,800
4	12	1		1	Составление обзорной карты. Составление графической и текстовой части проектов	2,015
5	12	1		3	Составление карты фактического материала. Составление графической и текстовой части проекта	2,010
6	1	2	1	4	Составление текстовой части проекта	2,039
8	1	5	1	28	Отбор проб из керна буровых скважин (ручной способ)	1,559
9	1	5	1	31	Отбор групповых проб	1,446
10	15	1	34		Обработка начальных проб с использованием многоста- дийного цикла дробления- измельчения (машинно-ручной способ)	0,990
11	1	5	1	43	Обработка лабораторных проб (ИВ-3)	1,591
13	2	2	1	3	Составление смет	2,011
14	5		8	7	Бурение СБУ роторн типа, диам до 132 мм (0-30)	1,350
15	5	2	8	7	Вспомогательные работы, кроме ... (гр 0-30) d до 132 мм	1,429
16	5	1	24	1	Монтаж-демонтаж (0-25)	1,407
17	7		1	1	Физико-химические анализы	1,019
					Топогеодезические работы	
20	9		3	52	Проложение теодолитных ходов	1,617
21	9		3	55	Аналитическая привязка скважин	1,442

Согласно сводным расчетам сметной стоимости, сумма всех затрат на геологоразведочные работы включая налог на добавленную стоимость составит 60.369.083 рубля. Опираясь на данные из государственного доклада о состоянии минерально-сырьевой базы РФ за 2017 год. В котором указано, что достоверные запасы кимберлитовой трубки Айхал по категориям А+В+С1 составляют 61,1 миллионов карат и ежегодная добыча составляет 2,8 млн. карат. Можно сделать вывод, что проект разработки данного кимберлитового месторождения может быть рекомендован к реализации.

10. Социальная ответственность

Многолетний опыт работ на северных территориях показал, что при всех видах геологоразведочных работ характерно интенсивное воздействие на биосферу, затрагивающее практически все ее элементы: водный и воздушный бассейны, землю, недра, растительный и животный мир. Это воздействие может быть как непосредственным (прямым), так и косвенным, являясь следствием первого.

В данной главе рассматривается производственная и экологическая безопасность при выполнении геологоразведочных работ по добыче. Рабочий процесс представляет собой работы камерального и лабораторного типа. Работа по изучению кимберлитов и вмещающих пород алмазонасной трубки Айхал (Алакит-Мархинского поля) заключалась в проработке литературы, проведении анализов, составлении демонстрационного материала, написании пояснительной записки.

Целью раздела является анализ опасных и вредных факторов при данном виде организационной деятельности и решение вопросов обеспечения защиты от них на основе требований действующих нормативно-технических документов.

10.1. Производственная безопасность

При проведении геологоразведочных работ нужно учитывать опасные и вредные производственные факторы (ГОСТ 12.0.003-2015 [78]), для данного проекта приведенные в табл.19.

10.1.1 Анализ опасных производственных факторов и мероприятия по их устранению

Полевые работы. При геологоразведочных работах используются движущиеся механизмы буровой установки, а также оборудование, которое имеет острые кромки (породоразрушающий инструмент), используются различные виды электрооборудования, а также легковоспламеняющиеся

жидкости (дизельное топливо, смазки). Все эти опасные факторы могут привести к несчастным случаям, поэтому очень важным считается проведение различных мероприятий и соблюдение техники безопасности.

Таблица 20–Основные элементы производственного процесса геологоразведочных работ, формирующие опасные и вредные факторы в Алакит-Мархинском кимберлитовом поле.

Этапы работ	Наименование запроюктированных видов работ и параметров производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015), [75]		Нормативные документы
		Опасные	Вредные	
1	2	3	4	5
Полевые работы	<p>1. Бурение скважин станками СКБ – 5 и НУДХ - 4</p> <p>2. Геологические работы (опробование)</p>	<p>1. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности инструментов</p> <p>2. Электрический ток</p> <p>3. Пожароопасность</p>	<p>1. Отклонение показателей климата на открытом воздухе</p> <p>2. Превышение уровней шума и вибрации</p> <p>3. Загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны</p>	<p>ГОСТ 12.2.003-91</p> <p>[75]</p> <p>ГОСТ 12.1.019-79</p> <p>[77]</p> <p>ГОСТ 12.1.003-83</p> <p>[75]</p> <p>ГОСТ 12.1.012-90</p> <p>[79]</p> <p>ГОСТ 12.1.038-82</p> <p>[80]</p> <p>ГОСТ 12.1.005-88</p> <p>[78]</p>

Продолжение таблицы 20

Камеральные работы	1. Обработка полевых материалов, составление отчета и графических приложений	1. Электрический ток 2. Пожароопасность 3. Загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны	1. Отклонение Показателей микроклимата в помещении 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	ГОСТ 12.1.006-84 [83] ГОСТ 12.1.045-84 [84] ГОСТ 12.1.019-79 [77] ГОСТ 12.1.038-82 [80] СанПиН 2.2.4.548-96 [41] СанПиН 2.2.4.3359-16 [92] СП 52.13330.2011 [89] СНиП 21-01-97 [85] ГОСТ 12.1.004-91 [82] ГОСТ 12.1.005-88 [78]
--------------------	--	---	--	--

давлением, неправильная эксплуатация или неисправное оборудование, механизмы, инструменты, устройства блокировки, сигнализирующие приспособления и приборы. Монтажно-демонтажные работы осуществляются в соответствии со схемой и технологическими регламентами, утвержденными главным инженером. Буровая установка должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91 [76].

Мероприятия по устранению опасного фактора: бРуководство буровыми работами на агрегатах возлагается на буровых мастеров. До пуска бурового

агрегата в эксплуатацию проверяется работа всех механизмов и грузоподъемность буровой вышки. По окончании проверки и устранении всех недостатков, составляется акт технической готовности буровой к работе. Рабочая площадка бурового агрегата должна иметь подъездные пути, обеспечивающие беспрепятственный подъезд к ней. К обслуживанию буровых станков, насосов и другого оборудования, допускаются машинисты буровых установок и их помощники, имеющие соответствующие права. Допуск к обслуживанию агрегатов и механизмов разрешается после прохождения инструктажа по технике безопасности и медицинского освидетельствования. Все электрооборудование заземляется в соответствии с требованиями “Правил безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей”.

Электрический ток. Электронасыщенность геологоразведочного производства формирует электрическую опасность, источником которой могут быть электрические сети, электрифицированное оборудование и инструмент (электроуровнемер, электронасосы, компрессор и другие).

Поражение электрическим током может произойти при прикосновениях: к токоведущим частям, находящимся под напряжением; отключенным токоведущим частям, на которых остался заряд или появилось напряжение в результате случайного включения; к металлически нетоковедущим частям электроустановок после перехода на них напряжения с токоведущих частей. Нормативными документами являются ГОСТ 12.1.019-79 [77]; ГОСТ 12.1.038-82 [80].

Мероприятия по устранению опасного фактора .К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрорезиновые средства, сигнализация и плакаты. Для обеспечения недоступности токоведущих частей оборудования и электрических сетей применяют сплошные ограждения (кожухи, крышки, шкафы и т.д.). Для защиты от поражения электрическим током, при работе с ручным электроинструментом, переносными светильниками применяют пониженные напряжения питания

электроустановок: 42, 36 и 12 В. При обслуживании и ремонте электроустановок и электросетей обязательно использование электротехнических средств, к которым относятся: изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками, диэлектрические перчатки, боты, калоши, коврики, указатели напряжения.

Пожарная безопасность. Выполнение мер пожарной безопасности на всех объектах, предусматривается в строгом соответствии с “Правилами пожарной безопасности для геологоразведочных организаций и предприятий”. Ответственность за пожарную безопасность на объектах возлагается на технических руководителей работ. У всех работающих ежегодно будет проводиться проверка знаний пожарной безопасности. Один раз в полугодие предусматривается проводить практические занятия с членами ДНД и рабочими непосредственно на объекте работ. Также предусматривается ежемесячно проводить проверку состояния пожарной безопасности, наличие противопожарного инвентаря и его исправность на всех объектах в праздничные дни организовывается круглосуточное дежурство членов ДНД на базе партии: ГОСТ 12.1.004-91 [82].

