

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы НОЦ Кижнера Н.М.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Интенсификация процесса обжига доломита

УДК 666.762.38.046.4-043.78

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г51	Хабибуллаев Оятулло Хамидулло угли		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Митина Наталия Александровна	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Криницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
18.03.01 Химическая технология	Ревва Инна Борисовна	к.т.н., доцент		

Томск – 2019 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы НОЦ Кижнера Н.М.

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
4Г51	Хабибуллаеву Оятулло Хамидулло угли

Тема работы:

Интенсификация процесса обжига доломита
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является доломитовой породы Якутского месторождения, а в качестве добавки используются порошка трилона Б, провести литературный обзор по тематике выпускной квалификационной работы. В экспериментальной части описать использованное материалы и оборудование, предоставить методики проведения экспериментов, проанализировать полученные результаты, сделать выводы.
---------------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Введение, литературный обзор, методика проведения экспериментов, результаты исследования, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность, заключение. Задачи: Исследовать процессы термической обработки доломита, отсутствии и присутствии добавок трилона Б с разным составом, определение влияния добавок трилона Б на свойства разложения доломитовой породы, выявлять наиболее эффективных составов добавок трилона Б, который способен снизить температуру разложения $MgCO_3$, не оказывая влияния на разложение $CaCO_3$, сравнить полученный результаты, при термической обработке доломитов добавок трилона Б и в их отсутствии;
Перечень графического материала	Результаты экспериментов, рентгенофазовый и комплексно термический анализ материалов.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Литературный обзор; Методы исследования; Экспериментальный анализ	Митина Наталия Александровна
Финансовый менеджмент	Криницына Зоя Васильевна
Социальная ответственность	Скачкова Лариса Александровна

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

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Митина Наталия Александровна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г51	Хабибуллаев Оятулло Хамидулло угли		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы НОЦ Кижнера Н.М.
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и Ресурсосбережения	20
	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Митина Наталия Александровна	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва Инна Борисовна	к.т.н., доцент		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 78 ст., 18 рис., 23 табл., 29 источников.

Ключевые слова: доломит, оксид магния, трилон Б, обжиг, интенсификатор.

Объектом исследования является доломитовой породы Якутского месторождения, а в качестве добавки используются порошка трилона Б.

Цель работы – заключается в разработка эффективного способа получения из доломитов активного окиси магния.

Метод – применение интенсификатора разложения карбоната магния при получении MgO из доломита в процессе обжига.

Аппаратура – дифференциальный-термический анализатор STA 449F3; шаровая мельница; дифрактометр Дрон-3М.

Степень внедрения: лабораторные испытания.

Область применения: производство минеральная удобрения.

В будущем планируется: получение MgO для производства минеральных удобрений, в качестве противослеживающей добавки.

Определения, нормативные ссылки

Доломит – карбонатная горная порода, состоящие в основном из карбоната кальция и карбоната магния.

Обжиг – высокотемпературного термическая обработка материалов или изделий с целью изменения их фазового и химического состава, повышения прочности, кажущейся плотности и снижение и снижение прочности.

ПМК – порошок магнезиальной каустический.

РФА – рентгенофазовый анализ.

ДТА – дифференциально-термический анализ.

ТГ – термогравиметрия.

Нормативные ссылки используются в работе:

1. ГОСТ 4165-78 Реактивы. Медь (II) сернокислая 5-водная. Технические условия.
2. ГОСТ 8379 Реактивы. Натрий углекислый. Технические условия.
3. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)
4. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2013 г. N 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”
5. ГН 2.2.5.3532-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
6. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
7. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
8. ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).

9. СанПин 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.

10. СанПин 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

11. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.

Оглавление

Введение	12
1. Доломит	14
1.1. Характеристика породы	14
1.2. Применение доломитовой породы	17
1.2.1. Противослеживающая добавка в производстве минеральных удобрений	19
1.3. Термическая обработка доломита	20
1.3.1. Оптимизация обжига доломита для различных целей	22
1.4. Предпосылки исследований.....	25
2. Материалы и методы.....	26
2.1. Материалы	26
2.1.1. Доломит	26
2.1.2. Трилон Б.....	27
2.2. Метод исследования.....	28
2.2.1. Термические методы анализа	28
2.2.2. Рентгенофазовый анализ	30
3. Исследование процесса интенсификации процесса обжига доломита	32
Выводы	38
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	40
4.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	41
4.2. SWOT – анализ	42
4.3. Планирование научно-исследовательских работ	44
4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования	44
4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ	45
4.3.3. Разработка графика проведения научного исследования	46
4.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	49
4.4.1. Расчет материальных затрат НТИ	49
4.4.2. Основная заработная плата исполнителей темы	53
4.4.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	54

4.5. Накладные расходы	55
4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .	55
4.7. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	56
5. Социальная ответственность	59
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения.....	62
безопасности.....	62
5.1.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.	62
5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.	63
5.2. Профессиональная социальная безопасность.....	64
5.3. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.	65
5.3.1. Микроклимат в рабочей зоне.....	65
5.3.2. Освещение в рабочей зоне.....	65
5.3.3. Работа с движущимися машинами и механизмами	66
5.4. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.	66
5.4.1. Электробезопасность.....	66
5.4.2. Пожаробезопасность	67
5.5. Экологическая безопасность.....	68
5.5.1. Анализ влияния объекта и процесса исследования на окружающую среду.....	69
5.5.2. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.	69
5.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	70
5.6.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект.....	70
исследований.	70
5.6.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....	70

5.6.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	71
Заключение	73
Список используемой литературы	75

Введение

Доломитом называется осадочная карбонатная горная порода, состоящая в основном из минерала доломита.

Группа карбонатных пород, отличающихся повышенным содержанием доломитовой составляющей, – доломитов, доломитизированных или доломитовых известняков, – объединяют иногда под общим названием – доломитовые породы.

Минерал доломит был открыт французским минералогом Доломье в конце XVIII века, по имени которого он и назван.

Доломиты имеют широкое применение как в необработанном исходном виде, так после предварительной термической обработки.

После термической обработки находит применение, обожженный при 800-900 °С, каустический доломит, в составе которого в зависимости от содержания CaCO_3 и MgCO_3 , CaO и MgO в высокоактивной форме. Очень часто для получения качественных изделий необходимо наличие или преобладание того или другого активного оксида. Так, для получения качественного магнезиального и доломитового вяжущего и изделий на их основе преимущественно содержание оксида магния с отсутствием или минимальных количеством оксида кальция.

Также для использования обожженного доломита в качестве противослеживающей добавки в производстве минеральных удобрений, необходимо преимущественное содержание MgO как эффективного поглотителя влаги.

Получение оксида магния без примеси оксида кальция из доломита возможно при строгом соблюдении температурного интервала обжига, который составляет от 30 до 70 °С, что очень сложно в производственных условиях. Поэтому возникает необходимость в разработке способов разделения температурного интервала обжига доломита, к числу которых относится применение различных добавок, способствующих снижению температуры декарбонизации MgCO_3 .

Целью работы является разработка эффективного способа получения из доломитов активного окиси магния.

В связи с поставленной целью необходимо решить следующие задачи:

- Исследовать процессы термического обработка доломита, отсутствии и присутствии добавок трилона Б с разным составом;
- Определение влияния добавок трилона Б на свойства разложения доломитовой породы;
- Выявлять наиболее эффективных составов добавок трилона Б, который способен снизить температуру разложения MgCO_3 , не оказывая влияния на разложение CaCO_3 ;
- Сравнить полученный результаты, при термической обработке доломитов добавок трилона Б и в их отсутствии;

Для написания работы использовалась специальная литература, а также патенты, интернет – источники, некоторые нормативные документы.

