

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

---

Институт физики высоких технологий  
Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология  
Кафедра общей химии и химической технологии

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
«Технологические особенности обогащения вольфрамсодержащих руд Бом-Горхонского месторождения»

УДК 622.7:622.342/.349(571.54/.55)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ5В	Соколова Анастасия Дмитриевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фролова И.В.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Меньшикова Е.В.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волков Ю.В.	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОХХТ	Ан В.В.	к.т.н.		

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

**Запланированные результаты обучения по программе  
 18.04.01 «Химическая технология»**

Планируемые результаты обучения

Код результ ата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р1	Применять <i>глубокие</i> естественно-научные, математические и инженерные <i>знания</i> для создания <i>новых</i> материалов	Требования ФГОС (ПК-2, 10, 12, 22, 23), Критерий 5 АИОР (п.1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACEиFEANI</i>
Р2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современных технологий химического производства для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач	Требования ФГОС (ПК-2, 4-7, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACEиFEANI</i>
Р3	Ставить и решать <i>инновационные</i> задачи <i>инженерного анализа</i> , связанные с созданием материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-2, 17, 20), Критерий 5 АИОР (пп.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACEиFEANI</i>
Р4	Разрабатывать химико-технологические процессы, <i>проектировать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование для создания материалов, конкурентоспособных на <i>мировом</i> рынке	Требования ФГОС (ПК-1, 17-21), Критерий 5 АИОР (п.1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACEиFEANI</i>
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные <i>исследования</i> в области создания <i>новых</i> материалов, современных химических технологий, нанотехнологий	Требования ФГОС (ПК-14-16, ОК-2-6), Критерий 5 АИОР (п.1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACEиFEANI</i>
Р6	Внедрять, <i>эксплуатировать</i> современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их	Требования ФГОС (ПК-1, 10), Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов

	<i>высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды</i>	<i>EUR-ACEиFEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	<i>Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности</i>	<i>Требования ФГОС (ПК-3 8, 13), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACEиFEANI</i>
P8	<i>Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности</i>	<i>Требования ФГОС (ПК-7, ОК-3), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACEиFEANI</i>
P9	<i>Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации</i>	<i>Требования ФГОС (ПК-9, ОК-4, 5), Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACEиFEANI</i>
P10	<i>Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития</i>	<i>Требования ФГОС (ПК-5, 6, 10), Критерий 5 АИОР (п. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACEиFEANI</i>
P11	<i>Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности</i>	<i>Требования ФГОС (ПК-11, ОК-1, 2, 6), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACEиFEANI</i>

Взаимное соответствие целей ООП и результатов обучения и кредитная стоимость результатов обучения представлены в следующих таблицах.

Взаимное соответствие целей ООП и результатов обучения

Результаты обучения	Цели ООП				
	Ц1	Ц2	Ц3	Ц4	Ц5
P1	+	+	+	+	+
P2	+	+		+	
P3	+	+	+	+	+
P4				+	
P5			+		+
P6	+	+		+	
P7		+			
P8			+		+
P9		+			
P10		+	+		
P11			+	+	+

Кредитная стоимость результатов обучения

<i>Профессиональные компетенции выпускника – 100 кредитов ECTS</i>							<i>Универсальные компетенции выпускника – 20 кредитов ECTS</i>				
Кредиты	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
	19	20	9	19	21	12	2	4	6	4	4

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

Институт физики высоких технологий  
 Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»  
 Кафедра общей химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой Ан В.В.  
 (подпись) (дата) (Ф.И.О.)

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

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
4ГМ5В	Соколовой Анастасии Дмитриевне

Тема работы:

«Технологические особенности обогащения вольфрамсодержащих руд Бом-Горхонского месторождения»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 08.12.2016 № 10498/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	В качестве объектов исследования взять хвосты обогащения Бом-Горхонского месторождения, провести литературный обзор по тематике научно-исследовательской работы, в экспериментальной части описать использованное оборудование, предоставить методики проведения экспериментов, проанализировать полученные результаты, сделать выводы.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Введение, литературный обзор, объект и методы исследования, расчет и аналитика, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность, заключение.
<b>Перечень графического материала</b>	Слайды презентации

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент,	Доцент кафедры МЕН, к.ф.н., Меньшикова Екатерина

ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Валентиновна
Социальная ответственность	Доцент кафедры ЭБЖ, к.т.н., Волков Юрий Викторович
Раздел на иностранном языке	Доцент кафедры ИЯПР, к.ф.н., Устюжанина Анна Константиновна

<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>
Раздел 1 Обзор литературы (Literature Review)
Раздел 2 Объекты и методы исследования (Objects and methods)

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ОХХТ	Фролова И.В.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ5В	Соколова А.Д.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4ГМ5В	Соколовой Анастасии Дмитриевне

<b>Институт</b>	<b>ИФВТ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ОХХТ</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Химическая технология

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Амортизация специального оборудования составила 340,2 рублей, основная заработная плата итоговая – 345945,9 рублей, дополнительная заработная плата – 41513,5 рублей, себестоимость НИ 505328,4 рублей.</i>
<i>2. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений</i>	<i>Отчисления на социальные нужды 116237.8 (30%) рублей, накладные расходы 1291 рублей.</i>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования 5.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 5.1.3. Диаграмма Исикавы 5.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации 5.1.5. Метод коммерциализации результатов научно-технического исследования</i>
<i>2. Планирование научно-исследовательских работ</i>	<i>5.2.1. Инициация проекта 5.2.2. Организационная структура проекта</i>
<i>3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>5.3.1. Планирование управления научно-техническим проектом 5.3.2. План проекта 5.3.4. Бюджет научного исследования 5.3.5. Основная зарплата исполнителей работы 5.3.6. Страховые отчисления 5.3.7. Накладные расходы 5.3.8. Формирование бюджета затрат</i>

	<i>НТИ</i>
<i>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>4.1. Оценка сравнительной эффективности исследования</i>
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	
1. Карта сегментирования рынка 2. Диаграмма Исикавы 3. Иерархическая структура работ проекта 4. Временные показатели проведения научного исследования 5. Диаграммы Ганта	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	03.03.2017
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф.менеджмента ИСГТ	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ5В	Соколова Анастасия Дмитриевна		



**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4ГМ5В	Соколовой Анастасии Дмитриевне

<b>Институт</b>	<b>ИФВТ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ОХХТ</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Химическая технология

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

1. Характеристика объекта исследования	<i>Определение качественных показателей золь тепловых электростанций</i>
--	--

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

<b>1. Производственная безопасность</b>	<p>. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физико-химическая природа вредности, ее связь с разрабатываемой темой;</li> <li>- действие фактора на организм человека;</li> <li>- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>- предлагаемые средства защиты;</li> <li>- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>- электробезопасность;</li> <li>- пожаробезопасность.</li> </ul>
<b>2. Экологическая безопасность:</b> 2.1. Анализ воздействия на окружающую среду 2.2. Рекомендации по минимизации влияния на окружающую среду	- выполнить анализ воздействия объекта на окружающую среду;
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>- выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- разработка превентивных мер по</li> </ul>

	предупреждению ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации ее последствий.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. Расчет освещения.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	03.03.2017
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент каф. ЭБЖ	Волков Юрий Викторович	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4ГМ5В	Соколова Анастасия Дмитриевна		

## Реферат

Магистерская диссертация изложена на 138 страницах, включая 16 рисунков, 33 таблицы, 45 источников и два приложения.

Ключевые слова: вольфрам, руда, техногенное месторождение, обогащение, гранулометрический состав, физико-механические характеристики, рентгенофазовый анализ, флотация, технологическая схема.

Объектом исследования в данной работе явились хвосты обогащения вольфрамовых руд Бом-Горхонского месторождения, расположенные в Петровско-Забайкальском районе Читинской области на водоразделе рек Бом-Горхон, Мышетая и Зун-Тигня.