Причинами возникновения пожаров в полевых условиях являются: неисправность и неправильная эксплуатация электрооборудования; неисправность и перегрев отопительных стационарных и временных печей, разряды статического и атмосферного электричества, чаще всего, происходящие при отсутствии заземлений и молниеотводов; неисправность производственного оборудования и нарушение технологического процесса.

Мероприятия по борьбе с пожарами. При пожаре в здании необходимо обесточить здание. Для эвакуации людей, застигнутых пожаром, выбирают наиболее безопасные пути - лестничные клетки, двери, проходы. При несчастном случае необходимо оказать пострадавшему первую медицинскую помощь, по возможности организовать его доставку в больницу.

Категория камеральных помещений по пожарной опасности «В»,

согласно НПБ 105-03 (производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов – деревянная мебель, канцелярские товары) [85].

Для предотвращения распространения огня в производственных помещениях и сооружениях используют противопожарные стенды, и зоны, огнестойкие перегородки, противопожарные перекрытия и двери; помещения, содержащие легковоспламеняющиеся пары и жидкости, должны иметь вентиляцию, отвечающую всем установленным правилам.

Спасение людей при пожаре - важнейшее действие пожарной команды. Оно связано с обеспечением безопасности движения людей по эвакуационному пути за пределы здания. С этой целью должны соблюдаться требования СНиП 21.01.-97 [88] к проектированию размеров лестничных клеток, коридоров, дверей с учетом времени эвакуации людей из самой отдаленной части помещения. Так же обязательное присутствие на предприятии «Плана эвакуации». Для размещения первичных средств пожаротушения устраивают специальные пожарные щиты. В камеральном лабораторном помещениях обязателен огнетушитель ОП-5(3).

Все производственные, складские, административные и вспомогательные здания и помещения обеспечивают связью (пожарной сигнализацией, телефоном и др.).

Электрический ток. Источником электрического тока в помещении может выступать неисправность электропроводки, любые неисправные электроприборы. Все токоведущие части электроприборов должны быть изолированы или закрыты кожухом.

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает на него сложное действие, включая термическое, электролитическое, биологическое и механическое действие.

Основная причина смертельных случаев, связанных с поражением электрическим током в геологии - нарушение правил работы с электроприборами по ГОСТ 12.1.019-79 [77].

Мероприятия по обеспечению электробезопасности: устройство заземления, организация регулярной проверки изоляции токоведущих частей оборудования помещения; обеспечение недоступности условий, создающих повышенную или особую опасность.

Мероприятия по устранению опасного фактора. В целях защиты необходимо применять следующие меры: защитное заземление (сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом). Перед началом работы необходимо: проверить наличие и исправность заземления, включить рубильник электрическое питание компьютеров, на которых планируется выполнение работ согласно ГОСТ 12.1.030-82. [87].

10.1.2. Анализ вредных факторов воздействия и мероприятия по их устранению

Полевые работы. Отклонение показателей климата на открытом воздухе. Микроклимат представляет собой комплекс физических параметров воздуха, влияющий на тепловое состояние организма. К ним относят температуру, влажность, подвижность воздуха, инфракрасное излучение. Нормирование параметров на открытых площадках не производится, но определяются конкретные мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия их на организм рабочего. При отклонение показателей климата на открытом воздухе, рабочие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, которые предусмотрены отраслевыми нормами и соответствуют времени года.

Мероприятия по устранению вредного фактора. Предотвращение переохлаждения и его последствий осуществляется разными способами. В полевых условиях это: рациональный режима труда и отдыха, сокращение рабочего дня и введение перерывов для отдыха в зонах с благоприятными метеорологическими условиями, а также использование средств индивидуальной защиты (спецодежды, специальной обуви, средств защиты рук и головных уборов). Организация рационального питьевого режима. При

работе на открытом воздухе для людей используют тепляки, утепленные жилые и производственные вагончики.

Превышение уровней шума и вибрации. Вибрация возникает при работе буровым оборудованием. Под действием вибрации у человека развивается вибрационная болезнь. Наиболее опасна для человека вибрация с частотой 16 - 250 Гц. Согласно ГОСТ Р 12.1.012-2004 [79], следует, что при 16 Гц допустимый уровень виброскорости будет равен 101 дБ. В результате развития вибрационной болезни нарушается нервная регуляция, теряется чувствительность пальцев, расстраивается функциональное состояние внутренних органов.

Таблица 21–Допустимые звукового давления и эквивалентного уровня звука.

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ., в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	87	82	78	75	73	71	69	80

Шум может создаваться работающим оборудованием: буровыми установками (СКБ-5), машинами (ЗИЛ, КАМАЗ, КрАЗ). В результате исследований установлено, что шум ухудшает условия труда, оказывает вредное воздействие на организм человека характеризующееся головными болями и ухудшением слуха. Предельно-допустимые значения, характеризующие шум, регламентируются в. ГОСТ 12.1.003-2014 [78] таблица 20. Уровень шума не должен превышать значения в 85 дБА.

Таблица 22–Допустимые уровни виброскорости

Вид вибрации	Уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц и звука и эквивалентные уровни звука, дБА									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000

Продолжение таблицы 22

Технологическая	108	99	93	92	92	92	-	-	-	-
Локальная	-	-	115	109	109	109	109	109	109	109

Мероприятия по устранению вредного фактора. Профилактика вибрационной болезни включает в себя ряд мероприятий технического, организационного и лечебно-профилактического характера. Это уменьшение вибрации в источниках, т.е. применение пружинных, резиновых и других амортизаторов или упругих прокладок, виброгасителей, своевременная смазка и регулировка оборудования и внедрение рационального режима труда и отдыха согласно ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Основные мероприятия по борьбе с шумом: виброизоляция оборудования с использованием пружинных, резиновых и полимерных материалов, экранирование шума.

Загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны. При проведении полевых работ загазованность рабочей зоны происходит в связи с применением буровых установок, автомобилей, а также близости автомобильной дороги к площадке строительства. При этом вредными веществами являются дизельное топливо и бензин. В процессе работ выделяются следующие вредные газы, представленные в таблице 21.

Для контроля за содержанием вредных веществ в воздухе проводится отбор проб и сравнение их с ПДК. При наличии в воздухе нескольких вредных веществ контроль воздушной среды проводится по наиболее опасным веществам.

При повышенной концентрации углеводородов у работающих возможно раздражение слизистых оболочек и кожи, головная боль. При повышенной концентрации эфиров: раздражение слизистой оболочки верхних дыхательных путей и глаз, поражение печени и почек. Как средство защиты рекомендуется применять спецодежду (пневмокуртки).

Таблица 23 –ПДК вредных веществ в воздухе (ГОСТ 12.1.005-88 [81])

Наименование вещества	Значение ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Кремнесодержание пыли: -кремния двуокись кристаллическая, содержание ее в пыли более 70% (кварц, дипас, кристаболит, тридиболит и др.)	1	III
	2	III
-кремния двуокись кристаллическая, содержание ее в пыли от 10 до 70 % (гранит, шамот, слюда-сырец, углеродистая пыль и др.) -кремния двуокись кристаллическая, содержание ее в пыли менее 10% (глина, медносельфидные руды, углеродная и угольная пыль и др.)	4	III
Окислы азота (в пересчете на NO ₂)	5	III
Углерода окись	20	IV
Масла минеральные (нефтяные)	5	III
Сероводород	10	II
Углеводороды в пересчете на С	300	IV

Камеральные работы. Отклонение показателей микроклимата в помещениях Микроклиматические параметры (температура, влажность, скорость движения воздуха) для помещений оказывают значительное влияние как на функциональную деятельность человека, его самочувствие и здоровье, так и на надежность работы ПЭВМ. Микроклиматические параметры, в основном, влияют на тепловое состояние организма человека и его теплообмен с окружающей средой. Нормальное протекание физиологических процессов в организме возможно лишь тогда, когда выделяемое организмом тепло непрерывно отводится в окружающую среду. Снижение температуры приводит к росту теплоотдачи и может привести к переохлаждению организма. При высокой температуре практически все тепло, которое выделяется, отдается в окружающую среду испарением пота.