1. Доломит

1.1. Характеристика порода

Доломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ — двойная углекислая соль кальция и магния. По техническим свойствам доломит незначительно отличается от известняков. В чистом виде доломита содержится: CaCO_3 — 54,2%; MgCO_3 — 45,8%. В пересчете на окислы доломит содержит: CaO — 30,41%; MgO — 21,86%; CO_2 — 47,73%. Известняк, содержащий до 10 % MgCO_3 , условно называют магнезиальным; известняк с более высоким содержанием MgCO_3 (до 19 %) — доломитизированным [1].

Доломит встречается в виде крупнозернистой или мелкозернистой компактной формы. Кристаллическая структура доломита гексагонально-ромбоэдрическая. Цвет доломита разнообразный: белый, серый, светло-желтый, мутны, почти непрозрачны, буроватый — в зависимости от примесей, железистых соединений. Иногда встречается черный доломит, цвет которого зависит от наличия в нем битуминозных или углистых примесей. В технике различают: зернистый доломит, или доломитовый мрамар, образованный из зерен минерала доломита; плотный доломит, подобный плотному известняку; плитняковый доломит, оолитовый, или ячеистый доломит [1].

В доломите $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ встречаются примеси, а именно: магнезит, кварц SiO_2 , сидерит, минеральные группы глины, FeO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO и другие органические вещества. Удельный вес доломита $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ колеблется в пределах 2,85 — 2,95. Твердость по минералогической шкале 3,5–4,0; предел прочности при сжатии — от 400 до 1300 кг/см², теплоемкость — 0,217 кал/г/град. [1, 2, 3].

Растворимость доломита в воде меньше чем растворимость кальцита; но в воде, насыщенной углекислым газом, растворимость сильно увеличивается вследствие образования бикарбонатов магния и кальция [1].

По растворимости в минеральных кислотах доломит занимает среднее место между кальцитом и магнезитом. В холодной соляной кислоте растворение идет медленно; при нагревании порошкообразный доломит в

разбавленной соляной кислоте растворяется полностью, за исключением нерастворимых примесей [1].

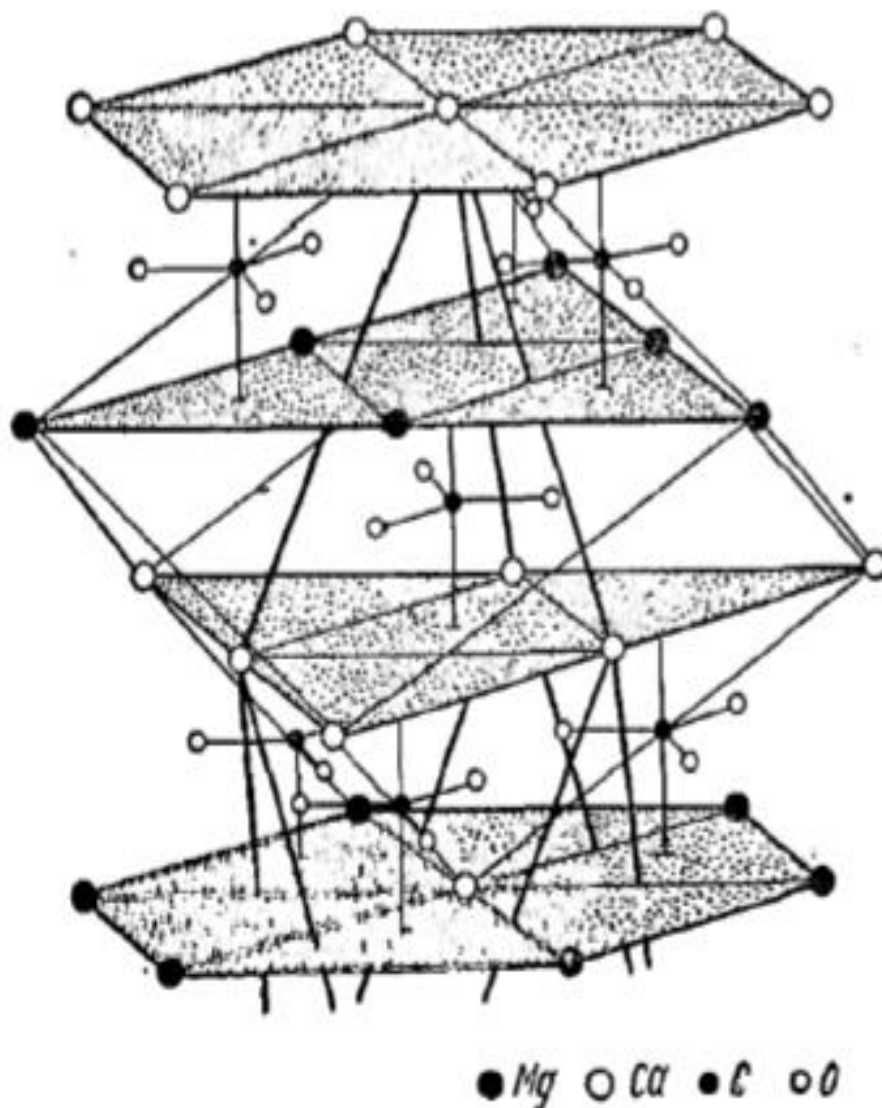


Рисунок 1.1 – Кристаллическая решетка доломита [4]

По происхождению доломиты $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ подразделяются на две главные генетические группы:

- экзогенные;
- эндогенные.

Главная масса доломитов образовалась экзогенным путем в морских условиях и несоизмеримо меньшее количество — в континентальных. Эндогенное доломитообразование было незначительным по своему масштабу [5].

Кроме этих двух основных групп, выделяют метаморфогенные доломитовые породы, образовавшиеся в результате вторичных изменений экзогенных осадочных доломитов.

Первоисточником кальция и магния в морских осадках являются магматические и осадочные горные породы, слагающие континенты. При выветривании этих пород возникли растворимые карбонатные соединения обоих элементов, которые сносилось поверхностными водами в морские бассейны. Сюда же в процессе денудации транспортировался и обломочный материал разной крупности.

Морское доломитообразование осуществлялось путем химического осаждения, сингенетического и эпигенетического; в результате химического осаждения и метасоматоза в стадию диагенеза; за счет обломочного доломитового материала; вследствие жизнедеятельности организмов [6].

Хемагенные доломиты с кристаллической структурой образовались в результате непосредственного выпадения доломитового вещества из морской воды. Осаждение доломита происходило в условиях аридного климата в осолоненных преимущественно мелководных бассейнах [6].

Диагенетические доломиты образовались в результате метасоматического взаимодействия в период диагенеза свежевыпавшего известкового ила и растворенных в воде магниезальных солей.



Обломочные доломиты образовались в условиях мелкого моря или у побережий в результате разрушения и переотложения полностью или не полностью литифицированного доломитового осадка либо разрушения берегов и дна у побережий, сложенных доломитами.

Образование биогенных доломитов связано с жизнедеятельностью организмов в морских условиях [6].

Доломиты широко распространенных горных пород. Основные месторождения доломита на территории РФ находятся на Урале, в Якутии, в Крыму, в Бурятии, на Кавказе, на Дальнем Востоке и в Сибири [8, 9].

Основными странами месторождения доломита является: Китай, Америка, Канада, Мексика, Италия и Швейцария. А также находятся в Средней Азии, на Украине, в Средиземноморье и т.д. [8, 9].