Цель работы – явилось определение эффективного способа извлечения  $WO_3$  из хвостов обогащения вольфрамсодержащих руд. В процессе исследования были определены такие физико-механические характеристики, как влажность, насыпная плотность, удельная поверхность, крепость и промывистость руды. Проведены гранулометрический, рентгенофазовый, оптический методы анализа, а также применён метод атомно-эмиссионной спектроскопии с ИСП. Были определены технологические свойства руды, а также предложена технологическая схема.

В результате исследования технологических свойств основного W-содержащего техногенного образования Бом-Горхонского месторождения была предложена технологическая схема доизвлечения вольфрама.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: исследования проводились с использованием оборудования лаборатории кафедры ОХХТ.

Степень внедрения: результаты данной выпускной квалификационной работы могут быть использованы в качестве теоретической основы для составления и внедрения технологической схемы доизвлечения вольфрама из хвостов обогащения.

Область применения:обогатительные фабрики и научно-исследовательские институты при них.

Экономическая эффективность/значимость работы:производство продукции из техногенных месторождений в несколько раз дешевле, чем из специально добываемого сырья, и характеризуется быстрой окупаемостью капиталовложений.

В будущем планируется провести испытания отдельных технологических операций обогащения с целью подтверждения достоверности полученных результатов.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности».
2. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с изменением №1)».
3. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. «Вредные вещества. классификация и общие требования безопасности (с изменениями п 1, 2)».
4. ГОСТ 12.1.009-76 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения»
5. ГОСТ 12.1.030 – 81 “ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление”.
6. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. «Оборудование производственное. Общие требования безопасности».
7. ГОСТ 3584-73 «Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками контрольные и высокой точности. Технические условия».
8. ГОСТ 12764-73 «Руды железные, концентраты, агломераты и окатыши. Метод определения влаги»
9. ГОСТ 14180-80 «Руды и концентраты цветных металлов. Методы отбора и подготовки проб для химического анализа и определения влаги».
10. ГОСТ 25732-88 «Руды железные и марганцевые, концентраты, агломераты и окатыши. Методы определения истинной, объёмной, насыпной плотности и пористости».
11. ГОСТ 27562-87 «Руды железные, концентраты, агломераты и окатыши. Определение гранулометрического состава методом ситового анализа».
12. ГОСТ Р 51337-99 «Безопасность машин. температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей».

## Оглавление

Введение.....	17
1. Литературный обзор .....	19
1.1 Минерально сырьевая база вольфрама Российской Федерации .....	19
1.2 Месторождение Бом-Горхон .....	20
1.3 Свойства вольфрама и его соединений.....	21
1.4 Современные области применения .....	23
1.5 Минералогический состав вольфрамовых руд .....	25
1.6 Марки вольфрамовых концентратов.....	27
1.7 Обогащение руд.....	29
1.7.1 Значение обогащения полезных ископаемых .....	29
1.7.2 Методы и процессы обогащения полезных ископаемых.....	32
1.7.3 Обогащение вольфрамовых руд .....	35
2. Объект и методы исследования .....	37
3. Расчет и аналитика.....	39
3.1 Отбор проб руды для исследования.....	39
3.2 Определение гранулометрического состава руды методом ситового анализа.....	40
3.3 Определение удельной поверхности измельченного материала на приборе ПСХ-2 .....	44
3.4 Определение влажности руд.....	50
3.5 Определение физико-механических характеристик руды.....	51
3.5.1 Определение насыпной плотности.....	52
3.5.2 Определение крепости руды.....	53
3.5.3 Определение промывистости руды.....	54

3.5.4 Исследование влияния процесса магнитной сепарации на характеристики обогащаемой руды .....	55
4. Результаты проведенного исследования .....	58
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	68
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	68
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	68
5.1.2 Анализ конкурентно технических решений.....	68
5.1.3 Диаграмма Исикавы.....	70
5.1.4 SWOT-анализ.....	71
5.1.5 Оценка готовности проекта коммерциализации .....	74
5.1.6 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования .....	76
5.2 Инициация проекта .....	77
5.2.1 Организационная структура проекта .....	79
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом .....	80
5.3.1 План проекта.....	80
5.3.2 Бюджет научного проекта.....	82
5.3.3 Основная заработная плата .....	83
5.3.4 Реестр рисков проектов .....	87
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	87
5.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования .....	87
6 Социальная ответственность .....	92
6.1 Производственная безопасность .....	92

6.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	94
6.1.1.1 Микроклимат .....	94
6.1.1.2 Вредные вещества .....	95
6.1.1.3 Освещенность .....	96
6.1.1.4 Шум .....	97
6.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды.....	98
6.1.2.1 Термическая опасность .....	98
6.1.2.2 Электробезопасность .....	99
6.1.2.3 Пожаровзрывоопасность .....	100
6.2 Охрана окружающей среды .....	102
6.2.1 Анализ воздействия на атмосферу .....	102
6.2.2. Анализ воздействия на гидросферу .....	103
6.2.3. Анализ воздействия на литосферу .....	103
6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	104
6.4 Правовые организационные вопросы обеспечения безопасности	106
Заключение .....	108
Список публикаций.....	109
Список используемой литературы .....	111
Приложение А .....	115
Приложение Б.....	116



## Введение

Несмотря на значительные запасы полезных ископаемых и сокращение в последние годы ресурсопотребления, истощение минеральных ресурсов является одной из важнейших проблем в России [1]. Важной составной частью общей стратегии рудной отрасли, в том числе вольфрамовой, является рост использования отходов рудообогащения, как дополнительных источников минерального сырья. Кроме того, хранилища отходов рудообогащения являются объектами повышенной экологической опасности из-за их негативного воздействия на воздушный бассейн, подземные и поверхностные воды, почвенный покров на обширных территориях [2,3].

Производство продукции из техногенных месторождений в несколько раз дешевле, чем из специально добываемого сырья, и характеризуется быстрой окупаемостью капиталовложений[4].

При обогащении Бом-Горхонской руды гравитационным методом накоплены сотни тысяч тон хвостов обогащения с содержанием  $WO_3$  от 0,1 до 0,35%.

Учитывая, что это техногенное месторождение находится на поверхности и в рассыпном виде, т.е. не требует добычи и затрат на грубое и среднее дробление, просматривается экономическая целесообразность по до извлечению вольфрама даже при таком невысоком его содержании.

На месте нахождения техногенного месторождения реализована традиционная для вольфрамовых руд схема обогащения, однако работы по предложенной схеме дают извлечение вольфрама менее 30% от химически определяемого в хвостах.

Сложный минералогический, химический и гранулометрический состав лежалых хвостов, набор содержащихся полезных и породообразующих минералов требуют дополнительных исследований физико-механических и технологических свойств сырья.

**Целью данной работы** явилось определение эффективного способа извлечения  $WO_3$  из хвостов обогащения вольфрамсодержащих руд.

**Объектом исследования** в данной работе явились хвосты обогащения вольфрамовых руд Бом-Горхонского месторождения, расположенные в Петровско-Забайкальском р-не Читинской области на водоразделе рек Бом-Горхон, Мышетая и Зун-Тигня.

Для решения поставленных задач использован комплекс физических, химических и физико-химических методов исследования: магнитный, химический и гранулометрический анализ; методы определения дробимости и измельчаемости руды; метод воздухопроницаемости для определения удельной поверхности минералов; гравитационные и магнитные опыты на лабораторных установках.

## 1. Литературный обзор

### 1.1 Минерально - сырьевая база вольфрама Российской Федерации

Минерально-сырьевая база России по запасам руд значительна и занимает второе место в мире. Вольфраморудный потенциал нашей страны оценивается в 2,6 млн.т триоксида вольфрама или 35 % от таковых в мире. Имеющиеся запасы вольфрамового сырья и промышленные мощности позволяли до сих пор полностью удовлетворять потребности страны в вольфраме и давали возможность часть продукции предприятий направлять на экспорт для поддержания отрасли и пополнения валютных резервов страны.

