

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

Институт физики высоких технологий
Направление подготовки химическая технология (18.03.01)
Кафедра технологии силикатов и наноматериалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование процессов фазообразования при фтораммонийной обработке природных силикатов магния

УДК 661.84.094.412

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Шарафеев Шариф Мнирович		24.05.16.

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Погребенков В.М.	д.т.н.		23.03.16.

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская М.В.	к.э.н.		25.05.2016г.

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	к.т.н.		25.05.2016

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Погребенков В.М.	д.т.н.		07.06.16

Томск – 2016 г.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ
ПО ООП 18.03.01 (240100) ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

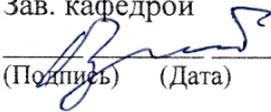
Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1, 2, 3, 19, 20), Критерий 5 АИОР (п. 1.1)
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-7, 11, 17, 18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-1, 5, 8, 9, ОК-2, 3), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2)
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии	Требования ФГОС (ПК-11, 26, 27, 28), Критерий 5 АИОР (п. 1.3)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ПК-4, 21, 22, 23, 24, 25, ОК-4, 6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6, 10, 12, 13, 14, 15, 16 ОК-6, 13, 15), Критерий 5 АИОР (п. 1.5)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5, 9, 10, 11), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, 2, 7, 8, 12), Критерий 5 АИОР (2.6)
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п. 2.2)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3, 4), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3)

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

Институт физики высоких технологий
Направление подготовки (специальность) химическая технология (18.03.01)
Кафедра технологии силикатов и наноматериалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой


(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
4Г21	Шарафееву Шарифу Мнировичу

Тема работы:

Исследование процессов фазообразования при фтораммонийной обработке природных силикатов магния	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	22.03.2016 г, 2267/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	8.03.2016 г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
	Объект исследования: нелетучие продукты фторирования природных силикатов магния; Задачи исследования: 1. Анализ литературных источников по проблемам комплексного использования минерального сырья; 2. Расчет компонентных смесей минералов с гидродифторидом аммония; 3. Проведение опытов по фтораммонийной обработке минералов; 4. Анализ фазового состава нелетучих продуктов фторирования минералов; 5. Проведение опытов по получению пигментов из нелетучих продуктов фторирования; 6. Анализ фазового состава пигментов.

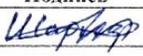
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Аналитический обзор литературных источников; 2. Постановка цели и задач исследования; 3. Методы исследований; 4. Экспериментальные исследования процессов фазообразования при фтораммонийной обработке природных силикатов магния и получению пигментов на их основе; Заключение.
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, к.э.н. Верховская Марина Витальевна
Социальная ответственность	Доцент, к.т.н. Анищенко Юлия Владимировна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	23.03.2016 г
---	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Погребенков В.М.	д.т.н.		23.03.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Шарафеев Шариф Мнирович		23.03.16

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

Институт физики высоких технологий
Направление подготовки (специальность) химическая технология (18.03.01)
Уровень образования бакалавриат
Кафедра технологии силикатов и наноматериалов
Период выполнения осенний / весенний семестр 2015/2016 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:	08.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
08.06.2016	Основная часть	70
25.05.2016	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
25.05.2016	Социальная ответственность	15

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Погребенков В.М.	д.т.н.		23.03.16.

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Погребенков В.М.	д.т.н.		23.03.16.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
1.1 Комплексное использование минерального сырья	11
1.2 Химическая переработка минерального сырья	14
1.3 Фторидная технология переработки минерального сырья.....	19
1.4 Фтораммонийная обработка силикатного сырья.....	22
1.5 Керамические пигменты на основе природного минерального сырья.....	27
1.6 Силикаты магния и их значение в технологии керамики.....	30
2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ ИСПОЛЬЗУЕМОГО СЫРЬЯ	32
2.1 Методы исследования	32
2.1.1 Рентгенофазовый анализ.....	32
2.1.2 Термогравиметрический анализ.....	33
2.1.3 Электронно-микроскопический анализ.....	34
2.2 Характеристики сырьевых материалов	35
2.2.1 Форстерит	35
2.2.2 Энстатит.....	36
2.2.3 Тальк.....	37
2.2.4 Гидрофторид аммония	37
2.2.5 Кобальт азотнокислый	38
3 ПРОЦЕССЫ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ В СМЕСЯХ ПРИРОДНЫХ СИЛИКАТОВ МАГНИЯ С ГИДРОДИФТОРИДОМ АММОНИЯ.....	39
3.1 Расчет компонентных составов шихт минералов с гидрофторидом аммония (ГДФА).....	39
3.1.1 Расчет составов форстерита с ГДФА.....	39
3.1.2 Расчет составов энстатита с ГДФА.....	41
3.1.3 Расчет составов талька с ГДФА	44

3.2	Исследование физико-химических процессов в смесях минералов с ГДФА.....	48
3.2.1	Фазообразование в процессе низкотемпературного фторирования силикатов магния.....	48
3.2.2	Деструкция минералов при их обескремнивании	53
3.2.3	Фазообразование при высокотемпературном нагреве нелетучих продуктов фторирования.....	60
4	СИНТЕЗ ПИГМЕНТОВ НА ОСНОВЕ НЕЛЕТУЧИХ ПРОДУКТОВ ФТОРАММОНИЙНОЙ ОБРАБОТКИ ТАЛЬКА ОНОТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	65
4.1	Расчет компонентных составов шихт	65
4.2	Исследование фазового состава пигментов	67
5	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	76
5.1	Планирование научно-исследовательских работ	76
5.1.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	76
5.1.2	Определение трудоемкости работ.....	77
5.1.3	Разработка графика проведения научного исследования....	78
5.1.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	83
5.1.4.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	83
5.1.4.2	Расчет затрат на специальное оборудование для экспериментальных работ.....	84
5.1.4.3	Основная заработная плата исполнителей темы	85
5.1.4.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	87
5.1.4.5	Накладные расходы	88
5.1.4.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	88

5.2 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	89
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	93
Введение	93
6.1 Производственная безопасность	93
6.1.1 Анализ вредных факторов при проведении исследований .	94
6.1.1.1 Повышенная запыленность	94
6.1.1.2 Повышенная температура воздуха рабочей зоны	96
6.1.1.3 Недостаточная освещенность.....	97
6.1.1.4 Повышенная концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны	97
6.1.2 Анализ опасных факторов при проведении исследований .	98
6.1.2.1 Подвижные части производственного оборудования...	98
6.1.2.2 Токсическое воздействие на организм человека.....	98
6.1.2.3 Повышенная температура поверхностей оборудования и материалов.....	99
6.2 Экологическая безопасность	99
6.2.1 Защита селитебной зоны	100
6.2.2 Защита атмосферы	100
6.2.3 Защита гидросферы	101
6.2.1 Защита литосферы	101
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	101
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	102
ВЫВОДЫ.....	104
Список публикаций студента	106
Список использованных источников.....	107

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к фтораммонийной обработке природных силикатов обусловлен большим количеством объектов исследования и возможностью получения на их основе высококачественных материалов.

В результате фтораммонийной обработки силикатов происходит удаление структурного оксида кремния с нарушением упорядоченности кристаллического строения минералов. Это приводит к образованию дефектных структур, обладающих высокой реакционной способностью в твердофазных реакциях.

Использование в технологии керамических материалов веществ с высокодефектной структурой, полученных по фтораммонийному способу, позволит снизить температуру и время протекания твердофазных реакций, а также увеличить выход основных кристаллических фаз материалов, что приведет к повышению рентабельности производства.

Цели работы: 1) исследовать процессы фазообразования, протекающие при фтораммонийной обработке силикатов магнезия различной структуры;

2) исследовать фазовый состав пигментов, полученных на основе нелетучих продуктов фторирования талька Олотского месторождения.