1.2. Применение доломитовой породы

Доломиты используются во многих отраслях народного хозяйства в естественном и обожженном состоянии как руда и технологическое сырье. Главными потребителями доломитов являются металлургия, промышленность вяжущих и термоизоляционных материалов, строительство. Кроме того, доломиты используются рядом других отраслей промышленности и в сельском хозяйстве [6].

В металлургии доломиты используются в качестве огнеупорного материала, флюса и руды на магний.

В производстве вяжущих материалов доломит является сырьем для получения строительных доломитовых известей, доломитовых цементов, каустического доломита. На их основе получают ряд отделочных и строительных материалов.

Термо – и звукоизоляционные материалы изготавливаются на основе каустического доломита и магнезимального цемента. Кроме того, доломит используется в производстве совелита и минеральной ваты.

В промышленном, жилищном и дорожном строительстве доломиты применяются в виде естественного строительного материала: штучного камня, необработанного и обработанного – бутового, стенового, облицовочного, архитектурно – строительного, для гидротехнического и дорожного строительства; щебня для бетона обычного, гидротехнического и дорожного, для балластировки железнодорожного полотна и других целей; крошки, песка, порошка, муки для изготовления различных строительных материалов и изделий на основе вяжущих [6].

В стекольной промышленности доломит вводится в состав шихты как источник окиси магния. Последняя повышает химическую стойкость и

механическую стойкость и механическую прочность стекла. Кроме того, она понижает склонность стекла к кристаллизации.

Многие отрасли промышленности используют измельченный доломит, доломитовую муку и обожженный доломит в качестве абразивного материала.

В химической промышленности доломит является одним из источников окиси магния и других его соединений. Белая или легкая магнезия, а также жженая магнезия применяются в качестве фармацевтического препарата. Белая магнезия используется также в производстве изоляции, резины, в качестве катализатора, как составная часть красок и лаков и для других целей. Доломиты служат сырьем для получения технической углекислоты, сернокислого и хлористого магния. В производстве хромо - натриевых солей доломиты используются в качестве составного компонента шихты. В производстве резины доломит применяется как наполнитель, придающий твердость каучуковым изделиям, и как ускоритель процесса вулканизации. В бумажной промышленности доломит используется в сульфитном процессе получения целлюлозы. Доломитовую известь с добавкой соды применяют как наполнитель при выделке меловой бумаги.

В кожевенной промышленности доломитовую известь применяют для удаления волосяного покрова с некоторых специальных сортов кожи, размягчения и сглаживания кожи, при изготовлении дубителей. В лакокрасочном производстве доломит является наполнителем для белил, некоторых красок и лаков. В керамической промышленности доломит используется при изготовлении глазурей для фарфора. В электротехнике доломитовые мраморы и мраморовидные доломиты применяются для изготовления распределительных щитов. Доломит в сыром и обожженном виде используется для нейтрализации сернокислых сточных вод. Доломитовая известь может быть применена также для подщелачивания воды в целях ее очистки. В сельском хозяйстве доломит и доломитовая

известь употребляются для известкования кислых почв и в качестве антисептика [6].

Доломит является основной сырье для получения металлического магния.

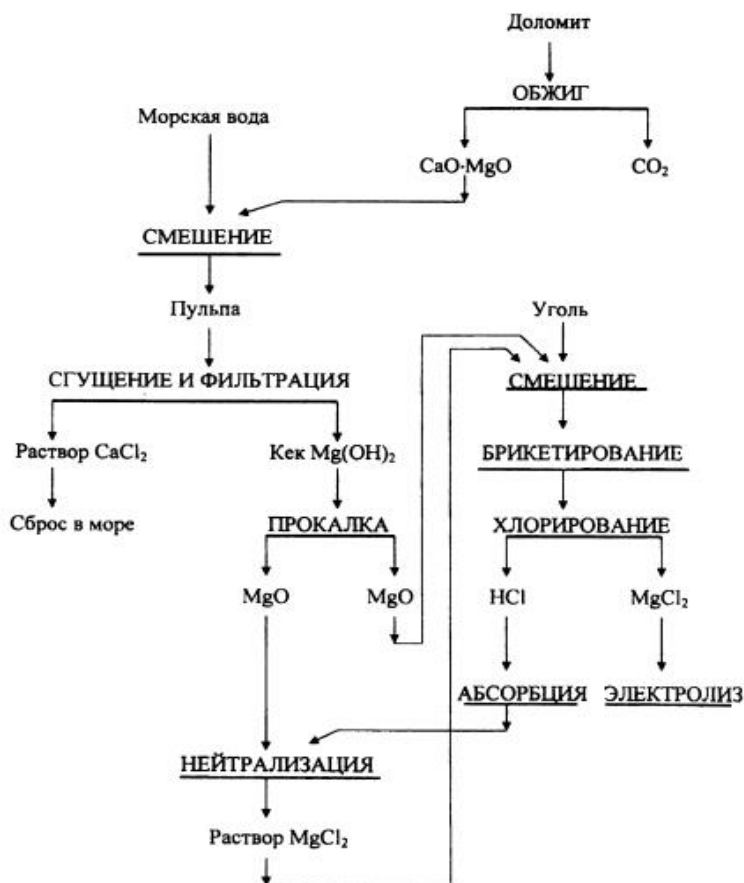


Рисунок 1.2 –Технологическая схема получения магния из доломита [10].

1.2.1. Противослеживающая добавка в производстве минеральных удобрений

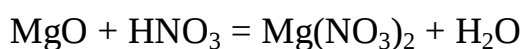
Кристаллическая аммиачная селитра отличается значительной гигроскопичностью, что является одной из причин ее слеживаемости. При оставлении ее на воздухе она быстро становится влажной за счет поглощения водяных паров из воздуха и потеряет своих сыпучих свойств, превращая в твердый, как бы окаменевший продукт [11].

Наиболее радикальным способом уменьшения гигроскопичности и слеживаемости аммиачной селитры является добавление растворимых неорганических солей [11].

В химической промышленности доломит является одним из источников каустический магнезит – ПМК, состоящий в основном из окиси магния MgO.

Наиболее эффективной из растворимых неорганических солей является добавка $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ [12].

Многие годы в качестве сырья для приготовления раствора нитрата магния применялся ПМК с содержанием более 80 % MgO. Чтобы приготовить раствора нитрата магния, каустический магнезит растворяется в азотной кислоте.



При введении в аммиачную селитру нитрата магния скорость поглощения влаги увеличивается по сравнению с чистой солью. Это связано с понижением гигроскопической точки аммиачной селитры при добавлении к ней нитрата магния. Прочность гранул аммиачной селитры увеличивается с 0,7 до 1,0 кг/гранулу, содержание MgO в готовом продукте при этом составляет 0,3 – 0,45 % [12].

1.3. Термическая обработка доломита

Основными продуктами терморазложения доломита являются преимущественно MgO и CaO, в зависимости от области использования называется по-разному:

- «периклаз» применяется в технологии огнеупоров,
- «магнезия активная – МА» применяется в технологии катализаторов,
- «магнезиальное вяжущее – МВ» применяется в технологии строительных материалов.

Доломит разлагается в два периода: сначала при температуре 700 °С доломит распадается на CaCO_3 и MgCO_3 , а затем MgCO_3 распадается на MgO и CO_2 ;



при 900 °С происходит разложение CaCO_3 .



Полное удаление углекислоты из доломитового углекислого магния невозможно без частичного выделения углекислоты из карбоната кальция.

