

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки: 05.03.06 «Экология и природопользование»  
 Отделение геологии

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Геоэкологические проблемы при разработке месторождений, находящихся на высокогорных ледниковых районах</b>

УДК 5027:622.2(23.03.052)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Г61	Кадырбаева Рисалат Кадырбаевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Рихванов Леонид Петрович	д.г.-м.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Сечин Андрей Александрович	канд.техн.наук,		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Азарова Светлана Валерьевна	к.г.-м.н.		

## Планируемые результаты обучения по ООП

### 05.03.06 «Экология и природопользование»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Р1	Владеть культурой мышления, глубокими базовыми и специальными знаниями отечественной истории, философии, экономики, правоведения, уметь использовать их в области экологии и природопользования; иметь ясные представления о здоровом образе жизни	Требования ФГОС (ОК-1-8; ПК-7); Критерий 5АИОР (п. 5.1, 5.2.5, 5.2.9, 5.2.16)
Р2	Демонстрировать глубокие естественнонаучные, математические знания, необходимые для владения математическим аппаратом экологических наук, для обработки информации и анализа данных по экологии и природопользованию, применять профессиональные знания в области экологии и природопользования, практической географии, физики, химии и биологии и способны использовать их в области экологии и природопользования	Требования ФГОС (ОПК-1-9; ПК-1, 2, 11, 14-16, 19, 21); Критерий 5АИОР (п. 5.1, 5.2.1-5.2.3, 5.2.5, 5.2.9, 5.2.16)
Р3	Уметь применять экологические методы исследований при решении типовых профессиональных задач, владеть методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях	Требования ФГОС (ОК-5, ОПК-1, 2, 7-9; ПК-1-2, 4-6, 8-11, 14-17, 19-21); Критерий 5АИОР (п. 5.2.2, 5.2.3, 5.2.8, 5.2.10.)
Р4	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональном коллективе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности в сфере охраны окружающей среды	Требования ФГОС (ОК-6-7; ОПК-1, 8, 9; ПК-4,6,8-11, 16, 21); Критерий 5АИОР (п. 5.2.12-5.2.16)
Р5	Использовать теоретические знания, методы обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной геоэкологической информации на практике; самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-6-7, ОПК 1, 2, 8-11, 13, 19-21); Критерий 5АИОР (п. 5.1, 5.2.13-5.2.16)

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: 05.03.06 «Экология и природопользование»  
 Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Г61	Кадырбаевой Рисалат Кадырбаевне

Тема работы:

Геоэкологические проблемы при разработки месторождений, находящихся на высокогорных ледниковых районах
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.01.2020 №28-47/с
---	---------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2020
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Публикации в периодической печати, фондовые источники, интернет ресурсы, самостоятельно собранный материал.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Краткая физико-географическая и геологическая района месторождения Кумтор</li> <li>2. Геоэкологические проблемы, связанные с эксплуатацией месторождения</li> <li>3. Методика исследований</li> <li>4. Анализ мирового опыта разработки месторождений в ледниковых районах и рекомендации по экологически безопасному освоению недр</li> <li>5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> <li>6. Социальная ответственность</li> </ol>

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Татьяна Борисовна

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	06.02.2020
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор	Рихванов Л.П.	д.г.-м.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Г61	Кадырбаева Р.К.		

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 05.03.06 «Экология и природопользование», профиль «Геоэкология»  
 Уровень образования бакалавриат  
 Отделение геологии  
 Период выполнения (весенний семестр 2019/2020 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы студента гр. 2Г61 Кадырбаевой Р.К. на тему:  
 Геоэкологические проблемы при разработки месторождений, находящихся на высокогорных  
 ледниковых районах

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
24.02.2020	<i>Физико-географическая и геологическая характеристика района месторождения Кумтор</i>	10
09.03.2020	<i>Геоэкологические проблемы связанные с эксплуатацией месторождения Кумтор</i>	20
23.03.2020	<i>Факторы отрицательного воздействия разработки месторождения на окружающую среду</i>	10
06.04.2020	<i>Рекомендации по ограничению неблагоприятного экологического воздействия на ледники</i>	30
27.04.2020	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение</i>	15
04.05.2020	<i>Социальная ответственность</i>	15

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Рихванов Л.П.	Д.Г.-М.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Азарова Светлана Валерьевна	К.Г.-М.Н.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Г61	Кадырбаева Рисалат Кадырбаевна

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Нефтегазовое дело</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	05.03.06. Экология и природопользование

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

1. <i>Стоимость ресурсов исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих.</i>	<i>Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ»</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов.</i>	<i>- районный коэффициент- 1,3; - коэффициент доплат – 0,2; - накладные расходы – 16%.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.</i>	<i>В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации. Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %.</i>

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Определение конкурентоспособности проекта. Проведение SWOT-анализа.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета исследований.</i>	<i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета проекта.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.</i>	<i>Расчет сравнительной эффективности проекта.</i>

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

1. <i>Карта сегментирования рынка</i>
2. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
3. <i>Матрица SWOT</i>
4. <i>Календарный план график проведения работ</i>

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

--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Г61	Кадырбаева Рисалат Кадырбаевна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Г61	Кадырбаева Рисалат Кадырбаевна

<b>Школа</b>		<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОГ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	05.03.06. Экология и природопользование

Тема ВКР:

«Геоэкологические проблемы при разработке месторождений, находящихся на высокогорных ледниковых районах»
--

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

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Высокогорные районы вечной мерзлоты золоторудных месторождений на примере месторождения Кумтор
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства. Рассмотреть организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p> <p>Проанализировать следующие нормативные документы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)</li> <li>2) ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</li> <li>3) СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.</li> <li>4) ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.</li> </ol>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Выявить вредные и опасные факторы, воздействующие на физическое и психическое состояние человека. Привести меры и средства защиты от них.</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<p>Анализ возможного влияния объекта исследования и производственного процесса на окружающую среду;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализ воздействия объекта на атмосферу: разработка месторождений связана с выделением загрязняющих веществ в атмосферный воздух;</li> <li>- анализ воздействия объекта на гидросферу: негативное воздействие на водоемы при разработке, нарушение целостности ледниковой зоны;</li> <li>- анализ воздействия объекта на литосферу: ликвидация последствия разработанного месторождения Кумтор.</li> </ul>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p>Перечислить возможные ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; указать наиболее типичную ЧС.</p>

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Г61	КадырбаеваРисалатКадырбаевна		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа объемом 96 страниц машинописного текста, состоит из введения, 5 глав и заключения; работа проиллюстрирована 19 таблицами и 14 рисунком. Список литературы насчитывает 52 наименования.

Ключевые слова: ледники, пыление, загрязнение водных объектов, месторождение, Кумторский рудник, хвостохранилище.

Объект исследования – месторождение Кумтор, расположенное в ледниках горы Ак-Шыйрак.

Предмет исследования – активные ледники: Петрова, Лысый, Давыдова, Сары-Тор, Борду.

Цель работы – оценить геоэкологические проблемы, возникающие при эксплуатации рудника Кумтор, рекомендовать пути решения экологически безопасного освоения недр в ледниковых районах.

На основе анализа геотехнических проблем дается оценка геоэкологических последствий воздействия на ледники мощного техногенного прессинга, вызванного добычей золота открытым способом. Рассмотрены негативные последствия складирования отвалов на ледниках, их нестабильность и движение, чреватые постепенным загрязнением воды и донных отложений в бассейне реки Кумтор. Рекомендованы возможные пути снижения негативного воздействия на ледники и окружающую среду рассматриваемого района.

Область применения: полученная информация и выводы могут быть использованы специалистами в области промышленной экологии и охраны природы, аспирантам и студентам вузов. Результаты ВКР могут быть полезны для природоохранных организаций.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

КГК – ЗАО «Кумтор Голд Компани»;

КР – Кыргызская Республика;

ЛЭП – линии электропередач;

НАН КР – национальная академия наук Кыргызской Республики;

ОВОС – оценка воздействия на окружающую среду;

ПДК – предельно-допустимая концентрация;

ПДК<sub>м.р</sub> – максимально разовая предельно допустимая концентрация;

ПДК<sub>ср.сут</sub> – среднесуточная предельно допустимая концентрация;

ПК – персональный компьютер

СанПин – строительные нормы и правила;

СНиП – строительные нормы и правила;

ХПК – химическое потребление кислорода;

ЭВМ – электронно-вычислительная машина.

## Содержание

Введение	12
1 Физико-географическая и геологическая характеристика района месторождения Кумтор.....	14
1.1 Географическое положение.....	14
1.2 Климат.....	14
1.3 Поверхностные и подземные воды.....	17
1.4 Почвенный покров.....	18
1.5 Растительный и животный мир.....	19
1.6 Геологическое строение и рельеф.....	20
2 Геоэкологические проблемы связанные с эксплуатацией месторождения Кумтор .....	24
2.1 Характеристика месторождения. Технология добычи и переработки руды.....	24
2.2 Факторы отрицательного воздействия разработки месторождения на окружающую среду.....	27
2.2.1 Влияние рудника на атмосферный воздух.....	27
2.2.2 Влияние месторождения на водные объекты.....	30
2.2.3 Влияние месторождения на ледники.....	32
3 Мировой опыт разработки месторождений в ледниковых районах .....	44
4 Рекомендации по ограничению неблагоприятного экологического воздействия на ледники.....	53
4.1 «Зелёная» технология добычи.....	54
4.2 Законодательная база в области охраны ледников и водных ресурсов.	56
5 Экологический менеджмент .....	59
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	62
7 Социальная ответственность.....	79
Заключение.....	89
Список используемых источников.....	91

## ВВЕДЕНИЕ

Данная выпускная квалификационная работа представляет собой научно-исследовательскую работу, в которой исследуется состояние ледников в районе рудника Кумтор.

По мере освоения запасов уникального Кумторского месторождения нарастают масштабы техногенных воздействий на окружающую среду рассматриваемого района. Для рудника Кумтор наиболее серьезными экологическими проблемами в настоящее время являются риски, связанные с крупномасштабным техногенным прессингом на окружающие ледники (разгрузка льда, удаление ледников, складирование на ледниках масс отвальных и пустых пород из карьеров).

Мощное прямое и косвенное воздействие на близлежащие ледники в течение почти 20 лет вызвали их усиленное таяние и деградацию, а в случае с ледников Давыдова – разрушения. Неблагоприятными последствиями мощного техногенного прессинга на ледники стало постепенное загрязнение поверхностных вод и речных (донных) отложений в бассейне реки Кумтор.

Цель работы: оценить геоэкологическую ситуацию на территории расположения рудника Кумтор, рекомендовать меры по минимизации будущих потенциальных угроз для окружающей среды высокогорья, связанных с развитием горнодобывающей промышленности.

Для достижения этой цели решены следующие задачи:

- 1) Изучена научная и методическая литература;
- 2) Приведены сведения о производственной деятельности предприятия;
- 3) Дана оценка последствий воздействия на ледники производством добычи золота открытым способом;
- 4) Рассмотрены негативные последствия складирования отвалов на ледниках;
- 5) Предлагаются возможные пути снижения негативного воздействия на ледники.

Объектом исследования является золоторудное месторождение Кумтор, предметом исследования – активные ледники: Петрова, Лысый, Давыдова, Сары-Тор, Борду.

При написании выпускной квалификационной работы использовались и анализировались материалы Техничко-экономических обоснований (ТЭО), подготовленных проектными организациями СССР (ГИНАЛМАЗЗОЛОТО) и Канады (Kilborn Western Inc), технические отчёты компании «Центерра Голд Инк» и отчёты «Кумтор оперейтинг компани» (КОК) по охране окружающей среды разных лет. Для объективной оценки природных и техногенных факторов деградации ледников использовались данные многолетнего мониторинга ледников, включая данные об их состоянии и динамике изменения до начала отработки месторождения.

# 1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУМТОР

## 1.1 Географическое положение

Рудник Кумтор – один из немногих в мире, который разрабатывается в условиях высокогорья. Золоторудное месторождение Кумтор расположено в северо-западной части горы Ак-Шыйрак, среди гор Тянь-Шаня. Находится оно в юго-восточной части Кыргызской Республики (рисунок 1).



Рисунок 1 – Кыргызская Республика [32]

Рудник и вспомогательные объекты расположены на высоте от 3600 до 4400 метров. Рудник расположен в 60 километрах к югу от Иссык-Куля и также в 60 километрах к северу-востоку от китайской границы.

Согласно административно-региональному распределению, Кумтор расположен в Джети-Огузском районе Иссык-Кульской области [32].

## 1.2 Климат

Основные черты климата в районе рудника Кумтор довольно надежно характеризуют данные многолетнего ряда наблюдений гидрометеорологической станции «Тянь-Шань» (WMO ID-36982), которая функционировала с 1929 по 1996 гг. и располагалась в долине р. Кумтор ниже

действующего хвостохранилища, в 5 – 6 км от ледников Петрова и Давыдова, на высоте 3614 м над уровнем моря [7].

Климат расположения месторождения суровый, континентальный, высокогорный с длинной, холодной зимой и коротким, прохладным летом. Месторождение расположено в районе с суровыми климатическими условиями. Согласно данным расположенной на Тянь-Шане метеорологической станции, температура колеблется от  $-49^{\circ}\text{C}$  до  $+23^{\circ}\text{C}$ . Средняя годовая температура составляет  $-8^{\circ}\text{C}$ .



Рисунок 2 – Среднемесячная температура в районе расположения рудника Кумтор 2019 году [49]

Средняя годовая температура в 2019 году составила  $5,6^{\circ}\text{C}$ . Самая низкая температура отмечалась в феврале ( $-34,95^{\circ}\text{C}$ ), самая теплая пора – июль ( $+18,79^{\circ}\text{C}$ ). В некоторые летние дни температура поднимается до  $+23^{\circ}\text{C}$ , зимой опускается до  $-39^{\circ}\text{C}$  (рисунок 2) [7].

Разница между средними температурами января и июля по году в рассматриваемом районе достигает 25°-30°. Температура воздуха характеризуется ярко выраженным суточным ходом во все месяцы года. Наблюдается резкое повышение температур с восходом солнца и плавное падение после полудня и захода [5].

На спокойную безветренную погоду приходится 45% всего времени года. Преобладающее направление ветра с юго-запада и с севера. Средняя скорость ветра составляет- 1,9 м /сек или 6,8 км /час (рисунок 3).

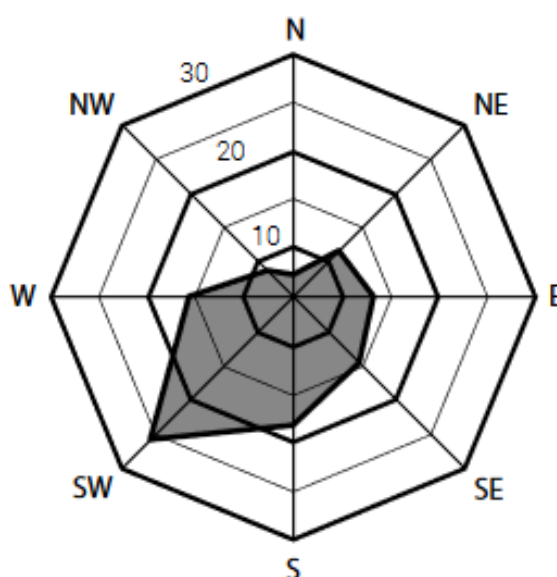


Рисунок 3 – Роза ветров в 2019 году, % [5]

В год количество осадков в виде дождя и снега (многолетнее данные) составляло 371 мм, из них за холодный период (ноябрь – март) выпадало всего 49 мм или 13,2%. Основная масса осадков выпадает в теплый период, причем большая их часть в виде снега, и только 8% от годового количества приходится на жидкие осадки, которые наблюдаются всего 11 дней в году.

Снежный покров в районе Кумтора наблюдается круглый год, но его мощность не велика и сильно изменяется по годам и в зависимости от местных природных условий. На гидрометеостанции «Тянь-Шань» средняя декадная высота достигает наибольших величин в марте – начале апреля (20-21 см). В зимы с высоким уровнем снежного покрова максимальная высота снега



увеличивается до 60 см, а в малоснежные – не превышает 10 см. Устойчивый снежный покров залегает около 170 дней с 9 ноября по 27 апреля, а общее число дней в году со снежным покровом составляет 212 дней [7].

Верховья долины р. Кумтор – одна из немногих в Центральной Азии местностей, где годовое количество осадков превышает испаряемость, т.е. годовой баланс влаги положителен. Это создает дополнительные благоприятные условия для накопления льда и сохранения многолетнемерзлых пород (вечной мерзлоты).

Максимум осадков приходится на летний период года, причем в 90% случаев атмосферные осадки выпадают в твердом и смешанном виде. На период с мая по сентябрь приходится в среднем 77%, а в июне – августе выпадает около 54% годового количества осадков. Летом наиболее обильные осадки наблюдаются при западных и северо-западных вторжениях воздушных масс, их суточный максимум достигает 30 – 40 мм. Годовое количество осадков возрастает от 323 мм на дне долины (метеостанция «Тянь-Шань») до 500 мм и более на высоте 4000 м [5].

### **1.3 Поверхностные и подземные воды**

Месторождение располагается в условиях вечной мерзлоты до глубины 25 метров от поверхности земли.

Месторождение Кумтор расположено в бассейне р. Кумтор. Река берет свое начало с озера Петрова и является истоком крупнейшей реки Центральной Азии – Сырдарьи. Водосбор реки Кумтор занимает площадь в 233 квадратных километра [21].

Основным источником питания реки являются талые воды сезонных снегов и талые воды ледников. Дождевые воды в стоке реки имеют второстепенное значение и не превышают 1%.

Основные фазы водного режима реки делятся на три периода, в каждом из которых доминирует тот или иной источник питания:

1) период снегового половодья – это явление после зимы, когда питание реки происходит за счет таяния снегов нижних и средних уровней гор. Весеннее

таяние снегов и льдов приводит к стремительным и большим притокам реки. Начало половодья определяется наступлением устойчивых положительных температур воздуха на высоте зон таяния, а конец – объем снегонакопления.