Задачи исследования:

1. Анализ имеющейся литературы по проблеме комплексного использования минерального сырья;

2. Расчет компонентных смесей минералов с гидродифторидом аммония;

3. Проведение опытов по фтораммонийной обработке минералов;

4. Анализ фазового состава продуктов;

5. Проведение опытов по получению пигментов на основе нелетучих продуктов фторирования;

6. Анализ фазового состава пигментов.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Комплексное использование минерального сырья

Минеральные сырьевые материалы являются основой для производства многих разновидностей продукции, поэтому экономическое и экологическое благополучие в основном зависит от рациональности использования природных ресурсов [1], что диктует необходимость исключительно бережного и осторожного отношения к природно-ресурсному потенциалу.

Основные идеи эффективного недропользования в нашей стране были заложены академиками А.Е. Ферсманом и В.И. Вернадским в начале тридцатых годов XX века, затем на основании их представлений о комплексном использовании природных ресурсов предлагались различные модели рациональной добычи и переработки сырья [1]. Большинство из них оказались нежизнеспособными на практике из-за несоответствия достижений научно-технического прогресса того времени требованиям этих моделей [2], а также из-за быстрых темпов индустриализации, не позволявших адекватно и своевременно применять технологии рационального природопользования [3].

Актуальность исследований в области комплексного использования минерального сырья и отходов обусловлена рядом факторов [1–4]:

- 1) Перерабатывающие заводы традиционно направляли основную массу оставшейся после обогащения полиминеральной руды в отвал, извлекая определенную часть ценных компонентов. В настоящее время накопленные объемы отходов влекут за собой колоссальные экономические потери за счет эксплуатации хвостохранилищ и недоизвлечения полезных компонентов из руды. Особенно важен этот фактор для тех производств, где уровень полезной утилизации техногенных скоплений весьма невысок при значительных их объемах. При этом развитие производства сопряжено с увеличением объемов отходов, удаление которых требует высоких затрат.

2) В настоящее время горно-геологические условия разработки существующих минеральных месторождений сильно осложнены, а новые минерально-сырьевые объекты в основном расположены в труднодоступных и отдаленных регионах, что затрудняет их освоение и повышает себестоимость горных работ.

3) Курс промышленности на экологичность производства в целом, а также дополнительная стимуляция к этому со стороны государства (в том числе и законодательные ограничения).

Современная модель комплексного использования природных ресурсов базируется на идеях академиков К.Н. Трубецкого и В.А. Чантурии, в которых основное внимание уделяется постепенному переходу от традиционных технологий добычи и переработки сырья к новым безотходным технологиям, включающим в себя следующие элементы [5]:

- 1) Замкнутый цикл обращения отходов;
- 2) Избирательную добычу полезных ископаемых;
- 3) Нормирование уровня техногенных воздействий на экосистемы;
- 4) Восходящий порядок горных работ;
- 5) Размещение отходов в отработанном пространстве.

Основные направления исследований в области комплексного использования минерального сырья и отходов:

1) Вовлечение в производство уже имеющихся отходов. Это позволяет значительно расширить базу сырьевых материалов и снизить уровень загрязнения окружающей среды в совокупности с решением ряда вышеупомянутых технико-экономических проблем.

2) Совершенствование технологий добычи и переработки, позволяющих увеличить степень переработки руд и минимизировать количество образующихся в процессе работы отходов.

В настоящее время существуют различные подходы решения проблемы утилизации отходов горноперерабатывающих производств. В первую очередь стоит отметить накопленный опыт использования отходов в

технологии строительных материалов [6]. В производстве отходы, как правило, рассматриваются как сырьевые материалы из-за схожести химического состава. Их применение исключительно удобно и экономически целесообразно за счет прохождения ими первичной обработки в процессе добычи и обогащения руды (дробление, измельчение, классификация, термическая обработка).

Минеральные отходы техногенного характера широко используются в производстве цемента, при производстве стекла и стекольных изделий и так далее. Вскрышные породы после операций дробления и классификации могут использоваться в качестве балласта при строительстве дорог, а также при производстве строительного щебня.

Вскрышные породы песчаного типа находят применение в производстве керамических изделий, цемента, керамзита, а также известковой муки.

Тонкодисперсные фракции хвостов магнитной сепарации пригодны для получения различных видов автоклавных силикатных материалов, мелкозернистые фракции пригодны для использования в качестве песка для штукатурных и кладочных растворов, более крупнозернистые фракции — в качестве щебня, для производства бетонов, асфальтобетонов и силикатного кирпича.

В целом использование отходов позволяет предприятиям выпускать изделия и материалы должного качества, уменьшая затраты на производство за счет исключения расходов на добычу, транспортировку и обработку сырья.

Отмечается особая важность исследований в области увеличения степени переработки руды на действующих месторождениях [1–3], поскольку большая часть горных предприятий сосредотачивает свое внимание на выделении небольшого числа ценных компонентов, выводя основную массу руды в шлак.

Количество выделяемых компонентов можно увеличить за счет рационального комбинирования классических методов обогащения [3, 7], последовательно выделяя из руды ряд концентратов, которые затем подвергаются переработке различными способами. Одним из примеров подобного подхода является технология комплексной переработки апатито-нефелиновых руд [3]:

1) Многостадийная флотация руд в щелочной среде анионо-активным собирателем для выделения апатитового концентрата;

2) Мокрая магнитная сепарация в слабом и сильном магнитных полях доизмельченных и обесшламленных хвостов апатитовой флотации для извлечения из них титаномагнетитового и эгиринового концентратов;

3) Прямая или обратная флотация с извлечением нефелинового и сфенового концентратов сфена (после предварительного доизвлечения апатита) из нефелиновых хвостов.

Также большое внимание уделяется предварительной сортировке руды, рациональное применение которой в значительной мере может повысить эффективность рудопереработки [3, 5]. В настоящее время для рудоразборки минерального сырья широкое применение находят рентгенорадиометрические сепараторы [7], ранее являющиеся базовыми преимущественно для урановой и алмазной промышленности.

В настоящее время большой интерес представляют химические методы переработки минеральных руд: правильно выбирая реагенты и параметры процессов, можно селективно воздействовать на компоненты полиминеральных систем с их последующим разделением различными методами [7, 8].

1.2 Химическая переработка минерального сырья

Методы химического обогащения и переработки минерального сырья позволяют достичь высоких показателей по извлечению полезных ископаемых из руд [7]. Соответственно значение химических методов растет

в связи с постепенным ухудшением качества сырьевой базы, что приводит к снижению качества концентратов. Применение химических методов тесно связано с экологическими проблемами и решением конкретных задач по рациональному использованию и обезвреживанию жидких, твердых и газообразных отходов [8].

Роль химических методов в развитии процессов переработки минерального сырья неуклонно растет, особенно в контексте комбинированных схем переработки – разумного сочетания чаще всего механического и химического типов обогащения [7]. Ранее химическое воздействие на руды использовалось в основном при обогащении для изменения состояния поверхности, состава и структуры слагающих породу минералов для более эффективного действия последующих методов разделения сложных многокомпонентных твердых смесей [8]. Однако в настоящее время их применение гораздо шире.

Наиболее распространенными химическими методами переработки минерального сырья являются термохимические и гидрохимические методы [7], а также направленная перекристаллизация рудных минералов [8].

Термохимические методы в основном заключаются в избирательном разложении и превращении под действием высокой температуры ряда минералов с последующим их разделением.

Данные методы применимы преимущественно для тех руд, пустая порода которых содержит карбонаты (такие как кальцит, магнезит, сидерит и ряд других) [9], которые при обжиге диссоциируют. При этом не затрагиваются термически устойчивые ценные минералы (такие как, например, пиррохлор или фторапатит). Далее обычно следует селективное выделение продуктов диссоциации (оксидов железа, кальция, магния) в виде иловой суспензии.

Также термохимические методы широко используются при обогащении железосодержащих руд (гематитовых, лимонитовых, бурожелезняковых), так как в процессе высокотемпературного обжига в

восстановительных средах (водород, монооксид углерода), трехвалентное железо восстанавливается до двухвалентного, благодаря чему минералы становятся магнитными, что позволяет далее использовать методы магнитной сепарации [7].

Метод перекристаллизации рудных продуктов применяется для получения достаточно крупных зерен, пригодных для дальнейшего разделения методами механического обогащения [8].

