

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
«Получение магниезальных веществ на основе природного сырья»

УДК 666.962.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ5В	Ильина Кристина Викторовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Эрдман С.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.		

Томск – 2017 г.

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-ACE</i> и <i>FEANI</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-ACE</i> и <i>FEANI</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-ACE</i> и <i>FEANI</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-ACE</i> и <i>FEANI</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-ACE</i> и <i>FEANI</i>

P6	Внедрять, <i>эксплуатировать</i> современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС (ПК-1, 10), Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать <i>глубокие знания</i> по <i>проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ПК-3 8, 13), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностранном языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности	Требования ФГОС (ПК-7, ОК-3), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации	Требования ФГОС (ПК-9, ОК-4, 5), Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Демонстрировать <i>глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов</i> инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i>	Требования ФГОС (ПК-5, 6, 10), Критерий 5 АИОР (п. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	<i>Самостоятельно</i> учиться и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-11, ОК-1, 2, 6), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</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	Ильина Кристина Викторовна

Тема работы:

Получение магниезиальных веществ на основе природного сырья

Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 08.12.2016 № 10498/с
---	-------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является магниезиальный цемент на основе золошлаковых отходов с применением затворителя $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, провести литературный обзор по тематике научно-исследовательской работы, в экспериментальной части описать использованное оборудование, предоставить методики проведения экспериментов, проанализировать полученные результаты, сделать выводы.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Введение, литературный обзор, объект и методы исследования, расчет и аналитика, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность, заключение.
Перечень графического материала	Слайды презентации

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент кафедры МЕН, к.ф.н., Меньшикова Екатерина Валентиновна
Социальная ответственность	Доцент кафедры ЭБЖ, к.т.н., Волков Юрий Викторович
Раздел на иностранном языке	Доцент кафедры ИЯФТ, к.ф.н., Устюжанина Анна Константиновна

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

1 Теоретическая часть
1 The theoretical part

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ5В	Ильина Кристина Викторовна		

Оглавление

Реферат.....	10
Введение.....	12
1 Теоретическая часть.....	14
1.1 Сырьё для производства магнезиальных вяжущих.....	14
1.1.1 Магнезит – основное сырьё для получения магнезиального цемента.....	14
1.1.2 Доломит, бруситовый мрамор, змеевики и серпентины.....	19
1.2 Основные этапы переработки сырья.....	21
1.3 Использование золошлаковых отходов для производства магнезиальных вяжущих.....	27
1.4 Твердение магнезиальных вяжущих веществ.....	30
1.5 Влияние затворителей на физико-механические свойства магнезиальных вяжущих и их свойства.....	35
2 Экспериментальная часть.....	37
2.1 Объекты исследования.....	37
2.1.1 Каустический магнезит.....	37
2.1.2 Золошлаковые отходы.....	38
2.1.3 Затворитель–раствор $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	38
2.2 Методы исследования.....	38
2.2.1 Определение удельной поверхности каустического магнезита	39
2.2.2 Определение кажущейся плотности опытного образца.....	40
2.2.3 Определение предела прочности при сжатии.....	40
2.2.4 Определение водостойкости магнезиального вяжущего вещества.....	41
2.2.5 Рентгенофазовый анализ.....	42
2.3 Результаты проведенного исследования.....	42
2.3.1 Удельная поверхность каустического магнезита.....	42

2.3.2	Рентгенофазовый анализ.....	43
2.3.3	Определение кажущейся плотности.....	44
2.3.4	Получение магнезиального цемента с затворителем MgSO ₄ ·7H ₂ O.....	45
3	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	49
3.1	Предпроектный анализ.....	49
3.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	49
3.1.2	Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	50
3.1.3	SWOT – анализ.....	51
3.1.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	52
3.1.5	Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	54
3.2	Инициация проекта.....	55
3.3	Планирование управления научно-техническим проектом.....	56
3.3.1	Иерархическая структура работ проекта.....	57
3.3.2	Контрольные события проекта.....	57
3.3.3	План проекта.....	58
3.3.4	Бюджет научного исследования.....	62
3.4	Организационная структура проекта.....	66
3.4.1	Матрица ответственности	66
3.4.2	План управления коммуникациями проекта.....	67
3.4.3	Реестр рисков проекта.....	67
3.5	Оценка сравнительной эффективности исследования.....	68
4	Социальная ответственность	75
4.1	Профессиональная и социальная безопасность.....	75
4.1.1	Анализ вредных и опасных факторов.....	76
4.1.2	Микроклимат в рабочей зоне.....	76

4.1.3 Освещение в рабочей зоне.....	77
4.1.4 Работа с движущимися машинами и механизмами.....	78
4.1.5 Возможность химического отравления.....	79
4.1.6 Пожаробезопасность.....	80
4.1.7 Электробезопасность.....	82
4.2 Экологическая безопасность.....	83
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	84
4.3.1 Производственная авария.....	85
4.3.2 Стихийное бедствие.....	86
4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности...	87
4.4.1 Организационные мероприятия обеспечения безопасности в лаборатории.....	87
4.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.....	90
Заключение.....	94
Список использованных источников	96
Приложение А.....	101

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 121 страницу текста, 7 рисунков, 32 таблицы, 33 источника.

Ключевые слова: магнезиальные вяжущие, магнезит, каустический магнезит, затворитель, зола.

Актуальность работы заключается в разработке и исследовании составов магнезиального вяжущего вещества с повышенной водостойкостью.

Объектом исследования является каустический магнезит Савинского месторождения, а в качестве добавки используются золошлаковые отходы, в качестве затворителя используется магнезий сернокислый (7-водный).

Целью данной работы является получение магнезиальных веществ на основе природного сырья с применением затворителя.

Для достижения цели в работе решались следующие задачи:

1. Исследование природного магнезийсодержащего сырья;
2. Подбор наилучших соотношений каустического магнезита и золы в смешанном магнезиальном вяжущем;
3. Исследование физико-механических процессов взаимодействия компонентов смешанных магнезиальных веществ и структуры их твердения;
4. Исследование влияния жидкости затворителя на свойства магнезиальных композиций.

Работа представлена введением, четырьмя разделами и заключением, приведен список использованных источников.

В первом разделе «Теоретическая часть» описаны характеристика и свойства магнезиальных веществ, а также их получение и применение.

Во втором разделе «Практическая часть» представлены исходные материалы и методики использованные в работе, а также приводится содержательный характер опытных работ с приведением результатов проведенных экспериментов, включая их анализ.

В третьем разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» приводится анализ перспективности проведения проектных исследований, планирование комплекса научных работ и определение их экономической и финансовой эффективности.

В четвертом разделе «Социальная ответственность» содержится анализ рабочего места на предмет выявления основных техносферных опасностей.

В заключении приведены основные выводы по проделанной работе, предложены наилучшие составы магнизиальных композиций из приведенных образцов.

Введение

Россия как одно из ведущих государств в мире, стремится сохранить свои лидирующие позиции в различных отраслях: экономике, политике, промышленности. Обладая огромными запасами и полным разнообразием природных ресурсов, особое внимание следует уделить особое внимание запасам высокомагнезиального сырья.

Тема актуальна, потому что существует промышленная необходимость для создания более эффективных, экологически чистых, отвечающих требованиям современности вяжущих веществ и строительных материалов. Остро стоят вопросы рационального природопользования, снижения энергозатрат на производство и уменьшения нагрузки на окружающую среду. В связи с этим, научный и практический интерес представляют разработка и внедрение технологий магнезиальных вяжущих строительного назначения и производства на их основе широкой номенклатуры современных строительных материалов и изделий с использованием отходов производства. Основными достоинствами магнезиальных вяжущих веществ являются: высокая механическая прочность при быстром ее нарастании в начальный период твердения, повышенные по сравнению с другими вяжущими, показатели пределов прочности при изгибе, плотная структура затвердевшего магнезиального камня при невысокой истинной и средней плотности, низкая теплопроводность, высокая прочность сцепления с заполнителями при изготовлении магнезиальных бетонов и растворов, а также достаточно высокая коррозионная стойкость.

Однако основной проблемой, сдерживающей широкое применение магнезиальных вяжущих веществ в настоящее время являются недостаточный объем производства каустического магнезита и каустического доломита, высокая стоимость и дефицитность солей магния, растворы которых применяются в качестве затворителей, а также пониженная водостойкость

и воздухоустойкость материалов и изделий на основе магнезиальных вяжущих веществ.

Изучение вопросов разработки смешанных магнезиальных вяжущих веществ, позволяющим выявить границы применения нового вида материалов в строительном деле, является важным.

Поэтому использование магнезиальных вяжущих, позволяющих получить изделия с уникальными для строительных материалов свойствами, приобретает актуальность и востребованность в современных условиях.

Разработка и исследование составов и технологии водостойких композиционных магнезиальных материалов на основе каустического магнезита с добавкой золошлаковых отходов способствует решению проблемы получения качественных вяжущих материалов, а также расширению номенклатуры строительных материалов.

1 Теоретическая часть

1.1 Сырьё для производства магниевых вяжущих

Магниевые вяжущие вещества – это воздушные вяжущие. При взаимодействии с водой продукты твердения магниевых вяжущих имеют малую стойкость. Традиционными магниевыми вяжущими веществами можно назвать: 1) каустический магнезит – порошок, обожженного при 700-800 °С, состоящий в основном из оксида магния, получаемый помолом природного магнезита; 2) каустический доломит – порошок, обожженного при 600-700 °С, состоящий из оксида магния и карбоната кальция, получаемый помолом природного доломита.

Каустический магнезит, затворенный водой, твердеет медленно и достигает небольшой механической прочности. Если ввести в каустический магнезит затворители хлорид магния или сульфат магния скорость твердения резко возрастает [1].

1.1.1 Магнезит – основное сырьё для получения магниевых цемента

Основным природным сырьем для производства магниевых цемента является карбонатная порода, состоящая, главным образом, из магнезита. Магнезит – карбонат магния с теоретическим содержанием 47,8 % оксида магния и 52,2 % углекислого газа. Природный магнезит имеет две модификации: аморфная (скрытокристаллическая) и кристаллическая. Кристаллизуется магнезит в гексагональной системе и обладает совершенной спайностью по ромбоэдру. Кристаллический магнезит по своему строению напоминает крупнозернистый мрамор или грубый доломит, поэтому их месторождения часто сопутствуют друг другу. Цвет кристаллического

магнезита зависит от примесей и бывает белым, желтоватым, голубовато-серым и серо-зеленым.