При обжиге доломита между имеющимся температурными интервалами резкой границы нет.

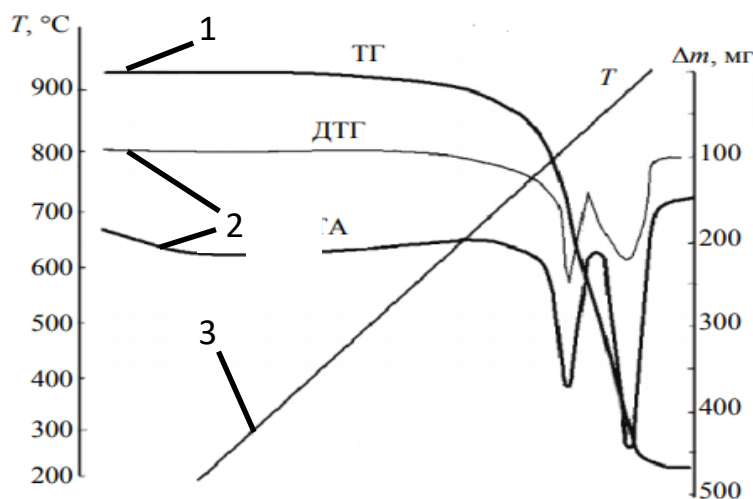


Рисунок 1.3 – Термограмма разложения $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ при нагревании [13]:

1 – кривая газовой выделенности; 2 – дифференциальная кривая; 3 – кривая нагрева.

Состав и свойства обожженного доломита в большей или меньшей степени зависят от применяемой температуры обжига:

- каустический доломит – это вяжущее вещество, состоящее в основном из MgO и CaCO_3 и получают обжигом доломита $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ при температуре 700 – 750 °C с последующим измельчением;
- доломитовый цемент – это вещество, состоящее из MgO , CaO и CaCO_3 и получают обжигом доломита $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ при температуре 800 – 850 °C с последующим измельчением в тонкий порошок;
- доломитовую известь – это вещество, состоящее в основном из оксидов магния и кальция и получают при температуре 900 – 1000 °C.
- металлургический доломит – это вещество, образующее обжигая доломита $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ при температуре 1400 – 1500 °C, применяемый в огнеупорной промышленности [14].

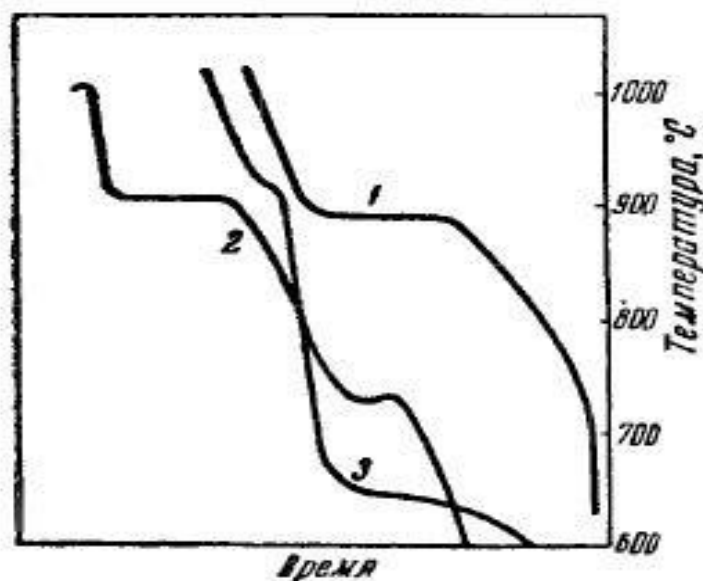
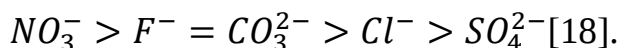


Рисунок 1.4 – Термограммы разложения карбонатов кальция и магния [15]:

1 – кальцит; 2 – доломит; 3 – магнезит.

1.3.1. Оптимизация обжига доломита для различных целей

Использование добавок-интенсификаторов обжига при получении MgO из доломитов $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ является наиболее эффективным способом снижения температуры разложения MgCO_3 не оказывая влияния на разложению CaCO_3 , т.к. это химическими процессами, происходящими в шихте при нагреве. Интенсификаторы должен иметь способность диссоциировать на ионы при нагревании, образовывать при обжиге жидкую фазу. Наиболее эффективного интенсификатора обжига доломитовой породы следующие: хлорид натрия, фторид натрия, фосфаты, шестиводный нитрат магния, шестиводный хлорид магния, содовый плав, кальцинированной соды, ацетат цинка, гидрокарбонат натрия и карналлит. Главным образом, при снижении температуры декарбонизации MgCO_3 влияют анионы солей. По своей активности анионы расположена в следующем порядке:



Катионы также влияют, когда будут близкого размера радиуса к радиусу иона Mg^{2+} . Например добавки $\text{FeSO}_4 \cdot 7(\text{H}_2\text{O})$, $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$.

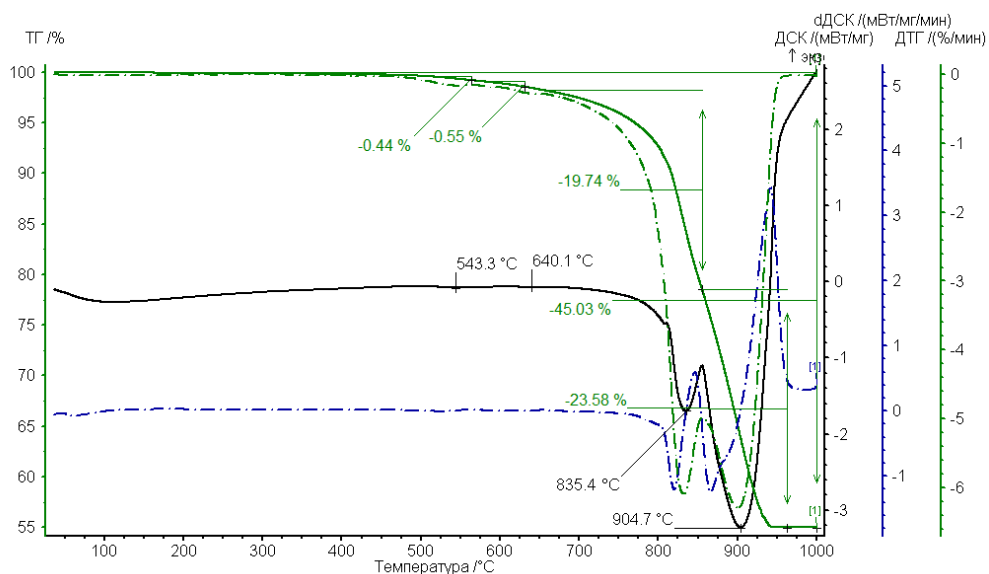


Рисунок 1.5 – Дериватограмма доломитовой породы без добавок

На скорость разложения доломита положительно влияет фосфаты. Введение в шихту фосфатов перед термическим разложением приводит к увеличению количества активных центров. При этом добавлении фосфаты увеличивает скорость разложения карбоната магния $MgCO_3$. При введении интенсификаторы фосфатов магния и алюминия в состав доломита положительно влияет на скорость разложения.