В большинстве случаев метод является безреагентным (таким образом исключая наиболее емкую статью затрат большинства химико-технологических процессов), не приводит к получению отвальных продуктов, но является весьма энергоемким. Метод перекристаллизации может быть применен в качестве финальной стадии при химической переработке бедных медно-никелевых руд [8].

Гидрохимические методы переработки минерального сырья – процессы извлечения ценных компонентов или удаления вредных примесей из руд и продуктов обогащения путем селективного растворения их водными растворами химических реагентов [7, 8]. Растворение может быть как химическим, так и физическим. Достоинством данного метода является высокая степень разделения, извлечения и переработки минералов. Недостатком является низкая экологичность вследствие использования, как правило, достаточно активных химических реагентов.

Технология гидрохимической переработки руд имеет, как правило, следующую последовательность операций [7]:

- 1) Разложение рудных минералов или их предварительная термическая обработка;
- 2) Выщелачивание компонентов;
- 3) Отделение раствора от твердого вещества и промывка осадка;
- 4) Очистка растворов от примесей;
- 5) Разделение и осаждение компонентов;
- 6) Сушка конечных твердых продуктов и регенерация реагентов.

В качестве реагентов в данных технологиях используют как кислородные (серная, азотная, фосфорная), так и бескислородные (соляная, сероводородная) кислоты.

Гидрохимические методы широко используются при производстве искусственного рутила путем солянокислотного выщелачивания ильменитового концентрата [11].

Более эффективным является использование нескольких химических реагентов, оказывающих различное действие на многокомпонентную систему. В частности, при переработке танталово-ниобиевых руд (пироклоровых, микролитовых, гатчеттолитовых) используется сульфатно-пероксидный способ их обогащения [8], заключающийся в сульфатизации исходных концентратов серной кислотой при нагревании и последующим выщелачиванием сульфатного спека раствором пероксида водорода и серной кислоты.

Автоклавное выщелачивание применяется в основном для извлечения цветных и редких металлов из труднообогатимых продуктов, в частности, для переработки низкосортных вольфрамовых и вольфрам-молибденовых концентратов [8]: при температуре 200 – 225 °С в содовый раствор извлекается более 95 % вольфрама с минимальным вскрытием сопутствующих минералов. Также в автоклаве с помощью раствора солей калия выщелачивают цезий и рубидий из вулканических стекол, представляющих собой практически мономинеральную породу, в которой элементы щелочных металлов входят в состав основной стеклофазы, что исключает возможность механического ее обогащения и переработки.

Выщелачивание может производиться не только водными растворами химических реагентов, но также и с использованием определенных видов бактерий. Метод основан на способности некоторых видов автотрофных бактерий (*Thiobacillus ferrooxidans*, *Ferrobacillus thiooxidans* и ряда других) поглощать для своей деятельности энергию, выделяемую при окислении сульфидов и тиосульфатов металлов [7], при этом бактерии содержат

вещества, являющиеся катализаторами для данных реакций. Важным отличием бактериального выщелачивания от химического является генерация окислителя непосредственно в процессе выщелачивания.

Метод бактериального выщелачивания применяется для руд, содержащих сульфидные минералы железа, меди и молибдена. Высокие результаты по извлечению золота показывают гетеротрофные бактерии вида *Aeromonas* [7].

Особое внимание в химических методах переработки минерального сырья уделяется регенерации реагентов и возвращению их в цикл. Интерес к замкнутому циклу использования химических реагентов обусловлен как технико-экономическими показателями, так и из соображений экологической безопасности.

Промышленностью накоплен большой опыт в технологии регенерации некоторых видов реагентов [8]:

1. Сорбция отработанным раствором газов, которые выделяются во время выщелачивания и представляют собой составные части исходного растворителя. При этом регенерируется исходный растворитель, который после отделения осадка снова направляется на выщелачивание. Подобным образом регенерируются соли и кислоты, разлагающиеся с выделением газообразных продуктов, в частности, аммонийные соли или сернистая кислота.

2. Дистилляция летучих растворителей: летучих кислот путем вытеснения их нелетучими соединениями, рекуперацией низкокипящих органических соединений.

3. Осаждение из раствора растворившихся веществ. Например, осаждение известью силикатов из растворов едких щелочей.

4. Выделение растворившихся при выщелачивании веществ экстракционными, ионообменными, электрохимическими и другими специальными методами и направление очищенного раствора в цикл.

Недостатками большинства химических способов переработки руд являются их многостадийность и использование огромных количеств химических реагентов. Следствием этого является получение довольно больших (даже с учетом организации регенерации и рециркуляции реагентов) количеств отходов, загрязняющих окружающую среду. К тому же большинство методов не обеспечивают четкого разделения компонентов сложных систем, что приводит к увеличению количества переделов в технологии. В результате возрастают расходы производства, и падает его рентабельность.

Поиск новых способов переработки минерального сырья, сохраняющих все достоинства химических методов, но с меньшим выбросом отходов в окружающую среду привел к использованию ряда соединений галогенов в качестве реагентов [10]. Способ разделения многокомпонентных систем (в основном содержащих редкоземельные элементы) с использованием элементных хлора и фтора позволяет разделить основные компоненты концентрата вследствие различий в летучести образующихся хлоридов и фторидов [11].

Однако применение хлоридных технологий при обработке некоторых многокомпонентных систем затруднено, поскольку силикатная основа минералов препятствует взаимодействию ряда компонентов с применяемыми реагентами [12].

Применение фтористых соединений в технологии переработки минерального сырья более предпочтительно по причинам более высокой реакционной способности реагентов и меньшего количества выбросов токсичных и агрессивных отходов в окружающую среду.

1.3 Фторидная технология переработки минерального сырья

Предпочтительными химическими реагентами для комплексной переработки минерального сырья в настоящее время считаются фторсодержащие соединения, в частности, элементный фтор, достоинством

которых является их высокая химическая активность по отношению к извлекаемым компонентам руды [11, 12]. Фторидный способ переработки минерального сырья с использованием в качестве основного реагента элементарного фтора применим в производстве порошков металлов и их соединений высокой степени чистоты. Данные технологии могут быть использованы для тех химических элементов, которые способны образовывать летучие фториды.

Фторидные процессы и специальное оборудование для их осуществления нашли широкое применение в первую очередь в атомной промышленности, закрытость которой несколько тормозила возможность использования многих достижений в области фтора и фторидов урана для развития фторидных технологий [11]. Промышленностью была в полной мере освоена технология обработки закиси-оксида урана элементарным фтором до гексафторида урана со сбросом в атмосферу практически чистого кислорода. Среди достоинств особо отмечается низкое коррозионное воздействие реагентов (фторирование ведут в аппаратах из обычной стали, причем ресурс их работы составляет около 10 лет).

Газообразные фтор и фтороводород используются преимущественно в технологии разделения редкоземельных элементов (выбор конкретного реагента во многом зависит от химического состава разделяемого концентрата) [11]. В реакциях оксидов металлов, слагающих концентрат, и фторирующих агентов побочными продуктами являются нетоксичные вещества, такие как кислород или пары воды. Летучие фториды и оксофториды металлов далее разделяются по температуре возгонки и перерабатываются различными методами (в основном электролитическими или пирогидролитическими).

Нелетучие фториды (как правило, являющиеся соединениями железа, кальция, алюминия, магния и марганца), представленные в виде огарков, могут быть использованы в качестве флюсов в черной и цветной металлургии.

Недостатками вышеуказанных фторирующих агентов являются их дороговизна и высокая агрессивность при нормальных условиях. Также при взаимодействии данных фторирующих агентов с силикатной частью минералов образуется токсичный газ – тетрафторид кремния, что несколько затрудняет использование данных технологий при обработке силикатов. Наиболее перспективной альтернативой фтору и фтороводороду является гидродифторид аммония (ГДФА). Его основными достоинствами являются [12–14]:

- 1) Относительно невысокая температура взаимодействия с элементами руды;
- 2) Высокая химическая активность (в расплавленном состоянии является более активным реагентом, чем элементный фтор);
- 3) Простота разделения продуктов фторирования (что обусловлено образованием преимущественно комплексных солей разделяемых компонентов, а не фторидов и оксофторидов);
- 4) При нормальных условиях является гораздо менее агрессивным и токсичным реагентом, чем элементный фтор и фтороводород;
- 5) Возможность практически полной регенерации реагента и возвращение его в цикл.