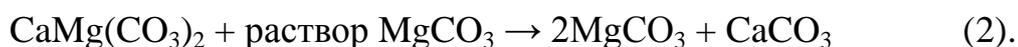
В природном магнезите кроме карбоната магния всегда содержатся в виде примесей карбонаты кальция, железа, иногда – марганца, а также глинозем, кремнезем и др. Содержание таких примесей как медный и железный колчедан невелико и обычно не превышает нескольких десятых долей процента. Минералы, содержащие карбонат железа, – это брейнерит, мезенит, пистомезит и сидероплезит (перечислены в порядке увеличения содержания карбоната железа). Вместе с глиноземом встречается кремнезем в виде кварцита или глинистого сланца, в виде талька, в виде тонких прожилок кварца. Карбонат кальция встречается, в основном, в виде доломитов, реже – арагонита и почти никогда – в виде кальцита. Удельный вес кристаллического магнезита 3,1 – 3,2 г/см³, твердость 3,5 – 4,0 [2].

Аморфный или скрытокристаллический магнезит отличается от кристаллического магнезита по оптическим свойствам – отсутствием блеска и представляет собой фарфоровидную массу. Состоит из мельчайших кристалликов карбоната магния, смешанных с аморфной кремневой кислотой в виде опала, обычно залегает в змеевиках. Для аморфного магнезита главной примесью является оксид кремния в виде опала, гимнита, вебектита, пикролита, а также силикатные породы – серпентин и оливин. Оксид кальция всегда присутствует в виде геля доломита. Железо встречается в виде карбоната в незначительных количествах, также вместе с глиноземом в виде силикатов. Некоторые примеси можно удалить в процессе измельчения. Обычно аморфный магнезит очень чист и не требует особой обработки. Цвет аморфного магнезита снежно-белый, кремовый, желтоватый, иногда в зависимости от примесей бурый или серый. Удельный вес аморфного магнезита 2,9 – 3,0 г/см³, твердость 3 – 4,5, при значительном содержании оксида кремния – до 5 [3].

Реже встречаются похожий на мел гидромагнезит $3\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (удельный вес 2,1 г/см³), брусит – гидроксид магния,

тяжелый или основной карбонат магния $4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, которые также могут быть использованы для производства магнезиального цемента.

По происхождению магнезит подразделяется на 4 типа: продукт изменения силикатных пород; продукт замещения известняка и доломита; магнезит осадочного происхождения; жильный минерал, сопутствующий некоторым рудным образованиям. К первой группе относится кристаллический магнезит, основная схема процесса описывается уравнениями реакций:



Залегания в виде пластообразных толщ являются месторождениями кристаллического магнезита первого типа.

Разложение богатых магнием силикатных пород змеевиков ($2\text{MgSiO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), оливинов ($\text{MgO} \cdot \text{MgSiO}_3$) и других, обычно связано с образованием аморфного магнезита, при воздействии на них воды и углекислоты. Разложение происходит по следующим схемам:



Месторождения аморфного магнезита, в отличие от кристаллического магнезита, образующего пластовые залежи больших размеров и мощностей залегающие среди змеевиков и перидатитов, характеризуются ограниченностью запасов, неправильной формой и резким выклиниванием жил и линз как по простиранию, так и в глубину.

По А.И. Шевелева, генетической классификации промышленных типов магнезиального сырья, породы, пригодные для получения магнезиального цемента – это кристаллические магнезиты древних осадочных толщ, пелитоморфные магнезиты коры выветривания ультрабазитов, бруситы –

магматические породы низкотемпературного образования, а также соли, полученные из морской воды и рассолов.

В России в настоящее время разрабатываются Саткинское и Киргитейское месторождения кристаллических магнезитов древних осадочных толщ, Кульдурское месторождение бруситов и Орско-Халиловское месторождение «аморфного» магнезита. Саткинская свита, в которой залегает магнезит, представлена черными и темно-серыми сильно перекристаллизованными битуминозными доломитами, мергельными сланцами, кварцевыми и мергелистыми доломитами, а также черными глинистыми сланцами. Сильно кремнистые и тонкозернистые доломиты залегают ниже толщи этих пород. Чаще всего магнезит и толщу вмещающего его доломита пререзают диабазовые дайки. От горы Волчьей на юго-запад общей длиной около 8 км тянутся узкой полосой (50 – 150 м) залегания магнезита. Мощность пласта достигает до 40 метров и более. Вне этой полосы есть залегания у березового моста и на реке Сарайке. Кристаллическая порода белого, серовато-белого и голубовато-серого цветов является магнезитом Саткинского месторождения. Структура магнезита – от мелкозернистой (до 5 мм) до грубозернистой (10 и более мм) [4].

Халиловское месторождение аморфного магнезита приурочено к западной части большого змеевикowego массива. Магнезит залегает по трещинам наиболее рыхлой части этого массива, жилами и гнездами мощностью от 10 до 60 см, реже до 1 и 3 метров. Рудоносная толща 0,4 – 15 м. Форма и направление жил неправильные. Халиловский магнезит состоит из мельчайших зерен карбоната магния размером около 0,001 мм и пропитан опаловидной аморфной кремнекислотой, содержание которой в некоторых случаях достигает до 12 % [5].

В таблице 1 приводится химический состав магнезита основных месторождений:

Таблица 1 – Химический состав магнезитов

Стран, район	Место- рождение	Моди- фикац ия	Химический состав							
			MgO	CaO	SiO ₂	R ₂ O ₃	Поте ри при про- кали вани и	Нера с- твор имы й остат ок	При - меча -ние	
Россия										
Саткинс кий	Карагайское	Криста лличес кий	45,5	1,0	1,0	1,5	50,9	-	-	
	Верхнее Волчерское		45,2	1,9	1,2	1,1	50,5	-	-	
	Нижнее Волчерское		45,6	1,4	0,6	1,2	54,0	-	-	
	Поленихинское		43,1	3,6	1,0	1,9	50,4	-	-	
	Мельниченое		46,6	0,3	1,3	0,8	50,0	-	-	
Удеренс кий	Тальское		43,4- 46,9	0,6-4,6	-	0,1- 0,3	50,1- 50,8	0,4	-	
Белорец кий	Кзыл-Ташское		36,3- 41,9	0,3- 1,6	3,2- 14,3	3,8- 10,9	38,6- 48,4	-	-	
	Азнолинское		39,1	1,3	11,2	4,7	43,6	-	-	
	Егорьевская Шишка		41,7- 41,8	0,6- 0,9	2,9- 5,8	3,4- 5,0	47,0- 48,8	-	-	
Катав- Ивановс кий	Катав- Ивановское		40,6	2,3	3,9	4,2	48,8	0,9	-	
Орский	Халиловское	Аморф ный	42,5- 47,0	0,5- 4,7	0,1- 4,8	0,5- 1,2	49,8- 52,3	-	-	
Зилаирс кий	Ширмаевское		44,4	2,8	0,5	0,2	51,9	-	-	
Слова- кия	Бурга	Криста лличес кий	46,2	0,5	0,1	1,9	51,2	-	-	
	Дубрава		44,6	-	-	-	51,3	-	FeO- 3,8	
Австрия	Земмернг		42,0	2,1	1,3	3,2	50,2	-	-	
	Фейнтш		42,4	1,7	0,9	3,6	50,4	-	Mn ₃ O ₄ - 0,5	
	Зунк		45,6	1,0	0,3	1,7	51,9	-	-	
	Средние Альпы		45,1	0,5	2,3	2,1	50,5	-	-	
	Радентхайм		42,9- 43,3	1,2- 1,5	4,3- 5,8	2,3- 3,3	46,6- 50,5	-	-	
Греция	Эвбейское	Аморф ный	46,4	0,8	0,3	1,2	51,6	-	-	

Продолжение таблицы 1

Китай	г. Дашичао (Манчжурия)	Кристаллич.	45,6- 47,7	0-0,9	0,1- 1,6	0,8- 2,0	50,2- 51,7	-	-
Индия	Содемское	Аморфный	46,3	0,8	-	0,3	50,1	-	TiO ₂ - 1,2
США	Вашингтон	Кристаллический	45-46	0,5- 2,0	-	1-3	42-52	0,5- 0,4	-
	Калифорния		41,1- 43,6	0,6- 1,5	3,5- 10,2	1,1- 1,9	44,7- 49,6	2,3	-
Канада	Квебек, Грэнвиль		34-40	4-10	0,3- 2,0	-	49-51	1,0- 2,5	-

1.1.2 Доломит, бруситовый мрамор, змеевики и серпентины

Вместо магнезита в качестве сырья может быть использован доломит, обожженный ниже температуры диссоциации карбоната кальция, но выше температуры разложения карбоната магния (650 – 800 °С). Доломит – карбонатная порода, состоящая из карбонатов кальция и магния с примесями кварца, кальцита и гипса. Чистый доломит содержит 21,8 % MgO, 30,4 % CaO и 45,8 % CO₂. Вяжущие свойства цемента, изготовленного из доломита, ниже, чем из чистого магнезита. Причиной, по которой доломит используется в качестве сырья для производства магнезиального цемента – широкая распространенность этого минерала. Недостатком данного минерала при использовании его в качестве сырья для производства магнезиального цемента является непостоянство химического состава, даже в пределах одного месторождения [6].

В результате геологических процессов доломит разлагается на кальцит и периклаз, который гидратируется и образует брусит Mg(OH)₂. Такая бруситово-кальцитовая порода получила название бруситовый мрамор. Она широко используется как для получения жженной магнезии, так и для получения извести – пушонки [7].

После обжига породы для отделения извести используется ее большая растворимость в воде. Промышленные месторождения бруситового мрамора находятся в Канаде (провинции Онтарио и Квебек) и в России в районе Центрального Алдана (Якутия).

Еще один сырьевой минерал – силикатные породы: змеевики и серпентины общим составом $3\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Такую породу сначала обрабатывают серной кислотой, в результате чего оксид кремния переводят в нерастворимый остаток. Далее раствор обрабатывают содой, осадок карбоната магния отделяют, промывают, сушат и прокаливают. Основные месторождения змеевиков находятся на Кавказе, на Урале и в Казахстане [8].

Высокомагнезиальное сырье, в основном, идет на производство огнеупоров, а для производства строительных материалов остаются породы третьего сорта, с большим количеством примесей. Пыль-унос из вращающихся печей обжига в производстве периклаза, которая является отходом производства, может быть использована в качестве сырья [9].