Недостаточная влажность приводит к интенсивному испарению влаги со

слизистых оболочек, их пересыханию и эрозии, загрязнению болезнетворными микробами. Воды и соли, выделяемые из организма потом, должны замещаться, поскольку их потеря приводит к сгущиванию крови и нарушению деятельности сердечно-сосудистой системы. Обезвоживание организма на 6% вызывает нарушение умственной деятельности, снижение остроты зрения.

Комфортный микроклимат в помещении создают при помощи отопления и вентиляции. В СанПиН 2.2.4.548-96 [89] указаны оптимальные и допустимые нормы микроклимата для работ разной категории тяжести. Отопление помещений проектируется в соответствии с требованиями СНиП 41-01-2003[87].

Мероприятия по устранению вредного фактора. Для поддержания вышеуказанных параметров воздуха в помещениях с ПЭВМ необходимо применять системы отопления и кондиционирования или эффективную приточно-вытяжную вентиляцию. В помещениях с ПЭВМ ежедневно должна проводиться влажная уборка.

Таблица 24–Оптимальные нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений с ПЭВМ (СанПиН 2.2.4.3359-16)

Сезон года	Категория работ	Температура С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м\сек
Холодный и переходный	Ia легкая	22-24	40 - 60	0,1
Теплый	Ia легкая	23-25	40 - 60	0,1-0,2

Помещение, в котором выполнялись камеральные работы соответствует нормам микроклимата (таблица 23).

Недостаточная освещенность рабочей зоны. Оценка освещенности рабочей зоны необходима, для обеспечения нормативных условий работы в помещениях проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [90]. В

помещении, где находится рабочее место, есть естественное и искусственное освещение. Недостаток света на рабочем месте приводит к ухудшению концентрации внимания, снижению работоспособности мозга и общей усталости организма.

Мероприятия по устранению вредного фактора. Производственное освещение должно отвечать следующим требованиям:

1) спектральный состав света, создаваемого искусственными источниками, должен приближаться к естественному;

2) уровень освещенности должен соответствовать гигиеническим нормам; должна быть обеспечена равномерность и устойчивость уровня освещения.

Таблица 25–Параметры систем естественного и искусственного освещения на рабочих местах (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03)

Наименование рабочего места	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г– горизонтальная, В –вертикальная) и высота плоскости над полом, м света	Коэффициент естественной освещенности, КЕО, %		Освещенность при комбинированном освещении	
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	Фактически	Норм. значение
1	2	3	4	5	6
Рабочий кабинет,	Г-0,8	3,0	1,0	400	200
Аналитические лаборатории	Г-0,8	4,0	1,5	600	400
Помещения для работы с дисплеями, залы ЭВМ	Г-0,8	4,0	1,5	500	300

Загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны. При обработке проб в лабораторных условиях, при работе с сыпучими материалами и химическими реактивами возможно вредное воздействие пыли и паров

реактивов на организм человека, ПДК пыли равна 4 мг/м^3 (ГОСТ 12.1.005-88 [81]). Для защиты работающих от вредного воздействия этих факторов рекомендуется применять средства индивидуальной защиты - противопылевой респиратор У-2К, халат, перчатки, а также мази и пасты.

Пыль, попадая в организм человека, оказывает фиброгенное воздействие, заключающееся в раздражении слизистых оболочек дыхательных путей. Оседая в легких, пыль задерживается в них. При длительном вдыхании пыли возникают профессиональные заболевания легких – пневмокониозы. При вдыхании пыли, содержащей свободный диоксид кремния (SiO_2), развивается наиболее известная форма пневмокониоза – силикоз.

10.2. Экологическая безопасность

Геологоразведочные работы, как и другие виды производственной деятельности человека, наносят вред геологической среде.

Воздействие на недра и почвы. Временное воздействие проектируемых работ на недра связано с проходкой буровых скважин; отбором части добытых горных пород в качестве проб для анализов и технологических испытаний. При оборудовании площадок под буровые работы воздействие на почвенный слой незначительные. С целью уменьшения воздействия проектируемых работ на почвы и максимального сохранения поверхности в ее естественном природном состоянии предусматривается следующее:

1. Рациональное размещение на местности сети разведочных линий, площадок под буровые скважины и подъездных путей к ним с максимальным использованием существующей системы дорог.

2. Предварительное снятие плодородного почвенного слоя при подготовке площадок для буровых скважин на глубину 0,3 м со складированием вблизи площадок и последующей обратной укладкой почвенного слоя после ликвидации скважин.

3. Очистка буровых площадок от мусора, заравнивание подъездных путей и сдача землепользователям по акту.

4. Передвижение техники, транспортировка персонала и грузов к месту работ по существующим дорогам.

5. Пробуренные скважины после документации керна ликвидируются с тампонажем глинистым раствором и установкой пробки в соответствии с требованиями «Временной инструкции по проведению ликвидационного тампонирования геологоразведочных скважин на твердые полезные ископаемые».

Воздействие на атмосферу – максимальные уровни загрязнения будут наблюдаться непосредственно в зоне проведения работ, но уже при удалении на расстояния порядка 200 м они быстро снижаются и становятся заметно ниже нормативов, установленных для атмосферного воздуха населенных мест.

Оценка ущерба животному миру (биологическим компонентам экосистемы) в настоящее время в отечественной практике наиболее слабо разработана и настоящим проектом не оценивается ввиду отсутствия необходимых для расчетов данных и сведений. Оценивая возможное влияние проектируемых ГРП на животный мир, можно сказать следующее:

1. Основные виды работ будут проводиться в зимний период времени, когда большинство видов животных уже эмигрируют в более благоприятные для кормления районы, и, следовательно, влияние на них фактора беспокойства будет минимальным.

2. Плотность популяций ценных видов животных в районе планируемых работ невысока, в силу чего проводимые работы не окажут на них значительного влияния. Нормативными документами являются ГОСТ Р 8.589-2001 [42], ГОСТ 17.4.3.02-85[91].

10.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров. Общие требования пожарной безопасности изложены в Федеральном законе Российской Федерации от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

Причинами возникновения пожаров в полевых условиях являются: неисправность и неправильная эксплуатация электрооборудования; разряды статического и атмосферного электричества, чаще всего, происходящие при отсутствии заземлений и молниеотводов; неисправность производственного оборудования и нарушение технологического процесса.

Ответственными за обеспечение пожарной безопасности в организациях и на предприятиях являются руководители или лица, исполняющие их обязанности. В эти обязанности входит:

1. Обеспечивать своевременное выполнение противопожарных мероприятий при проектировании, строительстве и эксплуатации подчиненных им объектов; – организовать пожарную охрану и добровольные пожарные дружины на вверенных им мероприятиях;

2. Следить за выполнением соответствующих норм и правил пожарной безопасности и указаний вышестоящих органов по вопросам пожарной охраны;

3. Предусматривать необходимые ассигнования для содержания пожарной охраны и выполнения противопожарных мероприятий; контролировать боеготовность пожарных частей и добровольных пожарных дружин; – назначать ответственных за обеспечение пожарной безопасности цехов, установок, участков, баз, складов, зданий и сооружений.

Все инженерно-технические работники и рабочие, вновь принимаемые на работу, проходят специальную противопожарную подготовку, которая состоит из первичного и вторичного противопожарных инструктажей. Весь пожарный инвентарь должен быть окрашен в красный цвет. Комплект пожарного ручного инструмента размещают на щите, который вывешивают на видных и доступных местах. В полевом лагере необходимо иметь комплект противопожарного оборудования и первичные средства пожаротушения (бочки с водой, ящики с песком, пенные огнетушители, топоры, лопаты).