Запасы вольфрама сосредоточены в 92 месторождениях, в том числе в 51 коренном и 41 россыпном. По масштабам среди них имеются месторождения мелкие, средние (>250 тыс. т  $WO_3$  -8 объектов), крупные (> 100 тыс. т  $WO_3$  – 2 объекта) и уникальные (>250 тыс. т  $WO_3$  – 1 объект).

За период с 1990 по 1998 г. резко упало производство концентратов: вольфрамовых — в 4,2 раза, молибденовых — в 1,2 раза. В 1999 г. выпуск вольфрамового концентрата по сравнению с 1998 г. возрос на 16,2 %, в основном за счет ОАО «Тырнаузский ГОК» (рост на 86,2 %)[5,6,11].

Основу минерально-сырьевой базы вольфрама в России составляют коренные месторождения; Кти-Гебердинское, Тырнаузское, Инкурское, Холтосонское, Спокоинское, Бом-Горхонское, Агылкинское, Восток-2, Лермонтовское, Забытое. В этих месторождениях находится почти 80% общероссийских запасов вольфрама. В структурном плане они подразделяются на разрабатываемые, законсервированные и резервные.

В настоящее время отрабатывается месторождение с наиболее конкурентно способными по качеству руд запасами – Восток-2, Лермонтовское, Бом-Горхонское, Спокоинское и Калгутинское. Добыча на этих месторождениях достигает около 80% от общей по стране. Но запасы некоторых из них за время длительной эксплуатации истощены, таким

образом в ближайшие годы могут быть востребованным законсервированные месторождения. Обеспечение вольфрамовой отрасли в перспективе возможно и за счет использования техногенных отходов обогатительных комбинатов [7,8].

За долгие годы функционирования на территории упомянутых комбинатов накоплено огромное количество техногенных отходов, содержащих значительную долю триоксида вольфрама, не извлечённую при первичной переработке.

Проведенный анализ вольфрамперерабатывающих предприятий показал, что только за последние 9-11 лет их работы, не извлечённая часть запасов триоксида вольфрама в техногенных отходах колеблется от 2532 до 12587т. Наибольшие ресурсы не извлеченного триоксида вольфрама находится в техногенных отходах Тырнаузского и Джидинского ГОКов.

Использованию техногенных отходов производства должно предшествовать проведение научно исследовательскими институтами экспериментальных работ по разработке более совершенных технологических схем по максимально возможному извлечению из них вольфрама и сопутствующих ему компонентов [9].

## **1.2 Месторождение Бом-Горхон**

Месторождение вольфрама «Бом-Горхон» расположено в Петровско-Забайкальском р-не Читинской области на водоразделе рек Бом-Горхон, Мышетая и Зун-Тигня. Рудные тела представлены кварц-гюбнеритовыми жилами, имеющими северо-восточное простирание и пологое падение на юго-восток под углом 20-30°. Протяженность большинства жил 100-200 м [10,11].

Коэффициент крепости руд месторождения по шкале проф. М.М. Протодяконова колеблется от 10 до 16. Плотность руды и породы в целике 2,7 т/м<sup>3</sup>, в разрыхленном состоянии 1,73 т/м<sup>3</sup>, влажность 2,9 %. Вмещающие

породы достаточно устойчивы, не склонны к горным ударам, не опасны по газу и пыли.

Месторождение обрабатывает подземным способом старательская артель «Кварц». Вольфрамовую руду добывают на штольневых горизонтах [12].

### **1.3 Свойства вольфрама и его соединений**

Еще в XIV-XVI вв. мастера, выплавляющие олово, заметили, что при прокаливании одной из руд с углем много олова теряется, уходя в шлак. Руду называли «вольфрам» (Wolf Rahm) – «волчья пена». Говорили, что вольфрам, «похищает олово и пожирает его, как волк овцу». Теперь известно, что «волк» - это примесь минерала вольфрамит, препятствующая выплавке олова [13].

Элемент вольфрам был открыт в 1781 г. Лишь через столетие после открытия вольфрам приобрел широкое промышленное значение. Однако производство и широкого применения вольфрамовых сталей относится к концу XIX и началу XX века.

Интенсивное развитие вольфрамодобывающей промышленности связано с изобретением быстрорежущей стали. Появление быстрорежущей стали вызвало большой технический прогресс в области повышения обработки металлов резанием. Вольфрам стал одним из важнейших легирующих металлов [14].

Вольфрам элемент 74 группы периодической системы элементов. Его относят к редким металлам. Содержание в земной коре оценивается в 0,0055%. Вольфрама нет в морской воде, его не удалось обнаружить в солнечном спектре.

Цвет вольфрама в значительной мере зависит от способа получения. Сплавленный вольфрам – блестящий серый металл. Он больше всего

напоминает платину. Вольфрамовый порошок – серый, темно-серый и даже черный, чем мельче зернение, тем темнее.

Природный вольфрам состоит из пяти стабильных изотопов, их массовые числа от 180 до 186. В атомных реакторах в результате различных ядерных реакций образуются еще 8 радиоактивных изотопов вольфрама с массовыми числами от 176 до 188. Эти изотопы недолговечны: их периоды полураспада – от нескольких часов до нескольких месяцев.

Максимальная валентность вольфрама равна шести. Особенности строения электронной оболочки объясняется его высокая химическая активность. В соединениях он бывает не только шестивалентным, но и пяти-, четырех-, трех-, двух- и нульвалентным. Физические константы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физические свойства вольфрама

Температура плавления, °С	Температура кипения, °С	Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	Удельная теплоёмкость кал/г · град	Теплота плавления кал/г	Теплота испарения кал/г
3380-3430	5900	19,3	0,032	44	1,83

Вольфрам парамагнитен и хорошо проводит электрический ток.

Сера не действует на вольфрам до 440 °С. Двуокись серы окисляет металл при 700-800 °С с образованием низших окислов и серы. Сероводород реагирует с вольфрамом, образуя сульфид.

Фтор взаимодействует с вольфрамом при комнатной температуре с образованием летучего фторида. Сухой хлор реагирует с вольфрамом при 250-300 °С с образованием гексахлорида, в присутствии воздуха и влаги образуются оксихлориды. Бром действует на вольфрам при температуре светло-красного каления, обуславливая образование пентабромида; в присутствии влаги образуется оксибромид.

Вольфрам на холоду стоек против действия соляной, серной, азотной и плавиковой кислот. Царская водка уже на холоду окисляет вольфрам. При нагреве до 110 °С металл стоек в плавиковой кислоте, слегка взаимодействует с соляной, серной, концентрированной азотной кислотой. Разбавленная азотная кислота действует несколько сильнее. Вольфрам быстро растворяется в смеси азотной и плавиковой кислот. При 300 °С вольфрам взаимодействует с азотистокислым натрием с образованием вольфрамата натрия [15].

Из большого количества химических соединений вольфрама наибольшее значение имеют: трехокись вольфрама или вольфрамовый ангидрид, вольфраматы (соли вольфрамовых кислот типа  $MeWO_4$ ), перекисные соединения с галогенами, с серой, с углеродом [16].

#### **1.4 Современные области применения вольфрама и его соединений**

Вольфрам широко применяется в различных областях техники благодаря высокой температуре плавления, жаропрочности, значительному сопротивлению усталости, большой тепло- и электропроводности. Вольфрам ценится также из-за его способности образовывать сплавы с различными металлами – железом, никелем, хромом, кобальтом, молибденом. Вольфрам вступает в реакции с содержащими в ней вредными примесями (серой, фосфором, мышьяком) и нейтрализует их отрицательное влияние. Сталь с прибавкой вольфрама характеризуется высокой твердостью, тугоплавкостью, упругостью и устойчивостью против кислот.

Чистый вольфрам используется при изготовлении элементов накала (нити электрических ламп накаливания) с рабочей температурой 2200 °С. Металлический вольфрам в качестве электродов применяется при атомно-водородной сварках. Соединения вольфрама применяются в качестве красителей, для придания огнестойкости и водоустойчивости тканям, в химии - как чувствительный реактив на алкалоиды, никотин, белок, в

качестве катализатора при производстве высокооктанового бензина. Широко используется металлический вольфрам в производстве военной и космической техники (броневые плиты, башни танков, ружейные и орудийные стволы, сердечники ракет и др.).