2) период ледниково-снегового половодья – это когда водный объект питается за счет талых вод с высокогорных ледников. Зачастую данный период приходится на летние жаркое время года, как правило этот период длится с июля по август. В этот период температура выше  $0^{\circ}\text{C}$  поднимается на высоту выше 3500 метров.

3) период межени. В данный период питание рек практически прекращается, так как заканчивается процесс таяния ледников. В основном в этот период питание рек осуществляется за счет подземных водных горизонтов. В это время отмечаются минимальные и устойчивые расходы воды [51].

Состояние подземных вод определяется наличием вечной мерзлоты, которая распространена до глубины 250 м. Это означает, что температура грунта намного ниже точки замерзания и грунт (а также любые подземные воды, содержащиеся в пористых и трещиноватых породах) полностью заморожен до глубины 250 м. Это создает непроницаемый барьер для движения подземных вод [51].

#### **1.4 Почвенный покров**

В связи с изменением горного рельефа и климатических условий выделяются следующие высотные почвенные пояса:

Пояс субальпийских горно-луговых и лугово-степных почв представлен на высотах 2800-3000 м над уровнем моря и образует узкую полосу, повсеместно прерываемую выходами скал. Эти почвы имеют мощность не более 50-60 см и небольшой (до 30 см) верхний горизонт. На мелкоземлистых делювиальных суглинках пологих склонов и плоских водоразделах развиты горно-луговые почвы. Содержания гумуса высокое и в верхнем горизонте составляет 15-20%. Переход между указанными почвами постепенный и границы носят условный характер [32].

Пояс альпийских дерново-полutorфянистых и луговых почв развит на высоте 3400 метров. Этот пояс характеризуется широким распространением скал, осыпей, россыпей. Поэтому почвы встречаются фрагментарно, под днищам троговых долин и в нижних пологих частях склонов. Альпийские дерново-полutorфянистые почвы отличаются карликовым профилем (20-30 см) и замедленной минерализацией органического вещества, вследствие чего возникает сухая оторфованность дернины. Луговые почвы маломощны (15-20 см) часто скелетны, но имеют хорошую структуру и высокое содержание гумуса.

На высотах выше 3800 метров расположен гляциально-нивальный пояс. Он охватывает гребневые части хребтов, скалы и приледниковые склоны гор, окружающие молодые незадернованные морены и осыпи. Формированию и дальнейшему развитию почвенного покрова препятствует грубость и подвижность субстрата, вызываемые интенсивными процессами морозного выветривания. Практически почвенный покров в этом поясе отсутствует, однако под луговыми куртинками и подушками растений до высоты 3800-4000 метров встречаются фрагменты примитивных скелетных почв [32].

### **1.5 Растительный и животный мир**

По флористическому районированию район рудника относится к Древнесредиземноморскому подцарству Голарктического царства, Сыртовому флористическому району Джунгаро-Тяньшане-Алайской флористической провинции [19].

Горная область Тянь-Шаня на юго-восток от Иссык-Куля покрыта главным образом кобрезиевыми альпийскими лугами. Из кустарников сюда заходит только арча, чаще стелющаяся по поверхности земли.

Альпийские луга занимают наибольшие площади на месторождении. Самый высокий пояс – альпийские луга – характеризуется суровым климатом, что определяет развитие растительности с преобладанием низких трав. Осоки, кобрезия и некоторые злаки – основные растения альпийских лугов. На их зеленом фоне выделяется много растений с яркими цветами: различные

крестоцветные, светло-серые эдельвейсы, желтые лапчатки, розовые и сиреневые астры [19].

Животный мир пойменно-долинных лугов и лесо-лугостепей схож с окружающими ландшафтами. Для альпийского и субальпийского поясов характерны – эндемичный сурок Мензбира, другие виды сурков, щитомордник, гологлаз алайский, альпийская галка, выюрки, голуби, горный индюк улар. Много хищных птиц – сапсан, кречет, балобан, белоголовый гриф кумай, беркут, бородач. Высокогорные луга привлекательны для архаров (горных баранов) и козорогов, за ними следует неотъемлемый их спутник снежный барс. Из среднегорья сюда проникают полевки, волк, лисица, медведь, барсук, горностаи, кабан. Богато представлены и беспозвоночные - черви, пауки, шмели, муравьи и др. [49].

Среди редко встречающихся видов растений выделяется дикий мак четырехлистник, который занесен в Красную книгу Кыргызстана. Кроме того, в Красную книгу Кыргызстана занесены архары (*Ovis ammon karelini*), барсы (*Panthera uncia*), сибирский козел (*Capra sibirica aliana*), некоторые птицы – беркут (*Aquila chrysaetos*), бородач-ягнятник (*Gypaetus*). Некоторые из них числятся в Красной книге [32].

### **1.6 Геологическое строение и рельеф**

Срединный Тянь-Шань протягивается субширотной полосой шириной 20-100 км южнее Северного Тянь-Шаня. Таласо-Ферганским поперечным разломом он делится на две изолированные части: Нарынскую (восточную) и Чаткальскую (западную). Северной границей ее является линия Николаева, южной – Атбаши-Иныльчекский (в Нарынском секторе) и Карасуйский (в Чаткальском секторе) разломы.

Золотосодержащие рудные образования из месторождения Кумтор содержатся в угольном филлите, подвергшегося гидротермальным изменениям и разрушениям свиты палеопротерозоя. Золото смешано с сульфидами (по большей части пиритами). Золото также встречается в виде теллуридов в

мелком халькопирите. Кроме того, золото встречается в альбите, в калиевом полевом шпате и в карбонате [24].

На Центральном участке месторождения главная минерализованная зона (длиной 1250 м, мощностью 100-300 м, падением на юго-восток под углами 40°-60°) сложена средне- и грубослоистыми серо-зелеными, серыми и темно-серыми (из-за первичной углистости) кварц-серицит-хлоритовыми сланцами (филлитами). С лежащего бока она ограничена Северным, с висячего – Южным разломами (рисунок 4). Внутри зоны породы трещиноваты, карбонатизированы, брекчированы, по разрывам развита глина трения. Выделяется множество разломов северо-восточного простирания, разделяющих узкие вытянутые блоки, сложенные породами с различной степенью механической нарушенности и гидротермальной проработки. Именно вдоль этих разломов и вытягиваются золоторудные концентрации, геохимические ореолы, полосы метасоматически измененных пород. Внутри главной минерализованной зоны выделены Южная, Северная, Северо-Восточная рудные зоны и Штокверк. Южная рудная зона приурочена к висячему разрывному контакту зоны минерализации и располагается вдоль него на сотни метров. Северная рудная зона приурочена к лежащему разрывному контакту той же минерализованной зоны. Северо-Восточная рудная зона расположена в висячем боку Кумторского разлома. Северная и Южная рудные зоны, постепенно расширяясь в северо-восточном направлении, сливаются в единый Штокверк.

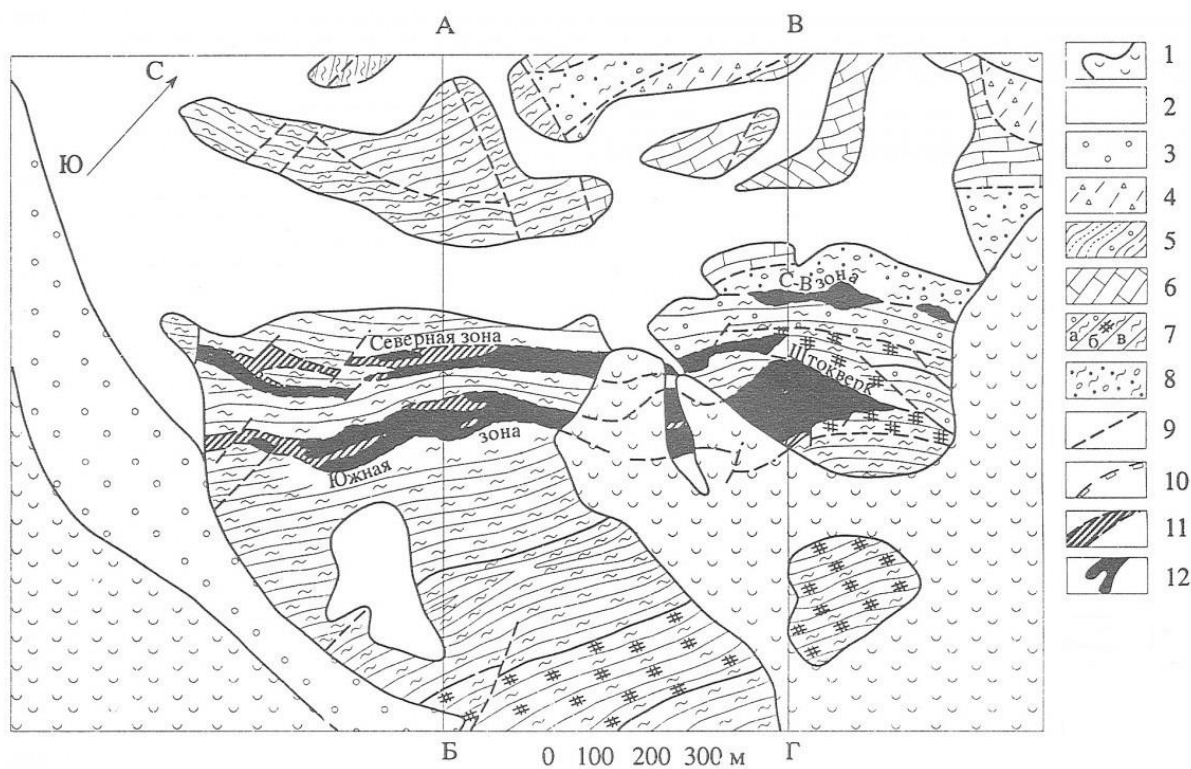


Рисунок 4 – Схема геологического строения Центрального участка месторождения Кумтор [52]

Условные обозначения: 1 – ледники; 2 – современные отложения; 3 – моренные отложения QII-IV; 4 – красноцветные глины, конглобрекции P3-N1; 5 – моласса C1; 6 – известняки и черные кремни, С; 7 – кварц-серицит-хлоритовые сланцы (а), тонкое переслаивание этих сланцев с известняками (б), тиллитоподобные конгломераты (в), С; 8 – меланж, представленный глыбами филлитов V, известняков и кремней С, песчаников C1 в черном углисто-глинистом матриксе; 9 – герцинские взбросы и взбросо-надвиگی; 10- альпийские надвиگی; 11 – контуры рудных зон, представленных кварц-карбонат-пиристовыми метасоматитами по филлитам V; 12 – промышленное оруденение.

Рудные минеральные парагенезисы на месторождении выражены тремя последовательно образованными типами рудных метасоматитов: светлые пирит-альбит-карбонатные с шеелитом (Северная рудная зона); пирит-калишпат-карбонатные красноватых оттенков (Южная рудная зона и Штокверк); пирит-карбонатные, образующие жилоподобные тела и брекчии (Штокверк и Северная рудная зона).

На месторождении Кумтор установлено 100 минералов. Средние содержания в руде основных минералов (по минеральному балансу) следующие

(%): карбонаты (кальцит, доломит, анкерит, сидерит) – 28,4; полевые шпаты (альбит, адуляр) – 18,8; кварц – 6,7; пирит – 16,3; барит – 0,2; гематит – 0,2; лимонит – 0,3; шеелит – 0,06; обломки пород – 29,0.

Основной рудный минерал – пирит. Повсеместно распространен гематит, в малых количествах – самородное золото, золото-серебряные соединения, теллуриды золота. Сульфиды меди, цинка, свинца, мышьяка очень редки [52].

Выделяется два типа пирита: осадочно-диагенетический и рудный гидротермальный. Около 90 % всего золота приурочено к гидротермальному пириту, остальное находится в кварце, карбонате, полево шпате, шеелите. Размер золотинок – сотые и тысячные доли миллиметра. Приурочены они к трещинам и пустоткам в пирите. Морфология выделений самая различная: изометричные, пластинчатые, дендритовидные, прожилкообразные. Пробность золота 920-960.

Теллуриды золота представлены креннеритом, калаверитом, мутманнитом, сильванитом. Развита они в виде микропрожилков и эмульсиевидных выделений. Золото-серебряные минералы более поздние, чем высокопробное золото и связаны с сульфидами меди, цинка, свинца.

Встречается также самородное серебро, реже теллуриды серебра, аргентит и прустит.

Руды месторождения содержат попутные концентрации вольфрама. Содержание  $WO_3$  в руде составляет 0,02-0,04%, но внутри Северной зоны и Штокверка наблюдаются вольфрамовые тела со средним содержанием 0,14%  $WO_3$  [52].

## 2 ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СВЯЗАННЫЕ С ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУМТОР

### 2.1 Характеристика месторождения. Технология добычи и переработки руды

Эксплуатация месторождения началась с декабря 1996 года. По запасам золота рудник Кумтор занимает третье место среди всех известных месторождений планеты. Ежегодно с этого месторождения добывается 15-20 тонн золота с производительностью по руде более 5 млн. т в год.

Кумтор является золото-сульфидным месторождением: золото тесно связано с сульфидами – пиритом  $FeS_2$ , халькопиритом  $CuFeS_2$ , арсенопиритом  $Fe[AsS]$ .

Общий объём доказанных и вероятных запасов золота на месторождении Кумтор на 31 декабря 2018 года составляет 4 млн. унций (447 562 тыс. тонн при 0,3 г/т). Текущий срок службы рудника предусматривает завершение разработки месторождения в 2026 году [26].

Отработка месторождения Кумтор осуществляется открытым способом, то есть в карьере, с применением общепринятых методов бурения, взрывных работ, погрузки и транспортировки (рисунок 5).



Рисунок 5 – Этапы отработки месторождения Кумтор [49]

Бурение – очень важный этап в разработке месторождения, так как до начала масштабных работ на том, или ином участке геологи должны точно знать



среднее содержание золота в руде. Процесс бурения на руднике является первым этапом проведения взрывных работ на карьере. От этого зависит весь дальнейший процесс: будут вестись работы по добыче золотосодержащей руды или нет. Буровые станки, работающие в карьере, способны бурить на глубину до 12,5м.

Взрыв в карьере производится для того, чтобы раздробить скальную породу. После принятия решения о том, где именно нужно производить взрыв, вся зона огораживается в блок, на котором бурят сеть из нескольких десятков скважин, куда позже закладывается взрывчатое вещество с детонатором [49].

Для того чтобы достичь золотосодержащей руды, необходимо провести масштабные вскрышные работы, то есть буквально снять верхний слой пустой породы. Самосвалы, которые транспортируют пустую породу, выгружают её на специальных отвалах. Самосвалы, перевозящие золотосодержащую руду, следуют по другому маршруту – везут руду на дробилку, где она перемалывается до приемлемых размеров и далее по конвейеру поступает на фабрику.

Извлечение золота из руды осуществляется на золотоизвлекательной фабрике (ЗИФ) и состоит из таких этапов, как измельчение, углеродное обогащение (цианидом), десорбция угля, электролиз и плавление (рисунок 6).

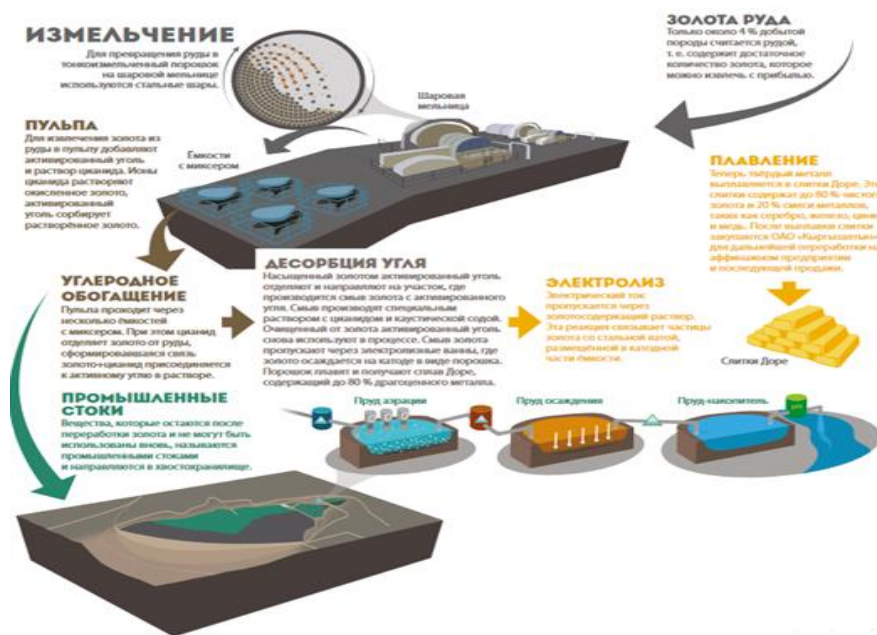


Рисунок 6 – Процесс извлечения золота [49]

На рудном складе руда подвергается шихтовке для стандартизации по содержанию золота. Порода по транспортным съездам доставляется к породным отвалам. Таким же образом некондиционная руда доставляется на склад некондиционной руды [16].

Полученная пульпа для сокращения объема поступает в сгуститель. Осветленный слив сгустителя возвращается на измельчение, а сгущенная пульпа поступает на флотацию. В процессе флотации получается сульфидный флотоконцентрат в объеме 22,63 % от исходной руды и хвосты флотации в объеме 77,37 %. Хвосты флотации подают в хвостохранилище. Флотоконцентрат для отделения фракции 0,040 мм подвергается гидроциклонированию. Нижний слив гидроциклонов поступает на доизмельчение, а затем на гидроциклонирование. Верхний слив гидроциклонов со степенью измельчения 0,040 мм поступает на сгущение.