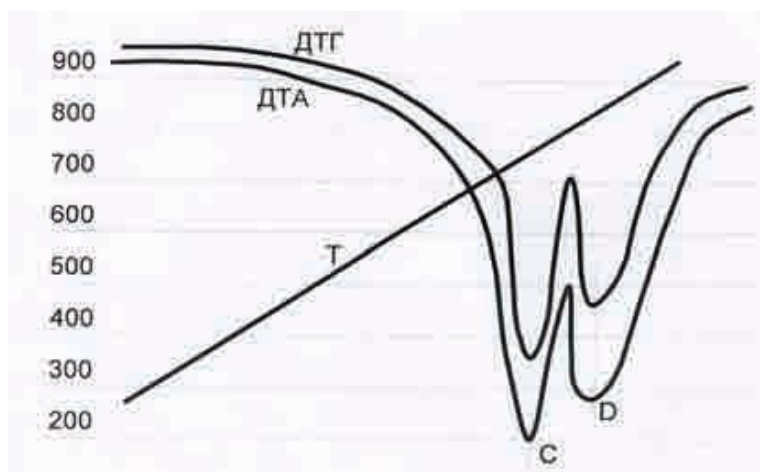


Рисунок 1.6 – Термограмма доломита с добавками фосфатов алюминия и магния [16].

Добавок фтористого и хлористого натрия в шихту до обжига вводят и интенсивно влияет на скорость разложения доломитов. Ионы фтора и хлора разрушают кристаллические решетки исходного сырья и образуют при

обжиге жидкую фазу. Появление жидкой фазы приводит к снижению температуры разложения MgCO_3 примерно на $100\text{ }^\circ\text{C}$ [17, 18].

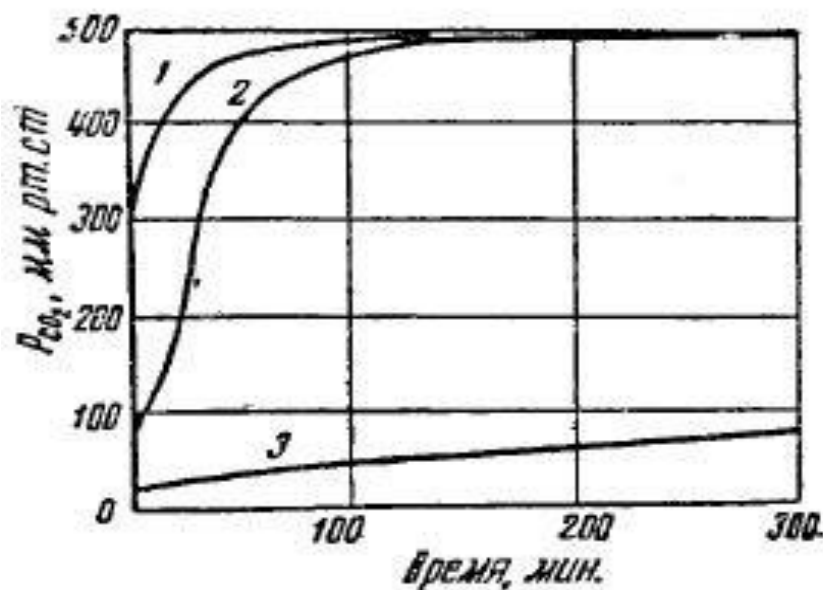


Рисунок 1.7 – Влияния добавок фтористого и хлористого натрия на скорость разложения доломита при $620\text{ }^\circ\text{C}$ [15]: 1 – добавка фтористого натрия; 2 – добавка хлористого натрия; 3 – доломит без добавки.

Карналлит является наиболее эффективным, образуются жидкую фазу при низкой температуре. Существования длительное время жидкой фазы позволяют снизить максимум температуры разложению MgCO_3 .

Гидрокарбонат натрия и шестиводного хлорида магния при нагревании способный диссоциировать на ионы. При этом приводит к дестабилизации кристаллической решетки доломита при нагреве и снижает температуру разложения магнезита [17].

Введение добавки содовый плав и кальцинированную соду сильно влияют на температуру декарбонизации карбоната магния и снижают ее температуру разложения на $100 - 120\text{ }^\circ\text{C}$ [19, 20].

Ацетат цинка $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ при нагревании до температуры $277\text{ }^\circ\text{C}$ происходит плавление, а при $300 - 400\text{ }^\circ\text{C}$ разлагается до оксоацетата цинка. Образование расплава позволяет снижать температуру декарбонизации магнезита.

1.4. Предпосылки исследований

В результате проведенного анализа научных литературных источников можно сделать следующие выводы:

Доломитовые породы – одна из наиболее распространенных и недостаточно освоенных разновидностей минерального сырья. Они могут применяться для производства различных типов магнезиальных вяжущих веществ и строительных материалов на их основе.

В химической промышленности доломит является одним из источников каустического магнезита, который является противослеживающей добавкой в производстве минеральных удобрений. Основной проблемой получения каустического магнезита из доломитов заключается в том, что выделение CO_2 из MgCO_3 неизбежно сопровождается частичным разложением CaCO_3 . Так как с образованием CaO резко снижает качество каустического магнезита. При термической обработке доломита нельзя получить чистом виде окиси магния без добавок-интесификаторов.

В связи с этим целью данной работы является разработка эффективного способа получения из доломитов активного окиси магния.

В связи с поставленной целью необходимо решить следующие задачи:

- Исследовать процессы термической обработки доломита, в отсутствие и присутствии добавок трилона Б с разным составом;
- Определение влияния добавок трилона Б на свойства разложения доломитовой породы;
- Выявлять наиболее эффективных составов добавок трилона Б, который способен снижать температуру разложения MgCO_3 не оказывая влияния на разложению CaCO_3 ;
- Сравнить полученные результаты, при термической обработке доломитов добавок трилона Б и в их отсутствие;

2. Материалы и методы

2.1. Материалы

2.1.1. Доломит

В данной работе использовался доломитовой породы якутского месторождения.

Химический состав доломитовой породы используемый в данной работе приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Химический состав доломитовой породы якутского месторождения

Материал	Химический состав, мас. %							
	MgO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	$\Delta m_{\text{пр}}$	Σ
Доломитовая порода	16,19	27,61	5,92	2,65	2,04	1,23	44,36	100,00

Потери при прокаливании составляют 44,36 %, что говорит о карбонатной природе породы.

