

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт им. О.А. Байконурова

Кафедра «Материаловедение, нанотехнологии и инженерная физика»

Рспаев Тимур Русланович

Исследование физических свойств и характеристик диоксида кремния
полученных из техногенных отходов

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Образовательная программа

6B07109 – Инженерная физика и материаловедение

Алматы 2025

ОТЗЫВ
на дипломную работу

Рспаева Тимура Руслановича

6B07109 – «Инженерная физика и материаловедение»

На тему: Исследование физических свойств и характеристик диоксида кремния полученных из техногенных отходов.

Дипломная работа студента Рспаева Тимура Руслановича представляет собой научно обоснованное и актуальное исследование, посвящённое изучению физико-химических свойств диоксида кремния, полученного в результате переработки техногенных отходов. В современных условиях, когда экологические аспекты и ресурсосбережение играют ключевую роль в научно-техническом прогрессе, выбранная тема отличается высокой значимостью и практической направленностью.

Студент проявил высокий уровень самостоятельности, ответственности и глубокого погружения в материал. В процессе выполнения работы были проанализированы современные методы получения SiO_2 , проведены экспериментальные исследования, а также сопоставлены полученные результаты с данными литературы. Особо стоит отметить уверенное владение студентом методами физико-химического анализа, умение интерпретировать полученные данные и делать обоснованные выводы.

Работа структурирована логично, грамотно оформлена и содержит убедительные экспериментальные результаты, что свидетельствует о сформированности у студента научного мышления и умений вести исследовательскую деятельность. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологий утилизации техногенных отходов и получении материалов с заданными свойствами.

Дипломная работа заслуживает оценки **«отлично»**, а её автор заслуживает присуждения степени бакалавра по образовательной программе 6B07109 – Инженерная физика и материаловедение.

Научный руководитель
к.ф.м.н., ассоц. профессор,
Бейсебаева А.С.
2025 г.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический
университет имени К.И.Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О. А. Байконурова
Кафедра «Материаловедение, нанотехнологии и инженерная физика»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
«МНИИФ» к.т.н
Какимов У.К.

« 06 » 06 2025 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

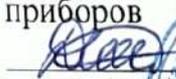
На тему: Исследование физических свойств и характеристик диоксида
кремния полученных из техногенных отходов

Образовательная программа
6B07109 – Инженерная физика и материаловедение

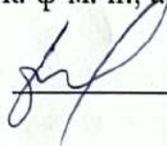
Выполнил

Рспаев Тимур Русланович

Рецензент: к.ф.-м.н., профессор,
заведующий лабораторией
фотоэлектрических явлений и
приборов

 Е. А. Дмитриева

Научный руководитель:
к. ф-м. н., асоц. профессор

 Бейсебаева А. С.



Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О. А. Байконурова
Кафедра «Материаловедение, нанотехнологии и инженерная физика»
Специальность 6В07109 – Инженерная физика и материаловедение

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
«МНиИФ»

К.Т.Н.

Какимов У. К. 

« 05 » 06 2025 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Рспаеву Тимуру Руслановичу

Тема: « Исследование физических свойств и характеристик диоксида кремния
полученных из техногенных отходов»

Утверждена приказом № 26-П/Ө от «29» января 2025 г.

Срок сдачи законченной работы « 05 » 06 2025 г.

Отход №3 с содержанием редкометаллической руды. Литературный обзор
исследования физических свойств и характеристик диоксида кремния
полученных из техногенных отходов. Особенности метода получения диоксида
кремния.

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

- а) Основная цель исследования обозначена: изучить состав, физические и химические характеристики отхода, а также выявить наиболее эффективные методы его переработки для создания новейших материалов.
- б) Характеризация покрытий образца:
 - СЭМ анализ поверхности и поперечного сечения образца до и после синтеза;
 - Рентгеноскопический анализ XRD поверхности покрытия.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

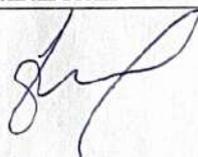
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Литературный обзор	13.12.2024	
Основная часть	20.01.2025	
Экспериментальная часть	20.03.2025	

ПОДПИСИ

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Магистр технических наук, ассистент кафедры «МНИИФ» Т.Е.Етиш	02.06.2025	

Научный руководитель



Бейсебаева А. С.

Задание принял к исполнению обучающийся

Рспаев Т.Р.