Очищенный флотоконцентрат подвергается выщелачиванию методом сорбционного цианирования «углерод в растворе». Для этого во флотоконцентрат добавляют известковое молоко, активированный уголь, раствор цианистого натрия. Также в аппарат подается сжатый воздух. После отделения хвостов выщелачивания (22,56 %), с содержанием цианидов 166 мг/л, которые идут на детоксификацию, выщелоченный продукт (0,07 %) подается на передел по извлечению золота.

Разложение цианидов происходит после того, как в пульпу добавляются растворы серной кислоты, сульфата меди и метабисульфита натрия, согласно рецептуре используемой на руднике.

После детоксификации, при которой содержание цианидов уменьшается в 200 раз, пульпассодержание цианидов 0,6-1,0 мг/л подается на хвостохранилище. Предусмотрена технология возврата цианидов в технологический процесс. За счет этого вдвое снижается расход цианистого натрия и соответственно выбросы цианидов в хвостохранилище. Передел по извлечению золота включает в себя процессы десорбции с регенерацией угля,

электролиз и плавку катодного осадка. Конечным продуктом технологической цепочки является сплав Доре с содержанием золота 60-70 %, серебра – 20-30 %, присутствует медь, никель, железо, свинец и прочие элементы в небольшом количестве [17].

## **2.2 Факторы отрицательного воздействия разработки месторождения на окружающую среду**

В районе Кумторского рудника ускоренное таяние и деградация оледенения, обусловленные изменением климата, усиливается за счет кумулятивного влияния техногенных факторов, связанных с добычей и переработкой руды. Основными техногенными факторами деградации и разрушения ледников в районе Кумторского рудника является не только изъятие и удаление ледникового льда в контурах карьеров, отсыпка отвалов на ледниках, но и их запыление и загрязнение при проведении буро-взрывных работ на карьерах, погрузочно-доставочных работах, транспортировке горной массы и грузов.

Всё многообразие воздействий разработки месторождения Кумтор на окружающие ледники можно разделить на агрессивное, прямое и косвенное. В соответствии с данной классификацией изъятие и удаление глетчерного льда («кастрацию ледника») следует считать как «агрессивное» воздействие, нарушающее целостность ледников как природных образований, складирование пустой породы на поверхности ледников («захоронение льда») можно классифицировать как прямое воздействие, а запыление и загрязнение – как косвенное [29].

### **2.2.1 Влияние рудника на атмосферный воздух**

В соответствии с видовым составом и объёмом выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ предприятие относится к первой категории опасности. Выбросы нестационарных источников подсчитываются согласно методическим указаниям, основанным на действительных данных (производственных факторах). Как показано в таблице 1, общий объём

выбросов в атмосферу от источников рудника в 2019 году составил 905,365 т, в том числе от карьерных работ – 709,5301 т. Основным по вкладу загрязняющим веществом является пыль (72,7 %).

Таблица 1 – Сравнительные данные выбросов на руднике «Кумтор» и ПДВ, т/год [49]

Загрязняющее вещество	ПДВ	Фактический выброс
Пыль с содержанием SiO <sub>2</sub> 20–70 %	783,59380	654,9818
Гидроцианид	0,0008000	0,00260
Натрия гидроксид	0,0734600	0,05451
Свинец и его соединения	0,0015000	0,000565
Пыль оксида кальция (известь)	1,9641000	2,41350
Углерод (сажа)	1,2327800	2,01890
Серы диоксид	6,5267200	10,38329
Сварочный аэрозоль	0,3547980	0,50530
Марганца диоксид	0,0479290	0,06880
Гидрофторид	0,0408970	0,05930
Углеводороды	10,008730	15,14807
Азота диоксид	85,028920	133,75458
Углерода оксид	66,031250	55,96210
Кремния тетрафторид (фториды)	0,0156530	0,02200
Аммиак	0,3433000	1,28340
Соединения кремния	0,0156530	0,02220
Гидрохлорид	0,0000770	0,00610
Азота оксид	0,0732900	0,12548
Углеводороды (по керосину)	2,3793400	2,13540
Ксилол	2,0814000	2,60438
Формальдегид	0,2589000	0,45630
Бенз(а)пирен	0,0000260	0,0000422
Углерода диоксид	-	23,24650
<b>Всего</b>	<b>960,087</b>	<b>905,365</b>

Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха формирует выброс неорганической пыли от выемочно-погрузочных работ на Центральном карьере. Максимальная приземная концентрация выбросов пыли составляет 10 ПДК в пределах рудника. Из газообразных загрязняющих веществ наибольший вклад формирует выброс оксидов азота, максимальная приземная концентрация которого составляет 5 ПДК в пределах промплощадки. По остальным

загрязняющим веществам и группам суммации максимальные концентрации не превышают 0,3 ПДК.

Чтобы снизить подобное влияние, рабочие зоны увлажняются во время проведения горных и других работ на руднике, включая земельно-транспортные и погрузочные работы. Очистные забои также увлажняются перед проведением подрывных работ и после них. Сарычат-Ээрташский государственный заповедник находится по соседству с местом проведения горных работ, регулярный мониторинг атмосферного воздуха проводится в северо-восточной части концессионной площади и в северо-западной части заповедника [17].

Через долину Барскоон проходит технологическая дорога, отсыпанная гравием, по которой осуществляется перевозка работников до месторождения и обратно домой, а также материалов для осуществления добычи руд на месторождении. Эта дорога находится в полном ведении и обслуживается ЗАО «Кумтор Голд Компани». Эта дорога также ведет к нескольким небольшим населенным пунктам, а также к летним пастбищам для выпаса скота и к природному заповеднику. В туристический сезон через данную местность проходят туристические маршруты. В связи с тем, что данная дорога используется для передвижения местных жителей и туристов, было принято решение проводить постоянный полив дороги, с целью уменьшения запыленности от передвижения большегрузного транспорта [49].

Результаты измерений показывают, что отобранные пробы воздуха соответствуют всем международным критериям по пылеосаждению и санитарно-гигиеническим показателям (таблица 2).

Таблица 2 – Уровень запылённости в долине Барскоон, мкг/м<sup>3</sup> [19]

Точки отбора (станции)	Июль 2017 г.	Август 2017 г.	Июль 2018 г.	Август 2018 г.	Июль 2019 г.	Август 2019 г.
№ 1	31	41	47	77	30	41
№ 2	20	89	39	93	37	89
№ 3	12	59	34	39	50	59
ПДК*	100	100	100	100	100	100

\* Рекомендуемая норма ПДК в населённых пунктах КР.

Согласно данным обследования, проведенного доктором биологических наук НАН КР Г.А.Лазьковым, установлено, что деятельность КГК не влияет на растительный покров ущелья Барскоон. Значительно большее влияние оказывает неконтролируемый выпас скота, а также рекреационная нагрузка. Загрязнение атмосферного воздуха в сельских поселениях Источниками загрязнения в этих сёлах могут быть обычное сжигание мусора и другие бесконтрольные выбросы в атмосферу [19].

### **2.2.2 Влияние месторождения на водные объекты**

Горнорудная деятельность (эксплуатационные процессы на предприятии, внутреннее использование, пылеподавление и т.д.) требуют добычу и использование около 500 кубических метров воды в час из озера Петрова. Таким образом, ЗАО «Кумтор Голд Компани» добывает около 4,38 миллиарда литров воды в год. Разрешение на использование воды позволяет предприятию извлекать 6300 тысяч кубических метров в год (около 6,3 миллиардов литров в год) из озера Петрова [21].

Из-за такого огромных объемов потребления воды на месторождении сокращается поставка воды населению, которое использует ее в сельскохозяйственных, питьевых и хозяйственно-бытовых нуждах, а также это воздействует на популяцию рыб, обитающих в реках, которые питаются из горных ледниковых районов.

На руднике Кумтор загрязненная вода из-за контакта с отходами проходит различные степени очистки, но все равно, большая ее часть с загрязнениями попадает в реку Кумтор.

К источникам загрязнения относятся: природные загрязнители руды и пустые породы, открытые стены и дно карьера, хвостохранилище (как «очищенные» стоки, так и косвенные просачивания), а также топливо и смазочные материалы (механическое оборудование), разливы химических процессов, взрывчатые вещества, антифриз и другие химические вещества.

Эти отложения и загрязнения попадают вниз по течению реки Нарын (позже Сырдарью) [50].

Хвосты, состоящие на половину из воды и твердой части, загрязненной цианидами которые применяются в процессе флотации, в цикле выщелачивания, самотеком поступают по закрытому наземному пульпопроводу с фабрики в хвостохранилище, которое расположено непосредственно в долине реки Кумтор. По результатам обследования дамбы хвостохранилища был обнаружен сдвиг подошвы дамбы на 5 см, что стало следствием просачивания загрязненных стоков, с последующим попаданием их в реку Кумтор.

Просачивание воды в месте обнаружения сдвига дамбы потребовало проведения геоэкологической оценки состояния р. Кумтор. Для проведения мониторинга водного объекта – р. Кумтор были выбраны точки отбора проб воды: точка № 1 – река Кумтор перед хвостохранилищем, точка № 2 – хвостохранилище, место где происходит просачивание загрязненной воды, точка № 3 – 7 км ниже по течению от хвостохранилища (рисунок 7). Отбор проб природной воды осуществлялся один раз в квартал и направлялся в независимую аккредитованную лабораторию. Результаты проведенных лабораторных исследований воды представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты анализов проб воды, отобранных из реки Кумтор [50]

Загрязняющее вещество	Класс опасности	ПДК для питьевых вод, мг\л	Условный знак (цифра) мест отбора проб \ среднее содержание загрязняющих веществ в мг\л		
			1	2	3
Ртуть Hg	1	0,0002	0,0001	0,005	0,001
Мышьяк As	2	0,006	0,004	0,007	0,004
Молибден Mo	2	0,07	0,004	0,405	0,373
Кадмий Cd	2	0,001	0,002	0,002	0,002
Никель Ni	3	0,02	0,08	0,683	0,211
Марганец Mn	3	0,05	0,07	0,552	0,071
Медь Cu	3	1	1,6	17,7	1,94
Цианиды CN	2	0,035	0,015	16,5	0,053



Рисунок 7 – Схема расположения реки Кумтор с точками опробования поверхностных вод [49]

Анализ таблицы показывает, что в районе расположения хвостохранилища наблюдаются высокие концентрации следующих загрязняющих веществ: молибден, никель, марганец, медь, цианиды. Далее, вниз по течению реки (12 км), их концентрации снижаются, однако остаются достаточно высокими и превышают ПДК для питьевых водоёмов в несколько раз.

В специфических условиях Кумтора ледники и водотоки (реки, ручьи, озёра), во-первых, являются тем компонентом природной среды, который в первую очередь принимает на себя загрязнения от добычи и переработки руды. Во-вторых, вода и водотоки являются основным агентом транспортировки и распространения (рассеяния) загрязнений на большие расстояния от рудника и создаёт вторичные источники длительного неконтролируемого загрязнения в донных осадках (отложениях) рек и водоёмов [21].

### **2.2.3 Влияние месторождения на ледники**

В ходе освоения Кумторского золоторудного месторождения в хозяйственный оборот вовлечена большая территория криолитозоны высокогорья общей площадью до 100 км<sup>2</sup> с весьма сложными



геокриологическими условиями, отличающаяся повышенной «чувствительностью» и «ранимостью» к различным техногенным воздействиям [1].

В пределах концессионной площади рудника Кумтор расположено пять активных ледников: Петрова, Лысый, Давыдова, Сары-Тор, Борду (рисунок 8).



Рисунок 8 – Объекты рудника и окружающие ледники, расположенные в истоках р. Кумтор [29]

Помимо этих горных ледников лёд также присутствует в пределах ледяных полей и вечной мерзлоты, которые покрывают обширные территории в пределах южной и северной частей концессионной площади. Подсчитано, что в совокупности лёд покрывает приблизительно 45 % общей концессионной площади рудника Кумтор.

Вся горная масса вскрышных пород складирруется в бассейнах ледников Лысый, Давыдова и Сары Тор. По состоянию на середину 2018 г. было добыто

в карьерах и перемещено в отвалы свыше 1,2 млрд. тонн горных пород, а также свыше 64 млн. м<sup>3</sup> ледниковой массы [28].

В настоящее время подавляющая часть отвальных пород и глетчерного льда размещена непосредственно на леднике Давыдова. Полная мощность породных отвалов достигает 120-150 м. За время эксплуатации рудника стало ясно, что чрезмерная загрузка ледника горными породами (подпруживание ледника), выдавливание льда из-под мощных отвалов, экскавация и перемещение льда для обеспечения безопасного доступа к зоне SB (юго-западное углубление Центрального карьера) привели к коренному изменению естественного режима глетчера: изменению скоростей и направлений смещения различных его частей; постепенному сужению живого сечения ледникового потока в средней и нижней частях; ускорению смещения суженного потока льда, особенно в языковой части, с одновременным ее вспучиванием и растрескиванием. По данным мониторинга за период 2010-2017 гг. язык ледника продвинулся вниз по долине на 1,1-1,5 км, перевалив за пределы конечной морены «малого ледникового периода» [28].

Неблагоприятным последствием разработки отвалов на леднике Давыдова стало то, что изменился его гидротермический режим, вследствие чего усилилось таяние льда. Из-за большого поступления талых вод произошло затопление Центрального карьера рудника.

В 2012 г. в связи с концентрацией горных работ в зоне SB возникла необходимость опережающего изъятия и удаления огромных объемов сползающего в карьер льда на его юго-восточном борту. Разрыхленный при экскавации и отбойке лед размещается на ледовых отвалах в бассейнах ледников Лысый (3,97 млн. м<sup>3</sup>) и Давыдова (28,2 млн. м<sup>3</sup>). Массовое изъятие и перемещение огромных объемов льда для обеспечения безопасного доступа к зоне SB привели, во-первых, к начавшемуся распаду и разрушению ледника Давыдова как природного образования. Особую озабоченность при этом вызывает совместное складирование разрыхленного при отбойке льда

вперемешку с раздробленными отвальными породами на нижних частях ледников (формирование ледово-каменных отвалов).

Во-вторых, происходящий распад ледника, весьма вероятная трансформация совместных ледово-каменных отвалов в техногенные глетчеры и/или их оползание в сочетании с переливом воды из карьеров после закрытия рудника будут сопровождаться нарастанием риска «техногенных селей». При возможном формировании таких техногенных глетчеров, оползней и селей отвальные породы, 20-30 % которых обладают потенциалом кислотообразования, будут транспортироваться непосредственно в русло р. Кумтор, загрязняя воду и донные отложения.

В-третьих, совместное складирование отбитых и разрыхленных масс льда (64 млн. м<sup>3</sup>) с пустыми породами на отвалах в бассейнах ледников фактически представляет собой загрязнение льда из-за перемешивания его с дробленными горными породами, которые обладают потенциалом кислотообразования. Загрязнение поверхностных вод сточными водами, содержащими вредные и опасные вещества, в районе расположения месторождения происходит в настоящее время постоянно и будет увеличиваться в будущем за счет постоянного таяния льда, который размещают внутри отвалов. Вследствие того, что талые воды из ледников, а также атмосферные осадки в виде дождя и снега, просачиваясь в поверхностные водные объекты через разрушенные горные породы в отвалах, проходят загрязнение всеми примесями и загрязнениями, которые характерны для руд Кумторского месторождения (сульфиды железа, сульфаты, тяжелые металлы) [28].

Формирование отвалов на руднике. Исторически ситуация с формированием отвалов Центрального карьера складывалась так, что вскрышные и пустые породы складировались в основном на леднике Давыдова, а лёд сначала – на леднике Лысый. В самом начале вскрышные и отвальные породы укладывались вдоль северного края ледника Давыдова. В дальнейшем, до вскрытия зоны богатого оруденения SB огромное количество пустой породы

из Центрального карьера укладывалось непосредственно на ледник Давыдова. По замыслу проектировщиков это осуществлялось для того, чтобы вытеснить ледник за границы проектного контура ЦК и одновременно создать своеобразную буферную зону безопасности между движущимся ледником и активной областью горных работ в пределах карьера. Однако достичь этих целей не удалось, что, во-первых, значительно усложнило добычные работы в Центральном карьере. К сентябрю 2014 г. площадь Центрального карьера составила 4,5 км<sup>2</sup>, а общая площадь отвалов -9,3 км<sup>2</sup>. Во-вторых, чрезмерная загрузка ледника Давыдова отвальными породами вызвала ползучесть и ускоряющееся движение ледника в сторону карьера, деформации его юго-восточного борта с увеличением водопритока в карьер.

Складирование пустых пород на активном леднике Давыдова, который испытал последнюю подвижку (пульсацию) сравнительно недавно, в 1974-77 гг. прошлого века, привело к постепенному выдавливанию и подпруживанию льда на участке основного потока (рисунок 9). Подпруживание ледника Давыдова вскрышными породами общей массой свыше 500 млн. тонн в свою очередь вызвало коренное изменение естественного режима глетчера:

- изменение скоростей и направлений смещения различных его частей;
- провоцирование подвижек ледника;
- постепенное сужение живого сечения ледникового потока в средней и нижней частях;
- ускорение смещения суженного потока льда, особенно в языковой части с одновременным её вспучиванием и дефрагментацией [28].