Процесс разложения полиминерального сырья с помощью гидродифторида аммония заключается в различии свойств фторидов составляющих компонентов [12]: часть фторидов являются летучими и при нагревании, испаряясь или сублимируясь, отделяются от основной массы; другие фториды могут выщелачиваться из профторированной массы; некоторые подвергаются пирогидролиту или могут быть осаждены в различных средах.

Таким образом, после фторирования многокомпонентных систем в расплаве фторида аммония получается смесь фторидов, и, варьируя различиями в физико-химических свойствах фторидов, можно подобрать режимы для количественного разделения минеральной смеси на

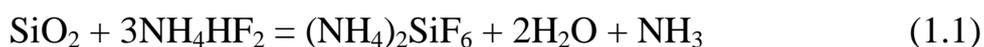
индивидуальные компоненты. При этом количество выбросов отходов в окружающую среду минимизируется.

1.4 Фтораммонийная обработка силикатного сырья

На долю силикатов приходится около 90 % минералов литосферы [15], что обуславливает их широкое применение в различных отраслях науки и техники. Оксид кремния может входить в природные минералы как в химически связанном виде, так и в свободном (часто в виде примесного кварца).

Метод фтораммонийной обработки силикатного минерального сырья нашел широкое применение в разделении многокомпонентных сложных систем (шлаков и зол) [12] и с трудом поддающихся переработке минералов [16], а также активации ряда упорных руд [17], где значительные количества силикатов образуют прочные структуры с включениями ценных компонентов, затрудняя их выщелачивание.

Технология фтораммонийной обработки силикатсодержащего минерального сырья позволяет удалить свободный кварц из породы [14] по реакции 1.1.



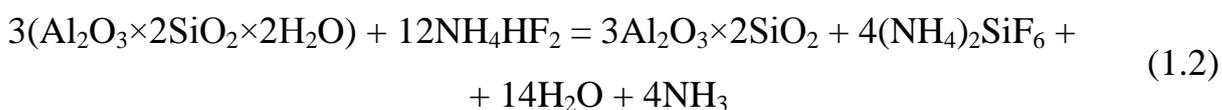
Отмечается, что взаимодействие гидрофторида аммония с основным минералом начинается при значительном избытке (около 100%) фторирующего агента.

Одним из перспективных направлений во фтораммонийной обработке минерального силикатного сырья является синтез основных кристаллических фаз некоторых видов керамических материалов путем удаления химически связанного оксида кремния из минерала [13, 18].

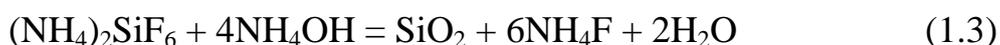
Силикаты и алюмосиликаты составляют основу большого количества технических керамических материалов, синтез основных кристаллических фаз которых из чистых оксидов затруднен. В технологии материалов на основе природного сырья часто возникает необходимость удаления оксида

кремния, образующегося в результате разложения ряда минералов (в частности, каолинита и топаза при получении муллитовых материалов), так как присутствие его в конечном продукте существенно снижает выход синтезируемой фазы, а также эксплуатационные характеристики материала. При этом традиционным технологическим приемом является дошихтовка масс чистыми оксидами для увеличения выхода целевой кристаллической фазы. Подобные реакции синтеза для наиболее полного связывания оксида кремния протекают длительно и при значительных температурах, что в значительной степени повышает себестоимость конечных изделий.

Ряд работ [13, 18] отражает исследования в области получения муллита волокнистого строения из топаза и каолинита. Отмечается, что при фтораммонийной обработке силикатных минералов в первую очередь с фторирующим агентом взаимодействует их кремнекислородная часть. Взаимодействие каолинита с фторирующим агентом может быть представлено в виде суммарной реакции 1.2.



Важной особенностью взаимодействия ГДФА с минералом является образование гексафторосиликата аммония (ГФСА), который легко сублимируется при 320 °С, что позволяет эффективно удалять его из силикатной породы, обеспечивая обескремнивание исходного минерала. В работах [12–14] предложена схема переработки гексафторосиликата аммония, включающая стадии его десублимации с последующей регенерацией с целью высвобождения ГДФА. Регенерацию гексафторосиликата аммония осуществляют с помощью аммиачной воды по уравнению 1.3.



Раствор образующегося фторида аммония упаривают с целью его кристаллизации. Образуется технический гидродифторид аммония состава 75 % $\text{NH}_4\text{F} \times \text{HF}$ и 25 % NH_4F .

Гексафторосиликат аммония имеет гораздо меньшую токсичность по сравнению с тетрафторидом кремния, а также большую практическую ценность, обусловленную тем, что данное вещество является перспективным реагентом для получения аморфного кремнезема высокой степени чистоты [14]. Особо чистый аморфный оксид кремния является ценным продуктом, широко используемым в различных областях промышленного производства:

- 1) В качестве наполнителя пластмасс, резин и эластомеров;
- 2) Как флюс в цветной металлургии;
- 3) В качестве сорбентов для регенерации нефтепродуктов;
- 4) Как носитель катализаторов.

Полученный гидролизом в щелочной среде гель кремнезема отделяется от маточного раствора фильтрованием. Далее его прокачивают и получают аморфный кремнезем с высокоразвитой удельной поверхностью и отличной фильтруемостью.

Технология фтораммонийной обработки силикатного минерального сырья состоит из следующих этапов:

1. Измельчение минерала и гидрофторида аммония с их последующим механическим смешиванием в заданной пропорции;
2. Реакция взаимодействия между компонентами шихты в большинстве случаев начинается при комнатной температуре, однако наибольшая реакционная способность ГДФА наблюдается при его расплавленном состоянии (температура начала плавления – 126 °С). В целом проведение реакции с участием жидкой фазы предпочтительно вследствие более равномерного ее протекания по объему. Для этого проводится термическая обработка смеси в диапазоне температур 120 – 210 °С.
3. Образовавшийся в процессе фторирования гексафторосиликат аммония удаляется в процессе сублимации при температуре 320 – 500 °С. В данном диапазоне температур происходит также удаление остатка

непрореагировавшего фторирующего агента (температура кипения ГДФА составляет 236 °С).

Интерес к технологии фтораммонийной обработки силикатов обусловлен с одной стороны большим количеством объектов исследования [19]: различные минералы по-разному подвергаются разрушающему действию фторирующего агента вследствие разницы в их кристаллическом строении и химическом составе.

С другой стороны, изучение процессов, происходящих при фтораммонийной обработке минералов, могут иметь высокое практическое значение в технологии высококачественных материалов.

В ходе фтораммонийной обработки минералы частично обескремниваются, при этом происходит определенное нарушение упорядоченности в кристаллическом строении минералов, что обусловлено взаимодействием фторирующего агента с химически связанным в кристаллической решетке минерала оксидом кремния с образованием ГФСА. Температура процессов фторирования и сублимации гексафторосиликата аммония из системы недостаточна для значительной перестройки кристаллической решетки минерала. Это позволяет предположить образование аморфных структур, характеризующихся большой степенью дефектности строения, но сохраняющих определенные структурные мотивы исходного минерала.

Данные вещества с выраженной дефектной структурой потенциально обладают высокой реакционной способностью в твердофазных реакциях, характерных в технологии керамических материалов. Реакции этого типа в основном протекают при значительных температурах, поскольку лимитируются следующими факторами [19]: значительными структурными различиями между участниками реакции, диффузия атомов и ионов из узлов кристаллической решетки становится значительной только при высоких (порядка 1000 – 1500 °С) температурах.