Условия образования магнезиальных горных пород влияют не только на вид порообразующего минерала, но и на химический состав примесей. Все породы содержат примеси кальцита и доломита, их содержание не должно превышать 8 %, с тем, чтобы в обожженном сырье примесь оксида кальция не была более 4,5 %. Состав других примесей сильно зависит от происхождения минерала. Кристаллические магнезиты древних осадочных толщ обязательно содержат «углисто-хлоритовое» или графитистое вещества, которые наполняются железосодержащими минералами (пиритом, оксидами железа) [9]. Пелитоморфные магнезиты коры выветривания древних ультрабазитов и бруситы, кроме примесей доломита и кальцита, обязательно содержат в разных количествах (до 20 %) серпентиниты (гидросиликаты магния). Породы с высоким

содержанием силикатов для производства огнеупоров непригодны, а для производства магнезиального вяжущего присутствие серпентинитов даже полезно, так как повышает водостойкость цементного камня [10].

1.2 Основные этапы переработки сырья

Технология производства каустического магнезита всегда включает стадию обжига, так как из магнезита необходимо удалить углекислый газ, из бруситов, серпентинитов, морской и озерной рапы – кристаллизационную воду. Обжиг сырья – основная и наиболее ответственная стадия производства магнезиального цемента. Магнезит, при нагревании до 700 – 800 °С, теряет углекислоту и превращается в аморфный оксид магния (α -форма), который называется каустическим магнезитом. Если проводить обжиг при более высокой температуре, оксид магния кристаллизуется в виде периклаза (β -форма). Такой продукт еще называют спекшимся магнезитом. Аморфный оксид магния растворим в воде (особенно содержащей углекислый газ) и кислотах [2].

Кристаллический периклаз отличается большей кислотоупорностью. Он также плохо растворим в воде. Доломит при температуре 735 °С начинает распадаться на CaCO_3 и MgCO_3 , при этом происходит декарбонизация MgCO_3 . Полное разложение доломита при атмосферном давлении заканчивается при 905 °С. В условиях реального производства температура обжига может несколько отличаться в зависимости от природы и количества примесей, а также от условий разложения (например, разложение может происходить в токе углекислого газа или на воздухе). С целью увеличения скорости реакции разложения обжиг обычно проводят на 100 – 150 °С выше расчетной температуры. При недостаточном нагреве часть карбоната магния остается неразложившейся, при пережоге образуется периклаз. В обоих случаях доля активной магнезии (MgO) снижается. Кроме того, при высокой температуре обжига доломита начинается активное разложение карбоната кальция,

образуется свободная известь, снижающая качество магнезиального цемента [11].

А.П. Ваганов [5] предлагает в качестве показателя, определяющего температуру обжига магнезиального сырья, взять удельный вес образующегося оксида магния. Оптимальный удельный вес находится в диапазоне 3,2 – 3,3 г/см³, что соответствует температуре обжига 680 – 900 °С. Э. Кемпбелл [5] приводит данные зависимости сроков гидратации каустического магнезита в зависимости от температуры обжига (рисунок 1).

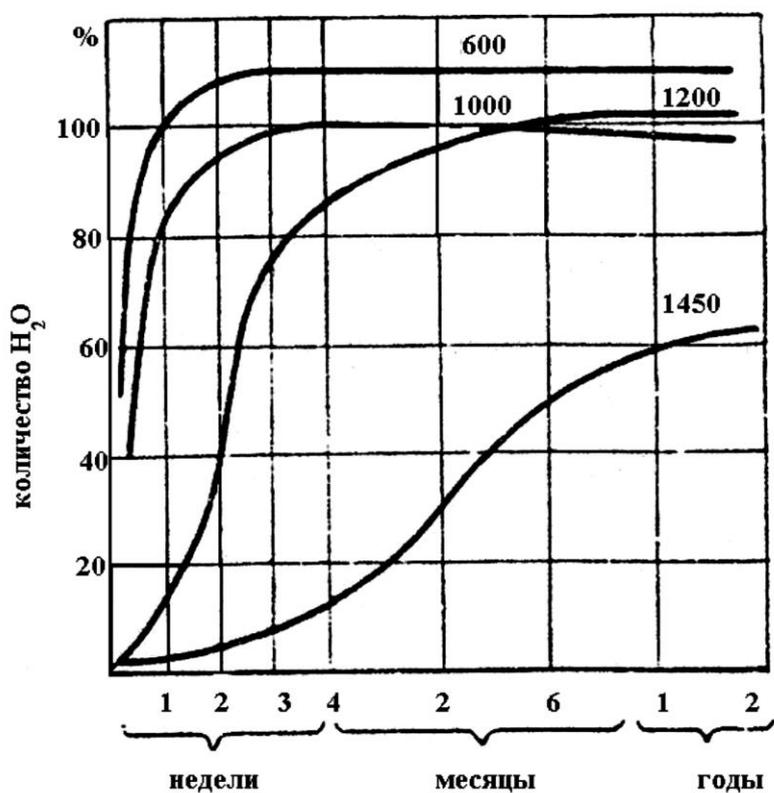
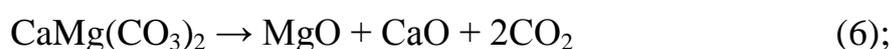


Рисунок 1 – Зависимость сроков гидратации каустического магнезита от температуры обжига

Каустический магнезит, полученный в результате обжига при 1100 °С, полностью гидратируется в течение трех месяцев, тогда как после обжига при 1200 °С гидратация даже через год прошла только на 92 %, через два года – на 95 % и только после трех лет – на 100 %. При температуре обжига 1300 – 1400 оС даже через шесть лет гидратация не была завершена. Для получения

материалов разного назначения обжиг минерального сырья проводят в строго определенном режиме в каждом конкретном случае. Л.Я. Крамар [12] в ходе своих исследований определила предпочтительные режимы обжига сырья различного генезиса с целью получения каустического магнезита, обеспечивающего лучшие прочностные свойства цемента на его основе. Установлено, что при обжиге брусита в интервале температур от 350 до 700 °С образуется не оксид магния, а метабрусит с деформированной решеткой. Легко гидратируется и является очень активным материалом метабрусит. В периклазе метабрусит переходит при повышении температуры обжига до 1000 °С и выше. Изучение адсорбционных свойств оксида магния, полученного обжигом $Mg(OH)_2$ при температурах от 500 до 1000 °С, показало, что температура обжига оказывает значительное влияние на активность, склонность к кристаллизации и удельную поверхность полученного MgO. При температурах обжига 800–900 °С получается, как правило, изотропный продукт, т.е. кристаллы находятся на стадии зародышеобразования. Из этого Л.Я. Крамар делает вывод, что для производства вяжущего строительного назначения обжиг бруситов необходимо вести при температуре не ниже 900 – 1000 °С. В высокомагнезиальных породах при обжиге, кроме основных реакций декарбонизации магнезита и дегидратации брусита, происходит разложение кальцита, доломита и сидерита (карбоната железа) по следующим уравнениям:



Параллельно с этим происходит выделение адсорбционной и химически связанной воды из хлоритов, серпентинитов, а также формирование под действием высокой температуры новых фаз: оксидов железа, феррита кальция, форстерита. При температуре 670 – 900 °С происходит разложение доломита, кальцита, хлоритов, выгорание углистого и графитистого вещества. Оксид

железа может вступить в реакцию с образующимися оксидами. При температуре 1000 °С происходит образование форстерита и двухкальцевого силиката. Происходит интенсивная кристаллизация периклаза, истинная плотность оксида магния достигает 3,45 г/см³. Углисто-графитистые вещества и хлориты, включая и железосодержащие минералы, способствуют ускорению кристаллизации оксида магния, так как реакции с их участием идут с выделением тепла. Протекание в разных кусках сырья различных реакций обуславливается наличием примесей и неоднородности обжигаемого магнезита. В результате получаемый из магнезитов древних осадочных толщ каустический магнезит является неоднородным по степени закристаллизованности и, следовательно, активности.

Скрытокристаллические магнезиты Орско-Халиловского месторождения, магнезиты, образованные при выветривании ультрабазитов, Кульдурский брусит отличаются от кристаллических магнезитов большим содержанием силикатов (серпентинитов) [7]. При температурах 800–950 °С эти минералы полностью теряют химически связанную воду, а при обжиге крупных кусков требуется при еще более высоких температурах. Процесс кристаллизации оксида магния задерживают пары воды. Цемент, полученный из не полностью закристаллизованного сырья, склонен к растрескиванию. Л.Я. Крамар отмечает [12], что устойчивое к растрескиванию вяжущее из бруситовой породы Кульдурского месторождения получается при обжиге выше 1100 °С. Такая высокая температура при обжиге необходима для полного удаления как адсорбированной, так и химически связанной воды.

Термогравиметрический анализ вяжущих, полученных при различной температуре, подтвердил, что полное разложение примесей карбоната кальция и силикатов магния происходит только при температуре выше 1000 °С. Обжиг пелитоморфных магнезитов коры выветривания ультрабазитов проходит в среде, насыщенной углекислым газом и парами воды. Температура обжига для получения среднезакристаллизованного вяжущего должна быть не менее 1100 °С. Для обжига кристаллических магнезитов древних осадочных толщ.

Рекомендуется температура 900–1000 °С с выдержкой 1,5 – 1 час, так как именно при таком режиме вяжущее имеет наибольшую стойкость к растрескиванию. Начало схватывания такого вяжущего наступает через 40 минут, а цементный камень через сутки твердения имеет прочность от 30 до 40 МПа, а в возрасте 28 суток – 50 – 60 МПа. Слабо обожженное сырье содержит в большом количестве аморфный оксид магния, который активно реагирует с водой, при этом выделяется большое количество тепла. Все это приводит к появлению паутиноподобных трещин, такой цементный камень непрочен и может даже рассыпаться на блоки. Образующийся при твердении пентаоксигидрохлорид магния, имея меньшую по сравнению с гидроксидом магния растворимость, начинает кристаллизоваться первым. Реакция протекает быстро, с выделением тепла. Растущие кристаллы пентаоксигидрохлоридов формируют прочные, увеличивающиеся в объеме кристаллические образования. Если скорости реакций гидратации оксида магния и образования пентаоксигидрохлорида будут соизмеримы (что происходит при наличии закристаллизованного MgO), то структура магнезиального камня сформируется преимущественно из пентаоксигидрохлорида, так как пересыщение относительно гидроксида магния будет незначительное. Если же вяжущее является высокоактивным, то скорость гидратации оксида магния будет значительно выше скорости образования пентаоксигидрохлорида. Жидкая фаза будет пересыщена относительно гидроксида магния, и именно он начнет выкристаллизовываться на поверхности кристаллов пентаоксигидрохлоридов. Гидроксид магния начнет перекристаллизовываться при высыхании такого камня, отдавая лишнюю воду и уменьшаясь в объеме, что приведет к усадке материала и к образованию трещин. Следует отметить, что излишне обожженное, сильно закристаллизованное вяжущее образует довольно прочный камень, но в нем в процессе твердения также образуются глубокие сквозные трещины, что приводит к разрушению сформировавшегося камня.