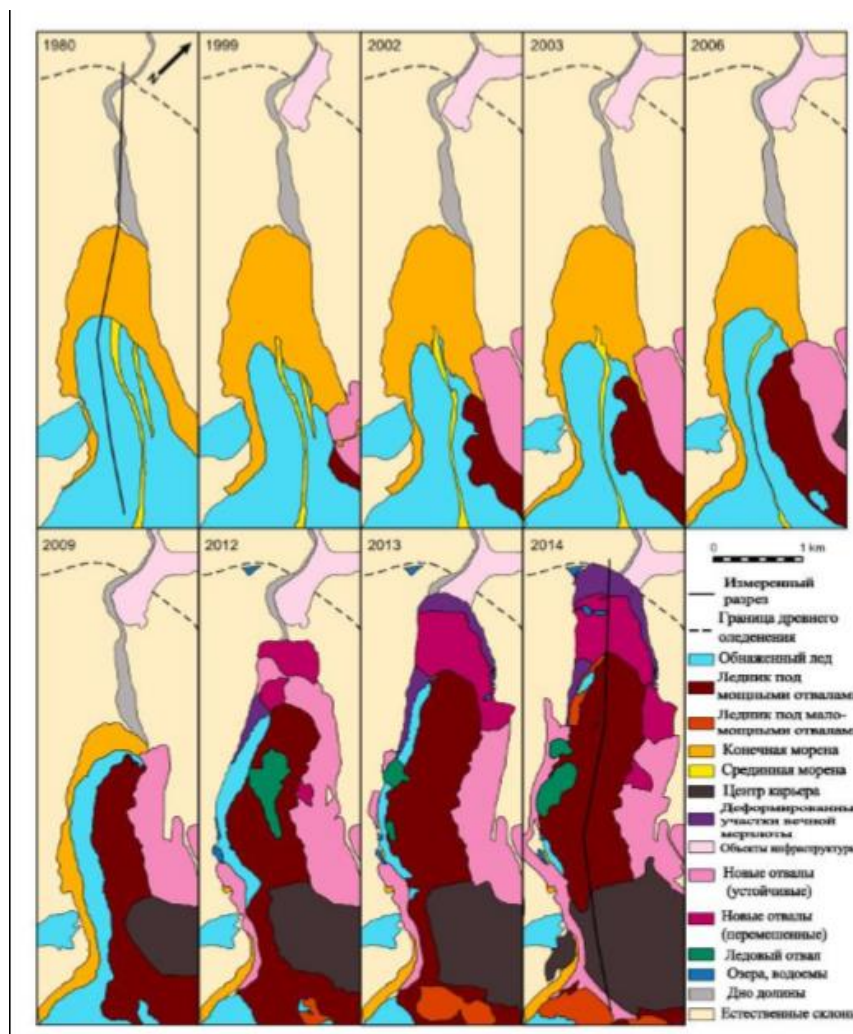


Рисунок 9 – Динамика формирования отвалов и «захоронения» льда в бассейне ледника Давыдова по данным космоснимков 1980-2014 гг. [16]

Львиная доля льда была изъята из ледника Давыдова и подавляющая часть пустых пород была размещена в непосредственной близости от карьеров, в бассейне этого ледника. Причём мощность отвалов достигла 150-200 м, что вызвало изменение гидротермического режима этого ледника, с последовавшим усилением таяния льда и увеличением водопритока в Центральный карьер. По этой причине, начиная с 2008 г., КОК проводит большую дорогостоящую программу осушения Центрального карьера. Следует отметить, что отвалы, укладываемые вкост течения ледника, подпруживая его, препятствуют естественному движению ледника Давыдова и подледниковому стоку и тем самым вызывают повышение давления воды на границе раздела ледника и морены [24].

Следует отметить, что отвалообразование на руднике Кумтор осуществлялось и продолжает осуществляться отрицательно зарекомендовавшим себя способом «сверху-вниз» и без предварительной подготовки основания отвалов, размещаемых на склонах. Проблема устойчивости отвалов заключается в том, что практически все окружающие склоны, на которых производилась и до сих пор производится отсыпка мощных отвалов, сложены льдонасыщенными многолетнемёрзлыми породами, которые оттаивают при формировании отвалов. Очевидно, что подобные геокриологические условия не обеспечивают прочное основание для отвалов на склонах. В результате, как показывает негативный опыт Кумтора, ни один из отвалов на этом руднике не был устойчивым и все отвалы рано или поздно смещались вниз по склонам до самого дна (талъвегов) долин.

Следует иметь в виду, что объёмы пустых пород в отвалах будут нарастать, вплоть до 2026 г. и все эти отходы навсегда останутся в истоках р. Нарын, требуя постоянного мониторинга и технического обслуживания.

Воздействие на ледники Кумтора техногенной пыли. Интенсивная разработка полезных ископаемых открытым способом сопровождается подъемом больших масс пыли, которая оседает на прилегающей к карьере территории, вызывая изменение состава почв, деградацию ледников, загрязнение водноледниковых ресурсов [9].

Основными источниками пылеобразования при открытых горных работах являются: бурение, дробление, измельчение и выброс породы взрывом; погрузочно-разгрузочные работы, транспортирование горной массы, отвалообразование, пыление отвалов.

На долю массовых взрывов и экскавации приходится 60-80% общего количества пыли. При типичном взрыве на Центральном карьере рудника Кумтор при суммарной массе взрывчатого вещества в 20 тонн высота пылегазового облака в среднем составляет 130 м, горизонтальный размер – 120 м, масса пыли с размером частиц менее 20 мкм достигает 3-4 тонн. В таком облаке начальная концентрация пыли достигает 5,0 мг/м<sup>3</sup>. По санитарным

нормам предельно допустимая концентрация (ПДК) пыли в атмосфере равна 2 мг/м<sup>3</sup>. Если учесть, что взрывы на карьере проводятся практически ежедневно, то за весь период эксплуатации месторождения в атмосферу выбрасывается огромное количество пыли, которая оседает вблизи карьера, в том числе на окружающих карьеры ледниках, вызывая их усиленное таяние [15].

Степень техногенного пылевого загрязнения того или иного ледника вблизи карьеров зависит от розы ветров в момент производства взрыва. Взрывы на карьерах Кумтора производятся, как правило, в середине дня, когда роза ветров направлена в сторону ледников Петрова, Лысый и Давыдова. В этой связи оптимальным временем взрыва являются утренние часы, когда пыль уносится горно-долинными ветрами в долину р. Кумтор.

Как правило, оседание пыли на ледниковый лёд приводит к уменьшению абляции до 20 % по сравнению с обнажённым ледником. Однако оседание пыли на снежный покров ледника может привести к гораздо большей скорости таяния из-за следующих факторов:

- снег имеет более высокое альbedo, чем ледниковый лёд, что делает эффект осаждения пыли изначально более выраженным;
- снег изолирует основную массу льда, лежащую под ним, поэтому передача тепла от поверхности в глубину льда ниже, чем в чистом льду [16].

Оценка запылённости ледников в районе Кумторского рудника проводилась по заданию КОК В. А. Кузьмичёнком. Первые полевые измерения запылённости в семи точках трёх ледников, расположенных вблизи рудника, были начаты в 1998 г. В рамках ретроспективного анализа данных мониторинга, были детально изучены результаты систематических измерений содержания пыли в атмосферном воздухе по 4-м станциям за 4 года в период между 1997 и 2000 гг. Также был проведён анализ взаимосвязи запылённости ледников и атмосферного воздуха, основанный на соответствии результатов измерений и теоретической модели запылённости [9].

По результатам указанных исследований были сделаны следующие основные выводы по оценке запылённости ледников в районе рудника:

- по результатам измерения пыли в слое снега, который сформировался в период снеготаяния, запыленность поверхности ледников приравнивается к естественной запыленности ледниковых поверхностей в данном районе. Это говорит о том, что техногенная пыли соответствует естественной пыли и в аккумулятивном эффекте, вносит свой вклад в загрязнение поверхности ледников [15].

На основании этих и других выводов, можно сделать однозначное заключение о том, что естественная пылевая загрязнённость поверхности ледников в районе Кумторского рудника увеличивается за счёт кумулятивного многолетнего запыления, вызванного операционной деятельностью рудника.

Многолетняя добыча золотоносной руды на высокогорном руднике Кумтор, включающая в себя перемещение ледников и размещение отвалов на ледниках, техногенное пылевое загрязнение их поверхности, нарушила естественный гляциологический и гидротермический режим окружающих ледников, вызвав не только ускоренные подвижки и смещение ледников, но и усиленное их таяние под влиянием неблагоприятного сочетания потепления климата и техногенного прессинга.

В качестве подтверждения нарастающей тенденции более сильного таяния ледников Кумтора по сравнению с другими ледниками Ак-Шыйрака рассмотрим картографические результаты оценки гляциологами Цюрихского университета изменения уровней поверхности языковых частей ледников Ак-Шыйрака за промежуток времени между 2000 и 2012 гг. (рисунок 10), то есть в период наиболее интенсивной разработки Кумторского месторождения [29].



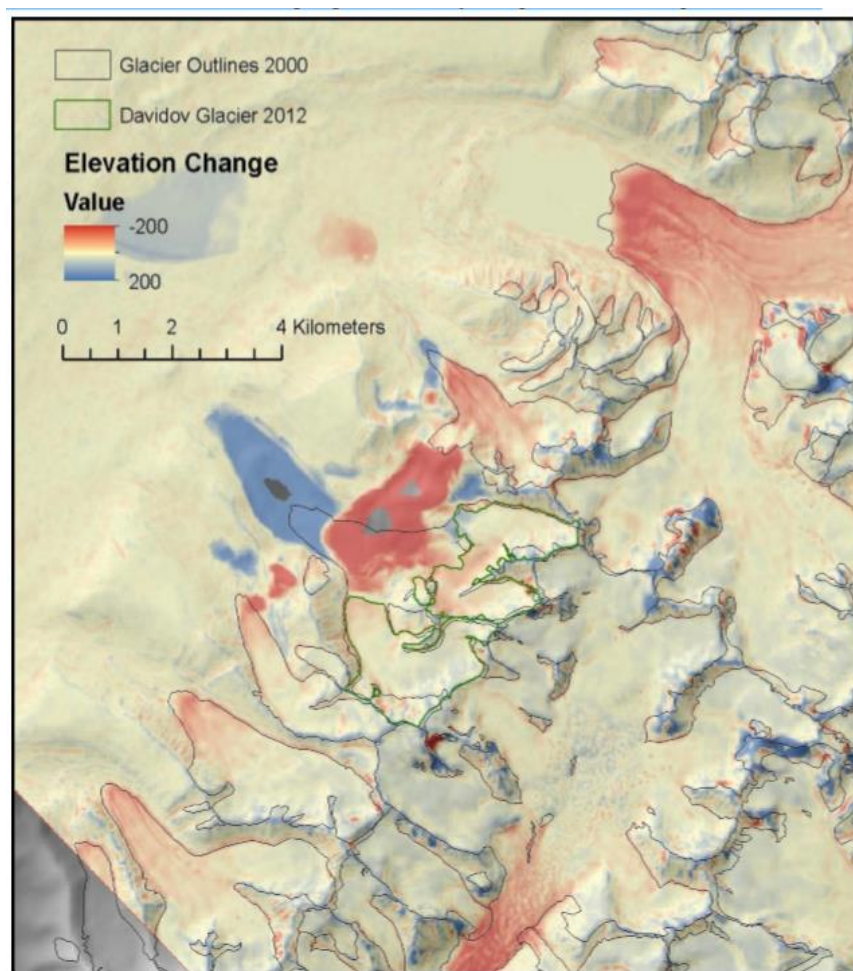


Рисунок 10 – Расчётные изменения уровня поверхности ледников Ак-Шыйрака, полученные путём сравнения цифровых моделей рельефа по космоснимкам 2000 и 2012 гг.:

сильное понижение поверхности на языках ледников показано оттенками красного цвета; контуры ледников по состоянию в 2000 г. показаны тонкой тёмной линией; зелёной линией показан контур ледника Давыдова в 2012 г.; синим цветом показан подъём поверхности некоторых ледников, отвалов и хвостохранилища [29]

На рисунке 10 чётко просматривается сильное понижение поверхности на языках ледников вблизи рудника Кумтор, вызванное совместным воздействием потепления климата, а также прямым (ледник Давыдова) и косвенным влиянием техногенного прессинга (ледники Петрова, Лысый, Сарытор, Борду). Результаты исследований демонстрируют также чёткий подъём поверхности ледников в областях питания (за исключением ледника Давыдова). Также отчётливо просматриваются последствия деятельности КОК

на близлежащих ледниках. Эти же результаты указывают на более замедленные потери массы и снижения поверхности других ледников Ак-Шыйрака, удалённых от рудника [29].

Вне всякого сомнения, определённую лепту в усиление таяния ледников вблизи рудника внесло и продолжает вносить техногенное кумулятивное пылевое загрязнение их поверхности от операционной деятельности КОК, в первую очередь от ежедневных пылевых выбросов при массовых взрывах на карьерах.

На космоснимке, приведённом на рисунке 11, отчётливо прослеживаются сильно затемнённые участки языков Петрова и Лысый, характеризующиеся более низкой отражательной способностью (альбедо) в отличие от других ледников, удалённых от рудника. Сильная затемненность языков этих глетчеров, скорее всего, связана с кумулятивным накоплением пыли, ежедневно выбрасываемой при массовых взрывах на карьерах. Не подлежит сомнению, что тонкий слой осаждающейся на ледниках пыли из-за низкого альбедо (отражательной способности) обуславливает более сильное таяние льда по сравнению с ледниками, не покрытыми техногенной пылью с рудника Кумтор. Суть в том, что низкое альбедо запылённых участков ледников способствует более высокому уровню поглощения солнечной радиации и энергии и, соответственно вызывает более сильное таяние запылённых ледников в районе рудника [32].

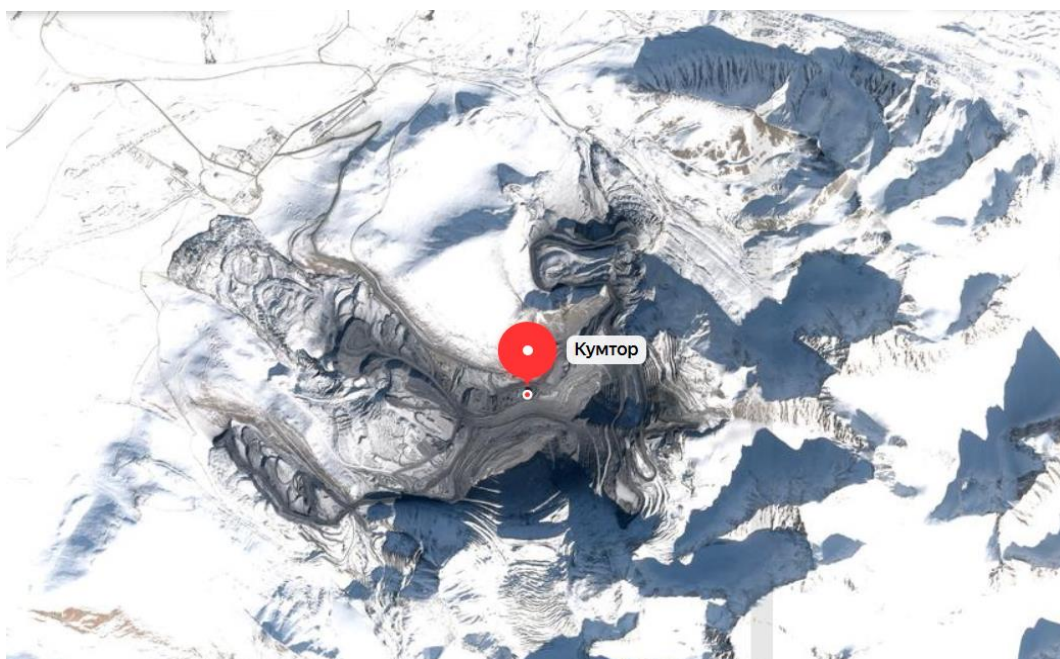


Рисунок 11 – Космический снимок района Кумтора [32].

Вышеуказанные последствия агрессивного воздействия на ледники месторождения Кумтор, означают практически полное исчерпание ледников Сары-Тор, Давыдова и Лысый, как источников чистой воды, которой население Кыргызстана и Центральной Азии могло бы воспользоваться в будущем в условиях нарастающего дефицита пресной воды в регионе и мире. Наличие большого количества отходов, а именно пустой породы, хвостохранилища и промстоков из карьерных водоемов в реке Кумтор бросает вызов окружающей среде не только в районе рудника, но и региону в целом [28].

### 3 МИРОВОЙ ОПЫТ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЛЕДНИКОВЫХ РАЙОНАХ

Современные потребности общества в минеральном сырье требуют освоения месторождений полезных ископаемых расположенных в климатически сложных, труднодоступных условиях высокогорья. Для государств, основную территорию которых занимают горные массивы, разработка высокогорных месторождений является экономической необходимостью. К таким государствам в первую очередь следует отнести Кыргызстан, Таджикистан, Чили, Грузию, Армению, Колумбию и ряд других.

История крупномасштабного промышленного освоения недр в горноледниковых районах свидетельствует о том, что до недавнего времени добыча полезных ископаемых под горными ледниками велась исключительно подземным способом, который по сравнению с открытым способом разработки характеризуется значительно более щадящим режимом воздействия на окружающую среду, в первую очередь на ледники [8].

Неоднозначность ситуации освоения минеральных ресурсов в горноледниковых районах мира заключается в том, что политические мотивы по защите ледников от крупномасштабной золотодобычи различаются как во времени, так и в разных странах.

Крупнейший золото-серебряный проект мира Паскуа-Лама-Веладеро был запущен ведущей золотодобывающей компанией мира «Barrick Gold Corp» (BGC) на рубеже XX-XXI веков. Месторождения Паскуа-Лама-Веладеро расположены на границе аргентинской провинции Сан-Хуан и чилийской – Атакама. Около 75% рудного тела расположено на чилийской стороне, но большинство производственных мощностей, в том числе и обогатительная фабрика (хвостохранилище), расположены на аргентинской стороне [29].

Золотосеребряный рудник «Паскуа-Лама» считается одним из самых высокогорных в мире – он расположен на высотах 4800-5200 метров. Подтвержденные запасы золота составляют около 570 тонн при среднем содержании золота 1,47 г/т, серебра – порядка 20000 тонн. Функционирование

рудника запланировано на 25 лет и ежегодная добыча золота на нём в первые 5 лет должна составить 800 тыс. унций или свыше 26 т/год. Ввод рудника в эксплуатацию первоначально был намечен на вторую половину 2014 г. Однако производство золота до сих пор не начато из-за ожесточённого сопротивления местных общин и экологических групп, необходимости осуществления мероприятий по охране окружающей среды и соблюдения требований местных сообществ. Как показано на рисунке 12 проект Паскуа-Лама реализуется в районе уязвимых ледников и вечной мерзлоты в высоких Андах. Рассматривая оледенение этого района, следует отметить, что несмотря на большие высоты (4800-5200 м) по сравнению с Кумтором, ледники характеризуются небольшими размерами (объёмами) и расположены в основном на чилийской стороне. По наблюдениям гляциологов эти ледники находятся в стадии деградации и исчезновения [29].