В последние годы возросло потребление металлокерамических твердых сплавов, изготовленных на основе карбида вольфрама. Такие сплавы применяются в качестве резцов, для изготовления резцов бурового инструмента, фильер для холодного волочения проволоки, штампов, пружин, деталей пневматических инструментов, клапанов двигателей внутреннего сгорания, жаропрочных деталей механизмов, работающих в условиях высоких температур.

Наплавочные твердые сплавы (стеллиты), состоящие из вольфрама (3-15%), хрома (25-35%) и кобальта (45-65%) с небольшим количеством углерода, применяется для покрытий быстро изнашивающихся деталей, механизмов (лопастей турбин, экскаваторного оборудования и др.). Сплавы вольфрама с никелем и медью находят применение при изготовлении защитных экранов от гамма – лучей в медицине.

Структура потребления вольфрама в мире постоянно меняется. Из одних отраслей он вытесняется другими материалами, но появляются все новые отрасли его потребления. Так, в первой половине XX века до 90% вольфрама использовалось для производства легированных сталей. В настоящее время в промышленности преобладает производство карбида вольфрама, и все более важное значение приобретает использование металлического вольфрама.

В последнее время открываются все новые возможности применения вольфрама, как экологически чистого материала. Вольфрам может заменить свинец в производстве различных боеприпасов, а также найти применение в изготовлении спортивного инвентаря, в частности клюшек для гольфа. Разработка в этих областях ведутся в США.



В перспективе вольфрам должен заменить уран в производстве боеприпасов большого калибра. В 1970-х годах, когда цены на вольфрам составляли около 170 дол. за 1% содержания  $WO_3$  в 1 т продукта, США, а затем и некоторые страны НАТО заметили в тяжелых боеприпасах вольфрам обедненным ураном, который при тех же технических характеристиках был существенно дешевле. Однако такая альтернатива оказалась негативной для окружающей среды и здоровья человека. В результате решили вернуться к использованию вольфрама в боеприпасах большого калибра, несмотря на ожидаемое сопротивление со стороны производителей [9,17].

### 1.5 Минералогический состав вольфрамовых руд

Промышленное значение из 20 известных минералов вольфрама имеют только четыре: вольфрамит, шеелит, гюбнерит, и ферберит.

Таблица 2- Состав вольфрамовых минералов

Материал	Химическая формула	Содержание $WO_3$ , %	Содержание W, %	Удельный вес	Твердость
Ферберит	$FeWO_4$	76,3	60,5	7,5	5,0
Вольфрамит	$(Fe, Mn)WO_4$	76,5	60,5	6,7-7,5	4,5-5,5
Гюбнерит	$MnWO_4$	76,6	60,7	7,1	5,0
Шеелит	$CaWO_4$	80,6	63,9	5,8-6,2	4,0-5,0

Ферберит и гюбнерит являются крайними членами изоморфного ряда и в чистом виде встречаются редко.

Вольфрамит представляет собой изоморфную смесь ферберита  $FeWO_4$  и гюбнерита  $MnWO_4$  [18]. Цвет его черный, иногда с красноватым оттенком;

блеск металлический. Он находится преимущественно в кварцевых гидротермальных жилах, часто приуроченных к массивам гранитов.

В зоне окисления при выветривании вольфрамит разрушается. При этом образуются землистые массы желто-бурого цвета, состоящие из ферритунгстита, а иногда также желтовато-зеленые окислы вольфрама – тунгтит. При разрушении гюбнерита в подобных условиях получают черные скопления, содержащие  $WO_3$ .

Шеелит находится в виде агрегатных скоплений и реже одиночных. Кристаллы шеелита иногда серого, чаще всего белого, желтоватого, зеленого и бурого цвета. Как правило, он содержит изоморфную примесь молибдата кальция  $CaMoO_4$ , среднее содержание которого может достигать 1%, а иногда значительно выше.

В катодных лучах шеелит флюоресцирует ярко-голубым цветом. Этим свойством широко пользуются при минералогических исследованиях руд. Шеелит немагнитен.

Окраска шеелита в основном зависит от примесей железа и марганца и варьирует от оранжевого до темного, почти черного цвета.

Из других минералов вольфрама известны: штольцит  $PbWO_4$ , чилагит –  $Pb(Mo, W)O_4$ , купрошеелит –  $(Cu, Ca)WO_4$ , купротунгстит –  $2CuO \cdot WO_3 \cdot H_2O$ , тунгстенит –  $WS_2$ , ферритунгстит –  $Fe_2[WO_4][OH]_4 \cdot 4H_2O$ , тунгстит –  $H_2WO_4$ .

Хрупкость вольфрамовых минералов и совершенная спайность обуславливают их склонность к шламообразованию в процессе измельчения.

В рудах вольфрамовых месторождений присутствуют попутные компоненты из них следует указать на серу, железо, молибден, олово, медь, фосфор, висмут, мышьяк, свинец, цинк, золото, серебро, бирилий и некоторые другие. Сера обычно связана с сульфидами: пиритом, халькопиритом, молибденитом, сфалеритом, галенитом, висмутитом, арсенопиритом. Железо встречается помимо пирита в виде пирротита, магнетита и лимонита.

Олово часто присутствует в рудах в виде касситерита и реже всего в виде станина. При достаточном содержании касситерита его извлекают в оловянный концентрат.

Медь в вольфрамовых рудах встречается в небольших количествах, в виде халькопирита. В крупных вольфрамовых и молибдено-вольфрамовых месторождениях медь представляет промышленный интерес при содержании 0,2 %.

Мышьяк находится в руде жильных месторождений в виде арсенопирита. Золото и серебро встречается в немногих вольфрамовых месторождениях. При больших масштабах переработки золото и серебро выгодно извлекать в коллективный сульфидный продукт, даже при малом их содержании.

Свинец и цинк в виде галенита и сфалерита могут содержаться в вольфрамовых рудах всех типов. Извлекают в сульфидный продукт, откуда галенит и сфалерит при больших содержаниях могут быть выделены в самостоятельные концентраты. Висмут присутствует в виде висмутина.

Из нерудных минералов содержится кварц, количество его в кварцево-вольфрамовых жилах иногда превышает 95%. Часто встречаются полевые шпаты, слюды, серицит, топаз, флюорит, кальцит, берилл, хальцедон. В скарных рудах преобладают гранат, пироксен, и другие силикатные минералы [19,20,21].

## **1.6 Марки вольфрамовых концентратов**

Марки вольфрамового концентрата и области их преимущественного применения указаны в таблице 3.

Таблица 3 - Марки вольфрамового концентрата

Марка	Сорт	Наименование концентрата	Область применения
КВГ	В (высший)	Концентрат вольфрамитогюбнеритовый высшего сорта	Для производства ферровольфрама и вольфрамового ангидрида для твердых сплавов
КВГ	1	Концентрат вольфрамитогюбнеритовый первого сорта	То же
КВГ	2	Концентрат вольфрамитогюбнеритовый второго сорта	Для производства ферровольфрама
КВГ	3	Концентрат вольфрамитогюбнеритовый третьего сорта	То же
КВГ(К)	В (высший)	Концентрат вольфрамитогюбнеритовый (кислотный) высшего сорта	Для производства вольфрамовой кислоты
КВГ(К)	1	Концентрат вольфрамитогюбнеритовый первого сорта	То же
КВГ(Т)	1	Концентрат вольфрамитогюбнеритовый (твердосплавный)	Для производства вольфрамового ангидрида для твердых сплавов
КВГФ	1	Концентрат вольфрамовый гюбнеритовый флотационный первого сорта	То же
КВГФ	2	Концентрат вольфрамовый гюбнеритовый флотационный второго сорта	Для производства вольфрамового ангидрида для твердых сплавов
КШ	1	Концентрат шеелитовый первого сорта	Для производства ферровольфрама
КШ	2	Концентрат шеелитовый второго сорта	Для производства вольфрамового ангидрида для твердых сплавов

КШ	3	Концентрат шеелитовый третьего сорта	То же
КШ	4	Концентрат шеелитовый четвертого сорта	"
КШ(Т)	1	Концентрат шеелитовый (твердосплавный)	"
КМШ	1	Концентрат молибденошеелитовый первого сорта	Для производства ферровольфрама
КМШ	2	Концентрат молибденошеелитовый второго сорта	То же
КМШ	3	Концентрат молибденошеелитовый третьего сорта	"

Вольфрамовый концентрат изготавливают в соответствии с требованиями ГОСТ 213-83 «Концентрат вольфрамовый» по технологической инструкции, утвержденной в установленном порядке.