10.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Все работники, вновь принимаемые на работу, проходят медицинскую комиссию и вводный инструктаж в отделе охраны труда. Все остальные виды

инструктажей (первичный, повторный, внеплановый и целевой) проводятся непосредственно на участках.

В колдоговоре оговорен перечень профессий рабочих, служащих, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда, а также перечень профессий рабочих, служащих, занятых на работах с особо тяжелыми и особо вредными условиями труда, которым предусмотрены выдача молока и лечебно - профилактического питания (ЛПП), согласно, действующих правил.

Все рабочие, занятые на работах с вредными и особо вредными условиями труда, полностью обеспечиваются спецодеждой и спец обувью, а также средствами индивидуальной защиты, согласно, утвержденных норм, и проходят медицинский профосмотр. Лаборатория должна быть оснащена современной лабораторной мебелью, вытяжными шкафами.

Рабочее место должно быть хорошо освещено: недалеко от окон и иметь осветительные лампы. Рабочий стол лаборатории должен быть приспособлен к условиям работы, оборудован водопроводными кранами и водостоком.

Как показывает практика, зачастую во время проведения геологоразведочных работ выполняются не или не в полной мере все мероприятия по устранению вредного воздействия на окружающую среду и человека. В данной главе рассмотрены возможные вредные факторы при проведении геологоразведочных работ пути их решения или уменьшение негативных факторов влияния, которые в свою очередь могут быть использованы как краткое методическое пособие для новых сотрудников, не работавших в данной сфере.

Заключение

В данной Магистерской диссертации была собрана и проанализирована специализированная литература. Изучена и охарактеризована глобальная алмазная промышленность. Обозначены перспективы развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации в нынешней экономической ситуации. Проанализирована история открытия алмазных месторождений на территории России и Якутской алмазоносной провинции, а также геологическая изученность Алакит-Мархинского поля. Проводимые ранее работы включают в себя геологическое, геофизическое и геохимическое изучение, благодаря которым выявлено 63 кимберлитовых трубки и ряд жильных образований.

Изучено и охарактеризовано геологическое положение и геолого-структурная позиция трубки Айхал с позиции фиксизма и мобилизма, которая располагается в пределах Вилюйского плато восточной части Среднесибирского плоскогорья. В геологическом строении территории принимают участие палеозойские осадочные образования кембрийской-силурийской систем, вулканогенно-осадочные породы пермотриаса, а также четвертичные отложения различных генетических типов. Трубка принадлежит к Далдыно-Алакитскому алмазоносному району, Алакит-Мархинскому кимберлитовому полю. На территории выделяют 2 эпохи платформенного магматизма.

Изучено внутреннее строение трубки Айхал, которая прорывает терригенно-карбонатные отложения нижнего палеозоя (Є3-S1), представленные известняками среднего отдела силурийской системы, мергелями и известняками кылахской свиты средневерхнего отдела ордовикской системы, доломитами и песчанистыми известняками сохсолохской свиты нижнего ордовика, глинистыми доломитами и доломитистыми известняками олдондинской свиты нижнего ордовика..

С позиций мобилизма это объясняется дрейфогенным дроблением континентальной литосферы. Одно из возможных объяснений с позиций фиксизма – сеть контракционных трещин, разбивающих литосферу.

Трубка Айхал относится к месторождениям с резким различием типоморфных особенностей алмазов отдельных рудных столбов, так же имеет сложное морфологическое строение; она выполнена кимберлитовыми породами образовавшимися в результате четырехфазного внедрения.

Изучен минералогический состав пород кимберлитовой трубки Айхал с помощью рентгено-структурного дифрактометра Bruker D2 Phaser в ходе анализа были определены минералы: лизардит, кальцит, магнетит, цфлогопит, пироп, оливин, шпинель, хлорит, циркон которые, характерные для кимберлитовых пород Якутской алмазоносной провинции. Получены результаты химического состава вмещающих и кимберлитовых пород, которые, в свою очередь были подтверждены с помощью сканирующего электронного микроскопа Hitachi S-3400N. В кимберлитовой породе присутствуют такие элементы как: углерод, кислород, кремний, неодим, серу, титан, магний, никель, железо, мышьяк. Исследования вещественного состава вмещающих пород показали, присутствие: углерод, кислород, кремний, калий, титан, магний, натрий, железо, кальций, алюминий.

Проанализированы особенности морфологии и состава важнейших минерало-индикаторов кимберлитов, их эволюция в экзогенные условия. Было отмечено, что для минералов-индикаторов кимберлитов характерен резко выраженный эндогенный характер, проявляющийся в виде микрорельефа на поверхности зерен, сформированной в процессе становления кимберлитовых тел.

Изучена геолого-экономическая оценка перспектив отработки кимберлитовой трубки Айхал. Построены модели денежного потока Айхальского ГОКа откорректированных для целей комбината с данных оценки запасов, в соответствии с требованиями кодекса JORC. Результаты выполненных расчетов свидетельствуют о рентабельности отработки.

В главе «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выполнен расчет затрат времени по видам работ, а так же

произведен общий расчет сметной стоимости, который составляет шестьдесят миллионов триста шестьдесят девять тысяч восемьдесят три рубля.

В заключительной главе «социальная ответственность» рассматривается производственная и экологическая безопасность при выполнении геологоразведочных работ по добыче алмазов.

После публикаций автора и списка используемой литературы, которая включает в себя: опубликованную и нормативно-методическую литературу, расположено (приложение А) раздел выполненный на иностранном языке.

Список публикаций

1. Кисленко А.Б. Особенности геологического строения месторождения алмазов трубки Айхал. // труды XIX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых. Изд-во ТПУ, 2017 г

2. Кисленко А.Б. Перспективы Российской Федерации на рынке алмазов. // труды XIX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых. Изд-во ТПУ, 2018 г

3. Кисленко А.Б. Вещественный состав кимберлитов трубки Айхал. // труды XIX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых. Изд-во ТПУ, 2019 г

Список использованной литературы:

А.Опубликованная

4. The Global Diamond Industry 2016: The Enduring Allure of Timeless Gems. Bain & Company Report, December 05, 2016

5. World Diamond Market. // <http://eng.alrosa.ru/diamonds-explained/the-world-diamond-market/> / (дата обращения: 25.04.2019).

6. Мировая алмазодобывающая промышленность. // <http://people.conomy.ru/blog/analytics/983.html> / (дата обращения: 25.04.2019).

7. Айвазов, С. Ю. Анализ динамики основных показателей развития алмазного рынка России / С. Ю. Айвазов. // Вопросы экономики и права. – 2012. – 7. – С. 24-29.

8. Гуляев П.В., Николаев М.В., Попова Т.Н. Методика оценки влияния экономики горнодобывающей компании на бюджет региона ресурсного типа (на примере АК «АЛРОСА») // Горный журнал. 2015.

9. Николаев М.В., Иванов И.Е., Григорьева Е.Э. Влияние условий производства продукции ювелирных и алмазогранильных предприятий Республики Саха (Якутия) на структуру себестоимости // Проблемы современной экономики. 2014.