Процессам активации синтеза минералов уделяется высокое внимание, поскольку снижение температуры и продолжительности обжига может значительно снизить себестоимость продукции. После активации смесей в большинстве случаев образуются вещества, характеризующиеся рентгеноаморфным состоянием, при этом необходима термическая обработка для получения кристаллической структуры продукта. Однако температура обработки может снижаться на 100 – 200 °С по сравнению с температурой обычного термического синтеза.

Наиболее распространенным методом активации материалов является метод механохимической обработки, заключающийся в механической обработке твердых веществ с использованием различных измельчительных устройств. При подведении механической энергии к обрабатываемому материалу происходит накопление дефектов в кристаллической решетке, что приводит к ускорению различных гетерогенных реакции [21]. При этом реакционная способность возрастает не только на начальной стадии, но и при продвижении реакции от поверхности в объем твердого тела. Однако наиболее глубокая механохимическая активация, приводящая к значительному дефектообразованию в материале, требует использования специального дорогостоящего оборудования [21, 22], такого как атриторы, вибрационные и планетарные мельницы.

Также с целью интенсификации процессов синтеза минералов в керамических технологиях часто применяют минерализующие добавки, которые могут оказывать различное влияние на такие факторы как структура материала, качество новообразований, расплав, образующийся при спекании, и соответственно на качественные характеристики готовых изделий [22].

Существуют также и другие способы активации твердофазных реакций [23], включающие плазменную, ультразвуковую, электрическую, фотохимическую (с использованием лазера) обработку твердых материалов. Общими недостатками данных способов являются специфическое

дорогостоящее оборудование и сложность протекающих при этом физико-химических процессов.

Вещества с высокой концентрацией дефектов в кристаллической структуре, полученные по фтораммонийному способу, обладают высокой реакционной способностью в твердофазных реакциях. Их использование в технологии материалов позволит не только снизить температуру и продолжительность твердофазных реакций, но также выход основных кристаллических фаз материалов [13], что в целом приведет к повышению рентабельности производства.

Вследствие удаления из исходных структур минералов оксида кремния и разрыва связей преобладающими дефектами строения предположительно являются вакансии, при этом обеспечивается большое число незанятых узлов кристаллической решетки.

Таким образом, образующиеся при фтораммонийной обработке природных силикатов вещества, обладающие дефектной структурой, можно рассматривать в качестве акцепторов, способных активно участвовать в реакциях внедрения. Одним из возможных направлений применения свойств данных веществ может являться синтез керамических пигментов.

1.5 Керамические пигменты на основе природного минерального сырья

Керамические пигменты – жаростойкие окрашенные кристаллические вещества, имеющие в основе своего строения определенный тип кристаллической структуры [24]. Данные материалы преимущественно используются для поверхностного и объемного окрашивания разного рода изделий из керамики (фарфора или майолики). Их производство связано с высокотемпературным обжигом и с необходимостью использовать высокосортное дорогое сырье (часто – химические реактивы особой степени чистоты), что увеличивает себестоимость синтеза подобных материалов.

Использование природного минерального силикатного сырья позволяет увеличить рентабельность производства.

При синтезе керамических пигментов окрашивание происходит за счет введения в определенную основную исходную структуру переходных элементов периодической системы, для которых характерна аномальная структура внешних электронных оболочек.

Вхождение данных ионов переходных элементов в структуру обеспечивается твердофазными реакциями, характеризующимися протеканием при значительных температурах [21, 22, 24].

Для синтеза керамических пигментов используют устойчивые к высоким температурам кристаллические соединения, характеризующиеся высокой энергией связей между составляющими решетку ионами [24]. Поэтому проникновение ионов переходных металлов в решетку-акцептор затруднено. Таким образом, необходимо добиваться такого состояния решетки, при котором она будет обладать наибольшей подвижностью.

Однако основой для получения пигментов могут выступать любые устойчивые к действию высоких температур и агрессивных сред кристаллические структуры, способные к изоморфному замещению одних ионов на другие [25]. На основе силикатов могут быть получены пигменты различных цветов с температурой синтеза 1000 – 1250 °С. При этом большее значение будет иметь кристаллическая структура минералов.

Достаточно подробно изучены керамические пигменты на основе природного силикатного сырья в соответствии с их структурной классификацией [24, 25].

В структуре островных силикатов возможны широкие изоморфные замещения отдельных оксидов, входящих в состав минерала, на оксиды переходных металлов с образованием твердых растворов. При этом получают жаростойкие пигменты ярких цветов.

Пигменты на основе цепочечных силикатов обладают меньшей жаростойкостью. Окрас пигментов обусловлен присутствием в материале

метасиликатов переходных металлов, их твердых растворов с основной кристаллической фазой минерала, а также красящих оксидов.

На основе силикатов слоистой структуры возможен синтез жаростойких, механически прочных пигментов с муллитоподобной структурой. При этом их окраска обусловлена в большинстве случаев окрашенными муллитоподобными и шпинельными фазами, а также островными силикатами переходных элементов.

Каркасные силикаты являются основой для низкотемпературных пигментов, цветонесущими фазами являются в основном окрашивающие комплексы переходных элементов, а также окрашенные микроклин и санидин.

Синтез пигментов на основе природного силикатного сырья основан преимущественно на способности катионов, уравнивающих кремнекислородные анионные радикалы, к изоморфному замещению [24]. При этом цвет получаемых окрашенных материалов будет зависеть от степени изоморфного замещения в структуре минералов.

Существует ряд факторов, которые могут лимитировать изоморфные замещения катионов решетки-акцептора на ионы хромофоров, среди них выделяют [24]:

- 1) Соотношение размеров взаимозаменяющих ионов. Совершенный изоморфизм возможен лишь в случае отличия в размерах ионов не более 10 – 15 %.

- 2) Сохранение определенного типа структуры. Для образования непрерывного ряда твердых растворов компоненты должны иметь кристаллическую решетку одного и того же типа.

- 3) Электронейтральность синтезируемых веществ. Условием получения устойчивых структур является сохранение суммы замещающих ионов.

Таким образом, синтез цветонесущих фаз в пигментах может быть затруднен вследствие термодинамических и кинетических лимитирующих факторов протекания твердофазных реакций.

Использование веществ высокодефектной кристаллической структуры позволит снизить температуру и продолжительность реакций синтеза основных фаз пигментов, при этом цветовые характеристики полученных материалов потенциально будут лучше, поскольку облегчается образование не только твердых растворов замещения, но и твердых растворов внедрения. Это даст возможность получать более интенсивную окраску керамических пигментов.

1.6 Силикаты магния и их значение в технологии керамики

Интерес к изучению силикатов магния обусловлен их распространенностью в природе, а также высоким значением в технологии керамики и огнеупоров [15, 20].

Безводные силикаты магния представлены островным силикатом магния форстеритом $Mg_2[SiO_4]$ (конечным членом оливинового ряда твердых растворов) и клиноэнстатитом $Mg_2[Si_2O_6]$ (довольно редким минералом группы пироксенов). Практического промышленного значения не имеют, однако часто являются сопутствующими при добыче некоторых значимых руд [26].

Гидросиликаты магния широко распространены в природе и представлены в основном волокнистым серпентином $Mg_3[Si_2O_5](OH)_4$ (его разновидностями также являются хризотил, хризотил-асбест, антигорит, асбест и пр.) и слоистым тальком $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$ (существует также в виде таких разновидностей как стеатит и жировик) [15, 26].

Асбест применяется в производстве материалов на основе волокнистых минералов с высокой эластичностью, термостойкостью, диэлектрическими и термоизолирующими свойствами [15]. Тальк

используется в производстве форстеритовой и энстатитовой (стеатитовой) керамики [20].

В настоящее время большие объемы форстерита и энстатита скоплены в отвалах ряда производственных предприятий (например, в виде шлаков при производстве феррохрома) [27], добыча талька на высококачественных месторождениях (Онотское, Алгуйское) ограничена [20].

Поэтому исследование процессов, позволяющих получать из природных силикатов и гидросиликатов магнезия вещества с высокой химической активностью в твердофазовых реакциях и в определенных пределах регулировать их химический состав для последующего получения из них функциональных материалов является актуальным.