Химический состав вольфрамового концентрата в пересчете на абсолютно сухое вещество должен соответствовать нормам, указанным в приложении А, таблицы А 1 [22].

## **1.7 Обогащение руд**

### **1.7.1 Значение обогащения полезных ископаемых**

*Обогащение полезных ископаемых* является отраслью промышленности, перерабатывающей твёрдые полезные ископаемые с целью получения концентратов, т.е. продуктов, качество которых выше качества исходного сырья и удовлетворяет требованиям дальнейшего использования их в народном хозяйстве.

Качество полезных ископаемых и продуктов обогащения определяется содержанием ценного (полезного) компонента, примесей, элементов-спутников, а также крупностью и влажностью материала.

*Ценным компонентом* называют тот элемент или природное соединение, для получения которого добывается полезное ископаемое. В нашем случае ценным компонентом является  $WO_3$  триокись вольфрама.

Примеси могут быть полезными и вредными.

*Полезными примесями* называют элементы или природные соединения, содержащиеся в небольших количествах полезные ископаемые, которые, примешиваясь к ценному компоненту, улучшают его качество или облегчают его выделение.

*Вредными примесями* называют элементы или природные соединения, содержащиеся в небольших количествах в полезных ископаемых, которые, примешиваясь к ценному компоненту, ухудшают его качество или затрудняют его выделение.

*Элементами-спутниками* называют ценные элементы, которые содержатся в полезных ископаемых в небольших количествах, и их извлечение из данного полезного ископаемого становится экономически целесообразным только потому, что они добываются из недр земли попутно с основным ценным компонентом.

Качество полезного ископаемого тем выше, чем выше в нем содержания полезного компонента, элементов-спутников и полезных примесей и чем ниже содержание вредных примесей. Чем выше качество продукта, тем он богаче, так как содержит больше полезного компонента.

Непосредственная металлургическая или химическая переработка полезного ископаемого целесообразна только в том случае, если содержание в нем полезного компонента не ниже некоторого предела, определяемого главным образом уровнем развития техники и технологии производства. Включение обогащения в цикл переработки полезных ископаемых позволяет из добываемых полезных ископаемых выделить богатые продукты –

концентраты и использовать сырье с большим экономическим эффектом.

При этом достигается следующее:

- увеличиваются промышленные запасы полезных ископаемых, так как становится возможной добыча бедных руд и многобалластных углей;
- повышается производительность труда и упрощаются системы разработки, т.е. удешевляются работы при добыче полезных ископаемых, так как можно вести не выборочную, а сплошную выемку руды и полнее механизировать горные работы;
- удешевляется металлургическая или химическая переработка полезных ископаемых, так как с увеличением содержания полезного компонента в продуктах, поступающих на металлургические или химические заводы, резко снижаются расходы топлива, флюсов, кокса, электроэнергии, химических реактивов, растёт производительность металлургических печей и химической аппаратуры, улучшается качество конечной продукции и уменьшаются потери ценного компонента в отвальных продуктах;
- полезные ископаемые используются комплексно, так как обогащение позволяет извлечь из них все или почти все ценные компоненты, имеющие промышленное значение;
- снижаются расходы на транспортирование, так как на большие расстояния будут перевозиться только концентраты, а не весь объём добываемого ископаемого сырья.

Поэтому обогащение полезных ископаемых является важной отраслью промышленности, развитие которой диктуется интересами народного хозяйства[23,24].

## 1.7.2 Методы и процессы обогащения полезных ископаемых

Процессы переработки полезных ископаемых по назначению в технологическом цикле разделяют на подготовительные, обогатительные и вспомогательные.

К подготовительным операциям относят дробление, измельчение, грохочение и классификацию, а так же операции усреднения полезных ископаемых, которые могут проводиться на рудниках, карьерах, в шахтах и на обогатительных фабриках.

К основным обогатительным процессам относят те физические и физико-химические процессы разделения минералов, при которых полезные минералы выделяются в концентраты, а пустая порода – в отходы.

К вспомогательным процессам относят удаление влаги из продуктов обогащения. Такие процессы называют обезвоживанием, которое проводится с целью доведения влажности продуктов до установленных норм. Также относят очистку сточных вод и пылеулавливание.

При обогащении полезных ископаемых используют различия их физических и физико-химических свойств, существенное значение из которых имеют цвет, блеск, твердость, плотность, спайность, излом, гранулометрический состав, магнитные, электрические и некоторые другие свойства [25].

В качестве самостоятельных процессов чаще всего применяются флотация, гравитационные, магнитные и химические методы обогащения.

*Флотационные методы* в настоящее время применяются для переработки более 90 % руд цветных металлов, значительной части руд редких и благородных металлов, горнохимического сырья и других полезных ископаемых.[26].

Интенсивное развитие теории и практики флотации сделало этот метод обогащения не только наиболее эффективным, но и наиболее универсальным и динамично развивающимся.



Наряду с наиболее распространённым процессом пенной флотации получают развитие весьма перспективные комбинированные процессы: флотоотсадка, флотомагнитная сепарация, эмульсионная флотация, флотоконденсация [27].

Создан модельный ряд высокопроизводительных флотационных машин механического, пневмомеханического, пневматического (колонного) типа для разделения крупных частиц и шламов ( $> 40$  мкм).

При разделении минералов с близкими технологическими свойствами повышение их контрастности достигается путем избирательного изменения технологических свойств минералов на основе энергетических воздействий, включая радиационные, ультразвуковые, электрохимические, механохимические, плазменные.

*Гравитационные методы* обогащения широко используются в промышленности или в качестве самостоятельных операций разделения, или в комбинации с другими методами, в частности с флотацией, магнитной сепарацией и химической переработкой.

Теоритической основой гравитационных методов обогащения являются закономерности движения частиц в естественных условиях под действием силы тяжести или центробежных сил противодействующих им сил сопротивления среды [28,29].

В настоящее время разработано более десятка разновидностей процессов гравитационного обогащения. Наиболее широко используются процессы разделения в тяжелых средах, отсадка, концентрация на столах, на винтовых, струйных сепараторах и шлюзах.

Современные гравитационные методы обогащения реализуются в сложных многокомпонентных взвесьях. Расслоение зерен достигается по одному из разделительных признаков путем гидро и аэродинамических воздействий. Такими разделительными признаками могут быть: реологические параметры среды разделения или среды, подверженной одновременно действию электрических или магнитных полей; скорости

движения зерен в пульсирующем потоке воды; или текущем по наклонной плоскости и др.

*Магнитные методы* применяются для обогащения сильномагнитных железосодержащих руд, а также слабомагнитных черных, цветных и редких металлов. В области магнитного обогащения Россия занимает ведущее место в мире.

Для большинства руд их магнитное обогащение связано со следующими сложностями:

- наличие промпродуктов, состоящих из сростков магнитных и немагнитных минералов с широким диапазоном значений эффективных магнитных восприимчивостей;
- потребительной ценностью обладают, как магнитные, так и немагнитные минералы (например, вольфрам в вольфрамите и шеелите);
- свойства минералов непостоянного состава могут находиться в интервале от магнитных до немагнитных свойств.

Основные трудности магнитного обогащения связаны с переработкой тонковкрапленных руд, поскольку для частиц крупностью менее 20 мкм магнитная восприимчивость и магнитная сила обычно в 2-3 раза ниже, чем для крупных частиц.