Термограмма исходного доломита представлена на рисунке 1

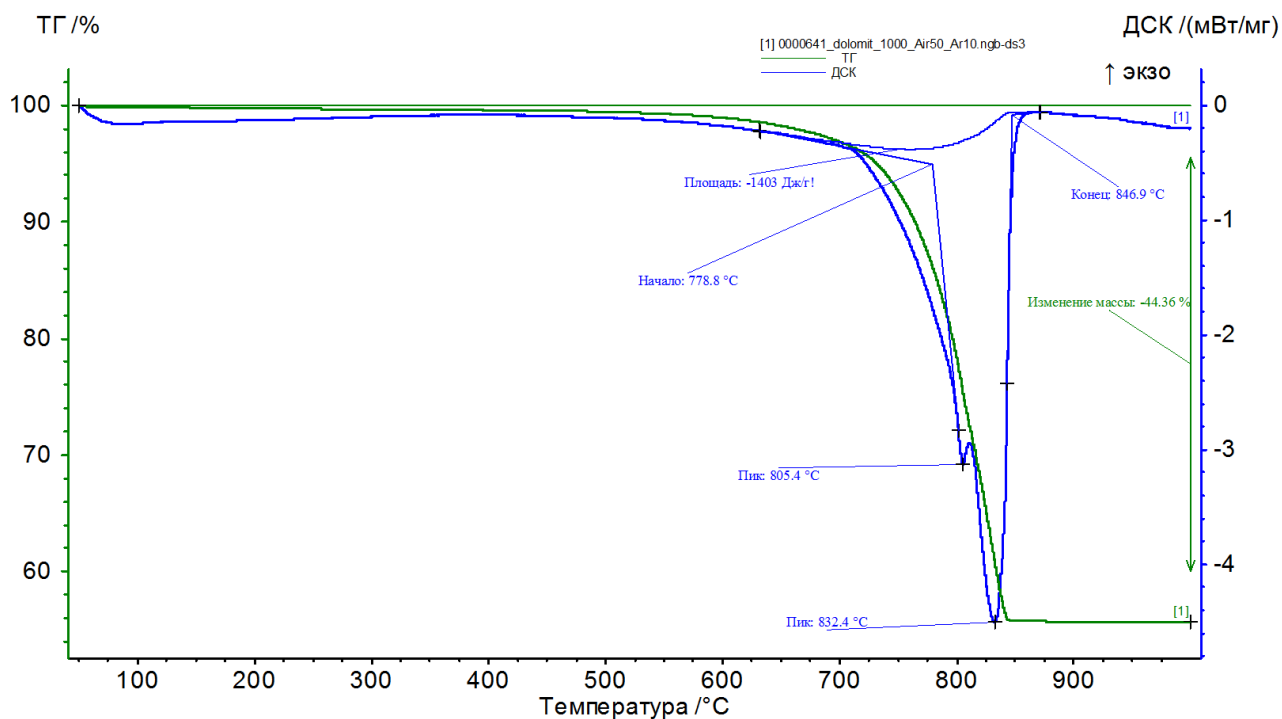


Рисунок 2.1 – Термограмма исходного доломита

На термограмме отмечается два пика, которые соответствуют декарбонизации MgCO_3 – 805,4 °С и CaCO_3 – 832,4 °С, с очень маленьким интервалом – 30 °С.

Данный об основных кристаллических фазах доломита представлен на рентгенограмме (рисунок 2.2).

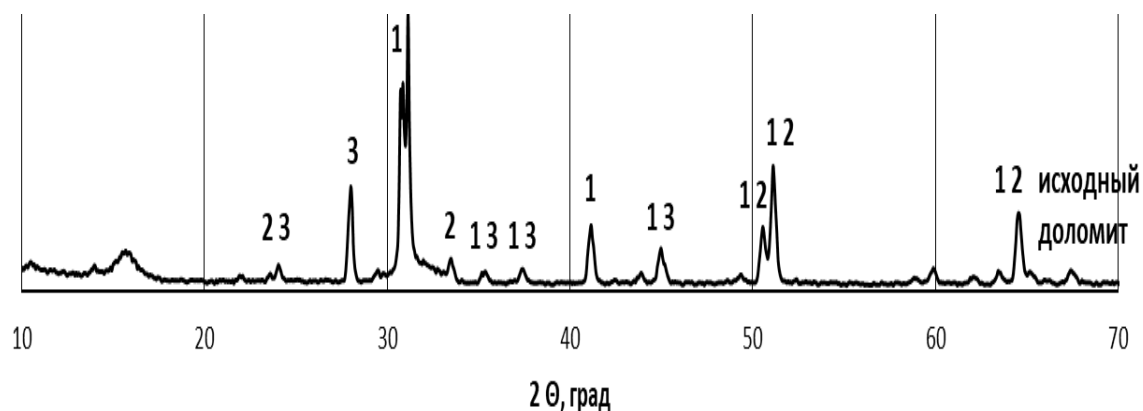


Рисунок 2.2 – Рентгенограмма исходного доломита: 1 – Доломит $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{CO}_2$; 2 – Анкерит $\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mg})(\text{CO}_3)_2$; 3 – Альбит $(\text{Na}, \text{Ca})\text{Al}(\text{Si}, \text{Al})_3\text{O}_8$; 4 – Кварц SiO_2 .

2.1.2. Трилон Б

В данной работе использовали трилон Б в качестве добавки – интенсификатора декарбонизации магниевой составляющей доломита при обжиге. Трилон Б – динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты (рис. 2.3) $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_{10}$ белый кристаллический порошок, хорошо растворяются в воде и щелочах, образует устойчивые комплексные соединения с большинством катионов.

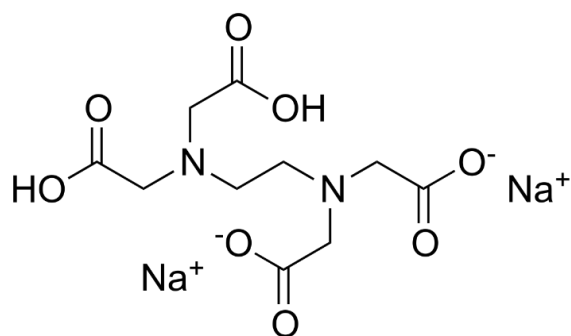


Рисунок 2.3 – Структурная химическая формула трилона Б

Трилон Б содержит может содержать примеси, состав приведен в таблице 2.2

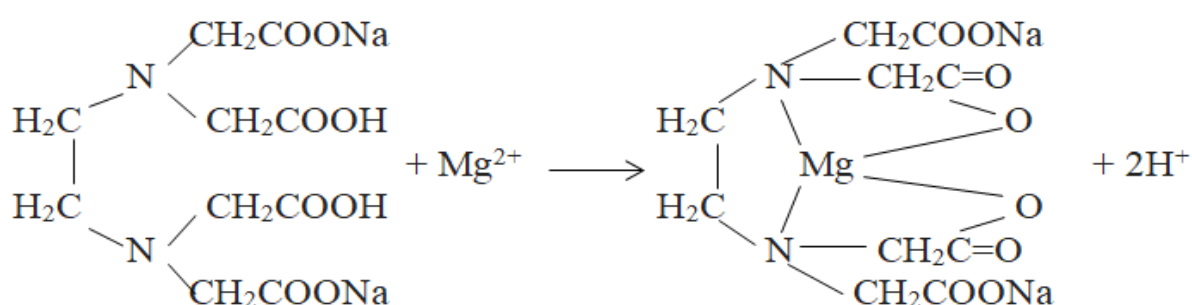
Таблица 2.2 – Состав трилон Б.

Материал	Содержание, масс. %					
	Осн. Вещества, н/м	Cl, н/б	Fe, н/б	SO ₄ , н/б	Тяжелые металлы, н/б	Вещества нерастворимые в воде, н/б
Трилон Б	99,00	0,005	0,005	0,1	0,005	0,02

Молекулярная масса трилон Б – 372,23 г/моль, температура плавления 110 °С.

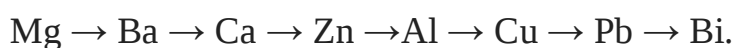
Трилон Б имеет в структуре карбоксильные группы и 2 атома азота с неподвижной парой атомов.

Ионы металлов образуют соли, замещая атомы водорода карбоксильных групп и одновременно связываясь координационно с атомами азота.



Прочность комплексов характеризуется величиной константы нестойкости, которая указывает на способность комплекса к диссоциации. Чем больше значения константы нестойкости, тем менее прочен комплекс, тем больше он диссоциирует с образованием исходных катиона и аниона.

Прочность комплекса Me – Трилон Б возрастает в ряду:



2.2. Метод исследования

2.2.1. Термические методы анализа

Данный метод позволяет исследовать и выявлять химические реакции и фазовые переходы, которые происходят в веществе при нагревании и

охлаждении, по термическим эффектам сопровождающие эти изменения. Особенно большое значение этот метод имеет при описании сложных физико-химических процессов, проходящих при высоких температурах, где применение других методов анализа затруднено или невозможно. Термический анализ подразделяется на следующие виды методов:

- дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК);
- дифференциально-термический анализ (ДТА);
- термогравиметрия (ТГ).