Главная причина озабоченности местных общин и экологических групп была в том, что карьер предполагалось заложить в непосредственной близости от ледников. Правительства обеих стран получили петиции с просьбой об отмене разработки. Однако, и Чили, и Аргентина одобрили проект, пообещав проведение строгого контроля за соблюдением экологических требований.

По мнению чилийских и аргентинских экологов, «о перемещении ледников вообще не может идти речи, так как в этом случае они будут просто уничтожены». По мере того, как конфликт между противостоящими сторонами усиливался, всё больше внимания уделялось потенциальным угрозам, связанным с удалением льда и переносом ледников. В первую очередь озабоченность местных общин касалась возможного ухудшения орошения сельскохозяйственных культур, влияния на окружающую среду и здоровье населения, проживающего в бассейнах рек (рисунке 12), стекающих с ледников, которые будут прямо или косвенно затронуты в процессе крупномасштабной открытой добычи золота, серебра и меди. Наибольшее беспокойство местных фермеров в связи с планами канадской компании BGC вызывало возможное понижение уровня воды в реках долины Уаскар. Таким образом, на пути

реализации проекта Паскуа-Лама возникло серьезное препятствие: было признано, что строительство и эксплуатация рудника может повредить и/или разрушить три близлежащих ледника. По мнению общественности это негативно скажется на сельском хозяйстве Чили, поскольку от ледников зависят оросительные системы 70 тыс. ферм, и в случае их разрушения нарушится экологический баланс. Поэтому природоохранные службы предложили канадцам выбор: вести подземные работы или построить небольшой рудник, не затрагивая ледник. Оба варианта компанией Barrick Gold были признаны не выгодными [29].



Рисунок 12 – Космоснимок района рудника Паскуа-Лама [29]

В окончательном решении по экспертизе проекта Паскуа-Лама в феврале 2006 г. природоохранные органы Чили, а также местные органы власти провинции Атакама запретили перенос льда, физическое вмешательство в деятельность ледников и обязали компанию всемерно защищать ледники и осуществлять мониторинг их состояния.

Также не разрешалось складирование отходов на ледниках и в ледниковых бассейнах и изменение их альбедо за счёт запыления. В ответ на эти запреты и требования BGC была вынуждена изменить границы и контуры

карьера, что обусловило уменьшение на 7 % объёма добываемого золота, а также компания пообещала обеспечить мониторинг климата, баланса массы ледников, количества и качества воды в реке Эстречо [29].

Специалисты организации Esonorte утверждают, что геологическая разведка Паскуа-Лама, а также первый этап работ по созданию инфраструктуры рудника (строительство автодорог, прокладка ЛЭП, бурение многочисленных скважин, буровзрывные работы), выполненный «Barrick Gold Corp» ещё до утверждения проекта отработки месторождения чилийскими органами экологического надзора, нанесли ущерб ледникам Торо 1-2, Эсперанца и Гуанако. А буровзрывные работы, которые будут вестись на горно-рудном предприятии, могут вызвать смещение льда на многих соседних с Паскуа-Лама склонах.

Ссылаясь на это специальное исследование 2005 г., Greenpeace заявил, что площадь поверхности ледников Торо 1, 2 и Esperanza, начиная с 1998 г. «...уменьшилась в пределах от 56 % и 70 % за счет деятельности, осуществляемой BGC еще до начала горных работ». По прогнозам гляциологов эти ледники окончательно исчезнут под влиянием потепления и техногенного прессинга BGC в пределах ближайших 15-75 лет.

Около 10 лет ушло на то, чтобы BGC смогла договориться с общественностью, инвесторами, регуляторами и местным самоуправлением. После пересмотра и внесения многочисленных поправок в 2009 г., Паскуа-Лама, наконец, был одобрен чилийскими властями и экологической ассоциацией COREMA, но с условием, что ледники будут сохранены [29].

Однако, несмотря на утверждение правительствами Чили и Аргентины проекта Паскуа-Лама, реализация этого проекта, по-прежнему, сталкивается с протестами экологических активистов в Чили и Аргентине. По ходу строительства объектов рудника компания BGC неоднократно обвинялась органами экологического надзора, экологическими организациями по целому ряду фактов, которые ухудшали состояние окружающей среды:

- компания BGC обвинялась в чрезмерной экономии финансовых средств и в использовании дешёвых взрывчатых веществ, используемых при взрывных работах по вскрышке рудного тела, прокладке дорог. Эти дешёвые взрывчатые вещества более сильно загрязняют окружающую среду, чем современные более дорогие взрывчатые вещества (полная аналогия с Кумтором, где использование аммиачной селитры и солянки в качестве взрывчатых веществ вызывает чрезмерное загрязнение поверхностных вод нитратами);

- были зафиксированы факты незаконных сбросов сточных вод из-под отвалов в местные водотоки (также как это имело и имеет место на Кумторе);

- проблема пылевого загрязнения. Массовые выбросы пыли, связанные с деятельностью компании Barrick не были рассмотрены при оценке воздействия (ОВОС) на ледники. На самом деле, операции BGC в рассматриваемом районе создали микроклимат в ближайших окрестностях, который изменил климатические условия, и ввел значительное количество пылевых взвешенных частиц, которые систематически загрязняют окружающую среду несколькими способами, в том числе вызывают ускорение таяния ледников и загрязнение рек и ручьев [29].

В июле 2013 г. индейцы Диагита, проживающие в пустыне Атакама у подножья Анд, подали иск в отношении BGC. Они потребовали у компании защитить ледники от загрязнения, опасаясь, что разработка высокогорного рудника Паскуа-Лама приведет к загрязнению рек – источника питьевой воды для индейцев. Три судьи единогласно постановили, что компания сначала должна построить все необходимые сооружения, в частности, систему водоснабжения для защиты пресной воды от загрязнения.

Рассмотренные примеры обсуждения последствий золотодобычи в горно-ледниковом районе Паскуа-Лама и защите ледников поучителен, тем, что BGC под давлением общественности Аргентина внесла много изменений в проект, включая изменение контура карьера, перенос места складирования отвальных пород, разнос места добычи руды и места её переработки.



Еще одним примером разработки высокогорных месторождений является рудник Андина (Andina), которому Чилийская государственная компания «Codelco», являющаяся крупнейшей в мире по производству меди, решила дать вторую жизнь. Этот рудник, находящийся в Южных Андах, недалеко от столицы Чили – Сантьяго, состоит из подземного рудника Рио-Бланко (Rio Blanco) и карьера Сур-Сур, а также подземной обогатительной фабрики.

В декабре 2009 г. одобрен проект (стоимостью 57 млн. долл.) по подготовке новой площадки для организации отвалов вскрыши карьера Сур-Сур. Чтобы добраться до руды, придется удалять верхние пласты горной породы, и одновременно повлиять на структуру нескольких ледников. Компания настаивает на том, что разработка не принесёт вреда близлежащим ледникам. В результате вскрышных работ грунтом будет покрыт только один ледник, еще пять получают лишь незначительные повреждения [29].

Однако планы корпорации «Codelco» натолкнулись на мощные протесты населения. Люди считают, что «Codelco» нельзя давать разрешение на расширение рудника, поскольку это приведет к необратимым процессам, к уничтожению ледников, которые и без того тают в результате глобального потепления. Протестующие уверены, что работы, проводимые корпорацией, приведут к загрязнению основных источников питьевой воды для населения, проживающего здесь, в том числе для почти 6 миллионного населения столицы Сантьяго. По мнению экологов, суть проблемы заключается в том, что в процессе добычи руды происходит запыление окружающих территорий. Частицы пыли оседают на поверхности льда, делают ее темнее. Загрязненный лед поглощает еще большее количество тепла от солнца и быстрее тает. К тому же пыль может содержать вредные элементы.

Во многих отношениях весьма показателен и поучителен канадский опыт добычи медной руды в Британской Колумбии на руднике Granduc под ледником Leduc (рисунок 13), осуществлявшийся компанией Granduc Operating Company (GOC) в период 1971-1984 гг. Следует отметить, что по результатам

обширных гляциологических исследований мощность ледников над рудным телом составляла 450-700 м. Медная неконцентрированная руда, добытая в шахте, сначала транспортировалась по 17-и километровому подземному туннелю под ледниками Leduc, Berendon, Frank Mackie (на рисунке 13 трасса туннеля показана пунктирной линией) к дробильно-сортировочному комплексу, расположенному у ледникового озера Tide, вблизи от языка ледника Berendon. Примечательно, что до прокладки транспортного туннеля, начиная с 1957 г., был выполнен огромный объём геолого-разведочных работ (бурение глубоких скважин, геофизическое зондирование через тело ледников) с тем, чтобы избежать проходку туннеля через тело ледников [29]. Затем рудный концентрат транспортировался грузовыми самосвалами по автодороге длиной около 50 км через границу Канады-США в доки порта Стюарт, откуда он по морю доставлялся на перерабатывающую фабрику. Таким образом, во-первых, осуществлялась подземная добыча руды, которая практически не влияла на состояние окружающих ледников. Во-вторых, что не менее важно, были разнесены место добычи и место переработки руды.

Суть в том, что экологическая опасность воздействия производства цветных металлов на ландшафт и окружающую среду значительно усиливается, если руды этих металлов перерабатываются непосредственно в районе их добычи, как это имеет место на руднике Кумтор. В таком, уже давно не используемом варианте, происходит поступление техногенных выбросов (промстоков) в ландшафты, сформировавшиеся в ореолах рассеивания рудных месторождений и сопутствующих им минералов, в которых воды, почвы и растения, и без того обогащённые тяжёлыми и редкими металлами, быстро достигают критических пределов для нормальной жизнедеятельности человека и биоты.

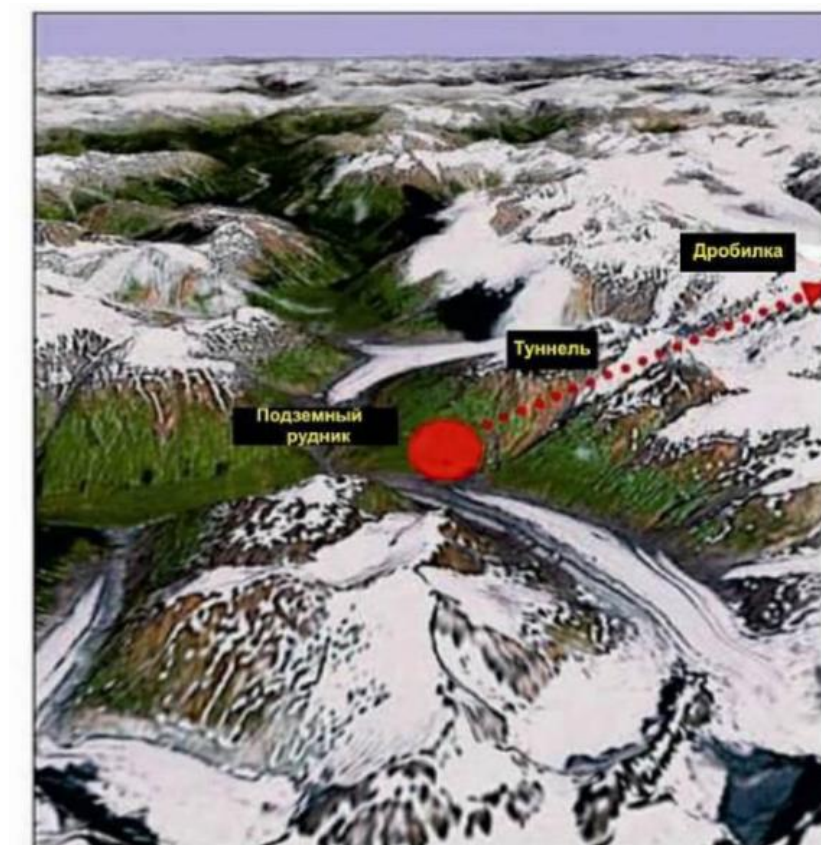


Рисунок 13 – Карта с расположением подземного рудника Granduc в ледниковом районе Канады (Британская Колумбия) и объектов его инфраструктуры [29]

Рассмотренный пример добычи медной руды компанией «Грандук Оперейтинг Компани» свидетельствует о том, что освоение указанного месторождения в районе ледников Британской Колумбии осуществлялось в соответствии с передовой международной практикой и с учётом уязвимости ледников к техногенным воздействиям. Особо следует отметить, что в процессе строительства и эксплуатации рудника Granduc пришлось столкнуться со всеми известными в мире ледниковыми угрозами. Большой ущерб руднику и особенно его инфраструктуре нанесли гляциальные катастрофы и бедствия. Так, в декабре 1961 г. произошёл прорыв ледникового озера Summit [29]. В результате прорыва озера в реку Salmon (Лососевая) высвободилось 250 млн. м<sup>3</sup> воды, а максимальный расход достиг значений 3000 м<sup>3</sup>/с. При этом была разрушена подъездная дорога к руднику, мосты. В феврале 1965 г. мощная снежная лавина

уничтожила лагерь шахтёров, расположенный неподалеку от ледника Leduc, и унесла более 20 человеческих жизней.

Рассмотренные выше опасные гляциальные процессы и риски проявляются и на руднике Кумтор. В частности, над огромным хвостохранилищем находится прорывоопасное ледниковое озеро Петрова, над Центральным карьером нависают обвалоопасные остатки верхних частей ледников Лысый и Давыдова, а также висячий ледник на левом борту ледника Давыдова.

#### **4 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОГРАНИЧЕНИЮ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ЛЕДНИКИ**

В современных условиях, когда разработка месторождений полезных ископаемых перемещается во все более высокогорные районы, игнорирование специфических особенностей уязвимых, слабоустойчивых горных районов, а также игнорирование предшествующего опыта и практики освоения минеральных ресурсов в Кыргызстане, небрежное отношение к окружающей среде высокогорья может привести к непоправимым экологическим последствиям [22].

Разработка недр в горно-ледниковых районах требует особой осторожности из-за хрупкой природы и ранимости высокогорных экосистем. На основе учета экологических последствий, существующего опыта деятельности «Кумтор оперейтинг компани» и других горнодобывающих компаний можно рекомендовать три основных подхода к ограничению неблагоприятного экологического воздействия на ледники и вечную мерзлоту при разработке месторождений полезных ископаемых.

Первый подход состоит в применении «зелёных» технологий добычи и извлечения полезных ископаемых, щадящих ледники и водные ресурсы гор.

Второй подход реализуется путём совершенствования и соблюдения природоохранного законодательства и законодательства в области недропользования. Речь идёт о разработке научно обоснованной системы экологического законодательства, нормативно-правовых актов, а также о формировании эффективного механизма его реализации.

Третий подход подразумевает улучшение административных структур и менеджмента, проявляющих большую заинтересованность в сохранении окружающей среды [25].

#### 4.1 «Зелёная» технология добычи

Классификация промышленных производств по степени экологической опасности для окружающей природной среды основывается на экологической оценке землеёмкости, ресурсоёмкости и отходности.

Землеёмкость представляет собой размер территории, занятой собственно предприятием (рудником) и зоной его влияния на ландшафт и окружающую среду. Площадь, охваченная влиянием рудника Кумтор, без учёта технологической автодороги и перевал-базы составляет свыше 100 км<sup>2</sup>.

Ресурсоёмкость оценивается как количество изымаемых природных ресурсов, необходимых для производства валовой продукции. К числу природных ресурсов, потребляемых при производстве золота на руднике Кумтор, в первую очередь относятся вода и лёд. На Кумторском руднике перерабатывается до 6 млн. тонн руды в год, что требует использования больших объёмов воды. Ежегодно на золотоизвлекательной фабрике используется до 5,4 млн. м<sup>3</sup> воды, которая в виде пульпы, содержащей цианиды, сбрасывается в хвостохранилище. Общий объём ледникового льда, так или иначе подвергнувшегося техногенному воздействию на руднике Кумтор составлял 470 млн. м<sup>3</sup>, что в пересчёте на воду составляет 470 млрд. литров талой воды, которая при естественном таянии льда могла быть использована для питья, орошения, гидроэнергетики [28].

Отходность характеризуется как материальные потоки техногенных веществ, поступающие в окружающую природную среду (выбросы пыли в атмосферу, твёрдые отходы, сточные воды, мусор и т.п.). Отходность, как правило, оценивают количеством выбрасываемых веществ на единицу полученной продукции. В последние годы коэффициент вскрыши на руднике Кумтор достиг рекордного во всём мире значения 1:34. Это означает, что на 1 тонну добытой руды приходится 34 тонны твёрдых отходов в виде пустых пород [16].

С учётом землеёмкости, ресурсоёмкости и отходности Кумторский рудник характеризуется самой высокой степенью экологической опасности. В

этой связи стремление к более «зелёной» и более чистой технологии добычи и извлечения минеральных ресурсов должно преследовать следующие цели: сокращение количества отходов и химического загрязнения. С точки зрения сокращения количества отходов к числу предпочтительных технологий добычи руды в горно-ледниковых районах относятся либо традиционный подземный способ, либо геотехнологический (скважинный) способ разработки месторождений.

Ясно одно, что использование в горно-ледниковых районах мира открытого способа разработки месторождений твердых полезных ископаемых, несмотря на его экономические преимущества по сравнению с подземным (шахтным) способом не приемлемо с точки зрения экологических последствий:

- большее количество твёрдых отходов;
- выше землеёмкость;
- интенсивное воздействие на гидросферу, атмосферу, почвенный покров, биосферу в целом [29].