*Химические методы* извлечения ценных компонентов из полезных ископаемых и продуктов их потребления основаны в большинстве случаев на растворении минералов и зависят от свойств растворяемого вещества и растворителя.

Внедрение таких методов эффективно в тех случаях, когда механическое обогащение не обеспечивает получения кондиционных концентратов или достаточно высокой степени извлечения полезного компонента.

Химические методы извлечения полезных ископаемых по схеме «выщелачивание – осаждение» благодаря простоте аппаратного

оформления и обслуживания, а также стабильности получаемых результатов успешно применяют на многих предприятиях [30,31].

### **1.7.3 Обогащение вольфрамовых руд**

Промышленно ценные металлы и минералы в земной коре редко встречаются в такой форме и такой степени частоты, чтобы удовлетворять требования потребителей. Почти все без исключения они находятся в тесной механической или химической смеси с минералами, не представляющими ценности.

Перед тем как эти металлы и минералы использовать, их необходимо отделить от вмещающих пород механическим или, в случае необходимости химическим способом.

Обогащение сырья — совокупность физических и физико-химических методов обработки минерального сырья (руды, угля и др.) для удаления пустой породы и повышения содержания основного компонента в концентрате [32].

Если в сырье содержится несколько полезных составляющих, его делят на составные части (фракции), обогащенные тем или иным компонентом и являющиеся сырьем для различных производств.

Вольфрамовые руды обогащают, получая стандартные концентраты, содержащие 55-65%  $WO_3$ . Поскольку руды обычно содержат от 0,2 до 2%  $WO_3$ , степень обогащения составляет от 30 до 120. Высокая степень обогащения достигается применением ряда методов: гравитационного обогащения, флотации, магнитной сепарации, химического обогащения.

Схемы обогащения руд обычно включают следующие операции: сортировку; дробление; предварительное обогащение в тяжелых суспензиях; отсадку крупновкарпленной рудной фракции и выделение хвостов; обогащение на винтовых сепараторах; измельчение в стержневых или шаровых мельницах и классификацию: концентрацию на столах и шлюзах

или флотацию; доизмельчение промежуточных продуктов; доводку черновых концентратов флотогравитацией, электромагнитной и электростатической сепарацией; доводку методами химического обогащения [33].

## 2. Объект и методы исследования

Объектом исследования в данной работе явились хвосты обогащения вольфрамовых руд Бом-Горхонского месторождения, расположенные в Петровско-Забайкальском р-не Читинской области на водоразделе рек Бом-Горхон, Мышетая и Зун-Тигня. В данной работе поставлена задача понять причину такого низкого выхода при доизвлечении вольфрама и предложить пути по его увеличению. Сложный минералогический, химический и гранулометрический состав лежалых хвостов, набор содержащихся полезных и породообразующих минералов требуют дополнительных исследований физико-механических и технологических свойств сырья.

По данным, полученным из лаборатории ООО «Старательская артель «Кварц», хвосты обогащения содержат две разновидности: кварцевую и грейзеновую. Первая представлена белым кварцем с гюбнеритом, пиритом, сфалеритом, кассетиритом, козалитом, серым сливным кварцем с гюбгнеритом и другими рудными минералами, вторая – в основном кварцем, полевыми шпатами и слюдой, в меньшем количестве присутствуют пирит, гюбнерит, сфалерит, лимонит, шеелит. Кроме основного элемента вольфрама, имеются попутные компоненты – висмут и олово.

Для выполнения исследований использовалась представительная технологическая проба лежалых хвостов обогащения вольфрамовых руд. Подготовку проб исследуемого материала осуществляли по ГОСТ 14180-80 «Руды и концентраты цветных металлов. Методы отбора и подготовки проб для химического анализа и определения влаги».

Гранулометрический состав исходного материала осуществляли методом ситового анализа. Определение удельной поверхности материала осуществляли по методу воздухонепроницаемости на приборе ПСХ-2. Влажность определяли в сушильном шкафу при температуре 100° С. Физико-механические характеристики руды определяли по ГОСТ 25732-88 «Руды

железные и марганцевые, концентраты, агломераты и окатыши. Методы определения истинной, объёмной, насыпной плотности и пористости».

## **5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Сплавы вольфрама находят широкое применение в машиностроении, горном деле, металлообрабатывающей промышленности, в производстве электроосветительной аппаратуры. Главным потребителем вольфрама является металлургия.

Т.к. задачей ВКР является исследование технологических особенностей хвостов обогащения вольфрамовых руд, то основной сегмент рынка, на который мы будем ориентироваться – это обогатительные фабрики.

Сегментировать рынок можно в зависимости от основных мировых потребителей вольфрама. Карта сегментирования представлена на рисунке 15.

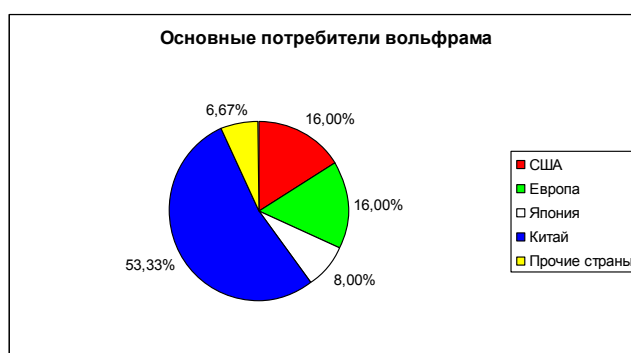


Рисунок 15 – Карта сегментирования мирового рынка вольфрама

#### **5.1.2 Анализ конкурентных технических решений**

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку

сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 9.

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии разрабатываемого материала</b>							
1. Влажность руды	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
2. Насыпная плотность	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,25
3. Удельная поверхность	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
4. Содержание вольфрама	0,3	4	5	3	1,2	1,5	0,9
5. Энергоэкономичность	0,02	5	5	4	0,1	0,1	0,08
6. Безопасность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	4	5	3	0,2	0,25	0,15
2. Уровень проникновения на рынок	0,02	3	5	4	0,06	0,1	0,08
3. Стоимость готового продукта	0,3	5	4	4	1,5	1,2	1,2
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,02	3	4	5	0,06	0,08	0,1
5. Финансирование научной разработки	0,02	1	5	4	0,02	0,1	0,08
6. Срок выхода на рынок	0,02	3	5	4	0,06	0,1	0,08
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>4,4</b>	<b>4,63</b>	<b>3,67</b>

Б<sub>ф</sub>- технология доизвлечения хвостоввольфрамосодержащих руд;

Б<sub>к1</sub>–гравитационное обогащение;

Б<sub>к2</sub>-комбинированное обогащение.



К конкурентным преимуществам производимого продукта – хвостов обогащения можно отнести: содержание вольфрама. Это качество поможет завоевать доверие покупателей путем предложения товара высокого качества со стандартным набором определяющих его параметров.

### 5.1.3 Диаграмма Исикавы

Диаграмма причины-следствия Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram) - это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления.

Область применения диаграммы:

- Выявление причин возникновения проблемы;
- Анализ и структурирование процессов на предприятии;
- Оценка причинно-следственных связей.

Сначала формулируется существующая проблема, или дефект качества. Главные категории потенциальных причин – это оборудование, материалы, человек, процессы, менеджмент, измерительные средства и т. д. Для каждой главной категории на диаграмму наносятся все вероятные причины проблемы. Диаграмма Исикавы представлена на рисунке 16.