10. Data on the extraction and export of diamonds // <https://www.kimberleyprocess.com/> (дата обращения: 22.03.2019).
11. Государственный доклад «О состоянии минерально-сырьевой базы РФ за 2017 год» // <http://www.mnr.gov.ru/> (дата обращения: 22.04.2019).
12. Наумов, В.Г. Геолого-географические исследования и поиски полезных ископаемых в Западной части Якутской АССР / В.Г. Наумов // История исследований полезных ископаемых экспедициями АН ССР. – 1966.
13. Файнштейн, Г.Х. За нами встают города / Г.Х. Файнштейн. – Иркутск, 1988.
14. Хабардин, Ю.И. Путь к алмазной трубке / Ю.И. Хабардин. – Якутск, 1994.
15. Давыдов, Н.А. Путь к трубке «Мир» / Н.А. Давыдов. Якутск, 1994.
16. Харьков, А.Д. История алмаза / А.Д. Харьков, Н.Н. Зинчук, В.М. Зуев. – М., 1997.
17. Ляхович, В.В. Алмазные экспедиции / В.В. Ляхович. – М., 2000.
18. Бухмиллер И.А., Красильников В.М., Свиридов И.Ф. и др. Отчёт о работе Верхне-Алакитской Партии за 1972-1973 гг. Айхал, фонды Амакинской ГРЭ, 201 с.
19. V.G., Malkovets. Cr-rich rutile: A powerful tool for diamond exploration / Malkovets. . V.G.. и др. // Lithos. – 2016. – 256. – С. 304-311.
20. Горев Н.И. Прогнозный мониторинг геологоразведочной деятельности АК «АЛРОСА» (ЗАО) на Сибирской платформе на основе составления специализированных на алмазы разномасштабных карт. Мирный, фонды НИГП (Научно-исследовательское геологоразведочное предприятие), 2003. 73 с.
21. Харьков А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Коренные месторождения алмазов мира. -М.: ОАО «Издательство «Недра», 1998. 555 е.: ил.
22. Салихов Р.Ф., Морозова Н.Е., Цой И.Г. и др. Отчет о результатах поисковых работ по доизучению структурно-тектонического строения территории Далдыно-Алакитского алмазоносного района с целью уточнения

факторов контроля кимберлитового магматизма в 2004 - 2008 гг. – Айхал, фонды Амакинской ГРЭ, 215 с.

23. Иванов И.И. и др. Отчет о результатах поисковых работ на алмазы в междуречье Алымджа-Моркоко за 1991-1997 гг. (Мегеляхский объект), Чернышевский, 1997 г.

24. Костровицкий, С. И. Минералогия и геохимия кимберлитов западной Якутии / С. И. Костровицкий. – Иркутск: Институт геохимии им.А.П. Виноградова СО РАН, 2009. – 317 с.

25. Ягнышев Б.С., Ягнышева Г.А., Афанасьев Н.Д. Геолого-геохимические особенности Алакит-Мархинского кимберлитового поля и Холомолох- Сюльдюкарской площади Западной Якутии. Якутск, 1988.

26. Даукаев А.А. Некоторые аспекты развития представлений о Земле и геологических процессах. // http://vernadsky.tstu.ru/pdf/2009/09/rus_02_2009_09.pdf / (дата обращения: 29.04.2019)

27. Ю.Л. Серокуров, В.Д. Калмыков, Л.С. Смирнова. Отражение площадей проявления алмазоносного магматизма в приповерхностных структурах Земной коры // Известия Высших учебных заведений. Геология и разведка. №3. 1998. // http://remote-ore-prognosis.ru/images/public/20_1998.pdf (дата обращения: 29.04.2019)

28. Кимберлит // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. — 3-е изд. — М. : Советская энциклопедия, 1969—1978.

29. Костровицкий, С. И. Минералогия и геохимия кимберлитов западной Якутии / С. И. Костровицкий. – Иркутск : Институт геохимии им.А.П. Виноградова СО РАН, 2009. – 317 с.

30. Минералы и месторождения России и стран ближнего зарубежья. Айхал кимберлитовая трубка, Западная Якутия, Якутия, Россия. // <http://webmineral.ru/deposits/item.php?id=491/> (дата обращения: 29.04.2019)

31. Потехина И.А. Разломно-блоковое строение и кимберлитовые тела Алакит-Мархинского алмазоносного поля: тектонофизический анализ. Автореферат диссертации на соискание степени кандидата геолого-

минералогических наук. Иркутск. // <https://www.dissercat.com/content/razlomno-blokovoe-stroenie-i-kimberlitovye-tela-alakit-markhinskogo-almazonosnogo-polya/> / (дата обращения: 29.05.2019)

32. Проценко Е.В. Горев Н.И. Тектонические особенности размещения кимберлитовых тел и их использование при прогнозировании на примере кимберлитовых полей Западной Якутии. // Руда и металлы №.4.2017. С. 62-68.

33. Резвухин Д.И. Гранаты с минеральными включениями оксидов и сульфидов из кимберлитовой трубки Интернациональная: минералогия, геохимия и связь с процессами мантийного метаоматоза в литосферной мантии Мирнинского поля. Сибирский кратон. Автореферат на соискание степени кандидата геолого-минералогических наук. Новосибирск. 2016

34. Чухров Ф. В. Некоторые вопросы типоморфизма минералов // Типоморфизм минералов и его практическое значение. — М.: Недра, 1972. С. 6–15.

35. Бобриевич А. П., Илупин И. П., Козлов И. Т., Лебедева Л. И., Панкратов А. А., Смирнов Г. И., Харьков А. Д. Петрография и минералогия кимберлитовых пород Якутии / Под ред. В. С. Соболева. — М.: Недра, 1964. 192 с.

36. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Похиленко Н. П. Морфология и морфогенез индикаторных минералов кимберлитов. — Новосибирск, 2001. 276 с.

37. Харьков А. Д., Квасница В. Н., Сафронов А. Ф., Зинчук Н. Н. Типоморфизм алмаза и его минералов спутников из кимберлитов. — Киев: Наукова думка, 1989. 184 с

38.. Минорин В. Е., Подчасов В.М., Харьков А.Д. Отчет о результатах работ по теме «Составить монографию “Геология, прогнозирование, методика поисков, оценки и разведки месторождений алмазов” за 1995–2000 гг.». — Москва, 2000. Фонды АмГРЭ.

39. Геология и генезис алмазных месторождений. Кн. 2. — М.: ЦНИГРИ, 1989. 424 с.

40. Смирнов Г. И. Характеристика минералов-спутников алмаза // Алмазы Якутии. Петрография, минералогия и геология. — М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 71–86.
41. Богатилов О. А., Гаранин В. К., Кононова В. А. и др. Архангельская алмазоносная провинция. — М.: Изд-во МГУ, 1999. 524 с.
42. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И., Афанасьев В. П., Герасимчук А. В., Подвысоцкий В. Т., Мкртычян Г. А. Прогнозные минералогические факторы коренной алмазоносности Байкитской области (Красноярский край) // Геологические аспекты минерально-сырьевой базы акционерной компании «АЛРОСА»: современное состояние, перспективы, решения. — Мирный, 2003. С. 109–117.
43. Харьков А. Д., Зинчук Н. Н., Крючков А. И. Геолого-генетические основы шлихоминералогического метода поисков алмазных месторождений. — М.: Недра, 1995. 348 с.
44. Гаранин В. К., Кудрявцева Г. П., Сошкина Л. Т. Ильменит из кимберлитов. — М.: Изд-во МГУ, 1984. 240 с.
45. Панкратов А. А., Зимин Л. А., Петелина Н. А., Ключкова З. С. Отчет по теме: «Усовершенствование методики поисков кимберлитовых тел в Далдыно-Алакитском алмазаносном районе» (усовершенствование шлихового метода) за 1971–1973 гг. — Айхал, 1973. Фонды АмГРЭ.
46. Амшинский А. Н., Блинчик Т. М., Кулигин С. С., Похиленко Н. П., Родионов А. С. Сравнительная характеристика минералов-спутников из кимберлитов Алакитского поля (Якутия) // Проблемы кимберлитового магматизма. — Новосибирск: Наука, 1989. С. 126–132.
47. Лазько Е. Е. Минералы-спутники алмаза и генезис кимберлитовых пород. — М.: Недра, 1979. 192 с.
48. Месторождения алмазов СССР, методика поисков и разведки / Под ред. Б. М. Зубарева. Т. 1, 2. — М.: ЦНИГРИ, 1984.