Из всего выше перечисленного можно сделать вывод, что обжиг пород, содержащих пирит, оксиды железа, углисто-хлоритовое и графитистое

вещество, вступающих в процессе обжига в экзотермические реакции, можно вести при температурах 900 – 1000 °С. Это позволяет получать магнезиальное вяжущее средней закристаллизованности. При более высокой температуре (1100 – 1500 °С) необходимо обжигать бруситы и магнезиты коры выветривания ультрабазитов, содержащие в качестве примесей гидросиликаты магния. А.П. Ваганов [5] отмечает, что при использовании для производства магнезиального вяжущего доломита ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), обжиг ведут при температуре, обеспечивающей разложение карбоната магния, но недостаточной для разложения карбоната кальция (разность температур составляет около 170 °С). При этом твердый неразложившийся карбонат кальция образует с остатками неразложившегося карбоната магния твердый раствор. Природа доломита сказывается на прочности магнезиального бетона, приготовленного на его основе. В таблице 2 приведен химический состав доломитов различного происхождения.

Таблица 2 – Химический состав доломита.

Доломит	MgO	CaO	SiO ₂	R ₂ O ₃	Потери при прокаливании, %
Щелковский (московская обл.)	20,1	31,1	1,8	-	47,00
Арчединский (Волгоградская обл.)	20,02	32,99	0,52	0,31	46,51
Исследованный Голлеком	17,4	34,3	1,5	0,6	46,10
Крымский	19,5	1,28			32,29
Изварский (Ленинградская обл.)	21,8	30,3	-	-	47,5

В качестве затворителя для крымского доломита применялась рапа Сакского озера с содержанием хлорида магния 31,5 %, хлорида кальция – 4,83 % и хлоридов натрия и калия – суммарно 0,55 %. Арчединский доломит затворяли рапой озера Эльтон. В последней колонке приведены для сравнения результаты исследования Голлека [5], изучавшего процессы твердения обожженного доломита при затворении водой раствора с песком в отношении 1:3.

Наибольшая прочность получена для бетона на основе Изварского доломита без введения заполнителей. Также хорошая прочность получена для обожженного при 850 °С доломита, состав которого примерно соответствует формуле $3\text{MgO}\cdot 2\text{CaO}\cdot 2\text{CaCO}_3$.

1.3 Использование золошлаковых отходов для производства магнезиальных вяжущих

Опыт применения золошлаковых отходов ТЭС в производстве строительных материалов весьма широк, в частности в производстве пористых заполнителей, строительных растворов, вяжущих материалов, бетонов, дорожных покрытий. Продукция, полученная с использованием в качестве исходного сырья золошлаков может конкурировать с аналогичной продукцией на основе природных материалов за счет низкой стоимости сырья, которая дешевле в среднем на 20 – 25 %. На общую характеристику полученных материалов влияет многообразие золошлаковых отходов, отличающихся по компонентному, химическому, минерально-фазовому составам, свойствам. Это является основными проблемами, сдерживающими применение отходов в производстве строительных материалов. Это обусловлено следующими причинами. На территории России сосредоточен большой запас природных ресурсов, огромное количество техногенных отходов, к вопросу использования которых в качестве альтернативной сырьевой базы отводится мало внимания. Отсутствуют законодательная и нормативно-правовая базы, необходимые для экономического стимулирования предприятий, деятельность которых приводит к образованию отходов. Перед ТЭС задача утилизации отходов не стоит так остро, в силу того, что все затраты на их транспортировку и хранение внесены в себестоимость. Не менее важной проблемой при использовании отходов является их повышенная влажность и несоответствие радиационной безопасности [13].

Накопленный опыт применения зол и шлаков ТЭС в настоящее время имеет огромное значение в производстве строительных материалов. В этом направлении ведутся исследования учеными разных научных школ гг. Новочеркаска, Абакана, Красноярска, Томска. Работы отечественных ученых, занимающихся в данной области, обширны: М.М. Зонхиева и А.Д. Цыремпилова, В.М. Селиванова, Д.Г. Портнягина, Е.А. Яценко, В.А. Смолий и т.д. В данной работе рассматриваются технологические приемы получения магнезиальных вяжущих на основе золошлаковых отходов с использованием затворителя $MgSO_4 \cdot 7H_2O$.

Как видно из данных, приведенных в таблице 3, исследуемые золошлаковые отходы отличаются друг от друга по содержанию оксидов кремния, алюминия и кальция. По количеству которых выделены две группы отходов – высоко- и низкокальциевые отходы ($CaO > 20 \%$ и $CaO < 5 \%$) и высоко- и низкоалюминатные ($Al_2O_3 > 20 \%$ и $Al_2O_3 < 10 \%$).

Таблица 3 – Химический состав золошлаковых отходов

ТЭС города	Содержание оксидов, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	SO ₃	TiO ₂	Δm _{пп}
г. Томск	62,0	19,0	3,3	4,0	3,7	5,7	0,2	0,8	1,3
г. Северск	59,3	23,1	3,0	1,8	2,2	8,4	0,3	0,7	1,2
г. Новосибирск	43,4	9,0	33,5	4,2	0,5	5,1	0,6	0,7	3,0
г. Красноярск	44,4	7,7	31,6	3,6	1,1	7,9	0,5	0,7	2,5

В группу низкокальциевых и высокоалюминатных отходов попадают золошлаки тепловых станций г. Томска и Северска. В группу высококальциевых и низкоалюминатных – золошлаки г. Новосибирска и Красноярска, соответственно.

По фазовому составу исследуемые отходы можно разделить на аморфные с содержанием стеклофазы более 50 мас. % (г. Северск и Красноярск), и кристаллические с содержанием стеклофазы менее 30 мас. % (г.

Томск и Новосибирск). По данным РФА (рисунок 2) установлено присутствие в низкокальциевых отходах кварца и альбита, в высококальциевых кварца и анортита, которые являются характерными для исходного твердого топлива.

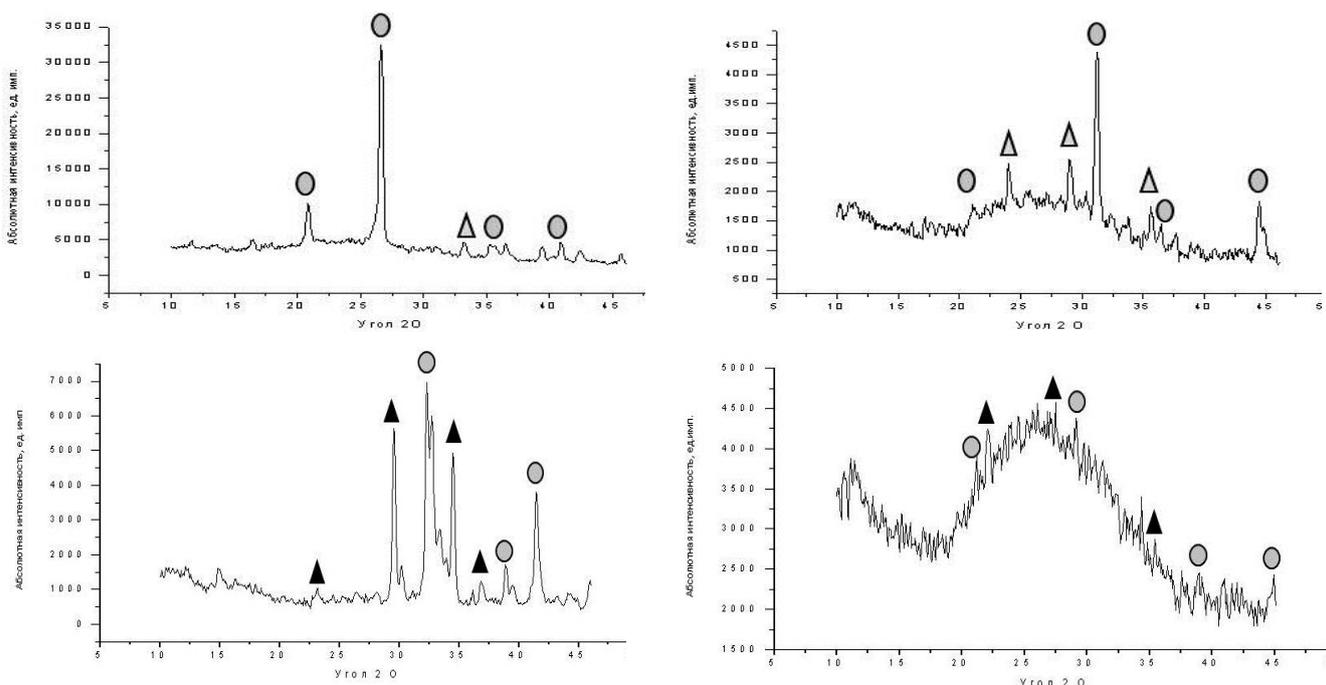


Рисунок 2 – Рентгенограммы золошлаковых отходов ТЭС:
 а) г. Томска, б) г. Северска, в) г. Новосибирска, г) г. Красноярска
 (○ – кварц; △ – альбит, ▲ – анортит)

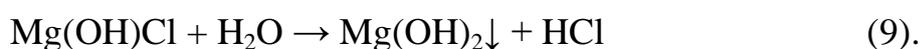
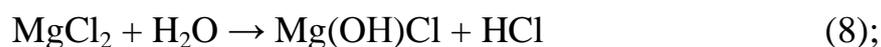
По гранулометрическому составу исследуемые отходы также отличаются, одни из них представлены зернами неправильной остроугольной формы с размером частиц преобладающей фракции от 5,5 до 8 мм (гг. Северск и Красноярск), другие являются более мелкодисперсными и в основном состоят из фракции менее 2,4 мм (гг. Томск и Новосибирск).

1.4 Твердение магниальных вяжущих веществ

Магниальные вяжущие вещества – воздушные вяжущие, при твердении которых в соответствии с кристаллизационной теорией А.А. Байкова

различают 3 стадии – растворение вяжущего, образование насыщенного и пересыщенного раствора; коллоидация, кристаллизация.