2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ ИСПОЛЬЗУЕМОГО СЫРЬЯ

2.1 Методы исследования

2.1.1 Рентгенофазовый анализ

Рентгенофазовый анализ является методом определения структуры и состава вещества, основанный на анализе дифракционных картин, полученных при действии рентгеновских лучей на исследуемый объект.

В случае поликристаллических образцов всегда имеются их любые ориентировки по отношению к монохроматическому рентгеновскому лучу. Часть ориентировок удовлетворяет закону Вульфа — Брэгга, устанавливающему зависимость между длиной волны рентгеновских лучей (λ), межплоскостными расстояниями (d) и углом скольжения пучка рентгеновских лучей (θ) относительно отражающей плоскости:

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

В результате интерференции из отраженных разными кристаллами лучей образуются конусы, дающие на фотопленке систему дифракционных максимумов различной интенсивности. Рассчитав полученную рентгенограмму, получают сведения о межплоскостных расстояниях в кристалле. Значения межплоскостных расстояний для каждого вещества строго индивидуально, поэтому рентгенограмма однозначно характеризует исследуемое вещество.

Достоинствами рентгенофазового анализа являются высокая достоверность метода, возможность исследования структуры без разрушения образца.

Анализ исходных минералов, продуктов их фтораммонийной обработки и синтезируемых пигментов был проведен с помощью дифрактометра ДРОН-3М, оснащенного с рентгеновскими трубками типа БСВ-24 с CuK_α -излучением (длина волны $\lambda = 0,154056$ нм). Съемка

проводилась при напряжении на паре анод-катод 35 кВ при значении анодного тока 25 мА. Скорость съемки составляла 4 град/мин.

Расшифровка дифрактограмм производилась с помощью специализированного программного обеспечения Crystallographica Search–Match фирмы Oxford Cryosystems путем сравнения значений межплоскостных расстояний и относительных интенсивностей рефлексов образцов с соответствующими характеристиками эталонных образцов из базы данных.

2.1.2 Термогравиметрический анализ

Принципиальной основой термического анализа является изучение свойств веществ и процессов, происходящих в них при нагревании (или охлаждении) по определенной заданной программе. В зависимости оттого, какое из свойств веществ или какие процессы исследуются при этом, различают несколько вариантов этого анализа:

1) Дифференциально-термический анализ (ДТА), базирующийся на регистрации тепловых эффектов, сопровождающих физические превращения и химические реакции, происходящие под воздействием высоких температур;

2) Термогравиметрический (термовесовой) анализ (ТГ), основанный на получении и изучении закономерностей изменения веса вещества при нагревании; газовольнометрический анализ, позволяющий извлекать информацию о количестве и скорости выделения газов из вещества при температурном воздействии; дилатометрический анализ, исследующий изменение линейных или объемных коэффициентов расширения вещества в зависимости от температуры;

Основным результатом термического анализа являются термические кривые (кривые нагревания) – термограммы, которые дают (при комплексном изучении) несколько физических характеристик образца, изменяющихся при температурном воздействии.

В работе использовался прибор комплексного термического анализа STA 449 F3 Jupiter. Данный прибор позволяет проводить измерения в температурном диапазоне от минус 120 до 1650 °С при скорости нагрева и охлаждения 10 К/мин. Атмосфера проведения исследований может быть задана инертной, окислительной, восстановительной, статической и динамическая.

Образцы исследовали в интервале температур 25 – 1200 °С в атмосфере азота со скоростью нагрева 10 К/мин. В качестве держателя образца применяли корундовые тигли, в качестве сенсора – Pt-Pt/Rh термопару.

2.1.3 Электронно-микроскопический анализ

Электронные микроскопы благодаря использованию пучка электронов с энергиями до 400 кэВ позволяют получать изображения объектов с максимальным увеличением до миллиона раз.

Электронные микроскопы бывают просвечивающие, отражательные, зеркальные, растровые, теневые, автоэлектронные, эмиссионные. Они отличаются друг от друга источниками свободных электронов, характером взаимодействия электронного пучка с веществом, методами регистрации дифрагированных электронов.

Оптическая схема электронного микроскопа близка к схеме светового. Катод, представляющий собой вольфрамовую проволоку, при накаливании испускает электроны. В результате разности потенциалов между катодом и анодом, равной нескольким десяткам киловольт, электроны со значительной скоростью движутся к аноду и проходят через отверстие с магнитную линзу. Линза фокусирует пучок электронов в плоскости объекта. Электроны, прошедшие сквозь объект, попадают во вторую магнитную линзу, которая создает в плоскости увеличенное изображение объекта. Чтобы сделать это электронное изображение видимым, в данной плоскости устанавливают флюоресцирующий экран. Получаемое видимое изображение объекта называют промежуточным. Часть электронов, несущих определенную часть

общего изображения, проходит через отверстие в центре экрана и при помощи третьей магнитной линзы фокусируется в увеличенном виде на плоскости детектора, преобразующего его в цифровой формат. Общее увеличение микроскопа равно произведению увеличений, даваемых линзами.

Изучение образцов проводили с помощью сканирующего (растрового) электронного микроскопа JEOL JSM 6000 с приставкой для элементного анализа, с возможностью работать в высоком и низком вакууме. Съемка осуществлялась при ускоряющем напряжении электронного пучка до 15 кВ и увеличении до 4000 раз.

2.2 Характеристики сырьевых материалов

2.2.1 Форстерит

Форстерит – крайний член оливинового ряда твердых растворов, ортосиликат магния с формулой $Mg_2[SiO_4]$. Способен к образованию ряда твердых растворов с фаялитом ($Fe_2[SiO_4]$), часть железа может устанавливаться в окисной форме (преимущественно в серпентизированных оливинах) [26]. Теоретический химический состав: 57,1 % MgO и 42,9 % SiO_2 .

Решетка форстерита относится к «островным» структурам с изолированными тетраэдрами $[SiO_4]$, связанными через ионы магния, образующие неправильные октаэдрические группы $[MgO_6]$ [15]. Кремнекислородные тетраэдры поочередно направлены вершинами вверх и вниз. Расположение ионов кислорода близко к плотнейшей гексагональной упаковке. Сингония ромбическая, ромбо-дипирамидальный габитус, параметры элементарной ячейки: $a = 4,77$; $b = 10,26$; $c = 5,99$ Å [26].

Чистый форстерит бесцветен, по мере возрастания содержания железа становится все более зеленым; блеск стеклянный, сильный; показатели преломления: $N_g = 1,670$; $N_m = 1,651$; $N_p = 1,635$ [28]. Показатели преломления растут с увеличением содержания фаялита. Твердость составляет 6 – 6,5 по шкале Мооса .

Не растворяется в соляной кислоте, в концентрированной серной кислоте порошкообразный форстерит разлагается с образованием студня SiO_2 .

Чаще встречается в контактово-метаморфических породах в ассоциации с хондродитом, флогопитом, клиногумитом, бруситом и пр. [28]. Известны случаи образования форстерита за счет серпентизированных ультраосновных пород в ассоциации с магнезитом, флогопитом, гематитом и шпинелью как результат переработки под влиянием пневматолитовых агентов в окислительных условиях [26].

2.2.2 Энстатит

Энстатит – метасиликат магния, представитель группы пироксенов, его структурная формула $\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$. Обычно к энстатиту условно относят разновидности минералов с оксида железа до 5 %, хотя в большинстве случаев к энстатиту относят такие ортопироксены, в которых магний преобладает над железом [26]. Является важным породообразующим минералом в магнезиальных изверженных породах. Минерал более богат оксидом кремния по сравнению с форстеритом.

Структура решетки энстатита характеризуется цепочками из тетраэдров $[\text{SiO}_4]$, параллельными оси c , соединенными с помощью двухвалентных катионов магния в октаэдрической координации [15]. Сингония ромбическая, габитус призматический, реже – таблитчатый; параметры элементарной ячейки: $a = 18,20$; $b = 8,86$; $c = 5,20 \text{ \AA}$ [28].