49. Подвысоцкий В. Т. Терригенные алмазоносные формации Сибирской платформы. — Якутск: Якутский филиал изд-ва СО РАН, 2000. 332 с.
50. Амшинский А. Н. Минералы-спутники алмазов из кимберлитов Далдыно-Алакитского района: Автореф. ... дис. канд. геол.-мин. наук. — Новосибирск, 1985. 17 с.
51. Алмазы Сибири/ Под ред. А. П. Бурова, В. С. Соболева. — М.: Госгеолтехиздат, 1957. 158 с
52. Зинчук Н. Н. Постмагматические минералы кимберлитов. — М.: Недра, 2000. 538 с
53. Геология и генезис алмазных месторождений. Кн. 1. — М.: ЦНИГРИ, 1989. 242 с
54. Колесников В. Л., Францессон Е. В. Термомагнитный анализ ферромагнитный минералов и возможности его использования при поисках кимберлитов // Совещание по геологии алмазных месторождений: Тез. докл. — Пермь, 1966. С. 68–70.
55. Краснобаев А. А. Циркон как индикатор геологических процессов. — М.: Наука, 1986. 146 с.
56. Гаранин В. К. Введение в минералогию алмазных месторождений. — М.: Изд-во МГУ, 1989. 200 с.
57. Мацюк С. С., Зинчук Н. Н., Коптиль В. И., Кутузова Т. Я., Лашкевич И. В. Новые индикаторные признаки цирконов кимберлитового происхождения // Геология алмазов — настоящее и будущее. — Воронеж: ВГУ, 2005. С. 674–678.
58. Лелюх М.И. Геологическое строение, особенности поисков и локального прогнозирования месторождений алмазов в закрытых районах северо-востока Тунгусской синеклизы (на примере Айхальского района). Канд. диссертация.- М.: 1988.
59. Евстратов А.А. Базитовые вулканоструктуры северо-востока Тунгусской синеклизы (в связи с проблемой изучения алмазоносных

«закрытых» территорий) // Строение литосферы и геодинамика / Под ред. Коробков И.Г. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2015. С. 14-30.

60. Костровицкий, С. И. Минералогия и геохимия кимберлитов западной Якутии / С. И. Костровицкий. – Иркутск: Институт геохимии им.А.П. Виноградова СО РАН, 2009. – 317 с.

61. Брахфогель Ф.Ф. Геологические аспекты кимберлитового магматизма северо-востока Сибирской платформы. Якутск, 1984. 128с.

62. Отчёт независимых экспертов о запасах и ресурсах месторождений алмазов группы компаний «АЛРОСА», подг. «Майкон Интернэшнл Ко Лимитед», Великобритания, 2013 г.

63. Акишев А.Н., Бондаренко И.Ф., Васильев П.В., Мининг С.С. Управление запасами и качеством алмазородного сырья. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012..

64. Зинчук Н.Н., Савко А.Д., Шевырев Л.Т. О количестве эпох мощного корообразования и кимберлитового магматизма в неогее Земли. – Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов. Мирный: 1998.

65. Игнатов П.А., Новиков К.В., Шмонов А.М., Разумов А.Н., Килижеков О.К. Возможности локального прогноза кимберлитов и их кустов по косвенным признакам при поисках на закрытых территориях на примере Накынского поля Якутии. // Руды и металлы. – 2013. – №5. – с 34-41.

66. Игнатов П.А., Штейн Я.И., Черный С.Д., Яныгин Ю.Т. Новые приемы оценки локальных площадей на коренные алмазные месторождения. Руды и металлы № 5. 2001. С. 32-42.

67. Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы. – М.: Роскомнедра, 1993.

68. Сборники сметных норм на геологоразведочные работы. Выпуски 1-11.– М.: ВИЭМС, 1992.

69. Sarsadkikh, N.N., 1970, Heterogeneity of upper mantle: AN SSSR Doklady, v. 193, no. 6, p. 1392-1395.

70. Sobolev, N.V., et al., 1969, New data on mineralogy of diamond-bearing eclogites from the mir pipe (Yakutia): AN SSSR Geologiya i Geofizika, no. 3, p. 113-116 [English translation in International Geology Review, v. 12, no. 6, p. 657-659:

71. Khar'kiv, A.D., and Makovskaya, N.S., 1970, Chromium and titanium in the garnets from the kimberlites of Yakutia: AN SSSR Doklady, v. 193, no. 1, p. 173-176.

72. Udovkina, N.G., 1970, Rock-forming minerals of apo-peridotites and apogabbroid eclogites. in minerals of basic rocks in relation to the problems of petrogenesis: publ.Nauka.

73. Sobolev, V.S., and Sobalev, N.V., 1967, Chrome and chrome-bearing minerals in deep seated xenoliths from kimberlite pipes: AN SSSR Geol. Rudnik. Mestorozhd. , v. 9, no. 2.

74. Sobolev, N.V., 1970, Eclogites and pyrope peridotites from the kimberlites of Yakutia: Plays. Earth Planet. Interiors, v. 3, p. 398-404.

Б. Нормативно-методическая литература:

75. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

76. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

77. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

78. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

79. ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

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

81. ГОСТ 12.1.005–88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. Общие санитарно-

гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01. 01.89).

82. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (01. 07. 92).

83. ГОСТ 12.1.006-84. ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (до 01.01.96).

84. ГОСТ 12.1.045-84 Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

85. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, 2003.

86. СанПин 2.1.4.1175-02. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения. М., Госкомсанэпиднадзор, 2002г, 27с.

87. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование.

88. СНиП 21.01.-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений. М.: Госстрой России, 1997.

89. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.

90. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

91. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

92. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

93. *ГОСТ Р 8.589-2001*. Охрана природы. Метрологическое обеспечение контроля загрязненности атмосферы, поверхностных вод и почвы.

94. ГОСТ 17.4.3.02-85. Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ.

95. Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы. – М.: Роскомнедра, 1993.

96. Сборники сметных норм на геологоразведочные работы. Выпуски 1-11.– М.: ВИЭМС, 1992.

Приложение А

Раздел (номер раздела)
Inclusion of eclogite from the Aykhal kimberlite pipe

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ71	Кисленко Алексей Борисович		

Консультант школы отделения (НОЦ) _____ (аббревиатура школы, отделения (НОЦ)) _____ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Уткина А.Н.	к.ФИЛОС.Н.		

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы _____ (аббревиатура отделения (НОЦ) школы) _____ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Inclusion of eclogite from the Aykhal kimberlite pipe

Inclusions of deep-seated rocks — garnet peridotites and eclogites — have attracted the attention of investigators mainly as probable representatives of upper-mantle material. Of great scientific interest is the study of inclusions of ultrabasic rocks and eclogites from kimberlite pipes, because in the opinion of some investigators, rocks at particular levels in the upper mantle are the source of diamonds in the kimberlites; the above-mentioned inclusions could be the unmelted relics of this material [69].

On the basis of their content of inclusions of ultrabasic rocks and eclogites, the kimberlite pipes of western Yakutia (including the Aykhal pipe) can be divided into two groups: a) those with a high content of compositionally varied inclusions of deep-seated rocks (the Mir and Udachnaya pipes), and b) those with a low content of inclusions of deep-seated rocks (Aykhal, XXIII Session CPSU, and several other pipes).

The first group of pipes is characterized by relatively large dimensions and a relatively constant form as deep as exploration has reached (300-500 m). Kimberlite pipes of the second group have as rule small dimensions; with depth their cross-sectional areas decrease markedly, and some pass into dike like bodies at no great depth below the surface.

As yet, diamond-bearing eclogites have been found in only one kimberlite pipe' — the Mir (about 20 samples). In another pipe, named after the XXIII Congress CPSU, intergrowths of diamond with an orange garnet similar in physical

Properties to the garnets from diamond-bearing eclogites have been found. In the kimberlite pipes of Aykhal altered inclusions of diamond-bearing garnet serpentinite have been observed [70]. Recently I. P. Ilupin found, in the center of the kimberlites in the Udachnaya pipe at a depth of 420 m, fragments of very fresh rock, garnet olivinite, with two crystals of diamond; this is the first case of diamond-bearing rocks of this type not only in the Yakutia kimberlites but in all the world's kimberlites. Inclusions of porphyritic peridotites with high-chromium garnet (the

Cr₂O₃ content of the garnet reaches 13%) are found only in the kimberlite pipes — Udachnaya, Aykhal, Mir, XXIII Congress CPSU.