Дифференциально-термический анализ основан на сопоставлении анализ термических свойств исследуемого вещества и термически инертного вещества, которое принимается в качестве эталонного. Параметром, регистрируемым прибором, служит разность температур образца и эталона, изменяющаяся при нагревании или охлаждении образца с постоянной скоростью.

Дифференциально-сканирующая отличается от дифференциально-термического анализа тем, что позволяет фиксировать тепловой поток, который характеризует происходящие в веществе изменения в результате нагрева. В данном методе образец и эталон нагревают с одинаковой скоростью, причем температуры поддерживаются одинаковыми. Экспериментальные кривые представляют собой зависимость теплового потока от температуры. По внешнему виду кривая ДСК очень похожа на кривую ДТА, за исключением принятых единиц измерения по оси ординат. Как и в методе ДТА, площадь пика, ограничиваемая кривой ДСК, прямо пропорциональна изменению энтальпии.

При исследовании образцов, ДСК и ДТА показывают характерные эндотермические эффекты, которые возникают в результате дегидратации и разрушения кристаллической структуры и экзотермические эффекты, обусловленные образованием новых фаз при более высоких температурах.

Результаты ДСК выражаются в виде непрерывной кривой, на которой зарегистрированы термические реакции, протекающие при соответственных

температурах. Принято, что при эндотермических реакциях дифференциальная кривая резко отклоняется от нулевой линии вниз, а при экзотермических – вверх.

Термогравиметрия – метод термического анализа, основанный на регистрации изменения массы образца от температуры. Получаемая зависимость позволяет делать выводы, о термической стабильности и составе образца. Этот метод может быть эффективно использован в том случае, когда образец при нагревании выделяет летучие вещества в результате различных химических, физических и физико-химических процессов.

Для проведения термического анализа в работе использовался дифференциально-термический анализатор STA 449 F3 Jupiter фирмы «NETZSCH» (ФРГ), который представляет собой сопряженный ДСК – ТГ прибор.

Исследование образцов проводилось в интервале температур от 20 до 1000 °С, со скоростью нагрева 10 °С/мин. Масса навески составляла 50 мг.

2.2.2. Рентгенофазовый анализ

Рентгенофазовый анализ (РФА) необходим для исследования фазового состава кристаллических силикатных материалов. Благодаря этому методу можно проводить следующие исследования: качественный и количественный фазовый анализ, определение параметров элементарной ячейки, исследование фазовых превращений, которые происходят под воздействием термообработки.

Физический смысл РФА заключается в рассеянии рентгеновских лучей при прохождении через кристаллическую решетку вещества. Обязательным условием дифракции рентгеновских лучей является выполнение уравнения Вульфа-Бреггов, которое имеет вид:

$$n\lambda = 2d \cdot \sin\theta$$

Где λ – длина волны рентгеновского луча, нм; n – порядок отражения (1,2,3); d – межплоскостной интервал, нм; θ – угол падения рентгеновского луча, град.

В настоящей исследовательской работе РФА проводили на приборе ДРОН – 3М, где применяется рентгеновская трубка БСВ – 29 с $Cu_{K\alpha}$ – излучением, точность съемки 1000, 2000, напряжение анод – катод 35 кВ, анодный ток 25 мА, скорость вращения гониометра составляет 4 град/мин.

Рентгенограммы расшифровывали с помощью программы Crystallographic Search – Match, система которая включает в себя базу 100 тысяч эталонных рентгенографических данных с наиболее широко распространенными соединениями. Обработка результатов основана на сравнении экспериментального спектра образца с высоким числом цифровых массивов, характеризующих спектры возможных соединений.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Г51	Хабибуллаев Оятулло Хамидулло угли

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	ТСН
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Научно-техническое исследование проводится в лабораторной аудитории №118, 2 корпус, ИШНПТ, ТПУ, кафедра технологии силикатов и наноматериалов.. В работе над проектом задействованы 2 человека: научный руководитель и студент-дипломник</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	...
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	...
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- Потенциальные потребители результатов исследования; - Анализ конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	- Структура работ в рамках научного исследования; - Определение трудоемкости выполнения работ; - Разработка графика проведения научного исследования; - Бюджет научно-технического исследования (НТИ)
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	-Анализ и оценка научно-технического уровня проекта
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Криницына Зоя Васильевна	К.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г51	Хабибуллаев Оятулло Хамидулло угли		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1. Потенциальные потребители результатов исследования

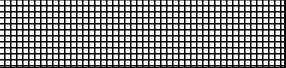
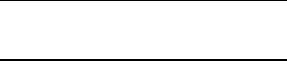
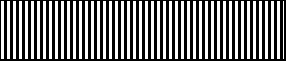
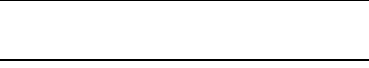
Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей.

Целесообразно выбрать два наиболее значимых критерия: размер компании и отрасль, по которым будет производиться сегментирование рынка (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка

		Отрасль		
		Предприятия по производству удобрений	Предприятия по производству строительных материалов	Научно-исследовательские институты
Размер	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			



АО “Farg’onaazot”



Евроцемент груп (Россия)



Holcim (Швейцария)



Lafarge (Франция)



НИИ

4.2. SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Таблица 4.2 - Матрица SWOT

	Сильные стороны проекта: С1.Экологическая технологии С2. Научная новизна С3.Наличие бюджетного финансирования С4.Квалифицированный персонал С5.Наличие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца	Слабые стороны проекта: Сл1.Научное исследование носит региональный характер производства; Сл2.Отсутствие запатентованных современных технологий; Сл3. Не достаточная конкурентоспособность на международном рынке.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2.Более полное использование сырья и отходов производства,	В связи с уникальными свойствами материала (высокие активность и селективность, развитая удельная поверхность, низкая стоимость) у данной научной разработки есть шансы выйти на российский рынок. Есть необходимость заинтересовать	Несмотря на достоинства разработки и на наличие возможностей её реализации, она не развита на рынке из-за отсутствия промышленных установок на

создание энергосберегающих технологий В3.Долгосрочная стратегия развития отрасли на государственном уровне	инвесторов, чтобы данная разработка нашла применение в строительной отрасли.	территории России. Соответственно, из-за незаинтересованности потенциальных потребителей отсутствует финансирование и необходимое оборудование для дальнейшего развития
Угрозы: У1.Высокая стоимость и дефицит солей магния У2. Пониженная водостойкость и воздухостойкость полученных материалов У3.Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции	Производство MgO осложняется из-за недостаточного объем производства каустического магнезита и каустического доломита, высокая стоимость и дефицитность солей магния, растворы которых применяются в качестве затворителей, а также пониженная водостойкость и воздухостойкость материалов и изделий на основе магнезиальных вяжущих веществ. Для решения проблем дефицита солей магния и дороговизны, применяемых	Отсутствие финансирования и незаинтересованность потенциальных потребителей в научной разработке является проблемой для дальнейшего ее развития.