Классические представления о химических процессах, протекающих в магнезиальных вяжущих веществах при твердении, обобщенные А.А. Байковым, сводятся к тому, что в начальной стадии процесса идет гидролиз хлорида магния с образованием основной соли $Mg(OH)Cl$ и с последующим её гидролизом до $Mg(OH)_2$:



Растворимость хлорида магния $MgCl_2$ составляет 54,6 г/100 мл H_2O при 25 °С или 73,4 г/100 мл H_2O при 100 °С; растворимость шестиводного хлорида $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ – г/100 мл H_2O при 25 °С [14].

Образующийся по реакции гидролиза $Mg(OH)_2$ одновременно с MgO участвуют в реакциях синтеза сложных гидроксихлоридных соединений.

Каустический магнезит MgO очень медленно взаимодействует с водой – гидратируется с образованием мало растворимого основания – гидроксида магния $Mg(OH)_2$:



Растворимость оксида магния MgO в воде составляет 0,00062 г/100 мл H_2O при 0 °С или 0,0086 г/100 мл H_2O при 30 °С; растворимость $Mg(OH)_2$ – 0,000642 г/100 мл H_2O при 25 °С или 0,004 г/100 мл H_2O при 100 °С. Важно, что растворимость этих соединений увеличивается в присутствии $MgCl_2$ и, что особенно важно, увеличивается различие растворимости MgO и $Mg(OH)_2$ [14].

Гидроксид магния $Mg(OH)_2$ образуется в водной среде две форму осадка – первоначально образуется гель-осадок, который превращается затем в аморфный осадок (метастабильная форма осадка), который со временем очень

медленно кристаллизуется в виде гексагональных пластинок брусита (стабильная форма осадка) с образованием структуры малой прочности, что объясняется отсутствием у $Mg(OH)_2$ вяжущих свойств.

Установлено, что скорость взаимодействия оксида магния с водой в присутствии солей $MgCl_2$ или $MgSO_4$ увеличивается вследствие повышенной растворимости MgO в указанных растворах. Ускоряющее действие солей магния на процессы гидратации MgO объясняется тем, что в результате взаимодействия оксида магния с водой он растворяется с поверхности зерен и переходит в раствор, где соединяется с водой образует менее растворимый в воде $Mg(OH)_2$. В результате чего раствор становится пересыщенным относительно $Mg(OH)_2$, и он выпадает из раствора в виде аморфного осадка, покрывающего поверхность зерен MgO , и препятствует их дальнейшему взаимодействию с водой. А в присутствии солей магния в растворе $Mg(OH)_2$ взаимодействует с солями с образованием комплексных соединений (т.е. $Mg(OH)_2$ выводится из раствора, и новые порции MgO растворяются в воде).

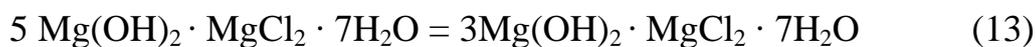
На заключительной стадии процесса твердения магнезиального вяжущего вещества происходит образование гидроксихлоридов магния по реакциям:



или



Пентагидроксихлорид магния $5Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 7H_2O$ метастабилен и постепенно превращается в $3Mg(OH)_2 \cdot MgCl_2 \cdot 7H_2O$ и вторичный $Mg(OH)_2$ по реакции:



Тригидроксихлорид магния $3\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ кристаллизуется в виде игл и волокон, создавая прочный каркас твердеющей магнезиальной системы.

Выделяющийся при разложении пентагидроксихлорида магния вторичный гидроксид магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$ не связан с процессами гидратации зерен MgO , поэтому он не замедляет скорость их гидратации и вторичный $\text{Mg}(\text{OH})_2$ активнее кристаллизуется в брусит (при наличии в твердеющей системе большого количества разнообразных кристаллических фаз).

Первоначальные кристаллы брусита и особенно более мелкие кристаллы вторичного брусита уплотняют формирующуюся кристаллическую матрицу обеспечивая более высокие показатели прочностных характеристик затвердевшему магнезиальному вяжущему.

Присутствие в конечных продуктах гидратации вяжущего тригидроксихлоридов ($3\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) или тригидроксисульфатов ($3\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) магния, которые способны растворяться в воде, объясняет низкую водостойкость изделий из магнезиального цемента. Вопрос о возможности использования затворителя закономерно возникает при производстве магнезиального вяжущего, который был бы активен по отношению к MgO и образовывал бы продукты гидратации не растворимые в воде и обеспечивающие формирование структуры изделий с прочностью, не уступающей прочности изделий из классического магнезиального цемента. При использовании в качестве жидкости затворения водного раствора бикарбоната магния $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ при следующем соотношении: каустический магнезит – 60-75 %, водный раствор $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ – 25-40 %, решается ответ на поставленный вопрос нами ранее вопрос.

При взаимодействии каустического магнезита с водным раствором $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ сначала протекает реакция гидратации:



Образовавшийся гидроксид магния далее взаимодействует с бикарбонатом магния по реакции:



с образованием гидрата гидрокарбоната магния и диоксида углерода, который вступая во взаимодействие с избытком гидроксида магния, образует вторичный бикарбонат магния:



Вторичный бикарбонат магния вновь взаимодействует с гидроксидом магния по реакции (15) с образованием новой порции гидрата гидрокарбоната магния, который вместе с гидроксидом магния образует первичные продукты гидратации магнезиального цемента, обеспечивающих его твердение в процессе перекристаллизации первичных коллоидных продуктов в кристаллическое состояние.

Таким образом, в результате последовательного и циклического протекания реакций (14, 15, 16) в цементном камне образуются две основные кристаллические фазы – гидроксид магния и гидрат гидрокарбоната магния, количественное соотношение между которыми предопределяется содержанием бикарбоната магния в жидкости затворения. Отсутствие растворимых соединений в цементном камне из такого вяжущего [12] предопределяет его повышенную водостойкость с коэффициентом водостойкости 1,1-1,4 и такой цементный камень твердеет с увеличением прочности не только в воздушной среде с относительной влажностью более 75 %, но и в воде после предварительного твердения на воздухе в течение 3-7 суток.

Существенным преимуществом такого вяжущего является возможность использования лежалого каустического магнезита с содержанием активного оксида магния более 40%. Порошок лежалого магнезита может содержать в

своем составе кроме MgO также Mg(OH)₂ и MgCO₃, образующихся при взаимодействии MgO с влагой и углекислотой воздуха. Примеси Mg(OH)₂ и MgCO₃ не снижают активности взаимодействия порошка лежалого магнезита с раствором бикарбоната магния, так как взаимодействие Mg(OH)₂ с Mg(HCO₃)₂ протекает по реакции (15, 16), а MgCO₃ взаимодействует с диоксидом углерода, образующимся при протекании реакции (15), по реакции:



и получаемый бикарбонат магния далее взаимодействует с Mg(OH)₂ по реакции (15).

1.5 Влияние затворителей на физико-механические свойства магнезиальных вяжущих и их свойства

Особенностью магнезиальных вяжущих является то, что они затворяются растворами хлористых и сернокислотных солей, а не водой.

Скорость твердения увеличивается за счет введения добавок солей магния. Каустический магнезит и доломит твердеют медленно при затворении водой, при этом достигается невысокая прочность, а при затворении растворами солей – высокопрочное изделие[15].

Наиболее распространенным затворителем магнезиальных вяжущих является раствор хлорида магния – MgCl₂·6H₂O. Раствор хлорида магния получают из рапы (сгущенной испарением озерной воды) или как отход при производстве хлорида калия из карналлита MgCl₂·KCl·6H₂O, а также растворением каустического магнезита в соляной кислоте. На практике применяемая концентрация раствора колеблется от 1,09 до 1,26 г/см³ [16].

Строительные растворы на магнезиальном вяжущем с применением в качестве затворителя MgCl₂·6H₂O отличается повышенной гигроскопичностью,

что вынуждает в отдельных случаях применять другой вид затворителя, например сернокислый магний.

Сернокислый магний ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) получают так же, как и хлористый магний, из маточных растворов соляных озер, твердых отложений и путем растворения каустического магнезита в серной кислоте; можно получать его и из бисульфата натрия (NaHSO_4) путем нейтрализации каустическим магнезитом. Состав магнезиального цемента при использовании сернокислотного магнезита составляет в среднем 80-84 % MgO и 16-20 % MgSO_4 , считая на обезвоженный MgSO_4 . Гигроскопичность магнезиального цемента на растворе сернокислого магнезита, чем на хлористом магнезита. Применяемая на практике концентрация колеблется в пределах от 1,11 до 1,16 г/см³ [17].

Для того чтобы понизить гигроскопичность и повысить водостойкость затвердевшего магнезиального вяжущего вместе с хлористым магнезием применяют железный купорос FeSO_4 . Добавка его ускоряет схватывание цемента и уменьшает возможность образования выцветов на готовых изделиях.

Затворение каустического магнезита, раствором хлорида магнезита часть оксида магнезита сначала растворяется до образования насыщенного по отношению к оксиду магнезита и пересыщенного по отношению к гидроксиду магнезита раствора, из которого выделяется гидроксид магнезита. Гидроксид магнезита, образующийся при этом частично участвует в образовании пентаоксигидрохлорида магнезита состава – $\text{MgCl}_2 \cdot 5\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. По мнению различных авторов «n» может изменяться в пределах от 7 до 13 [18].

При дальнейшем твердении метастабильный оксигидрохлорид $\text{MgCl}_2 \cdot 5\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ перекристаллизовывается в стабильный оксигидрохлорид состава – $\text{MgCl}_2 \cdot 3\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Таким образом, в затвердевшем каустическом магнезита, каустическом доломите установлено наличие как оксигидрохлоридов магнезита, так и гидроксида магнезита.

При использовании для затворения магниального вяжущего раствора $MgSO_4$, образуется комплексный гидрат $MgSO_4 \cdot 5Mg(OH)_2 \cdot 3H_2O$; при температуре выше $50^\circ C$ это соединение превращается $MgSO_4 \cdot 3Mg(OH)_2 \cdot 8H_2O$.

В качестве затворителей для магниальных вяжущих могут также использоваться отходы при извлечении брома из морских озер и искусственный карналлит, растворы соляной и серной кислот [19].

2 Экспериментальная часть

Смешанные вяжущие вещества, включающие в себя оксид магния, золошлаковые отходы и магний серноокислый (7-водный), сложны для изучения в силу своей связности и химических особенностей состава каждого из сырьевых компонентов. Исследовать химические взаимодействия, протекающие в процессе гидратации и твердения смешанного вяжущего возможно с привлечением комплекса методов химического, физико-химического анализов и физико-механических испытаний. Фазовый состав и структуры исследуемых материалов изучены с привлечением рентгенофазового метода анализа.