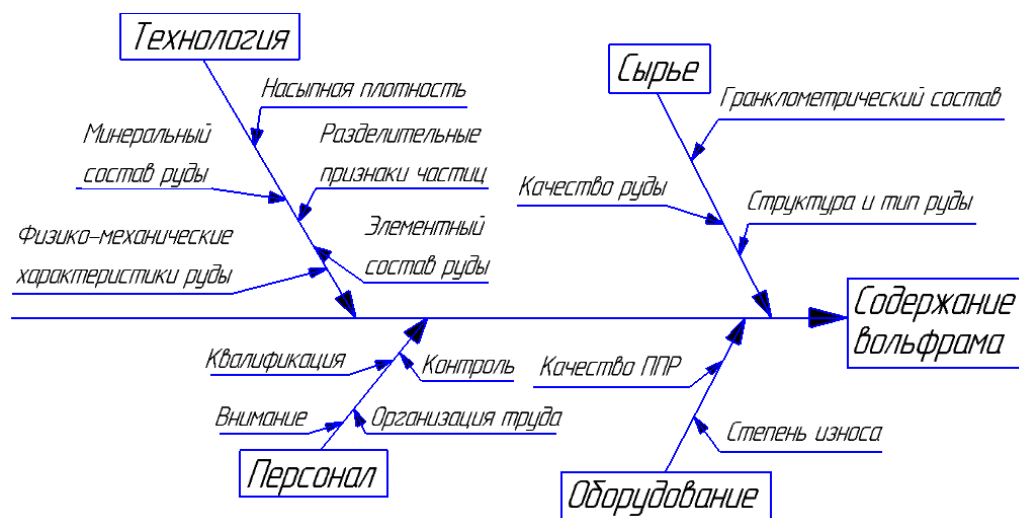


Рисунок 16 – Диаграмма Исикавы

### 5.1.4 SWOT-анализ

SWOT– Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлять в таблице 10.

Таблица 10 - Первый этап SWOT-анализа

<p>Возможности:</p> <p>В1. Наличие спроса на новую технологию обогащения</p> <p>В2. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Угрозы:</p> <p>У1. Несвоевременно е финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p> <p>У2. Отсутствие сформированных каналов сбыта</p> <p>У3. Ограниченный круг потребителей</p>	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Возможность использования инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>С2. Экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С3. Экологичность технологии.</p> <p>С4. Квалифицированный персонал.</p> <p>С5. Использование отходов производства в качестве сырья (ресурсоэффективность технологии)</p> <p>С6. Бюджетное финансирование</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл2. Большие затраты времени на проведение научных исследований</p>
---	---	---	--

Интерактивные матрицы проекта, отражающая второй этап, представлена в таблицах 10, 11, 12, 13.

Таблица 11 -Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта							
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	B1	+	+	-	+	+	-
	B2	+	0	0	+	0	-
	B3	0	+	+	+	+	0

Таблица 12-Интерактивная матрица проекта« Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	0	+
	B2	-	0
	B3	-	0

Таблица 13 -Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта							
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	У1	-	0	0	+	0	-
	У2	0	-	-	-	-	0
	У3	0	-	-	0	0	+

Таблица 14 -Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта			
Угрозы		Сл1	Сл2
	У1	+	-
	У2	-	-
	У3	0	-

В рамках третьего этапа составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в таблице 15.

Таблица 15 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><i>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</i></p> <p>С1. Возможность использования инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>С2. Экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С3. Экологичность технологии.</p> <p>С4. Квалифицированный персонал.</p> <p>С5. Использование отходов производства в качестве сырья (ресурсоэффективность технологии)</p> <p>С6. Бюджетное финансирование</p>	<p><i>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</i></p> <p>Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл2. Большие затраты времени на проведение научных исследований</p>
<p><i>Возможности:</i></p> <p>В1. Наличие спроса на новую технологию обогащения</p>	<p>Наличие спроса на новый продукт обусловлено экологичностью технологии, более низкой стоимостью по сравнению</p>	<p>Привлечение инвесторов</p>

В2. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	с другими технологиями, наличием квалифицированного персонала и возможностью использования отходов производства в качестве сырья.	
<p><i>Угрозы:</i></p> <p>У1. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p> <p>У2. Отсутствие сформированных каналов сбыта.</p> <p>У3. Ограниченный круг потребителей</p>	Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства повлечет за собой утечку квалифицированных кадров и ограничения потребителей	Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства связано с отсутствием необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца

### 5.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

Таблица 16 - Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-	4	4

	технический задел		
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического Задела	5	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	1	2
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	2
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	2
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15.	Проработан механизм	2	2

	реализации научного проекта		
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	33	40

Значение  $B_{\text{сум}}$  позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Так, значение  $B_{\text{сум}}$  получилось от 44 до 30, что значит перспективность средняя.

Объемы инвестирования в текущую разработку крайне низки. Улучшение инвестирования позволило бы провести новые более качественные испытания.

### **5.1.6 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать, вложить) полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания.

При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Нами выбран инжиниринг.

*Инжиниринг* как самостоятельный вид коммерческих операций предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в

эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции.

Наш проект работает в рамках данного метода коммерциализации, поскольку мы являемся заказчиками для Бом-Горхонского месторождения, выполняющими инженерно-технические услуги, связанные с разработкой новых методов обогащения.

## 5.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

*Устав проекта* документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

*Устав научного проекта магистерской работы:*

1. *Цели и результат проекта.* Информация о заинтересованных сторонах проекта представлена в таблице 17.

Таблица 17 - Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
ООО «Старательская артель «Кварц»	Новая ресурсосберегающая технология обогащения

Продолжение таблицы 17



<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
Государственное бюджетное учреждение «Забайкальский краевой экологический центр»	Улучшение состояния окружающей среды. Уменьшение отходов производства.
Кафедра ОХХТ НИ ТПУ	Получение новых научных званий, написание статей по теме исследования

В таблице 18 представлена информация иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 18 - Цели и результат проекта

<b>Цели проекта:</b>	Научно обосновать, разработать рациональные технологические методы обогащения лежалых вольфрамсодержащих хвостов
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Научно обоснованы, разработаны и в определенном объеме реализованы эффективные технологические методы извлечения вольфрама из лежалых хвостов рудообогащения
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Результат должен технологически, экономически и экологически обоснован.
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Получение концентрата с высоким содержанием триоксида вольфрама, по отношению к обогащаемой руды.
	Установить вещественный состав и технологические свойства основного W-содержащего техногенного образования.

## 5.2.1 Организационная структура проекта

Рабочая группа и функции каждого участника проекта представлена в табличной форме (таблица 19).

Таблица 19 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
1	Фролова И.В., к.т.н., доцент	руководитель проекта	Отвечает за реализацию проекта, координирует деятельность участников проекта.	206
2	Меньшикова Е.В., доцент, к.ф.н.	эксперт	Консультирует по вопросам финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения	64
3	Волков Ю.В., доцент, к.т.н.	эксперт	Консультирует по вопросам безопасности жизнедеятельности	64
4	Устюжанина А.К.	эксперт	Консультирует по части английского языка	18
5	Соколова А.Д., магистрант	исполнитель	Выполняет отдельные работы по проекту	2430
ИТОГО:				2782

### 3. Ограничения и допущения проекта.

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 20 - Ограничения проекта

<b>Фактор</b>	<b>Ограничения/ допущения</b>
3.1. Бюджет проекта	<b>661049,5</b>
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	Октябрь 2015 – Июнь 2017
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	01.10.2015
3.2.2. Дата завершения проекта	15.06.2017

### **5.3 Планирование управления научно-техническим проектом**

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

#### **5.3.1 План проекта**

В рамках планирования научного проекта были построены календарный и сетевой графики проекта.

Линейный график представлен в виде таблицы (таблица 20).

<b>Таблица 20 - Календарный план проекта (из ИСР)</b>	<b>Название</b>	<b>Длительность, дни</b>	<b>Дата начала работ</b>	<b>Дата окончания работ</b>	<b>Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)</b>
1	Составление технического задания	<b>13</b>	01.09.15	14.09.15	Фролова И.В.
2	Изучение литературы	<b>87</b>	16.09.15	27.12.15	Соколова А.Д.
3	Выбор направления исследования	<b>18</b>	12.01.16	31.01.16	Фролова И.В., Соколова А.Д.
4	Теоретические и экспериментальные исследования	<b>229</b>	02.02.16	29.01.17	Соколова А.Д.
5	Обобщение и оценка результатов	<b>21</b>	01.02.17	26.02.17	Фролова И.В., Соколова А.Д.
6	Разработка технической документации и проектирование	<b>51</b>	29.02.17	29.04.17	Фролова И.В., Соколова А.Д., Меньшикова Е.В., Волков Ю.В., Устюжанина А.К.
7	Оформление комплекта документации	<b>20</b>	04.05.17	27.05.17	Соколова А.Д.
<b>Итого:</b>		<b>439</b>			

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ (таблица 21).