Открытая разработка месторождения в гляциально-нивальных условиях высокогорья приводит к нарушению структуры высокогорного ландшафта. В частности, резко изменяется рельеф, разрушается почвенный слой, образуются огромные котлованы (карьеры). В связи с водопритоком талых ледниковых вод они заполняются водой с образованием техногенных озёр. В образовавшихся карьерах интенсифицируются процессы окисления сульфидов, что может вызвать образование сернокислотных вод с выносом на ландшафт токсичных металлов и загрязнением почв.

Стремление передовых горно-рудных компаний к использованию «зелёной» технологии переработки рудного сырья нашло своё воплощение в так называемых технологиях с «нулевыми выбросами» загрязняющих веществ. К числу подобных технологий в горнорудной промышленности относится технология извлечения полезных компонентов с использованием оборотного водоснабжения. Как известно, сточные воды рудников и шахт – это самый большой по объёму фактор, постоянно влияющий на ухудшение качества

окружающей среды. Поэтому перед горно-рудными предприятиями стоит задача использования новых технологий очистки воды и современного инновационного оборудования, позволяющего, организовать оборотное водоснабжение. Использование сточных вод рудников для получения технической воды позволяет значительно сократить потребность предприятий в свежей пресной воде и наиболее надежно и экономично решить задачу защиты водного бассейна от загрязнения [29].

Известно, что экологическая опасность воздействия рудников на окружающую среду усиливается, если руды перерабатываются непосредственно в месте их добычи, так как в этом случае происходит поступление техногенных выбросов в ландшафты [16]. В этой связи в последние годы большинство рудных компаний при разработке месторождений в уязвимых с экологической точки зрения районах стараются разнести в пространстве добычу и переработку руды.

Если бы компании «Cameco» и «Centerra Gold Inc.» столь же ответственно подошли к выбору экологичного способа разработки Кумторского месторождения, выбору площадок для отвалов и хвостохранилища с учётом рекомендаций специалистов (гляциологов, мерзлотоведов, экологов), тогда бы Кыргызстан не столкнулся с множеством геоэкологических проблем, вызванных небрежным отношением к окружающей среде, в первую очередь ледникам [29].

#### **4.2 Законодательная база в области охраны ледников и водных ресурсов**

Вторым условием ограничения неблагоприятного воздействия горнодобывающей промышленности на окружающую среду в целом и на ледники в частности является разработка научно обоснованной системы экологического природоохранного законодательства и формирование эффективного механизма его реализации. Не секрет, что бедные и развивающиеся страны с богатыми природными ресурсами имеют менее строгие экологические стандарты и не подготовлены к переговорам на



оформление выгодного соглашения на разработку недр без серьёзных экологических издержек. Это утверждение находит своё наглядное подтверждение на примере проекта «Кумторзолото».

В период между 1985 и 1995 гг. свыше 75 государств или приняли новый закон о разработке недр на основе ревизии существовавших законов, или работают в настоящее время над новыми проектами таких законов. Общие заявления о благих намерениях начали сопровождаться чёткими юридическими документами, ограничивающими действия, которые наносят ущерб окружающей среде. К числу подобных документов относится аргентинский Закон о защите ледников и перигляциальной среды, в котором ясно указано какие действия не допустимы при освоении минеральных ресурсов в ледниковых районах. В этом отношении и в Кыргызстане был принят ряд законов (Закон «О Воде», Закон «О стратегических объектах Кыргызской Республики», Закон «О гидрометеорологической деятельности в Кыргызской Республике», Водный кодекс, Земельный кодекс), касающихся охраны водных ресурсов и водных объектов, к числу которых отнесены ледники и снежники [49].

В 2005 г. был принят Водный Кодекс Кыргызской Республики, в котором имеются статьи, регулирующие деятельность на ледниках. Согласно статье 62 этого кодекса, запрещается деятельность, влияющая на ускорение таяния ледников, которая может повлиять на состояние ледников или качество вод, содержащихся в них, и деятельность, связанная с заготовкой льда. Согласно статье 67 – территория, где формируются реки, являются зоной формирования стока. При этом в зоне формирования стока запрещается:

- размещать хвостохранилища, свалки и другие хозяйственные объекты, которые могут оказать вредное влияние на качество водных ресурсов.

- засорение ледяного покрова водных объектов, ледников и снежников производственными и иными отходами, а также загрязнение их другими вредными веществами.

Стоит обратить внимание на то, что в соответствии со статьей 2 Закона «О стратегических объектах Кыргызской Республики», принятого 23 мая 2008 г. ледники отнесены к стратегическим объектам. В статье 3 этого же Закона записано, что Правительство Кыргызской Республики устанавливает специальные требования к режиму функционирования и эксплуатации стратегических объектов, направленные на обеспечение национальной безопасности.

Однако, несмотря на наличие перечисленных законов из-за преступной халатности коррумпированных чиновников различных рангов было фактически санкционировано разрушение ледников при отработке Кумторского месторождения. Следовательно, одной из главных причин нынешних экологических проблем на руднике Кумтор, в том числе, связанных с разрушением ледников и загрязнением поверхностных вод, является игнорирование и несоблюдение природоохранного законодательства и нормативных правовых актов в области охраны водных ресурсов при оформлении соответствующих разрешений, экспертизе различных общих и локальных проектов и планов, приёмке в эксплуатацию основных объектов рудника [29].

## **5 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ**

В законах об окружающей среде начинает признаваться потребность в эффективном управлении (менеджменте) окружающей средой. Эффективное

управление подразумевает кроме прочего формулирование адекватной политики, устанавливающей экологические объекты и цели, а также периодический контроль (мониторинг), осуществляемый квалифицированным персоналом.

Усовершенствование экологической политики должно включать взыскание в денежной форме полной стоимости ущерба, нанесённого окружающей среде, в том числе ледникам. Как известно, Кыргызстан присоединился к Орхусской конвенции «О доступе к информации, участию общественности в принятии решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды» [32]. Согласно Орхусской конвенции доступ к правосудию кроме прочего охватывает случаи, когда лицо или организация считает, что было нарушено природоохранное законодательство. Таким образом, из-за того, что при выдаче в декабре 1994 г. уполномоченными государственными органами Кыргызстана и коррумпированными чиновниками разрешения КОК на складирование отвалов на ледниках, был нарушен «Закон о воде» любой житель, либо любая организация Кыргызстана правомочны обратиться в судебные органы, в том числе по искам о взыскании в доход государства средств в возмещение ущерба, причиненного государству нарушением природоохранного законодательства Кыргызской Республики, в частности «Закона о воде». Можно предложить два следующих подхода для укрупнённой оценки экологического ущерба, причиняемого ледникам в процессе отработки Кумторского месторождения. Под экологическим ущербом от загрязнения понимают оценку в денежной форме отрицательных последствий для водных ресурсов (объектов). Он включает в себя материальные и финансовые потери (убытки), обусловленные ухудшением потребительских свойств воды как природного ресурса, несением дополнительных затрат на ликвидацию последствий загрязнения вод и восстановление их качества [49]. Обоснованность предъявляемых в настоящее время претензий по ущербу, нанесённому КОК ледникам, обусловлен, во-первых, многократным превышением разрешённого объёма льда, изъятых из ледников и

перемещённого на породные отвалы. Во-вторых, основанием для предъявления иска о возмещении ущерба, являются вышеупомянутые нарушения статей 62 и 67 «Водного кодекса КР». Необходимо также учесть неизбежное загрязнение талых вод, содержащихся в перемещённых и перемешанных объёмах льда за счёт кислотообразования, выщелачивания других загрязняющих веществ, характерных для отвальных пород Кумторского месторождения. Очевидно, что загрязнение ледникового льда равнозначно загрязнению источника чистой питьевой воды, необходимой для жизнедеятельности населения Кыргызстана и Центральной Азии. С этой точки зрения ущерб, нанесённый загрязнением, а фактически нарушением целостности ледника Давыдова, уничтожением льда при совместном складировании льда и горных пород, выражается в загрязнении потенциального источника чистой (питьевой) воды. В этой связи необходимо отметить, что на стадии рассмотрения и обсуждения законопроекта «О ледниках Кыргызстана» Правительство страны выступало против его принятия, ссылаясь на то, что не сможет реализовать закон в условиях отсутствия утверждённой в установленном порядке Методики исчисления ущерба ледникам, о котором речь идёт в Законе о ледниках. Несмотря на то, что разработка и утверждение подобных нормативно-правовых актов является прерогативой Правительства и его уполномоченных органов, по инициативе депутатов в кратчайшие сроки группой специалистов и экспертов была разработана «Методика (инструкция) по определению экологического ущерба нанесённого ледникам на территории Кыргызской Республики».

С помощью этой Методики исчисляется в стоимостной форме размер ущерба, причинённого ледникам и приледниковой среде, в результате:

- захламления, загрязнения ледников и приледниковой среды отходами, остатками любого характера или объёма, ядохимикатами, нефтепродуктами, солями тяжёлых металлов, пестицидами, сульфатами, нитратами, хлоридами, токсичными и радиоактивными веществами;

- несанкционированного размещения на поверхности ледников и приледниковой среды отходов производства, скотомогильников и других

хозяйственных объектов, которые могут оказать вредное влияние на качество талых ледниковых вод;

- изъятия и заготовки ледникового льда в хозяйственных и/или иных целях;

- деятельности, влияющей на ускорение таяния ледников и приледниковой среды, с использованием угля, золы, масел или других веществ или материалов;

- невыполнения рекультивации нарушенных земель в приледниковых районах [32].

Подобная методика необходима в качестве экономического стимула (норматива), предотвращающего и/или ограничивающего агрессивное, крупномасштабное воздействие на ледники при любой хозяйственной деятельности.

Очевидно, что важнейшей заботой Правительства Кыргызстана должно быть достижение справедливого решения проблемы восстановления ущерба, нанесённого ледникам разработкой недр на Кумторе [50], включая рекультивацию потенциально опасных *объектов* рудника, в первую очередь неустойчивых и движущихся отвалов и хвостохранилища [49].

## **6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

*Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. В настоящее время проблема освоения недр природопользования является*

наиболее актуальной. Экономика нашей страны тесно связана как с использованием природных ресурсов внутри государства, так и с поставками иностранным потребителям.

Золото является основным ресурсом на мировом рынке; оно остаётся востребованным уже многие десятилетия. В связи с этим, разработка золоторудных месторождений является задачей на государственном уровне. Киргизское месторождение Кумтор является высокогорным месторождением в районе вечной мерзлоты, выручка с разработки превосходит 620 млн. долларов.

Однако цена на золото неустойчива. Запасы данного ресурса изменяются очень часто, а оборудование для извлечения, к сожалению, растёт в цене. В связи с этим, мелким и средним компаниям тяжело конкурировать в добыче золоторудного сырья, они попросту способны к разорению.

С россыпным золотом ситуация обратна. Существует множество конкурирующих между собой мелких и средних организаций, добыча не требует такого серьёзного оборудования. Однако крупным организациям не имеет смысла работать с этим, поскольку объёмы золота здесь невелики.

В связи с этим, можно построить следующую карту сегментирования рынка услуг по разработке месторождений золота.

		Вид ресурса	
		золотая руда	россыпное золото
Размер компании	крупные		
	средние		
	мелкие		

Рисунок 14 – Карта сегментирования рынка услуг по разработке месторождений золота:


 Фирма А      Фирма Б      Фирма В

Таким образом, рассмотрение геоэкологических проблем разработки золоторудных месторождений в высокогорных районах вечной мерзлоты является важной задачей; а для крупных компаний на передний план должна войти интеграция мелких и средних компаний для добычи золотой руды, что способно развить эту же крупную компанию.

В состав работ по извлечению золотой руды входят 3 этапа работ: получение информации, подготовительные работы и разработка. Территория объекта исследования характерна резкими изменениями рельефа. Кроме того, выбранный объект исследования приравнивается к участкам с особыми климатическими условиями.

*Анализ конкурентных технических решений.* При разработке собственного алгоритма необходим систематический анализ конкурирующих разработок во избежание потери занимаемой ниши рынка. Периодический анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности позволяет оценить эффективность научной разработки по сравнению с конкурирующими предприятиями.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5-наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

В таблице 4 приведена оценочная карта, включающая конкурентные решения в области разработки золоторудных месторождений, а конкретно – золотой руды и россыпного золота.

Таблица 4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к</sub>
1	2	3	4	6	7
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Удобство в эксплуатации	0,1	5	4	0,5	0,4
2. Функциональная мощность	0,1	5	4	0,5	0,4

3. Надежность	0,15	4	5	0,6	0,75
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	5	3	1,0	0,6
2. Конкурентоспособность продукта	0,4	5	3	2,0	1,2
3. Финансирование	0,05	5	4	0,25	0,2
Итого:	1			4,85	3,55

$B_{\phi}$  – разработка золоторудного месторождения;

$B_{к}$ – разработка россыпного золота.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 4, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Надёжность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных условиях применения. При выполнении данной работы указанный критерий очень важен, и является основным. Вторым немаловажным критерий – удобство в эксплуатации, так как это может увеличить оплату труда. Функциональная мощность показывает, насколько ощутимо будет разработка месторождения золота в реальности. Данный критерий способен повлиять на спрос разработанного алгоритма.

Таким образом, конкурентоспособность разработки россыпного золота составила 3,55; а золоторудного месторождения – 4,85. Причиной такого диссонанса становится различие в объемах работ. Результаты показывают, что рассматриваемое исследование является конкурентоспособным и имеет преимущества по всем показателям, кроме надёжности.

*SWOT-Анализ.* SWOT (Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности и Threats – угрозы) – это комплексный анализ исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.



Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках исследовательского проекта.

Таблица 5 – Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны: С1. Развитая технология разработки золоторудного месторождения открытым (карьерным) способом.	Слабые стороны: Сл1. Существенные экономические затраты на оборудование. Сл2. Трудности с извлечением руды.
Возможности: В. Снижение экологического воздействия при разработке месторождения.	Усовершенствование материалов повышает извлечение золотой руды и облегчает разработку.	Принятие мер по снижению экологических выбросов существенно способно снизить затраты на уплату штрафов за осуществление производственной деятельности, повысит уровень промышленной безопасности.
Угрозы: У1. Снижение цены на извлекаемое золото. У2. Выход из строя производственного оборудования.	При снижении цены на золото вследствие увеличения мировых запасов или по иным причинам разработка высокогорных ледниковых месторождений может оказаться нерентабельной. При постоянном выходе из строя производственного оборудования увеличиваются затраты на разработку.	При снижении цены возникает необходимость поиска упрощённой технологии извлечения руды, которая снизит материальные вложения, но при этом увеличит коэффициент извлечения.

*Определение возможных альтернатив проведения исследований.*

Данная работа основывается на анализе существующих геоэкологических проблем при разработке золоторудных высокогорных месторождений вечной мерзлоты. Технология разработки месторождения Кумтор (Киргизия) открытым способом включает в себя получение первичной информации, подготовительные работы, и сама разработка. Альтернативами рассмотренной в данной работе технологии извлечения золотой руды являются промывка речного песка струей воды, а также добыча золота кустарным способом. Помимо этого, существуют и непромышленные способы извлечения золота:

химический (ртутное амальгамирование, цианирование, хлоринация) и физический (кучное выщелачивание).

Рассматриваемое месторождение, расположено в районах вечномёрзлых грунтов и на высокогорье, вследствие чего разработка иным способом, кроме как карьерным (открытым) способом не представляется возможной.

*Планирование исследовательских работ. Структура в рамках исследования.* Для выполнения исследований в рамках ВКР формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (таблица 6)

Таблица 6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, консультант ФМ, СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр,
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические исследования	5	Анализ нормативно-правовой базы	Бакалавр
	6	Анализ объекта исследования	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов		Оценка проведённого анализа	Руководитель, Бакалавр
		Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, Бакалавр
Проведение ВКР			

Продолжение таблицы 6

Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка алгоритма разработки золоторудного месторождения	Бакалавр
	10	Анализ геоэкологических проблем при разработке высокогорных ледниковых месторождений	Бакалавр
Оформление комплекта документации по ВКР	11	Составление пояснительной записки	Бакалавр

*Определение трудоемкости выполнения работ.* Трудоемкость выполнения исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. При определении ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$ , используется формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (2)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Результаты расчетов занесены в таблицу 7.

Таблица 7 – Временные показатели проведения исследования

№ раб	Этапы работ	Должность исполнителя	$t_{\min i}$ , Д	$t_{\max i}$ , Д
1	Сбор известной информации об объекте исследования	Бакалавр	2	4
2	Изучение нормативно-правовой базы по разработке золоторудных месторождений	Бакалавр	4	7

3	Описание природно-климатических и социальных условий объекта исследования	Бакалавр	1	3
4	Анализ этапа получения основной информации о месторождении	Бакалавр	1	2
5	Анализ подготовительных работ к разработке месторождения	Бакалавр	1	2
6	Анализ разработки месторождения	Бакалавр	1	2
7	Анализ геоэкологических проблем освоения месторождений	Бакалавр	2	3
8	Анализ разработки высокогорных месторождений	Бакалавр	1	2
9	Анализ разработки месторождений, расположенных в районах вечной мерзлоты	Бакалавр	2	3
10	Произведение расчетов выброса вредных веществ на этапе разработки золоторудного месторождения в атмосферу	Бакалавр	1	3
11	Выводы и результаты проделанной работы	Бакалавр, руководитель	1	2
12	Составление пояснительной записки	Бакалавр	7	10
Всего:			24	43

Расчет средней трудоемкости выполнения работ на каждом этапе представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Средняя трудоемкость выполнения работ на каждом этапе

№ раб	Этапы работ	Должность исполнителя	, д
1	Сбор известной информации об объекте исследования	Бакалавр	2,8
2	Изучение нормативно-правовой базы по разработке золоторудных месторождений	Бакалавр	5,2
3	Описание природно-климатических и социальных условий объекта исследования	Бакалавр	1,8
4	Анализ этапа получения основной информации о месторождении	Бакалавр	1,4
5	Анализ подготовительных работ к разработке месторождения	Бакалавр	1,4
Продолжение таблицы 8			
6	Анализ разработки месторождения	Бакалавр	1,4
7	Анализ геоэкологических проблем освоения месторождений	Бакалавр	2,4
8	Анализ разработки высокогорных месторождений	Бакалавр	1,4
9	Анализ разработки месторождений, расположенных в районах вечной мерзлоты	Бакалавр	2,4

10	Произведение расчетов выброса вредных веществ на этапе разработки золоторудного месторождения в атмосферу	Бакалавр	1,8
11	Выводы и результаты проделанной работы	Бакалавр, руководитель	1,4
12	Составление пояснительной записки	Бакалавр	8,2
Всего:			31,6

Таким образом, общая средняя трудоемкость выполнения всех этапов работ составляет 32дня.