2.1 Объекты исследования

2.1.1 Каустический магнезит

Химический состав магнезита представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Химический состав исходного и прокаленного магнезита

Материал	Содержание оксидов, мас. %							
	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MnO	Δm _{пр}	Сумма
Исходный	46,88	1,60	0,59	0,85	0,80	0,29	50,29	100
Прокаленный	77,62	3,18	-	4,24	-	-	16,94*	100

Каустический магнезит получали обжигом при температуре 800 °С высокомагнезиальной породы – магнезит Савинского месторождения, г. Иркутск.

* – потери при прокаливании каустического магнезита, обожженного при 800 °С, связаны с наличием неразложившегося MgCO₃ дефектной структуры.

2.1.2 Золошлаковые отходы

В работе использовали золошлаковые отходы Северной ТЭС. Химический состав золы представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Химический состав золошлаковых отходов

ТЭС города	Содержание оксидов, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	SO ₃	TiO ₂	Δm _{тип}
г. Томск	62,0	19,0	3,3	4,0	3,7	5,7	0,2	0,8	1,3
г. Северск	59,3	23,1	3,0	1,8	2,2	8,4	0,3	0,7	1,2
г. Новосибирск	43,4	9,0	33,5	4,2	0,5	5,1	0,6	0,7	3,0
г. Красноярск	44,4	7,7	31,6	3,6	1,1	7,9	0,5	0,7	2,5

2.1.3 Затворитель – раствор MgSO₄ · 7H₂O

Магнезиальные вяжущие затворяли раствором сернокислого магния (7-водного) плотностью 1240 кг/м³. Для приготовления рабочих растворов использовали сернокислый магний (7-водный). Расход MgSO₄ · 7H₂O составил 0,664 кг на 1 л раствора. Концентрация данного раствора 1,24 г/л.

2.2 Методы исследования

Методики исследования физико-механических свойств использованные при выполнении работы представлены в таблице 6. Методы представлены с привлечением традиционных и утвержденных Госкомитетом по стандартизации методик.

Таблица 6 – Методика исследования физико-механических свойств

Наименование свойств	Метод/Методика ГОСТ
Удельная поверхность, см ² /г	прибор ПСХ-2
Коэффициент водостойкости, %	По технологии
Предел прочности при сжатии, кг/см (МПа)	ГОСТ 310.4-81

2.2.1 Определение удельной поверхности каустического магнезита

Для определения величины удельной поверхности каустического магнезита необходимо высушить материал до воздушно-сухого состояния, охладить до комнатной температуры и взвесить с точностью до 0,01 г пробу весом $P = 3,33 \gamma_2$ (величина навески для каустического магнезита 9,32 г; γ – удельный вес материала).

Необходимо положить в кювету кружок фильтровальной бумаги, вырезанной по внутреннему диаметру кюветы, и высыпать на него навеску, предназначенную для испытания. Легким постукиванием разровнять слой, покрыть сверху вторым кружком фильтровальной бумаги и уплотнить плунжером при нажатии рукой. С помощью нониуса на планке плунжера и шкалы на внешней поверхности кюветы измерить высоту слоя материала L . Удалить плунжер из кюветы, открыть кран и посредством груши создать разрежение под слоем материала. Это разрежение должно быть таким, чтобы жидкость в манометре поднялась до уровня верхней колбочки. Закрыть кран. Измерить по секундомеру время T (в секундах) прохождения мениска жидкости в манометре между двумя рисками (при быстром оседании столба жидкости – между рисками 3-4; при медленном оседании – между рисками 1-2). Записать температуру воздуха [20].

Для расчета величины удельной поверхности следует по измеренным значениям высоты слоя (L) и температуры воздуха (t^0) определяем величину M . По измеренному времени T (сек) находим значение корня квадратного из T (\sqrt{T}). Произвести вычисление удельной поверхности по формуле:

$$S = K \frac{M\sqrt{T}}{P} \text{ см}^2/\text{г}, \quad (18)$$

где K – постоянная прибора ($K_{1-2} = 21,83$);

P – величина навески, 9,324 г.

2.2.2 Определение кажущейся плотности опытного образца

Для определения кажущейся плотности материала необходимо знать его массу и объем и если материал имеет правильную геометрическую форму.

Образец взвешивается на технических весах для определения массы (m) и измеряется его объем по формуле (для образцов кубиков):

$$V = a \cdot b \cdot h, \text{ см}^3 \quad (19)$$

где a – высота опытного образца, см;

b – ширина опытного образца, см;

h – высота опытного образца, см.

Кажущаяся плотность определяется по формуле:

$$\rho = \frac{V}{m}, \text{ см}^3/\text{г} \quad (20)$$

где m – масса образца, г.

2.2.3 Определение предела прочности при сжатии

Каустический магнезит, с добавкой или без, затворяется раствором $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ при соотношении раствор-затворитель: 1:2,8 до 1:4,1. Раствор тщательно перемешивается лопаткой и выкладывается в форму, где уплотняется трамбованием. Образцы оставались в формах для предварительного твердения на 24 часа в условиях воздушно-сухой среды. Затем образцы подвергались распаковке и помещались в воздушную и воздушно-влажную среду.

Через 7, 14, 28 суток твердения образцов измеряются линейные размеры, и кубики испытываются на гидравлическом прессе для определения предела прочности при сжатии. Расчет предела прочности при сжатии производится по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P_{ман} \cdot F_{порш}}{S_{обр}} \quad (21)$$

где $R_{сж}$ – предел прочности при сжатии, кг/см²;

$P_{ман}$ – показания манометра, кг/см²;

$F_{порш}$ – площадь рабочего поршня пресса, см² (50);

$S_{обр}$ – площадь образца, см².

2.2.4 Определение водостойкости магнезиального вяжущего вещества

Водостойкость материала оценивается по коэффициенту водостойкости, определяемого как отношение предела прочности при сжатии образца, твердеющего в воздушно-влажной среде к пределу прочности при сжатии образца, твердеющего в воздушной среде, и рассчитывается по формуле:

$$K_{вод} = \frac{R_{сж}^{в-вл}}{R_{сж}^{в-сух}} \quad (22)$$

где $R_{сж}^{в-вл}$ – предел прочности при сжатии образца, твердеющего в воздушно-влажной среде, МПа;

$R_{сж}^{в-сух}$ – предел прочности при сжатии образца, твердеющего в воздушно-сухой среде, Мпа.

2.2.5 Рентгенофазовый анализ

Рентгенофазовый анализ основан на физическом явлении дифракции рентгеновских лучей на кристаллической решетки веществ, возможной вследствие между атомами в пространственной решетке [20].

Определение природы вещества по наблюдаемой дифракционной картине есть суть рентгенофазового анализа (РФА). Качественный РФА проводят путем сравнения экспериментальных значений межплоскостных расстояний и относительных интенсивностей значений с эталонными рентгенограммами.

Рентгенограммы регистрировались на дифрактометре «Дрон-3,0» с порошкообразных образцов. Источником излучения служила рентгеновская трубка 1,2 БСВ-19 с медным анодом и никелевым фильтром, работающая в режиме: напряжение 35 кВ, ток 25 мА, скорость гониометра 4 град/мин.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4ГМ5В	Ильина Кристина Викторовна

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

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Амортизация специального оборудования составила 6342 рублей, итоговая плановая себестоимость НИ 211899,7 рублей.</i>
<i>2. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений</i>	<i>Отчисления на социальные нужды (30,2%) составила 46594,9 рублей.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ</i>	<i>1.1. Потенциальные потребители результатов исследования</i> <i>1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i> <i>1.3. SWOT – анализ</i> <i>1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации</i> <i>1.5. Метод коммерциализации результатов научно-технического исследования</i>
<i>2. Планирование научно-исследовательских работ</i>	<i>2.1. Структура работ в рамках исследования</i> <i>2.2. Организационная структура проекта</i>
<i>3. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>3.1. Иерархическая структура проекта</i> <i>3.2. Контрольные события проекта</i> <i>3.3. Разработка графика научного исследования</i> <i>3.4. Бюджет научного исследования</i> <i>3.5. Основная зарплата исполнителей работы</i> <i>3.6. Страховые отчисления</i> <i>3.7. Накладные расходы</i> <i>3.8. Формирование бюджета затрат НИИ</i>
<i>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>4.1. Оценка сравнительной эффективности исследования</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Карта сегментирования рынка
2. Иерархическая структура работ проекта
3. Календарный план-график проведения НИОКР
4. Организационная структура проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

03.03.2017

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЕН	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ5В	Ильина Кристина Викторовна		

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Предпроектный анализ

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

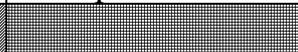
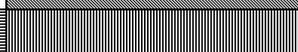
Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

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 [22].

Целесообразно выбрать два наиболее значимых критерия: размер компании и отрасль, по которым будет производиться сегментирование рынка (таблица 9).

Таблица 9 – Карта сегментирования рынка

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

	RHI AG (Германия)		Евроцемент групп (Россия)
	ОАО "Семилукский огнеупорный завод" (Россия)		НИИ
	Lafarge (Франция)		
	Holcim (Швейцария)		

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (23)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; B_i – веспоказателя (в долях единицы); B_i – балл i -го показателя.

Оценочная карта конкурентных товаров и разработок представлена в таблице 10.

Магнезиальный цемент	Страна	Производитель
1. Магнезиальный цемент на основе природного сырья (B_{ϕ})	Россия	НИ ТПУ г. Томск
2. Магнезиальный цемент ($B_{к1}$)	Франция	Lafarge
3. Огнеупорный магнезиальный цемент ($B_{к2}$)	Германия	RHI AG

Таблица 10 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	$B_{к1}$	$B_{к2}$	K_{ϕ}	$K_{к1}$	$K_{к2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Механическая прочность	0,20	5	4	4	1	0,8	0,8
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,07	4	5	5	0,28	0,35	0,35
3. Время схватывания	0,10	5	4	3	0,5	0,4	0,3
4. Водостойкость	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28

Продолжение таблицы 10.

1	2	3	4	5	6	7	8
5. Структура поверхности	0,10	5	4	4	0,5	0,4	0,4
6. Безопасность	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
Итого	0,61	29	25	24	1,98	2,51	2,41

3.1.3 SWOT – анализ

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

Таблица 11 - 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	инвесторов, чтобы данная разработка нашла применение в строительной отрасли.	территории России. Соответственно, из-за незаинтересованности потенциальных потребителей отсутствует

Продолжение таблицы 11.