Минерал бесцветный, серовато-белый с зеленоватым оттенком, реже – буровато-зеленый; блеск стеклянный; показатели преломления: $N_g = 1,665$; $N_m = 1,659$; $N_p = 1,656$; твердость составляет 5,5 по шкале Мооса; в кислотах не растворяется [28].

Энстатит – типичный минерал многих богатых магнием магматических горных пород. В ассоциации с оливином часто слагает перидотиты, является существенной составной частью габбро-норитов,

иногда диоритов. Наблюдается в эффузивных породах, реже встречается в контактово-метасоматических образованиях [26].

2.2.3 Тальк

Тальк – водный силикат магния $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$. Химический состав: 31,7 % MgO , 63,5 % SiO_2 и 4,8 % H_2O . Обычно часть магния изоморфно замещена железом (до 2 – 5 %), кроме того, довольно часто присутствует Al_2O_3 (до 2 %), изредка в небольших количествах – NiO [28].

Кристаллическая решетка талька псевдогексагональная, слоистая с плоскими сетками из тетраэдров $[SiO_4]$, каждый плоский пакет состоит из двух наружных слоев из кремнекислородных тетраэдров и внутреннего октаэдрического бруситового слоя $Mg(OH)_2$, каждые два пакета обращены друг к другу плоскостями оснований тетраэдров $[SiO_4]$, что обуславливает мягкость и совершенную спайность талька [15]. Сингония моноклинная. Очень редко наблюдается в таблитчатых кристаллах гексагонального и ромбического облика.

Цвет талька бледно-зеленый (для крупнолистовых масс) или белый с желтоватым, буроватым, зеленоватым, иногда интенсивным оттенком, тонкие листочки прозрачны или просвечивают; показатели преломления: $N_g = 1,575 - 1,590$; $N_p = 1,538 - 1,545$; твердость около 1; плохой проводник тепла и электричества, огнеупорен; в кислотах не растворяется даже при нагревании [26]. Будучи сильно прокален, приобретает значительную прочность.

Чаще всего встречается как продукт гидротермального изменения богатых магнием ультраосновных пород в ассоциации с остаточными зернами хромшпинеллоидов и с новообразованиями карбонатов магния [28].

2.2.4 Гидрофторид аммония

Гидрофторид (бифторид) аммония представляет собой бесцветное слабо гигроскопичное вещество [29]. Связь группы NH_4 с атомом фтора обеспечивается водородными связями. Температура плавления NH_4HF_2

составляет 126,45 °С. ГДФА хорошо растворяется в воде, а также в жидком фтороводороде.

В ряду традиционных фторирующих реагентов (фтор, галоген — фториды, безводный фтористый водород и фтористоводородная кислота) фториды аммония, в частности гидродифторид, занимают промежуточное место между фтором и безводным фтористым водородом, зачастую превосходя последний как по значениям констант равновесия реакций, так и по скорости фторирования [29].

Гидродифторид аммония может использоваться для фторирования ряда элементов, многих оксидов и очень большого числа солей (металлатов). Поэтому ГДФА и его растворы рекомендовано применять для удаления оксидов с поверхности полупроводников, удаления кварца из флюоритовых концентратов.

2.2.5 Кобальт азотнокислый шестиводный

Кобальт азотнокислый шестиводный ($\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$) представляет собой розовые гигроскопические кристаллы, расплывающиеся во влажном воздухе; выше 20 °С устойчива α -форма с моноклинной решеткой (параметры элементарной ячейки: $a = 1,42$; $b = 6,14$; $c = 12,66 \text{ \AA}$); получают его путем растворения металлического кобальта в разбавленной азотной кислоте [30].

Температура плавления гексагидрата составляет 55 °С, плотность — 1,89 г/см³. Хорошо растворим в воде, ацетоне, спирте и других растворителях. При температуре выше 74 °С разлагается.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г21	Шарафееву Шарифу Мнировичу

Институт	ИФВТ	Кафедра	ТСН
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология 18.03.01

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость исходного сырья, материалов, спецоборудования, комплектующих изделий и покупных полуфабрикатов.
2. Нормы и нормативы использования ресурсов	Расчетные величины материалов, сырья и оборудования научно-технического проекта
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Премиальный коэффициент, районный коэффициент, коэффициент доплат и надбавок, заработная плата по тарифной ставке.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование структуры работ, их трудоемкость, разработка графика проведения исследования, расчет бюджета исследования: затраты на сырье, оборудование, заработную плату, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы.
2. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет интегрального показателя эффективности: определение финансовой эффективности и ресурсоэффективности; сравнение эффективности разработки с аналогами.

Перечень графического материала:

1. График проведения и бюджет НИ
2. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	23.03.2016г.
--	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская М.В.	К.Э.Н.		23.03.2016г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г21	Шарафеев Шариф Мнирович		23.03.2016г.

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

5.1 Планирование научно-исследовательских работ

5.1.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты. По каждому виду работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы приведен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Порядок работ и распределение исполнителей.

Основные работы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, студент
Выбор и направление исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направлений исследований	Руководитель, студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Студент

Основные работы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, студент
	6	Проведение экспериментов	Студент
	7	Сопоставление результатов эксперимента с теоретическими исследованиями	Руководитель, студент
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка полученных результатов	Руководитель, студент
	9	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, студент
Изготовление и испытания опытных образцов	10	Получение опытных образцов	Студент
	11	Лабораторные испытания опытных образцов	Руководитель, студент
Оформление комплекта документации по ВКР	12	Составление пояснительной записки	Студент

5.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения ожидаемого значения трудоемкости используется формула 5.1.

$$t_{ож\ i} = \frac{t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}, \quad (5.1)$$

где $t_{ож\ i}$ – наиболее вероятное время, в течение которого должна быть выполнена работа, чел-дни;

$t_{min i}$ – минимальное время для выполнения определенного этапа при благоприятном стечении обстоятельств, чел-дни;

$t_{max i}$ – максимальное время для выполнения данного этапа при неблагоприятном стечении обстоятельств, чел-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы (формула 5.2) в рабочих днях, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{Ч_i}, \quad (5.2)$$

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

$t_{ож i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел-дни;

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

5.1.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих дней в календарные, необходимо воспользоваться формулой 5.3.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (5.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения отдельной работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле 5.4.

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (5.4)$$

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

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

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

В 2016 году 366 календарных дней, из них 105 выходных и 14 праздничных дней. Тогда коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 105 - 14} = 1,48.$$

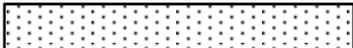
Таблица 5.2 – Временные показатели научного исследования (обозначения: Р – руководитель, С – студент).

Название работ	Трудоемкость работ						Исполнители	T_p , раб. дн.		T_k , кал. дн.	
	t_{min} , чел-дн		t_{max} , чел-дн		$t_{ож}$, чел-дн			Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2					
Составление технического задания	0,2	0,2	1	1	0,5	0,5	Р	0,1	0,1	0,1	0,1
	0,2	0,2	1	1	0,5	0,5	С	0,1	0,1	0,1	0,1
Выбор направления исследований	0,5	0,5	2	2	1	1	Р	0,5	0,5	0,6	0,6
	0,5	0,5	2	2	1	1	С	0,5	0,5	0,6	0,6
Подбор и изучение материалов	5	5	10	10	7	7	Р	3,5	3,5	4,2	4,2
	5	5	10	10	7	7	С	3,5	3,5	4,2	4,2
Календарное планирование работ по теме	1	1	2	2	1,4	1,4	Р	0,7	0,7	0,8	0,8
	1	1	2	2	1,4	1,4	Р	0,7	0,7	0,8	0,8
Проведение теоретических расчетов и обоснований	3	3	5	5	3,8	3,8	С	1,9	1,9	2,3	2,3

Название работ	Трудоемкость работ						Исполнители	T_p , раб. дн.		T_k , кал. дн.	
	t_{min} , чел-дн		t_{max} , чел-дн		$t_{ож}$, чел-дн			Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2					
Проведение экспериментов	3	3	5	5	3,8	3,8	С	1,9	1,9	2,3	2,3
Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	2	2	3	3	2,4	2,4	Р	1,2	1,2	1,4	1,4
	3	3	5	5	3,8	3,8	С	1,9	1,9	2,3	2,3
Оценка полученных результатов	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	2	2
	5	5	6	6	5,4	5,4	С	2,7	2,7	3,2	3,2
Приготовление опытных образцов	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	2	2
	14	14	28	28	19,6	19,6	С	9,8	9,8	12	12
Испытание опытных образцов	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	2	2
	5	5	7	7	5,8	5,8	С	2,9	2,9	3,5	3,5
Составление пояснительной записки	13	13	16	16	14,2	14,2	С	14	14	17	17

На основании полученных данных был построен ленточный график в виде диаграммы Ганта (таблица 5.3).