Moreover, even for those inclusions of ultrabasic rocks and eclogites from diamond bearing and nondiamond-bearing pipes which at first sight seem to be similar or identical, significant differences in the composition of their component minerals have been established as a result of comparison. Thus comparison of the composition of the garnets from garnet peridotite inclusions from the Daldynskiy, Alakit-Markhinskiy, and Nizhne-Oknekskiy regions based on 78 published chemical analyses using dispersion analysis allows us to establish a tendency for the Cr₂O₃ content of the garnet to decrease northward. This regularity can easily be followed from region to region, especially beginning with the Alakit-Markhinskiy region; in most cases the difference in chrome content of the garnets between regions has a significant character.

It is curious that the richness in diamonds of the kimberlites in the Yakutia diamond province also decreases from south to north, i.e., it can be suggested that a direct correlation exists between the richness of kimberlites in diamonds and the chromium content of the garnets from the groundmass of the kimberlites [71].

The most probable explanation for the varied composition of the deep - seated rocks in the kimberlite pipes is the heterogeneity of the upper mantle material horizontally and vertically. The richness in diamonds of the kimberlite pipes in all probability is also related closely to the depth at which the kimberlite hearth occurs: high pressures at great depths promote the crystallization of diamonds and the development of several specific peculiarities in a number of minerals, e.g., the increased entry of chromium into the crystal lattice of garnet.

Consequently the study of inclusions of deep-seated rocks from kimberlites is not only of scientific interest, it has an immediate practical importance for determining the richness in diamonds of the kimberlites from specific pipes.

As already noted, the Aykhal kimberlite pipe belongs to the group with a low content of mantle-rock inclusions. During the whole period of study of this pipe only relatively uniform garnet serpentinites and very rarely small inclusions of altered

eclogite were found as deep - seated inclusions. The garnet serpentinites, in spite of their intense reconstitution by secondary processes and their relatively monotonous mineral composition, recently have attracted the attention of investigators in connection with the fact that one of the present authors found two small diamond crystals in these rocks [70].

The Aykhal kimberlite pipe is characterized by a complex structure. It was formed in three independent stages of injection of kimberlite melt. With the first is related the formation of the northeast body, which is composed of strongly carbonatized kimberlite breccia; in the second stage the southwest body of kimberlite breccias of serpentine-carbonate composition was formed; and with the final, third stage of injection of kimberlite melt is related the origin of the central body, composed of kimberlite breccia of serpentine-carbonate composition with many serpentine and carbonate pseudomorphs after olivine. In the country rocks around the pipe four kimberlite veins have been found; one of them has been followed for 450 m from the edge of the pipe, but the length of the other three does not exceed a few tens of meters [72].

The inclusions of deep-seated rocks in the Aykhal pipe are distributed nonuniformly: the garnet serpentinites and eclogites are restricted mainly to the central body; they occur in the kimberlitic rock formed in the final stage of development of the pipe. In this connection their greatest concentrations are found in the green kimberlite breccia near its southeast contact with the country rocks. Individual blocks 0.5-1.5 cm across of wholly carbonatized rocks containing garnet is found in the kimberlite veins.

It is appropriate to note here that in other pipes also the final phases of the kimberlites are enriched in nodules of deep-seated rocks. Thus in the southeastern part of the Mir pipe numerous inclusions of mantle origin are found in a dikelike body whose emplacement concluded the complex stage of formation of the pipe. In the Udachnaya pipe inclusions of peridotite are found more commonly in the kimberlitic rocks of the second phase of intrusion (east body) than in the rocks of the first stage (west body).

The central body of kimberlites in the Aykhal pipe, with inclusions of garnet serpentinite and rarely of eclogite, differs from the northeast and southwest bodies in its higher content of primary minerals (pyrope and chrome-spinel), in its different crystal-morphologic spectrum of diamonds, and in its higher diamond content.

Below are given the results of an investigation of eclogite samples from the Aykhal pipe; these had not been studied previously from this deposit. The eclogite sample studied, 4.2 x 1.5 cm in size, is a rock of extremely coarse grain size enclosed in the kimberlite breccia consisting of elongate pseudomorphs of serpentine and calcite after olivine, rare xenoliths of sedimentary rocks, and altered xenoliths of crystalline schists from the platform basement. The elongate pseudomorphs after olivine around the eclogite nodule are oriented parallel to its margins. The surface of the nodule is smooth, with low projections; it is an aggregate of two crystals — pyrope and clinopyroxene (fig. 1).

The pyrope is pale orange, with n 1.737. In some parts it is replaced by aggregates of secondary minerals of dark-gray color. The boundary between the clinopyroxene and the pyrope is sharp and almost rectilinear.



Figure 1. Eclogite in kimberlite, Aykhal pipe

1 – clinopyroxene; 2 – garnet; 3 - kelyphitic rim; 4 - pseudomorphs after olivine; 5 – kimberlite;

The clinopyroxene is clear green, with $N_g = 1.701$, $N_p = 1.676$. Along fractures the mineral is replaced by fine flaky aggregates of gray serpentine with N_m

1.544 - 1.556. Along the contact of the pyroxene with the enclosing breccias a rim of dark-gray serpentine like mineral 1.5 mm wide is observed. The same rim, though much narrower and discontinuous, is developed along the garnet-kimberlite contact.

The chemical composition of the garnet and clinopyroxene is given in Table 1. The content of the individual end members in the garnet is as follows (in weight %): pyrope – 69.1; almandine – 13.1; spessartite – 0.4; grossularite - 15.5; andradite - 0.5; Ti-andradite – 0.1; and uvarovite – 1.3;

In contrast to most eclogite inclusions from other kimberlite pipes, garnet in eclogite from Aykhal pipe is characterized by a higher than usual magnesium content and a somewhat higher chromium content. On the basis of content of the pyrope component, this eclogite should be referred to ultrabasic rocks, but composition of the clinopyroxene does not permit this. Whereas in clinopyroxene from ultrabasic inclusions the diopside end member clearly predominates, while content of the other components is small, in this pyroxene the diopside (52.3%) and jadeite (30.0%) components predominate, as is characteristic of pyroxenes from eclogites. The amount of other components in the mineral is as follows (in weight %): aegirine – 4.3; ureyite ($\text{NaCrSi}_2\text{O}_6$) – 3.1; hedenbergite – 3.4; enstatite– 5.7; Tschermak's molecule – 1.4. On the basis of its chromium content this pyroxene is referred to a variety that is rarely noted in the eclogites from kimberlites - chrome omphacite. A clinopyroxene of similar composition was found by N. V. Sobolev in the eclogites from the Obnazhennaya pipe (Sobolev and Kuznetsova, 1965). However, in the pyroxene from the Aykhal-pipe eclogite the Al_2O_3 , Na_2O , and jadeite content are somewhat higher than in the clinopyroxene from the «Obnazhennaya» -pipe eclogite.

Clinopyroxene with a higher than usual content of chromium was also found [4] in some varieties of eclogite from Slyudyanyaya Gorka in the northern part of the Arctic Urals. The high content of sodium in the pyroxene from the Aykhal-pipe eclogite makes it similar to the diamond-bearing eclogites, but it differs markedly from the latter on the basis of its chromium content (Sobolev et al., 1969). In connection with the discovery in the Aykhal pipe of eclogite whose rock-forming minerals are characterized by a higher than usual chromium content, we must concern

ourselves with the problem of the distribution of Cr₂O₃ in the coexisting garnet and clinopyroxene from inclusions of eclogites and ultrabasic rocks. As is well known, I. Fiala (1965) in studying the distribution of chromium in the garnets from the garnet peridotites of the Czechoslovakian massif, found that the chromium content of the garnets is inversely proportional to the aluminum content of the rock. With regard to distribution of chromium between coexisting garnet and clinopyroxene in ultrabasic inclusions and eclogites the content of Cr₂O₃ in the clinopyroxene is very much less than in the garnet [73].