государственном уровне		финансирование и необходимое оборудование для дальнейшего развития
Угрозы: У1. Высокая стоимость и дефицит солей магния У2. Пониженная водостойкость и воздухоустойкость полученных материалов У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции	Производство магнезиального цемента осложняется из-за недостаточного объема производства каустического магнезита и каустического доломита, высокая стоимость и дефицитность солей магния, растворы которых применяются в качестве затворителей, а также пониженная водостойкость и воздухоустойкость материалов и изделий на основе магнезиальных вяжущих веществ. Для решения проблем дефицита солей магния и дороговизны, применяемых затворителей необходимо найти поставщиков сырья отвечающих всем требованиям производства магнезиального цемента.	Отсутствие финансирования и незаинтересованность потенциальных потребителей в научной разработке является проблемой для дальнейшего ее развития. Следует выработать маркетинговую стратегию в области продвижения российского магнезиального цемента на рынок.

3.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (24)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению; B_i – балл по i -му показателю.

Сводная оценка готовности научной разработки к коммерциализации представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации задела	5	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	3
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	3
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	4
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	5	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	2
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	4
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	4	3
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	4
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3

Продолжение таблицы 12

14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	4
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	Итого	58	52

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Значение степени проработанности научного проекта составило 58, что говорит о перспективной разработке, а знания разработчика достаточны для успешной ее коммерциализации. Значение уровня имеющихся знаний у разработчика составило 52 – перспективность выше среднего.

3.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Методом коммерциализации научной разработки были выбраны торговля патентными лицензиями, инжиниринг и передача интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия.

Данные методы предоставят возможность внедрить разработку на все уровни рынка сбыта. Торговля патентами и передача интеллектуальной собственности предполагает использования объектов исследования на лицензионной основе и распространение разработки, как на предприятие, так и в научно-исследовательские университеты. Инжиниринг предоставит возможность внедрения разработки непосредственно на производство.

3.2 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.

Организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Строительная промышленность	Получить водостойкий магнезиальный цемент
Научно-исследовательские институты	Получение магнезиального цемента на основе природного сырья

В таблице 14 представлена информация об иерархии целей проекта и их критериях достижения.

Таблица 14 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Получение магнезиального цемента на основе природного сырья
Ожидаемые результаты проекта:	Существенно улучшить технико-экономические показатели
Критерии приемки результата проекта:	Положительное влияние затворителя на качество полученного магнезиального цемента
Требования к результату проекта:	Требование:
	Получение сырьевых смесей отвечающих требованиям исследования

В таблице 15 представлена рабочая группа данного проекта

Таблица 15 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Трудозатраты, час
1	Эрдман Светлана Владимировна, НИ ТПУ, доцент кафедры ОХХТ, руководитель проекта	Координирует деятельность участников проекта	132
2	Горлушко Дмитрий Александрович, НИ ТПУ, доцент кафедры ОХХТ, консультант	Консультирует и координирует деятельность участников проекта	132
3	Ильина Кристина Викторовна, НИ ТПУ, кафедра ОХХТ, магистрант	Выполняет отдельные работы по проекту	1182
ИТОГО:			1446

Факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же «границы проекта» представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта	211899,7 руб.
Источник финансирования	НИ ТПУ
Сроки проекта:	1.09.2016 – 31.05.2017
Дата утверждения плана управления проектом	1.09.2016
Дата завершения проекта	31.05.2017

3.3 Планирование управления научно-техническим проектом

3.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Для детализации структуры исследования была составлена иерархическая структура работ (рисунок 4).

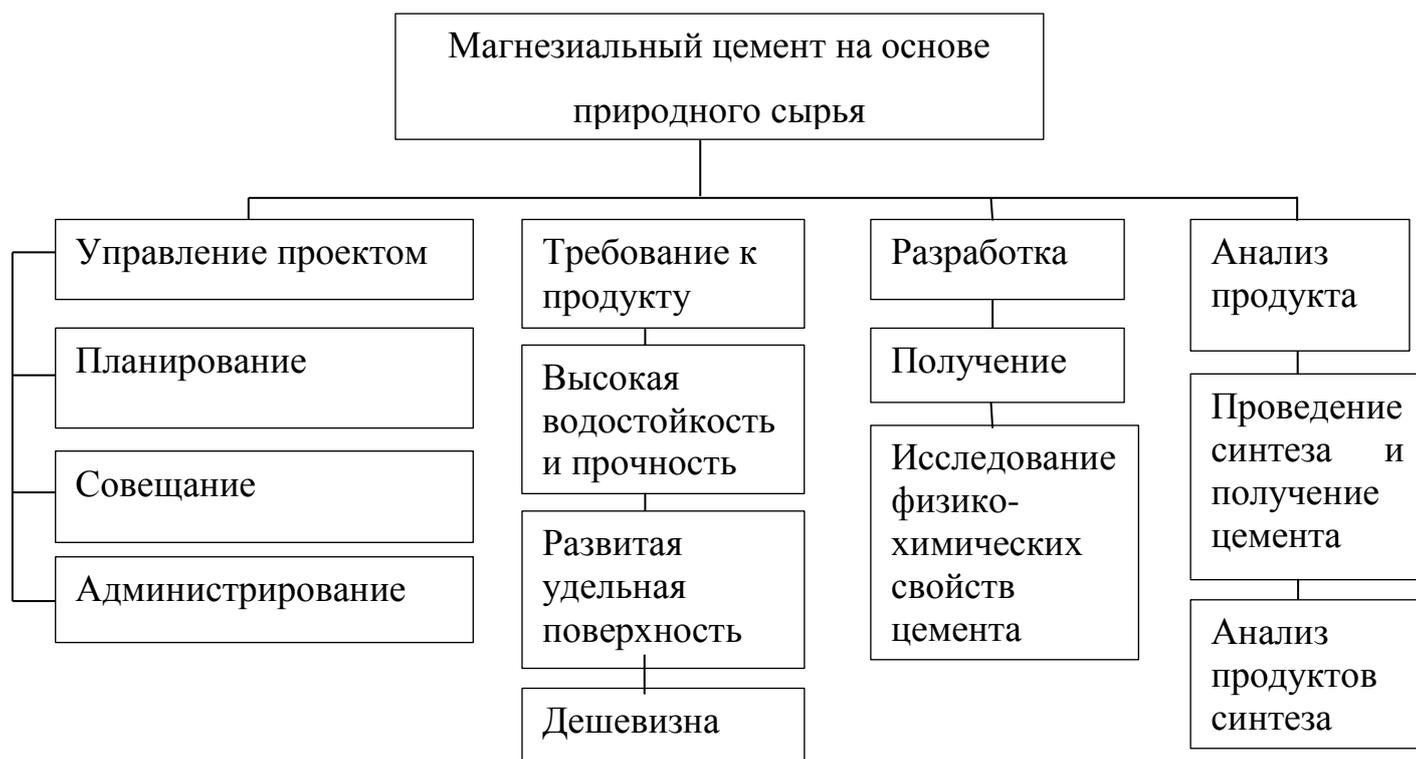


Рисунок 4 – Иерархическая структура работ

3.3.2 Контрольные события проекта

Ключевые события проекта, их даты и результаты представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольные события	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Получение материалов необходимых для проведения анализа	25.10.2015	Бланк с наименованием материалов

Продолжение таблицы 17

2	Подбор сырьевых смесей для получения магнезиального цемента	06.02.2016	Бланк с результатами исследования
3	Анализ и оценка влияние затворителя на свойства магнезиального цемента	23.02.2016	Бланк с результатами исследования
4	Исследование физико-химических процессов взаимодействия компонентов при твердении смешанных магнезиальных вяжущих веществ	10.03.2016	Бланк с результатами исследования
5	Исследование состава и свойств золошлаковых отходов ТЭЦ	25.03.2016	Бланк с результатами исследования
6	Исследование механической прочности полученных образцов	02.04.2016	Бланк с результатами исследования
7	Исследование водостойкости при твердении	05.10.2017	Бланк с результатами исследования
8	Рентгенофазовый анализ образцов	10.12.2017	Рентгенограммы

3.3.3 План проекта

Календарный план проекта исследования ультражелезных катализаторов представлена в таблице 18.

Таблица 18 – Календарный план проекта.

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Проведение литературного обзора	45	07.09.16	22.10.16	Ильина К.В.
2	Теоретический анализ	25	23.10.16	17.11.16	Ильина К.В.
3	Постановка задачи исследования	7	18.11.16	25.11.16	Эрдман С.В Горлушко Д.А Ильина К.В.

Продолжение таблицы 18

4	Подбор сырьевых смесей для получения магнезиального цемента	14	26.11.16	10.12.16	Ильина К.В.
5	Анализ и оценка влияния затворителя на свойства магнезиального цемента	14	11.12.16	25.12.16	Ильина К.В.
6	Исследование физико-химических процессов взаимодействия компонентов при твердении смешанных магнезиальных вяжущих веществ	14	15.02.17	28.02.17	Ильина К.В.
7	Исследование состава и свойств золошлаковых отходов ТЭЦ	7	01.03.17	09.03.17	Ильина К.В.
8	Исследование механической прочности образцов	15	10.03.17	25.03.17	Ильина К.В.
9	Исследование водостойкости при твердении	7	28.03.17	04.04.17	Ильина К.В.
10	Рентгенофазовый анализ образцов	8	05.04.17	13.04.17	Эрдман С.В Горлушко Д.А Ильина К.В.
11	Сравнение результатов полученных образцов с использованием затворителя	1,6	14.04.17	15.04.17	Горлушко Д.А Ильина К.В.
12	Детальный анализ исследуемых образцов	7	18.04.17	25.04.17	Горлушко Д.А Ильина К.В.
13	Результаты и обсуждения	10	26.04.17	06.05.17	Эрдман С.В Ильина К.В.

Продолжение таблицы 18

14	Оформление работы	17	10.05.17	27.05.17	Ильина К.В.
15	Разработка презентации и раздаточного материала	5	30.05.17	03.06.17	Эрдман С.В Горлушко Д.А Ильина К.В.
Итого		197			

Для данной НИР выбран линейный график планирования (таблица 19), так как работа выполняется последовательно, она характеризуется сравнительно небольшим количеством этапов и относится к простым.