Вид работы	Исполнители	T_{ki} , дней	Продолжительность выполнения работ												
			Февраль		Март			Апрель			Май				
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Оценка полученных результатов	Руководитель, студент	2 3,2													
Приготовление опытных образцов	Руководитель, студент	2 12													
Испытание опытных образцов	Руководитель, студент	2 3,5													
Составление пояснительной записки	Студент	17													

Руководитель 

Студент 

5.1.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

5.1.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле 5.5.

$$Z_M = (1 + k_T) \sum_{i=1}^m (C_i N_{\text{расх } i}), \quad (5.5)$$

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

$N_{\text{расх } i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

C_i – цена приобретения единицы вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15 – 25 % от стоимости материалов. Результаты расчета затрат на сырье в процессе проведения НИР представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Затраты на сырье на проведение исследований.

Наименование	Марка, размер	Кол-во, кг	Цена за единицу, руб/кг	Сумма, руб.
Форстерит	Тех	2	190	380
Энстатит	Тех	2	250	500
Тальк молотый	ТМК28	5	100	500
Гидрофторид аммония	Ч	10	215	2150
Кобальт азотнокислый шестиводный	Ч	1	1539	1539
Итого				5069

5.1.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для экспериментальных работ

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме. Амортизация оборудования рассчитывается по формуле 5.6.

$$A = \frac{C_n \cdot H_a \cdot n}{100k}, \quad (5.6)$$

где C_n – первоначальная стоимость оборудования;

H_a – норма амортизации, %;

n – число проработанных месяцев;

k – количество месяцев в году.

Число проработанных месяцев берем из расчета того, что на НТИ инженером было затрачено 1248 ч = 1,73 месяца (таблица 5.5).

Таблица 5.5 – Расчет амортизации оборудования.

Наименование оборудования	C_n , руб	H_a , %	A , руб
Весы аналитические Веста В153	15000	10	216
Печь муфельная ПМ-8	42300	8	488
Пресс гидравлический	15000	8	173
Колбонагреватель LAB FH1000 Euro	16800	15	363
Установка ДРОН-3М	180000	12	3114
Установка STA 449 F3 Jupiter	3000000	12	51900
Печь камерная	70000	12	1211
Итого			57465

Затраты на электроэнергию (таблица 5.6) учитываются только на технологические цели, так как затраты на освещение и другие цели связаны с общеустановленными расходами.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле 5.7.

$$Z_3 = N \cdot T \cdot C, \quad (5.7)$$

где N – потребляемая мощность установки, кВт;

T – время работы оборудования, ч;

C – стоимость 1кВт·час электроэнергии (2,81 руб.).

Таблица 5.6 – Расчет затрат на электроэнергию.

Наименование оборудования	N , кВт/ч	T , ч	Затраты, руб.
Весы аналитические Веста В153	0,40	24	27
Пресс гидравлический	3,50	14	138
Печь муфельная ПМ-8	2,40	144	971
Колбонагреватель LAB FH1000 Euro	0,55	10	16
Установка ДРОН-3М	1,50	6	25
Установка STA 449 F3 Jupiter	1,50	3	13
Печь камерная	3,00	192	1619
Итого			2809

5.1.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада (формула 5.8).

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.8)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (составляет 10 – 20 % от основной заработной платы), руб.

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (5.9)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 5.10.

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (5.10)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

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

Месячный оклад работника рассчитывается по формуле 5.11.

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (5.11)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (0,2 – 0,5);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент (для Томска – 1,3).

В таблице 5.7 приведен баланс рабочего времени каждого работника.

Таблица 5.7 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	120	120
Количество нерабочих дней		
выходные дни:	17	17
праздничные дни:	6	6
Потери рабочего времени		
отпуск:	0	0
невыходы по болезни:	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	97	97

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Расчет основной заработной платы.

Категория	$Z_{тс}$, руб.	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	25000	0,30	1,3	52000	433,33	50	21666,50
Студент	10000	0,30	1,3	20800	173,33	100	17333,00

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Общая заработная плата исполнителей.

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зп}$, руб.
Руководитель	21666,50	3250,00	24916,50
Студент	17333,00	2600,00	19933,00

5.1.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье отражаются отчисления по установленным нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования. Величина отчислений определяется по формуле 5.12.

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (5.12)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Отчисления во внебюджетные фонды.

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	21666,50	3250,00
Бакалавр	17333,00	2600,00
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,305	
Итого:	13679,10	

5.1.4.5 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле 5.13.

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 4), \quad (5.13)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов $k_{\text{нр}}$ допускается взять в размере 16 %. Таким образом, накладные расходы на данные НИИ составят:

$$\begin{aligned} Z_{\text{внеб}} &= 0,16 \cdot (13679,1 + 24916,5 + 19933 + 2809 + 57465 + 5069) = \\ &= 19819,46. \end{aligned}$$

5.1.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Расчет бюджета затрат НИИ.

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	
		Исп.1	Исп.2
1	Материальные затраты НИИ	5069,00	
2	Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	57465,00	
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	21665,50	17333,00
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	3250,00	2600,00
5	Отчисления во внебюджетные фонды	13679,10	
6	Накладные расходы	19819,46	
7	Бюджет затрат НИИ	140881,06	

Как видно из таблицы 5.11 основные затраты НИИ приходятся на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования (формула 5.14).

$$I_{pi} = \sum (a_i \cdot b_i), \quad (5.14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Сравнительная оценка характеристик вариантов объекта представлена в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Критерии / Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп. 2	Исп. 3
1. Сложность технологии	0,10	4	3	3
2. Диэлектрические свойства	0,25	5	5	4
3. Термофизические свойства	0,15	4	3	3
4. Энергосбережение	0,25	4	3	2
5. Материалоемкость	0,25	5	3	4
ИТОГО	1			

Рассчитанная сравнительная ресурсоэффективность разработки представлена в таблице 5.13.

Из расчетов выявлено, что текущий проект по интегральному показателю ресурсоэффективности вариантов является выгодным и превосходит аналоги. Так как данный проект является только научной

разработкой и началом исследования, то интегральный финансовый показатель разработки рассчитать не представляется возможным.

Таблица 5.13 – Сравнительная ресурсоэффективность разработки.

	Текущий проект	Исп. 1	Исп. 2
I_{pi}	4,50	3,50	3,25

В целом, данный проект является перспективным с точки зрения ресурсопотребления, так как в отличие от аналогов в проекте предусмотрены меньшие затраты на себестоимость будущей продукции за счет использования местных недорогих сырьевых материалов и возможное достижение требуемых характеристик.

Список публикаций студента

1. Шарафеев, Ш.М. Исследование процессов фтораммонийной обработки магнийсодержащих силикатов / Ш.М. Шарафеев // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XV Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулева / ТПУ. – Томск, 2014. – С. 116 – 118.
2. Шарафеев, Ш.М. Процессы деструкции при фтораммонийной обработке природных силикатов магния / Ш.М. Шарафеев // Проблемы геологии и освоения недр: труды XIX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых / ТПУ. – Томск, 2016.
3. Погребенков, В.М. Образование дефектных структур при фтораммонийной обработке природных силикатов магния / В.М. Погребенков, Ш.М. Шарафеев // Потенциал современной науки. – 2016. – №2. – С. 45 – 49.