*Разработка графика проведения исследований.* При выполнении выпускных квалификационных работ студенты становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем, поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график (таблице 9), на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности, на 2020 год равен 1,48.

Коэффициент календарности учитывает количество выходных и праздничных дней в году.

Результаты расчета продолжительности выполнения работы в календарных днях представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Временные показатели проведения работ

Название работы	Трудоемкость работ			
-----------------	--------------------	--	--	--

	$t_{\min i,}$ д	$t_{\max i,}$ д	$t_{\text{ож}},$ д	Исполнит ели	Длитель ность работ в рабочих днях,	Длитель ность работ в календа рных днях,
Сбор известной информации об объекте исследования	2	4	2,8	Бакалавр	2,8	5
Изучение нормативно-правовой базы по разработке золоторудных месторождений	4	7	5,2	Бакалавр	5,2	8
Описание природно-климатических и социальных условий объекта исследования	1	3	1,8	Бакалавр	1,8	3
Анализ этапа получения основной информации о месторождении	1	2	1,4	Бакалавр	1,4	3
Анализ подготовительных работ к разработке месторождения	1	2	1,4	Бакалавр	1,4	3
Анализ разработки месторождения	1	2	1,4	Бакалавр	1,4	3
Анализ геоэкологических проблем освоения месторождений	2	3	2,4	Бакалавр	2,4	4
Анализ разработки высокогорных месторождений	1	2	1,4	Бакалавр	1,4	3
Анализ разработки месторождений, расположенных в районах вечной мерзлоты	2	3	2,4	Бакалавр	2,4	4
Произведение расчетов выброса вредных веществ на этапе разработки золоторудного месторождения в атмосферу	1	3	1,8	Бакалавр	1,8	3
Выводы и результаты проделанной работы	1	2	1,4	Бакалавр, руководи тель	0,7	2
Составление пояснительной записки	7	10	8,2	Бакалавр	8,2	13
Всего					31	54
					Всего:	54

Таблица 10 – Календарный план-график проведения работ в рамках ВКР

№ раб	Вид работ	Исполнит ели	кал. дней	Продолжительность выполнения работ										
				Февраль			март			апрель				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Сбор известной информации об объекте исследования	Бакалавр	5	▣										

2	Изучение нормативно-правовой базы по разработке золоторудных месторождений	Бакалавр	8										
3	Описание природно-климатических и социальных условий объекта исследования	Бакалавр	3										
4	Анализ этапа получения основной информации о месторождении	Бакалавр	3										
5	Анализ подготовительных работ к разработке месторождения	Бакалавр	3										
6	Анализ разработки месторождения	Бакалавр	3										
7	Анализ геоэкологических проблем освоения месторождений	Бакалавр	4										
8	Анализ разработки высокогорных месторождений	Бакалавр	3										
9	Анализ разработки месторождений, расположенных в районах вечной мерзлоты	Бакалавр	4										
10	Произведение расчетов выброса вредных веществ на этапе разработки золоторудного месторождения в атмосферу	Бакалавр	3										
11	Выводы и результаты проделанной работы	Бакалавр, руководитель	2										
12	Составление пояснительной записки	Бакалавр	13										



*Бюджет технического исследования.* В процессе формирования бюджета используется следующая группировка затрат по статьям:

1. Материальные затраты.

2. Затраты на основное оборудование.
3. Основная заработная плата исполнителей темы.
4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы.
5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).
6. Накладные расходы.

К материальным затратам относятся: приобретаемые со стороны сырье и материалы, покупные материалы, канцелярские принадлежности, картриджи и т.п.

Расчет материальных затрат осуществляется согласно следующей формулы:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх\ i}, \quad (5)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов;

$N_{расх\ i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию (шт., кг, м и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида (руб/шт., руб/кг, руб/м и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (20% или 0,2).

Материальные затраты представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы $Z_M$ , руб.
Набор инструментов	шт	1	4880	4880
Бумага для принтера формата А4 (500 листов)	пачка	2	254	508
Ручка шариковая	шт	6	50	300
Продолжение таблицы 11				
Карандаш	шт	5	20	100
Краска для принтера	шт	1	600	600
Итого, руб.				6388

Основная заработная плата исполнителей работ по данной теме включает в себя заработную плату руководителя и студента.



Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные и праздничные дни, отпуск, невыходы по болезни)	115	182
Действительный годовой фонд рабочего времени	250	183

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_D = \frac{Z_M \cdot M}{F_D}, \quad (6)$$

где  $Z_M$  – месячный должностной оклад работника, руб;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6-дневная неделя);

$F_D$  – действительный годовой фонд рабочего времени, раб.дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{ТС} \cdot (1 + k_{пр} + k_D) \cdot k_p, \quad (7)$$

где  $Z_{ТС}$  – заработная плата по тарифной ставке (для работников ТПУ значение оклада в соответствии с приказом 16544 от 18.12.19), руб;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 % от  $Z_{ТС}$ );

$k_D$  – коэффициент доплат и надбавок (0,2);

$k_p$  – районный коэффициент (для Томска принимается равным 1,3).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 13.

Таблица 10 – Расчет основной заработной платы

Должность	$Z_{мс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_D$	$k_p$	$Z_M$ , руб.	$Z_D$ , руб.	$T_p$ , раб.дн.	$Z_{осн.}$ , руб.
Руководитель								
Д.Г.-М.Н., профессор	49150	0	0	1,3	63895	2504,5	2	5009
Бакалавр								

Инженер (бакалавр)	12130	0	0	1,3	15769	896	31	27776
-----------------------	-------	---	---	-----	-------	-----	----	-------

Дополнительная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (8)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (принимается 0,12-0,15).

Общая заработная плата исполнителей работы представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{осн}$ , руб.	$Z_{доп}$ , руб.
Руководитель	5009	651
Инженер (бакалавр)	27776	3611

Отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников относятся к внебюджетным отчислениям.

Величина внебюджетных отчислений определяется по формуле:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (9)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Для работников ТПУ отчисления во внебюджетные фонды составляют 30,2% (таблица 15).

Таблица 15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	5009	651
Бакалавр	27776	3611

Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302
Внебюджетные отчисления	
Руководитель проекта	1513
Бакалавр	8388
Всего	9901

Затраты на специальное оборудование.

В данные затраты входят все расходы, связанные с арендой специального оборудования (связанного с извлечением золотой руды, с его транспортировкой и переработкой; а также техники, позволяющей снизить воздействие на окружающую среду), необходимого для производства.

К первому исполнению данные затраты не относятся, так как оборудование арендовать экономически нецелесообразно и гораздо выгоднее купить новое оборудование, которое в короткий период времени окупит данные расходы. К аренде оборудования при извлечении россыпного золота отнесем расходы в 80000 р.

Рассчитанная величина затрат исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат будущего проекта. Бюджет исследовательской работы представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат исследовательской работы

Наименование	Сумма, руб.	
	Исп. 1	Исп. 2
Материальные затраты	6388	6388
Заработная плата руководителя	5009	5009
Заработная плата студента	27776	27776
Совокупные расходы на зарплату	32785	32785
Отчисления во внебюджетные фонды	9901	9901
Затраты на специальное оборудование	-	80000
Бюджет затрат исследовательской работы	81859	161859

Исполнением 1 является разработка месторождения карьерным (открытым способом), а исполнение 2 – извлечение россыпного золота.

*Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.* Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{испi} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (10)$$

где  $I_{финр}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi$  – максимальная стоимость исполнения исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Для 1-ого варианта исполнения имеем:

$$I_{финр}^{исп1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{max}} = \frac{81859}{161859} = 0,51.$$

Для 2-го варианта имеем:

$$I_{финр}^{исп2} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{max}} = \frac{161859}{161859} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (11)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

$b_i$  – бальная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 17 – Сравнительная оценка характеристик разрабатываемого проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Исп.1	Исп.2
Удобство в эксплуатации	0,1	5	4
Функциональная мощность	0,1	5	4
Надёжность	0,15	4	5
Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	5	3
Конкурентоспособность продукта	0,4	5	3
Финансирование	0,05	5	4
Итого	1,00		

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_{p-исп1} = 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,4 \cdot 5 + 0,05 \cdot 5 = 4,85.$$

$$I_{p-исп2} = 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,4 \cdot 3 + 0,05 \cdot 4 = 3,55.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{исп.i}^{финр}}. \quad (12)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,85}{0,51} = 9,51.$$

$$I_{исп.2} = \frac{3,55}{1} = 3,55.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{сп.i}$ ):

$$\mathcal{E}_{сп.i} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп\_min}}.$$

$$\mathcal{E}_{сп1} = \frac{9,51}{3,55} = 2,68.$$

$$\mathcal{E}_{сп2} = \frac{3,55}{3,55} = 1.$$

Таблица 18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,51	1,0
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	9,51	3,55
3	Интегральный показатель эффективности	5,64	4,35
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	2,68	1,0

Таким образом, исполнение 1, а именно разработка золоторудного месторождения открытым карьерным способом уступает извлечению россыпного золота только в интегральном финансовом показателе ( $1 > 0,51$ ), однако по всем остальным показателям карьерный способ зарекомендован наиболее лучшим образом.

Кроме того, требуется финансирование не только для оплаты труда работников, но и выполнения различных действий, например, разработка карьера.

Также, разработанный алгоритм даёт возможность осуществлять извлечение руды в достаточно короткие сроки и при любой погоде и времени года.

Сравнение эффективности проведения исследования по каждому исполнению показало экономическую целесообразность разработки золота открытым способом, так как здесь выше показатель ресурсоэффективности  $I_p = 9,51$ .

На основании полученных результатов данного раздела можно сделать вывод о том, что исследование разработки золоторудного месторождения в высокогорных районах вечной мерзлоты является экономически обоснованным и оправданным.

Данный исследовательский проект обеспечивает безопасность, доступность и привлекательность Иссык-Кульской области для населения с позиции социальной и экономической эффективности.

## 7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Целью выпускной квалификационной работы является выявление геоэкологических проблем при разработке месторождения Кумтор. В ходе данной работы были рассмотрены высокогорные районы месторождения, проанализирована природно-климатическая обстановка. Также разработаны мероприятия по снижению воздействия на экологию природопользования.

Актуальность данной работы в части социальной направленности заключается в том, что разработка золоторудных месторождений на настоящий день является важнейшей частью освоения недр как с экономической точки зрения, так и с социальной и даже политической. При организации работ в первую очередь учитываются социальные потребности, то есть обеспечивается удобство и безопасность сотрудников.

Кроме того, высокогорные ледниковые районы являются зонами с особыми климатическими условиями, поэтому безопасности людей необходимо уделять особое внимание.

*Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.* Основопологающим законом в сфере труда населения является Трудовой Кодекс Российской Федерации. В данном нормативно-правовом документе описывается все аспекты труда. Применительно к данной работе устанавливается 8-часовой рабочий день по 5-дневной рабочей неделе.

Выпускная квалификационная работа выполнялась с использованием персонального компьютера в положении сидя. Такие условия труда регламентируются [39].

*Производственная безопасность. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария).*

Таблица 19 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Получение сведений	Подготовительные работы	Разработка	
Состояние воздушной среды	+	+	+	ГОСТ12.1.005-88. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
Освещенность рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2010 «Естественное и искусственное освещение.»
Уровень шума и вибрации	+	+	+	ГОСТ12.1.003-83.ССБТ.Шум.Общие требования безопасности
Микроклимат	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
Механические травмы	+	+	+	ФНП №599 «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых»
Поражение электрическим током	+	+	+	ГОСТ ИЕС 61140-012 Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования

*Состояние воздушной среды.* Повышенная запыленность и загазованность воздуха. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций. В ходе разработки месторождения и в рабочем процессе возможно выделение природного газа, водорода, тяжелых углеводородных паров в рабочую зону. Разрешается работа без противогаса при загазованности воздуха водородом (хлороводородом) менее 5 мг/м<sup>3</sup>, природным газом менее 300 мг/м<sup>3</sup> [38].

Содержание пыли в воздухе не должно превышать 0,5 мг/м<sup>3</sup>. Не должно быть присутствие в воздухе посторонних газов и запахов [42].

Для защиты от повышенной запыленности следует одевать средства индивидуальной защиты, предотвращающие попадание пыли в дыхательные органы – дефлекторы.



*Освещенность рабочей зоны.* Рабочее освещение нормируется [44] в зависимости от разряда зрительной работы, контраста объекта с фоном и характеристикой фона. Рабочее освещение должно создавать равномерную освещённость, исключать возможность образования резких теней, блескости, обеспечивать правильную цветопередачу, быть экономичным, надёжным и удобным в эксплуатации [45].

Аварийное освещение предусматривается на случай отключения рабочего для продолжения работ или для эвакуации людей. Освещенность в первом случае должна составлять не менее 2 лк, во втором – не менее 0,5 лк. Для охранного освещения (не менее 0,5лк) используется часть светильников рабочего освещения.

Коллективные средства защиты [33]: светильники взрывозащищенные, постоянная освещённость, отсутствие прямой и отражённой блескости.

*Уровень шума и вибрации.* Шум является причиной не только несчастных случаев, но и заболеваний. Шум снижает слуховую чувствительность, нарушает ритмы дыхания, деятельность сердца, нервной системы. Оборудование, вызывающее шум при разработке месторождения: буровое оборудование, подъёмная установка, дизельная электростанция, элеватор и др. [33].

Параметры:

1. Звуковое давление (38-86 Дб).
2. Скорость распространения (воздух 350 м/с).

Основные мероприятия по борьбе с ударным и механическим шумом следующие: виброизоляция оборудования с использованием пружинных, резиновых и полимерных материалов; экранирование шума преградами; звукоизоляция кожухами, использование звукопоглощающих материалов.

Средства индивидуальной защиты: наушники, ушные вкладыши, противозумный шлем.

Под действием *вибрации* у человека развивается вибрационная болезнь. Наиболее опасная для человека вибрация с частотой 16 – 250 Гц. В результате развития вибрационной болезни нарушается нервная регуляция, теряется

чувствительность пальцев, деформируются кистевой, локтевой, плечевой суставы с ограничением опорно-двигательной функции.

Регламентированные перерывы продолжительностью 10 – 15 мин рекомендуются после 45 – 60 мин работы. Лицам моложе 18 лет и беременным женщинам допуск к работам с вибрационным оборудованием запрещён [33].

Коллективные средства защиты (КСЗ): крепление вибрирующих частей, планово-предупредительный ремонт механизмов и оборудования, амортизаторы, вибросмазка, виброобувь, виброрукавицы.

*Микроклимат.* Изменение температуры и влажности могут быть вызваны погодными условиями, состоянием рабочего помещения, рабочими приборами. Данный фактор отрицательно воздействует на работоспособность человека, ухудшая его физическое состояние.

Параметры, характеризующие фактор и допустимые нормы [42]:

1. Температура (17-22°C).
2. Влажность (<75%).
3. Скорость движения воздуха (<0,3м/с).

Так как объектом исследования данной работы являются высокогорные ледниковые районы месторождения Кумтор, то они отличаются особыми климатическими условиями (температурой от -28 до +33°C, влажностью более 50%, большими порывами ветра до 24 м/с).

Для защиты от неблагоприятного воздействия климатических факторов должны использоваться следующие виды средств индивидуальной защиты: спецодежда, спецобувь, средства защиты рук (перчатки, варежки) и головные уборы.

Коллективные средства защиты (КСЗ): отопление и кондиционеры (для поддержания комнатной температуры), вентиляция, «герметизация» помещения (от сквозняков), установка экранов, перегородок, теплоизоляция.

*Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (техника безопасности).* При разработке золоторудного месторождения могут иметь место следующие опасные факторы: [33]

1. Механические травмы.
2. Поражение электрическим током.

#### *Механические травмы.*

1. Передвижение техники.

В процессе разработки применяется техника, способная нанести человеку множество механических травм, вплоть до летального исхода. Во избежание этого, необходимо большое внимание уделить производственной безопасности.

Место проведения работ должно быть ограждено. По периметру ограждения и по углам, на расстоянии не более 30 м друг от друга, а также в местах прохода людей должны быть выставлены знаки безопасности в соответствии с [48].

Запрещается передвижение техники, не занятой в работе, ближе 10 м от края карьера, размещение механизмов и техники, участвующих в работе.

2. Применение грузоподъемных механизмов.

Грузоподъемные механизмы, применяемые в ходе разработки месторождения, являются опасными факторами на производстве из-за постоянного травматизма работников в ходе осуществления работ. К таким механизмам относят: кранблоки, особенно противовес во избежание опрокидывания машины; автомобильный кран; элеватор, устройство «лебёдка» и др.

Все работы производятся при наличии у рабочих защитных касок. Погрузочно-разгрузочные работы выполняют лица, прошедшие специальное производственное обучение и имеющие соответствующие документы, подтверждающие их квалификацию.

Отдельное внимание уделяется правильности работ погрузчиков, а также ограничение допуска посторонних лиц на территорию осуществления работ. Запрещается выполнение работ при скорости ветра 15 м/с и более, при гололеде, грозе и тумане, исключающих видимость в пределах фронта работ.

#### *Поражение электрическим током.*

Меры защиты от поражения электрическим током:

1. Контроль состояния электрической проводки, изоляции на ней.
2. Обеспечение недоступности к токоведущим частям (ограждения, защитные кожухи, недоступная высота и применение малых напряжений  $\leq 50\text{В}$ ).
3. Выполнение заземления оборудования.
4. Защита рабочего места от атмосферных осадков.