Таблица 21 – Календарный план-график проведения НИОКР

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Тк, кал. Дни	Продолжительность выполнения работ																																									
				2015												2016												2017																	
				сен.			окт.			нояб.			дек.			янв.		фев.			март			апр.			май		ию		Янв		фев.			март			апр.			май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2				
1	Составление технического задания	Руководитель	13	■	■	■																																							
2	Изучение литературы	дипломник	87	■																																									
3	Выбор направления исследования	Руководитель, дипломник	18													■	■																												
4	Теоретические и экспериментальные исследования	Дипломник	229													■																													
5	Обобщение и оценка результатов	Руководитель, дипломник	21																									■	■																
6	Разработка технической документации и проектирование	Руководитель, дипломник	51																																					■					
7	Оформление комплекта документации	Дипломник	20																																					■					

■ - руководитель; ■ дипломник.

### 5.3.2 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице (табл. 22).

Таблица 22 - Группировка затрат по статьям

Статьи	Сумма, руб.
Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	321425
Основная заработная плата	137835,7
Дополнительная заработная плата	16540,28
Отчисления на социальные нужды	46312,8
Накладные расходы	138935,7
Итого плановая себестоимость	661049,5

#### *Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ*

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

#### *Расчет амортизационных отчислений*

Сумма амортизационных отчислений определяются по формуле:

$$E_{ам} = (\sum K_{об} * N_{ам} * T_{об}) / (365 * 100),$$

где  $K_{об}$ —стоимость единицы прибора или оборудования, руб.;  $N_{ам}$ —норма амортизации прибора или оборудования, %;  $T_{об}$ —время использования оборудования, дни.

Расчет суммы затрат на электроэнергию определяется по формуле:

$$E_3 = \sum N_i * T_3 * C_3 ,$$

где  $N_i$ - мощность электроприборов по паспорту, кВт;  $T_3$ - время использования электрооборудования, час;  $C_3$ - цена одного кВт\*ч, руб.  $C_3 = 5,8$  руб/ кВт\*ч.

Таблица 23 – Расчет затрат на спецоборудование

Наименование оборудования	$K_{обі}$ , тыс.руб.	$T_{обі}$ , дни	$N_{амі}$ , %	$N_i$ , кВт	$E_{ам}$ , руб.	$E_3$ , руб
Вибростол	30	14	10	0,2	115,1	97,4
Сушильный шкаф	35	5	10	1,6	47,9	278,4
Весы аналитические	1,5	5	10	1,1	2,1	191,4
Шаровая мельница	213	1	10	20,8	175,1	723,8
<b>Итого</b>					<b>340,2</b>	<b>1291</b>

### 5.3.3 Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда).

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} ,$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}},$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где  $Z_{\text{м}}$  – 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;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн. (таблица 24).

Таблица 24 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	577
Количество нерабочих дней (выходные дни и праздничные дни)	52 14	110
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	467

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где  $Z_{\text{б}}$  – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);



$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

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

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор. Базовый оклад  $Z_b$  определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия.

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 25

Таблица 25 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_b$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , Руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб.дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	26300	0,1	0,2	1,3	44447	1894,8	103	195164,4
Инженер	9893	0,1	0,2	1,3	16719	372,3	405	150781,5

#### *Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала*

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 12% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

В таблице 24 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 26 - Заработная плата исполнителей НТИ

<b>Заработная плата</b>	<b>Руководитель</b>	<b>Инженер</b>
Основная зарплата	195164,4	150781,5
Дополнительная зарплата	23419,7	18093,8
Зарплата исполнителя	218584,1	168875,3
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	387459,4	

#### *Отчисления на социальные нужды*

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2016 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot 387459,4 = 116237,8 \text{руб.}$$

Таблица 27 – Итоговые затраты на проект

<b>Статьи</b>	<b>Сумма, руб.</b>
Амортизация специального оборудования для научных	340,2

(экспериментальных) работ	
Основная заработная плата	345945,9
Дополнительная заработная плата НПП	41513,5
Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	116237,8
Накладные расходы (электроэнергия)	1291
<b>Итого плановая себестоимость</b>	<b>505328,4</b>

### 5.3.4. Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Таблица 28 - Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Технический	3	5	высокий	Повышение требований, проработка технологии	Неисправность оборудования
2	Организационный	5	5	высокий	Финансирование проекта, расстановка приоритетов	Нехватка ресурсов
3	Управление проектом	1	4	низкий	Долгосрочное планирование	Некомпетентное управление

### 5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают

социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

Показатели экономической эффективности проекта учитывают финансовые последствия его осуществления для предприятия, реализующего данный проект. В этом случае показатели эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

Бюджетная эффективность характеризуется участием государства в проекте с точки зрения расходов и доходов бюджетов всех уровней.

Кроме выше перечисленных видов эффективности можно выделить ресурсный эффект (характеризуется показателями, отражающими влияние инновации на объем производства и потребления того или иного вида ресурса), научно-технический (оценивается показателями новизны и полезности) и др.

#### **5.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования**

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (таблица 18). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}$$

где  $I_{\phi}^p$  - интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i^a, b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Таблица 29 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Хвосты обогащения Бом-Горхонского месторождения Исп. 1	Хвосты обогащения Джидинского месторождения Исп. 2
Использование отходов производства в качестве сырья	0,20	5	3
Содержание вольфрама	0,40	5	3
Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	4	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	4
Энергосбережение	0,15	4	3
Итого	1,00	4,6	3,4

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,6$$

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

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a},$$

где  $\mathcal{E}_{cp}$  – сравнительная эффективность проекта;  $I_{мэ}^p$  – интегральный показатель разработки;  $I_{мэ}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} = \frac{4,6}{3,4} = 1,4$$

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Хвосты обогащения Бом-Горхонского месторождения для исследования более эффективны с экономической, социальной и финансовой точки зрения, чем хвосты обогащения Джидинского месторождения.

## Список публикаций

1. Соколова А. Д. , Стрельцова А. А. Исследование хвостов вольфрамовых руд Бом-Горхонского месторождения на обогатимость // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XV Международной научно- практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва: в 2 т., Томск, 26-29 Мая 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - Т. 1 - С. 93-95.

2. Соколова А. Д. , Стрельцова А. А. Исследование физико-механических характеристик хвостов обогащения руд Бом-Горхонского месторождения // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 115-летию со дня рождения академика Академии наук СССР, профессора К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения члена-корреспондента Академии наук СССР, профессора Ф.Н. Шахова, Томск, 7-11 Апреля 2014. - Томск: Изд-во ТПУ, 2014 - Т. 2 - С. 276-277.

3. Фролова И. В. , Тихонов В. В. , Налесник О. И. , Соколова А. Д. , Стрельцова А. А. Исследование хвостов вольфрамовых руд Бом-Горхонского месторождения на обогатимость // Известия вузов. Химия и химическая технология. - 2014 - Т. 57 - №. 1. - С. 39-41..

4. Стрельцова А. А., Соколова А.Д., Фролова И.В. Технологические особенности доизвлечения вольфрама из хвостов обогащения// Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва: в 2 т., Томск, 17-20 Мая 2016. - Томск: ТПУ, 2016 - Т. 1 - С. 93-95.

6. Соколова А.Д. Фролова И.В. Физико-механические характеристики хвостов обогащения руды Бом-Горхонского месторождения .XXV



Менделеевская конференция молодых ученых: сборник тезисов (19-25 апреля 2015 г. Томск). – М.: «Национальное образование», 2015.С. 108.