	затворителей необходимо найти поставщиков сырья отвечающих всем требованиям производства магнезиального вяжущего вещества.	
--	--	--

4.3. Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

При выполнении научных исследований в состав рабочей группы входят: научный руководитель, инженер и бакалавр. Ниже приведена таблица перечня этапов работы и распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 4.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность Исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления Исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	3	Проведение патентных исследований	Бакалавр
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение лабораторных исследований	Бакалавр, инженер
	7	Расчет данных эксперимента	Бакалавр, Научный руководитель
	8	Графическое представление экспериментальных данных	Бакалавр

Обобщение и оценка результатов	9	Анализ и сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Бакалавр, Научный руководитель
	10	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель

4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{махи}}{5}, \quad (1)$$

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

$t_{мини}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{махи}$ – 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. Такое вычисление необходимо для

обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

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.

4.3.3. Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном 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 – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

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

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

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Таблица 4.4 – Временные показатели проведения научного исследования

Название Работ	Трудоемкость работ			Исполнители	T_{pi} , раб.дн.	T_{ki} , кал.дн.
	$t_{\min}$, чел-дни	$t_{\max}$, чел-дни	$t_{ож}$, чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	5	10	7	Р	3.5	4.5
Подбор и изучение материалов по теме	40	50	44	И	22	27
Проведение патентных исследований	20	30	24	И	12	15
Выбор направления исследований	5	10	7	Р	3.5	4.5
Календарное планирование работ по теме	5	10	7	Р	3.5	4.5
Проведение лабораторных исследований	20	30	24	И	12	15
Расчет данных эксперимента	5	10	7	Р	3.5	4.5
	5	10	7	И	3.5	4.5

Графическое представление экспериментальных данных	5	10	7	И	3.5	4.5
Анализ и сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	3	4	2,8	Р	1,4	2
	3	4	2,8	И	1,4	2
Оценка эффективности полученных результатов	5	10	7	Р	3.5	4.5
Итого				Р	20	24
				И	55	67

Таблица 4.5 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работ	Исполнители	Продолжительность выполнения работ													
		февр.		Март			Апрель			май			Июн ь		
		2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель														
Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр														
Проведение патентных исследований	Бакалавр														
Выбор направления исследований	Научный руководитель														
Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель														

- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;

- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхi} , \quad (5)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Все затраты на оборудование, реактивы, лабораторную посуду и средства защиты, а также затраты на электроэнергию приведены в таблицах 4.6 – 4.11.

Таблица 4.6 – Материальные затраты на оборудование

Наименование	Количество, шт	Стоимость с НДС, руб/шт	Сумма, руб	Срок эксплуатации, лет	Амортизация, руб
Весы аналитические	1	44 600	44 600	10	4 460
Термоанализатор ДТА/ТГ	1	870000	870000	15	38667
Дифрактометр Дрон-3М	1	545000	545000	15	18167
Итого:			61294 рублей		

Таблица 4.7 – Материальные затраты на реактивы

Наименование	Масса, кг	Стоимость с НДС, руб/кг	Сумма, руб
Доломит	1	150	150
Трилон Б	0,1	200	20
Итого:			170

Таблица 4.8 – Материальные затраты на лабораторную посуду

Наименование	Количество, шт	Стоимость с НДС, руб/шт	Сумма, руб
Стакан мерный, 250 мл	2	50	100
Ступка фарфоровая с пестиком	2	360	720
Итого:			820

Таблица 4.9 – Материальные затраты на средства защиты

Наименование	Количество, шт	Стоимость с НДС, руб/шт	Сумма, руб
Халат	1	1 500	1 500
Перчатки	1	150	150
Итого:			1550

Таблица 4.10 – Материальные затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы, ч	Потребление электроэнергии прибором, кВт·ч	Стоимость электроэнергии, руб/кВт·ч	Сумма, руб
Весы аналитические	5	0,004	3,42	0,0684
Термоанализатор ДТА/ТГ	55	0,8		150,48
Дифрактометр Дрон-3М	48	0,35		16,96
Итого:				167,5

Таблица 4.11 – Общие материальные затраты на научно-технические исследования

Вид затрат	Сумма, руб
Материальные затраты на реактивы	170
Материальные затраты на лабораторную посуду	820
Материальные затраты на средства защиты	1550
Материальные затраты на электроэнергию	167,5
Материальные затраты на оборудование	61294
Итого:	64001.5

4.4.2. Основная заработная плата исполнителей темы

Оклад руководителя от ТПУ (доцента, к.т.н) составляет 33664 рубля (без учета районного коэффициента). Оклад инженера составляет 26000 руб. (без учета районного коэффициента), (принято на основе данных с окладов профессорско-преподавательского состава и дипломников-студентов).

Таблица 4.12 – Баланс рабочего времени за 2019

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
-выходные дни	44	48
-праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени:		
-отпуск	56	28
-невыходы по болезни	2	2
Действительный годовой фонд рабочего времени	249	273

Таблица 4.13 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _{окл} , руб.	k _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	T _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	33664	1,3	43763.2	1827.86	20	36557.2
Инженер	26000	1,3	33800	1287.62	55	70819.1
Итого :	З _{осн} = 107376.3					

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (6)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 14.

Таблица 4.14 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнители	З _{осн} , руб.	З _{доп} , руб.	З _{зп} , руб.
Руководитель	36557.2	5483.58	42040.78
Инженер	70819.1	10622.86	81441.96

4.4.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (7)$$

В табл.15 представлены отчисления во внебюджетные фонды.

Таблица 4.15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	36557.2	5483.58
Инженер	70819.1	10622.86
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	0,271
Итого:	33463.8	

4.5. Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, размножение материалов и т.д.

$$З_{\text{накл}} = (64001.5 + 61294 + 107376.3 + 16106.44 + 33463.8) \cdot 0,16 = 45158,7$$

4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 4.16 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Разработка	Аналог 1	Аналог 2	
1. Материальные затраты НТИ	64001.5	64500	65000	Табл. 11
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	61294	61294	61294	Табл. 6
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	107376.3	107376.3	107376.3	Табл. 14
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	16106.44	16106.44	16106.44	Табл. 14
5. Отчисления во внебюджетные фонды	33463.8	33463.8	33463.8	Табл. 15
6. Накладные расходы	45158,7	45238,5	45318,5	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	327400,6	327979	328559	суммы ст. 1-6

Как видно из таблицы 16 основные затраты НТИ приходится на основную заработную плату исполнителей темы.

В вариантах исполнения (аналог 1,аналог 2) происходит увеличение затрат на электроэнергию, за счет увеличения расхода сырья.

4.7. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (1)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Тогда для трех вариантов интегральный финансовый показатель разработки составляет:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{327400,6}{328559} = 0,996, \quad (2)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{327979}{328559} = 0,998, \quad (3)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{\Phi_{p3}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{328559}{328559} = 1, \quad (4)$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5)$$

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 17).

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования/ Критерии	Весовой коэффициент параметра	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда	0,1	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	4
3. Энергосбережение	0,20	5	4	3
4. Надежность	0,15	5	5	5
5. Воспроизводимость	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	5	4	3
ИТОГО	1	28	25	22

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 = 4,6$$

$$I_{p-исп2} = 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 = 4,15$$

$$I_{p-исп3} = 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,15 = 3,7$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп1}} = \frac{4,6}{0,996} = 4,62, \quad (9)$$

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп1}} = \frac{4,15}{0,998} = 3,16, \quad (10)$$

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп1}} = \frac{3,7}{1,00} = 3,7, \quad (11)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (12)$$

Таблица 4.18 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Разработка	Аналог1	Аналог2
Интегральный финансовый показатель разработки	0,996	0,998	1,00
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,15	3,7
Интегральный показатель эффективности	4,62	4,16	3,7
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	-	1,11	1,25

По полученным значениям интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что существующий вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности из всех предложенных вариантов наша разработка является наиболее приемлемым.