With regard to the distribution of chromium between coexisting minerals in the inclusions examined, the content of Cr₂O₃ in the garnets is not always higher than in the clinopyroxene. For example, in the clinopyroxene of our eclogite sample from the Aykhal pipe and in the clinopyroxenes from some eclogites and garnet peridotites from the Obnazhennaya and Slyudyanka pipes the concentration of chromium is higher than in the coexisting garnets [74].

Table 1 Chemical composition of garnet and clinopyroxene from eclogite, in weight %

Oxides	I Ax-1/68	II Ax-1/68	Elements	I Ax-1/68	II Ax-1/68
SiO ₂	42,51	54,90	Si	3,004	1,963
TiO ₂	0,03	0,22	Ti	0,002	0,006
Al ₂ O ₃	23,64	8,47	Al (IV)	-	0,031
Cr ₂ O ₃	0,44	1,050	Al (VI)	1,962	0,330
Fe ₂ O ₃	0,83	1,620	Cr	0,030	0,031
FeO	6,140	1,07	Fe(3+)	0,011	-
MnO	0,210	0,050	Fe(3+)	0,310	0,043
MgO	19,330	11,900	Fe(2+)	0,361	0,032
CaO	6,680	14,720	Mn	0,013	-
Na ₂ O	-	5,430	Mg	2,025	0,634
K ₂ O	-	0,080	Ca	0,523	0,563
heat loss	-	0,500	Na	-	7,800
total	100,060	100,010			47,100

*Analyses of the garnet (I Ax-1/68) and clinopyroxene (II Ax-1/68) were carried out in the Institute of Geology and Geophysics.

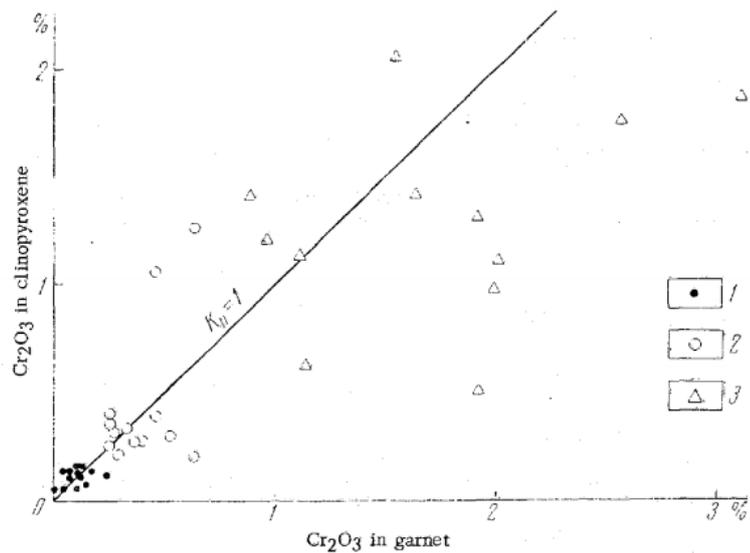


Figure 2. Diagram of Cr₂O₃ content in coexisting garnets and clinopyroxenes.
 1 - inclusions of Mg-Fe eclogites; 2 - inclusions of Mg eclogites; 3 - inclusions of garnet peridotites;

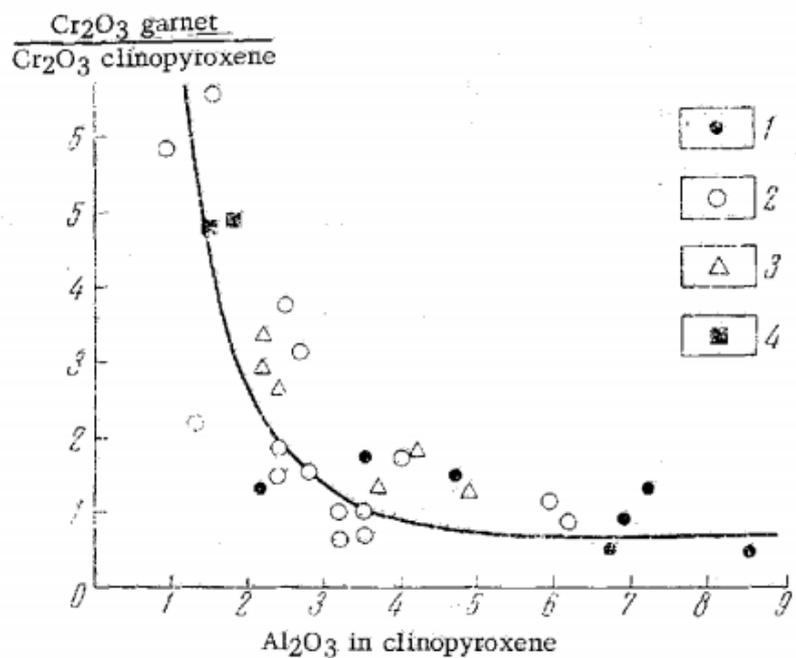


Figure 3. Diagram of ratio of Cr₂O₃ in garnets to Cr₂O₃ in clinopyroxenes as a function of the Al₂O₃ in clinopyroxenes.
 1 - eclogite inclusions; 2 - garnet peridotite inclusions; 3- three-mineral aggregates; 4- inclusions in diamond;

The authors tried to explain the character of the distribution of chromium between the coexisting garnets and clinopyroxenes as dependent on the Al₂O₃

content of the clinopyroxenes. In Figure 3 a diagram is presented representing such a correlation. Garnets and clinopyroxenes that coexist in eclogites and garnet peridotites from kimberlites and these same minerals from distinctive three-mineral associations (garnet, clinopyroxene, chrome -spinel) present in kimberlites as oval nodules 3-6 mm across were used in constructing this diagram. As can be seen from Table 2, the garnets from the three mineral associations are characterized by a distinctly higher content of chromium, while the clinopyroxenes, along with an increased concentration of chromium, contain much sodium (the amount of sodium ranges from 2.16 to 6.69%), which allows us to identify up to 18.2% ureyite in the clinopyroxene. Also used are the coexisting inclusions of clinopyroxene and garnet in two diamond crystals.

Table 2 Contents of Cr₂O₃ in coexisting garnets and clinopyroxenes and of Al₂O₃ in clinopyroxenes from inclusions in kimberlites and diamonds

№	Sample no.	Cr ₂ O ₃ content		Ratio of Cr ₂ O ₃ in garnet to that in clinopyroxene	Al ₂ O ₃ content in clinopyroxene	Rock
1	Ax-1/68	0,44	1,05	42	8,47	Eclogite
2	3	0,63	1,26	0,52	6,67	Eclogite
3	4	0,26	0,3	0,88	6,93	Eclogite
4	SI-63	0,96	1,2	0,8	6,22	Eclogite
5	39y	3,11	1,86	1,67	4,03	Garnet peridotite
6	M-66	8,69	6,27	1,39	3,71	Agregate of garnet, clinopyroxene, and chrome-spinel
7	U-3	5,07	1,61	3,15	2,66	Garnet peridotite
8	57/9	8	1,65	4,88	1,73	Inclusions of garnet and clinopyroxene

Analyses made on an X-ray micro-analyzer at Institute of Geology and Geophysics, SO AN SSSR; Yu.G. Lavrent'yev, analyst.

Both the data in Table 2 and the diagram (fig. 3) indicate that the content of Al₂O₃ in the clinopyroxenes exerts a marked influence on the distribution of Cr₂O₃ between coexisting garnets and pyroxenes; the correlation between the ratio of Cr₂O₃ in garnet and clinopyroxene and the content of Al₂O₃ in the clinopyroxene has a clearly expressed inversely proportional (curvilinear) character. Thus in general is

confirmed the conclusion of I. Fiala that in rocks poor in aluminum, chromium is concentrated in the garnet and in rocks rich in aluminum, in the clinopyroxene.

With regard to the conditions of formation of the unique (in magnesium content) paragenetic association garnet + clinopyroxene of the eclogite of the Aykhal pipe, calculations using the diagrams indicate a very high temperature and pressure (above 17 kbar and 1200°C).