Таблица 19 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме: «Получение магнизиальных веществ на основе природного сырья»

Код работ ы (из ИСП)	Вид работ	Исполнители	Т _к раб, дн.	Продолжительность выполнения работ																																			
				Сент.			Окт.			Нояб.			Дек.			Янв.			Фев.			Март			Апр.			Май			Июнь								
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3									
1	Проведение литературного обзора	Магистрант	45	■																																			
2	Теоретический анализ	Магистрант	25										■																										
3	Постановка задачи исследования	Руководитель, консультант, магистрант	7										■			■			■																				
4	Экспериментальная часть	Магистрант	88										■																										
5	Результаты и обсуждения	Руководитель, консультант, магистрант	10																			■			■			■											
6	Оформление работы	Магистрант	17																												■								
7	Разработка презентации и раздаточного материала	Руководитель, консультант, магистрант	5																												■			■			■		

Руководитель
 Консультант
 Магистрант

3.3.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. Результаты по данной статье заносятся в таблицы 30, 31, 32.

Таблица 20 – Расчет затрат на сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

№ п/п	Наименование затрат	Единица измерений	Расход	Цена за ед., руб	Сумма, руб
1	Сернокислый магний	кг	1	200,00	200,00
2	Магнезит	кг	1	150,00	150,00
3	Бумага А4	упаковка	2	270,00	540,00
4	Ручка	шт.	5	35,00	175,00
5	Тетрадь (96 листов)	шт.	1	50,00	50,00
6	РФА	кол-во	3	250	750
Итого					1865

Таблица 21 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во	Стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Амортизация, руб
1	Пневматический пресс	1	45920	10	4592
2	Компьютер	1	35000	5	1750
Итого			80920		6342

Таблица 22 – Расчет энергетических затрат

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Время, ч	Энергозатраты за период выполнения проекта, кВт·ч	Затраты на энергию за период выполнения проекта, руб (5,8 руб/кВт)
Компьютер	0,350	1182	413,2	2399,46
Пневматический пресс	0,295	240	70,8	410,64
Итого				2810,1

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 25.

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

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (25)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} \quad (26)$$

где $Z_{осн}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; М – количество месяцев работы без отпуска в течение года: - при отпуске в 24 раб. дня М = 11,2 месяца, 5-дневная неделя; – при отпуске в 48 раб. дней М = 10,4 месяца, 6-дневная неделя; $F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 23 – Баланс рабочего времени одного исполнителя НИР за 2016-2017 учебный год

Показатели рабочего времени	Исполнитель
Календарное число дней	365
Количество нерабочих дней	
– выходные дни	52
– праздничные дни	14
Номинальный фонд рабочего времени	299
Потери рабочего времени	
– отпуск	48
– невыходы по болезни	10
Эффективный фонд рабочего времени	241

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_6 \cdot (k_{пр} + k_д) \cdot k_p \quad (27)$$

где Z_6 – базовый оклад, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда); $k_д$ – 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).

$$Z_{M(н.рук)} = 26300 \cdot 1,12 \cdot 1,3 = 38292,8$$

$$Z_{M(конс)} = 26300 \cdot 1,12 \cdot 1,3 = 38292,8$$

$$Z_{M(исп)} = 6590 \cdot 1,12 \cdot 1,3 = 9595,04$$

Среднедневная заработная плата:

$$Z_{дн(н.рук)} = \frac{38292,8 \cdot 10,4}{241} = 1652,5 \text{ руб.};$$

$$Z_{дн(конс)} = \frac{38292,8 \cdot 10,4}{241} = 1652,5 \text{ руб.};$$

$$Z_{дн(исп)} = \frac{9595,04 \cdot 10,4}{241} = 414,1 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда.

$$Z_{осн(н.рук)} = 1652,5 \cdot 22 = 36355 \text{ руб.};$$

$$Z_{осн(конс)} = 1652,5 \cdot 22 = 36355 \text{ руб.};$$

$$Z_{осн(исп)} = 414,1 \cdot 197 = 81577,7 \text{ руб.}$$

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 24.

Таблица 24 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	к _{пр}	к _р	З _м , руб	З _{дн} , руб	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб
Руководитель	26300	1,12	1,3	38292,8	1652,5	22	36355
Консультант	26300	1,12	1,3	38292,8	1652,5	22	36355
Магистрант	6590	1,12	1,3	9595,04	414,1	197	81577,7

Рассчитываем отчисления на социальные нужды (30,2%):

Таблица 25 – Заработанная плата исполнителей НИР

	Заработная плата, руб	Социальные отчисления, руб
Руководитель	36355	10979,2
Консультант	36355	10979,2
Магистрант	81577,7	24636,5
Итого	154287,7	46594,9

Рассчитаем все затраты на выполнение исследовательской работы (таблица 26).

Таблица 26 – Группировка затрат по статьям

Вид работ	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Энергозатраты	Основная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
	1865	6342	2810,1	154287,7	46594,9	211899,7

3.4 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная.

Наиболее подходящей организационной структурой данной работы является проектная, представленная на рисунке 5.

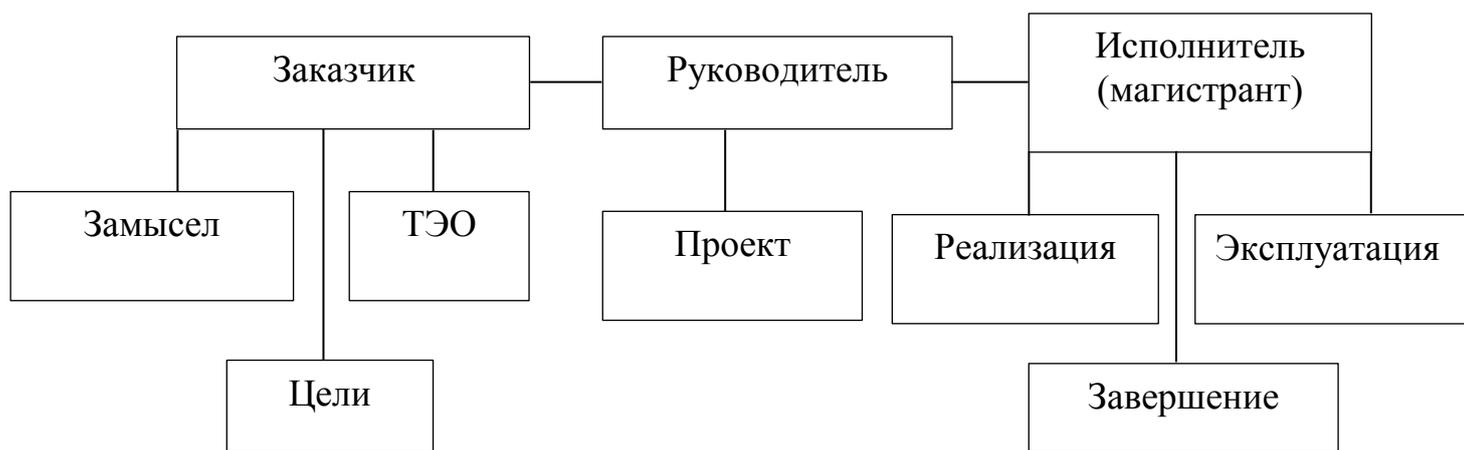


Рисунок 5 – Организационная структура проекта

3.4.1 Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности (таблица 27).

Таблица 27 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Руководитель	Консультант	Магистрант
Проведение литературного обзора	О	С	И
Теоретический анализ	О	С	И
Постановка задачи исследования	О	И	И
Экспериментальная часть	О	С	И
Результаты и обсуждения	О	С	И
Оформление работы	О	С	И
Разработка презентации и раздаточного материала	О	С	И

Степень участия в проекте:

Ответственный (О) – лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Согласующее лицо (С) – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.

3.4.2 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 28).

Таблица 28 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Консультант	Руководителю	Ежеквартально (первая декада квартала)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Магистрант	Участникам проекта	Еженедельно (пятница)
3.	Документы и информация по проекту	Магистрант	Консультанту Магистранту	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Магистрант	Руководителю Консультанту	Не позже дня контрольного события по плану управления

3.4.3 Реестр рисков проекта

Риски, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия (нежелательные эффекты), проанализированы в таблице 29.

Таблица 29 – Реестр рисков

№ п/п	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Наличие примесей	Снижение активности затворителя	2	5	Проверка и чистка оборудования	Загрязнение и не исправность оборудования
2	Не соблюдение условий эксперимента	Снижение качества продукта	2	5	Контроль процесса	Невнимательность работника
3	Отсутствие финансирования	Не хватка денежных средств для проведения исследований	1	4	Привлечение инвестора	Сокращение бюджета
4	Не востребованность исследования	Отсутствие рынка сбыта	1	5	Поддержание актуальности разработки	Отсутствие новизны и востребованности исследования

3.5 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.

Свод затрат по статьям налогов представлен в таблице 30.

Таблица 30 – Группировка затрат по статьям аналогов разработки

Наименование статьи	Сумма, руб		
	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1. Материальные затраты НТИ	1865	1865	1865
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	6342	6342	6342
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	154287,7	154287,7	154287,7

Продолжение таблицы 30.

4. Социальные отчисления	46594,9	46594,9	46594,9
5. Затраты на электроэнергию	2810,1	3022,8	3661,1
6. Бюджет затрат НИИ	211899,7	212112,4	212750,7

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{211899,7}{212750,7} = 0,996;$$

$$I_{\Phi}^{a1} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{210055,46}{212750,7} = 0,997;$$

$$I_{\Phi}^{a2} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{212750,7}{212750,7} = 1$$

где – I_{Φ}^p интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i - го варианта исполнения; Φ_{max} –максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки.

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

$$I_n^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a;$$

$$I_n^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$

где – I_m интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов; a_i – весовой коэффициент i -го параметра; b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 31.

Таблица 31 – 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

$$I_m^p = 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 = 4,6$$

$$I_m^{a1} = 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 = 4,15$$

$$I_m^{a2} = 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,15 = 3,7$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финр}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p}, \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a},$$

$$I_{\phi}^p = \frac{4,6}{0,996} = 4,62;$$

$$I_{\phi}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{\phi}^{a2}} = \frac{4,15}{0,997} = 4,16;$$

$$I_{\phi}^{a2} = \frac{I_m^{a2}}{I_{\phi}^{a2}} = \frac{3,7}{1} = 3,7.$$

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

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\phi}^{a1}} = \frac{4,62}{4,16} = 1,11;$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\phi}^{a2}} = \frac{4,62}{3,7} = 1,25.$$

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

Таблица 32 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,997	1	0,996
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,15	3,7	4,6

Продолжение таблицы 32.

3	Интегральный показатель эффективности	4,16	3,7	4,62
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,11	1,25	–

По полученным значениям интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что существующий вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.