*Экологическая безопасность.* Комплекс разработки месторождений оказывает многофакторный характер влияния на природную среду. Воздействия оказывают как производственные процессы, так и объекты постоянного и временного назначения:

1. Карьер.
2. Линии связи и подъездные пути.
3. Производственные постройки.
4. Рабочие машины и механизмы.

Использование природных ресурсов, разработка самого месторождения сопровождается: загрязнением атмосферного воздуха, нарушением гидрогеологического режима, загрязнением поверхностных водных источников и подземных вод, повреждением почвенно-растительного покрова, изъятием земель, уничтожением лесных массивов.

*Охрана и рациональное использование земельных ресурсов.*

Предлагаемые меры по снижению воздействия:

1. Осуществление проезда техники только в пределах полосы отвода грунта.
2. Своевременная уборка мусора и отходов.
3. Планировка полосы отвода после окончания работ для сохранения направления естественного поверхностного стока воды.
4. Размещение отвалов грунта исключительно в пределах рабочей зоны.

При выполнении вышеуказанных мероприятий, воздействие на земельные угодья будет минимальным.

*Охрана атмосферного воздуха от загрязнения.*

Мероприятия по снижению выбросов в атмосферу [48]:

1. Запрещение разведения костров и сжигания в них любых видов материалов и отходов.
2. Постоянный контроль за соблюдением технологических процессов с целью обеспечения минимальных выбросов загрязняющих веществ.
3. Прекращение использования оборудования, выбросы которого значительно превышают нормативно-допустимые.
4. Исключение использования материалов и веществ, выделяющих в атмосферу токсичные вещества, неприятные запахи.
5. Допуск к эксплуатации машин и механизмов исключительно в исправном состоянии, особенно тщательный контроль за состоянием технических средств, способных вызвать возгорание естественной растительности.

*Охрана поверхностных вод от загрязнения и истощения.* Мероприятия по снижению воздействия на водную среду [48]:

1. Выполнение планировки полосы отвода грунта после окончания работ для сохранения естественного стока поверхностных и талых вод.
2. Осуществление проезда техники в пределах полосы отвода земель, устройство временных переездов через подземные коммуникации.
3. Оборудование рабочих мест и бытовых помещений контейнерами для бытовых и промышленных отходов для предотвращения загрязнения поверхности водных объектов.
4. Осуществление своевременного вывоза отходов и мусора с площадки производства работ на санкционированный полигон.

*Охрана растительного и животного мира.* Мероприятия по снижению негативного воздействия [48]:

1. Использование исключительно исправных, не пожароопасных транспортных и монтажных средств.
2. Доставка необходимых материалов и оборудования только по существующим и временным дорогам.
3. После окончания работ предусмотрен посев трав на площади

непосредственного раскрытия почвенного слоя, на участках, занятых луговым разнотравьем и подвергшихся расчистке от лесной растительности в естественных грунтах.

После рекультивации нарушенных земель постепенно произойдет восстановление кормовой базы животных. После окончания работ кормовые запасы будут восстановлены, животные вернуться на прежние места обитания.

*Безопасность в чрезвычайных ситуациях.* Чрезвычайные ситуации могут быть техногенного, природного, биологического, социального или экологического характера.

Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации в ходе разработки могут возникнуть в результате пожаров и взрывов – техногенным ЧС.

*Взрыв.* Взрыв – чрезвычайно быстрое химическое (взрывчатое) превращение, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить механическую работу.

Меры безопасности:

1. Хранение газовых баллонов только в вертикальном положении и проветриваемом помещении под навесами, защита от воздействия прямых солнечных лучей и осадков. Баллоны не должны храниться на расстоянии менее 1 м от радиаторов отопления и ближе 5 м от открытого огня.

2. Запрещается переносить баллоны на плечах или руками в обхват.

Меры контроля: внешний осмотр сосудов, неразрушающие методы контроля (люминесцентные, ультразвуковые, рентгеновские методы), гидравлические испытания сосудов, механические испытания материалов из которых изготовлены сосуды.

*Пожар.* Пожарная безопасность обеспечивается с помощью реализации организационно – технических решений по предупреждению пожаров, организации извещения и тушения их.

Все работники должны допускаться к работе только после прохождения противопожарного инструктажа.

Защитные мероприятия по предотвращению пожара [35]:

1. Во всех производственных, административных, складских и

вспомогательных помещениях на видных местах должны быть вывешены таблички с указанием порядка вызова пожарной охраны.

2. Определены и обозначены места для курения.

3. Установлен порядок уборки горючих отходов, хранения промасленной спецодежды.

4. Определен порядок обесточивания электрооборудования в случае пожара и окончания рабочего дня.

5. Регламентированы: порядок проведения огневых и других пожароопасных работ; действия работников при обнаружении пожара; определен порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа, назначены ответственные за его проведение.

6. Персонал, участвующий в работах в разработке, должен иметь спецодежду, изготовленную из термостойких антистатических материалов.

Перечень основных средств пожаротушения: пожарная цистерна объемом не менее 2 м<sup>3</sup> и запасом пенообразователя не менее 0,15 м<sup>3</sup>, кошма войлочная или асбестовое полотно размером 2×2 м – 10 шт, огнетушители порошковые ОП – 10, углекислотные ОУ – 6, ОУ – 10 – 10 шт., или один огнетушитель ОП – 100, ведра, лопаты, топоры, ломы пожарные.

*Выводы по разделу.*

При выполнении данной выпускной квалификационной работы необходимо было учитывать её социальное значение. Так как зоны с особым и климатическими условиями устанавливаются с целью обеспечения защиты жизни и здоровья граждан, проживающих в границах таких зон, то социальная значимость данной работы однозначна определена.

В части социальной ответственности были рассмотрены опасные и вредные производственный факторы, возникающие при выполнении данной работы. Были определены источники их возникновения, оптимальные показатели, последствия воздействия таких факторов, а также средства и методы защиты. Таким образом, при выполнении предложенных мною мер произойдет снижение воздействия вредных и опасных факторов на физическое

и психическое состояние исполнителя, что увеличивает его работоспособность и качество выполняемой работы.

Кроме того, были рассмотрены источники воздействия на литосферу, атмосферу и гидросферу. Также освещены меры снижения воздействия на окружающую среду. Таким образом, была обеспечена экологическая безопасность при выполнении данной выпускной квалификационной работы.

При выполнении данной работы были также указаны источники и виды возникновения чрезвычайных ситуаций. Освещены действия при возникновении техногенной чрезвычайной ситуации, а именно пожара и взрыва по разнообразным причинам.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной работе проанализированы факторы отрицательного воздействия месторождения Кумтор на окружающую среду.

Основными техногенными факторами деградации и разрушения ледников в районе Кумторского рудника является не только изъятие и удаление ледникового льда в контурах карьеров, отсыпка отвалов на ледниках, но и их запыление и загрязнение при проведении буро-взрывных работ на карьерах, погрузочно-доставочных работах, транспортировке горной массы и грузов.

В результате анализа загрязнения атмосферного воздуха в пределах рудника выявлено превышение приземной концентрации выбросов пыли, которые составили 10 ПДК. Из газообразных загрязняющих веществ наибольший вклад формирует выброс оксидов азота, максимальная приземная концентрация которого составляет 5 ПДК в пределах промплощадки.

По результатам оценки состояния реки Кумтор можно сделать вывод, что в районе расположения хвостохранилища наблюдаются высокие концентрации следующих элементов: молибден, никель, марганец, медь. Далее, вниз по течению реки, их концентрации снижаются, однако остаются достаточно высокими и превышают ПДК для питьевых водоёмов в несколько раз.

Размещение отвалов на леднике Давыдова привело к его разрушению и разрушению борта Юго-Западного участка карьера «Центральный».

Агрессивное техногенное воздействие на ледники в районе рудника Кумтор стало уникальным экспериментом в истории добычи полезных ископаемых в ледниковых районах мира. Очевидно, что в будущем самые большие экологические проблемы будут связаны с ледово-каменными отвалами и хвостохранилищем рудника Кумтор. К моменту закрытия рудника ожидается, что общая масса горных пород в отвалах составит 1,7 млрд. тонн.

Все это связано, во-первых, с грандиозным количеством извлечённых на поверхность горных пород и изъятых льда, которые будут вовлечены в процессы влаго- и массообмена. Во-вторых, как минимум 20-30% пустых пород обладают потенциалом кислотообразования. В-третьих, совместное складирование разрыхленного льда и раздробленных пород, чревато

постепенным таянием льда, при котором талые воды будут просачиваться через отвалы, подвергаясь загрязнению за счёт процессов выщелачивания и кислотообразования.

Криогенногравитационные процессы, наблюдающиеся на руднике в виде оползающих отвалов и льда, оказывают ощутимое влияние на геэкологию района. Они являются основным фактором, осложняющим геотехническую ситуацию в районе рудника Кумтор и представляющим наибольшую угрозу для различных его сооружений.

1. Айтматов И.Т., Торгоев И.А. Меморандум «Возможные геоэкологические последствия золотодобычи в условиях высокогорья» // Избранные научно-организационные материалы НАН КР и научные публикации по геомеханическим исследованиям Института физики и механики горных пород 1970-2012 гг. - Бишкек: Илим, 2015.- С. 265-279.
2. Баков Е.К. Закономерности движения и динамики ледников Центрального Тянь-Шаня. – Фрунзе: 1983. - 157 с.
3. Бондарев Л.Г., Забиров Р.Д. Колебания ледников Внутреннего Тянь-Шаня в последние десятилетия: Обсуждения, вып.9. - М.: 1964. – 79 с.
4. Боконбаев К.Дж., Диких А.Н., Детыненко Л.А. Примеси в снежном покрове ледников внутреннего Тянь-Шаня // География и природные ресурсы, №2. – Новосибирск: 1995. - С. 181-183.
5. Боконбаев К. Дж., Родина Е. М., Ильясов Ш. А., Подрезов О. А. и др. Климат и окружающая среда. - Бишкек: UNDP, 2003. - 208 с.
6. Василенко Е.В., Громько А.Н., Дмитриев Д.Н., Мачерет Ю.Я. Строение ледника Давыдова по данным радиозондирования и термобурения // Материалы гляциологических исследований, вып.64. - М.: 1988. – С. 208-215.
7. Волошина А.П., Кан Съенчень Климат высокогорной зоны // Оледенение Тянь-Шаня. - М.: 1995. - С. 43-59.
8. Воробьев С. П. Атлас ледников Нарынско-Хантенгринской экспедиции: Труды ледниковых экспедиций. Выпуск 2. Тянь-Шань. Верховье Большого Нарына. - Л.: Изд-во стандартов, 1985. - 187-188 с.
9. Головин А.В., Ивлев К.А., Кондратьев К.Я., Кудряшов В.И. Исследования запыленности ледников Памира и Тянь-Шаня // Изв. РГО, т.125, вып.4. – М: 1993. - С. 54-61.
10. Диких А.Н. Исследование режима оледенения, ледовых ресурсов и ледникового стока горной системы Тянь-Шаня. - М: Диссертация, 1998.
11. Кузьмичёнок В.А. Колебания ледников Давыдова и Сары-Тор по данным топографических съёмок // Материалы гляциологических исследований, вып. 62. - М.: 1988. – С. 193-196.

12. Кузьмиченок В. А. Математико-картографическое моделирование возможных изменений водных ресурсов и оледенения Кыргызстана при изменении климата: Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. Том 3. - Бишкек, 2003. - 53-64 с.
13. Кузьмичёнок В.А. Отвалы горной породы на леднике Давыдова (хр. Ак-Шыйрак, Тянь-Шань) // Лёд и снег. – М: 2013. – С.95-104.
14. Кузьмиченок В.А. Оценочные данные о колебаниях некоторых ледников Центрального Тянь-Шаня // Режим ледников Центрального Тянь-Шаня. - Фрунзе: Илим, 1986. – С. 54-56.
15. Кузьмичёнок В.А. Оценка уровня пыли на ледниках в районе рудника Кумтор // Научно-технический отчет Института водных проблем и гидроэнергетики. – Бишкек: 2009. – С. 137-147.
16. Кузьмичёнок В.А. Оценка экологических последствий отвалообразования на леднике Давыдова // Научно-технический отчет. - Бишкек: 2009. - С. 101.
17. Кунце К., Роджерс Ф., Бакстон Д. и др. Экологический и технический аудит проекта золотодобычи «Кумтор Голд» // Отчёт АМЕС. - Бишкек: 2014. - С. 21.
18. Лаврентьев И.И., Петраков Д.А., Коваленко Н.В. и др. Российско-Кыргызские радиолокационные исследования ледников Тянь-Шаня последних лет // Материалы международной конференции «Дистанционные и наземные исследования Земли в Центральной Азии». - Бишкек: 2014. - С. 330-336.
19. Лазьков Г. А.: Отчет «Исследование растительного покрова месторождения «Кумтор» и ущелья Барсун» // Научно-технический отчет. - Бишкек: Биолого-почвенный институт, 2011. - С. 46.
20. Макаревич К.Г., Лю Шаохай Изменение оледенения Тянь-Шаня в XX веке / Под ред. М.Б. Дюргерова. - М.: 1995. 190-213 с.
21. Маматканов Д.М., Бажанова Л.В., Романовский В.В. Водные ресурсы горного Кыргызстана на современном этапе. - Бишкек: Илим, 2006. - 276 с.

22. Никоноров В.В. Новый тип золотого оруденения в Кыргызстане // Геология рудных месторождений. – Бишкек: 1993. - С. 450-454.
23. Петраков Д.А., Коваленко Н.В., Лаврентьев И.И., Усубалиев Р.А. Толщина, объём и последние изменения ледника Сары-Тор (массив АкШыйрак, Внутренний Тянь-Шань) // Криосфера Земли, том XVIII, №3. – Бишкек: 2014. – С. 91-100.
24. Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана / Торгоев И.А., Алёшин Ю.Г. - Бишкек: Илим, 2009. – 152 с.
25. Торгоев И.А., Алёшин Ю.Г. Геоэкологическая безопасность и риск природно-техногенных катастроф на территории Кыргызстана. – Бишкек: ЖЭКА ЛТД, 1999. – 120 с.
26. Торгоев И.А. Геотехнические проблемы на высокогорном руднике Кумтор и их экономические и экологические последствия // Современные проблемы механики сплошных сред: Вып. 17. – Бишкек: Институт геомеханики и освоения недр НАН КР, 2013. – С. 151-176.
27. Торгоев И.А., Оморов Б. Гравитационные смещения отвалов на высокогорном руднике Кумтор // Современные проблемы механики сплошных сред: Вып. 18. - Бишкек: Институт геомеханики и освоения недр НАН КР, 2013. – С. 82-104.
28. Торгоев И.А., Алёшин Ю.Г., Айтматов И.Т. Оценка рисков и прогноз развития гляциальных процессов на высокогорном руднике Кумтор (Кыргызстан) // Проблемы снижения природных опасностей и рисков: Материалы Международной научно-практической конференции «ГЕОРИСК-2012». - Москва: РУДН, 2012. – С. 72-77.
29. Торгоев И.А. Ледники, золото и геоэкология Кумтора. – Бишкек, 2016. - 197 с.
30. Торгоев И., Алёшин Ю., Ерохин С. Эволюция ледниково-озёрного комплекса Петрова (Тянь-Шань) и оценка риск его прорывоопасности // Лёд и снег. – Бишкек: 2012. – С. 137-144.
31. Черноморец С.С., Тутубалина О.В., Петраков Д.А. и др. Геофизическая съёмка, картографирование и гляциологическая оценка ледника

Давыдова для оптимизации перемещения льда при горнодобывающей деятельности // Научно-технический отчёт по контракту. - Москва: УЦИГМ, 2012. – С. 3221.

32. Экология Кыргызстана: проблемы, прогнозы, рекомендации / Под ред. К.А. Каримова. – Бишкек: Илим, 2009. – 160 с.

#### Нормативно-методические документы

33. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2016. – 48 с.

34. ГОСТ 12.1.003-2014 Шум. Общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2015. – 48 с.

35. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 21 с.

36. ГОСТ 12.1.019-2017 Электробезопасность. Общие требования номенклатуры видов защиты. – М.: Стандартинформ, 2018. – 27 с.

37. ГОСТ 12.1.038-82 Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 36 с.

38. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 48 с.

39. ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 1978. – 20 с.

40. ГОСТ 12.4.009-83 Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. – 32 с.

41. ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Введен постановлением Главного государственного санитарного врача РФ 13.02.18 № 25

42. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 1996. – 35 с.

43. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к

персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М.: Минрегион России, 2003. – 16 с.

44. СанПиН 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция. – М.: Минрегион России, 2011. – 27 с.

45. СП 52.13330.2010 Естественное и искусственное освещение. - М.: Минрегион России, 2011. – 12 с.

46. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123 Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. – М.: Издательство стандартов, 2008. – 34 с.

47. Федеральный закон от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ О специальной оценке условий труда. – М.: Издательство стандартов, 2013. – 43 с.

48. ФНП № 599 Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых.

#### Интернет-ресурсы

49. Годовой отчёт «Кумтор оперейтинг компании» по охране окружающей среды и устойчивому развитию за 2018 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kumtor.kg/environmentprotection/kumtor-environmental-reports/> (дата обращения 02.05.2020).

50. Мониторинг и анализ качества поверхностных вод в районе высокогорного золоторудного месторождения «Кумтор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.caresd.net/site.htm>. (дата обращения 12.05.2020).

51. Золотой рудник Кумтор, Кыргызстан: Комментарии по водным ресурсам, окружающей среде и связанным с ними аспектами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.anticorruption.kg/.../KyrgyzKumtor-REM-Rept-FINAL-2011>. (дата обращения 12.05.2020).

52. Кумтор (Au) месторождение, Ак-Шийрак хребет (Ак-Шийряк), Иссык-Кульская область, Киргизия, Средняя Азия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://webmineral.ru/deposits/item.php?id=1661>. (дата обращения 12.05.2020).