Дата

" 05 " 06 2025 г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Рспаев Тимур Русланович

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Исследование физических свойств и характеристик диоксида кремния полученных из техногенных отходов

Научный руководитель: Бейсебаева А.С.

Коэффициент Подобия 1: 0,5

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 5

Знаки из других алфавитов: 5

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата

26.05.2025



Заведующий кафедрой

Какимов У.К.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу

Рспаева Тимура Руслановича

6B07109 – «Инженерная физика и материаловедение»

На тему: Исследование физических свойств и характеристик диоксида кремния
полученных из техногенных отходов.

Выполнено:

- а) графическая часть на 10 листах
б) пояснительная записка на 53 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Дипломная работа посвящена получению и исследованию физических свойств и характеристик диоксида кремния полученных из техногенных отходов. Основное внимание уделено разработке и анализу методов получения диоксида кремния и анализ свойств на микро- и наномасштабном уровне.

В связи с этим цель данной дипломной работы заключается в изучении состава и свойств горно-металлургического отхода, а также в разработке рациональной технологии его переработки с целью получения полезных вторичных материалов. В рамках исследования проведён анализ отечественного и зарубежного опыта переработки отходов, рассмотрены химические и физико-механические характеристики различных видов.

Оценка работы

Все поставленные задачи студент успешно выполнил. Среди достоинств работы можно выделить:

глубокий и всесторонний анализ актуальной научной литературы и современных методов синтеза оксидных полупроводников;

грамотный выбор и применение комплекса аналитических методик для исследования структурных и морфологических характеристик;

На основании проведённого анализа оцениваю работу на 90% (отлично). Считаю, что студент Рспаев Тимур Русланович заслуживает присуждения степени бакалавра по образовательной программе 6B07207 – Инженерная физика и материаловедение.

Рецензент

зав. лаб. ЛФиЯП,
к.ф.-м.н., профессор,

Дмитриева Е.А.

«30» 06



АННОТАЦИЯ

Бұл дипломдық жұмыс перспективалы физикалық қасиеттері бар жаңа материал жасау мақсатында Қазақстан кәсіпорындарында пайда болатын тау-кен металлургиялық қалдықтарды қайта өңдеу мүмкіндігін зерттеуге арналған. Тақырыптың өзектілігі өнеркәсіптік қалдықтарды ұтымды пайдалану, қоршаған ортаға зиянды әсерді азайту, сондай-ақ инновациялық материалдар үшін балама шикізат көздерін іздеу қажеттілігімен байланысты.

Зерттеу барысында құрамында кремний, сирек жер элементтері және алтын қоспалары бар құнды компоненттері бар қалдықтардың сынамалары іріктеліп, зерттелді. Физика-химиялық талдаудың заманауи әдістері, соның ішінде рентгендік фазалық талдау, спектрометрия және термиялық синтез қолданылды. Электр өткізгіш қасиеттері бар кремний диоксидін алу процесіне ерекше назар аударылады, бұл оны электроника мен нанотехнологияны қоса алғанда, әртүрлі салаларда қолдану мүмкіндіктерін ашады.

Әзірленген материал тұрақты физика-механикалық өнімділікті, сыртқы әсерлерге төзімділікті және әлеуетті экономикалық тиімділікті көрсетті. Жұмыс тау-кен металлургия секторының кәсіпорындары үшін, сондай-ақ жаңа функционалдық материалдарды әзірлеушілер үшін ғылыми-практикалық қызығушылық тудырады.

Түйінді сөздер: қалдықтарды қайта өңдеу, тау-кен металлургия қалдықтары, кремний диоксиді, сирек жер элементтері, физикалық қасиеттері, жаңа материал.

АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа посвящена исследованию возможности переработки горно-металлургического отхода, образующегося на предприятиях Казахстана, с целью создания нового материала, обладающего перспективными физическими свойствами. Актуальность темы обусловлена необходимостью рационального использования промышленных отходов, сокращения вредного воздействия на окружающую среду, а также поиска альтернативных источников сырья для инновационных материалов.

В ходе исследования были отобраны и изучены пробы отходов, содержащих ценные компоненты, включая кремний, редкоземельные элементы и золотоносные примеси. Применялись современные методы физико-химического анализа, включая рентгенофазовый анализ, спектрометрию и термический синтез. Особое внимание уделено процессу получения диоксида кремния с электропроводящими свойствами, что открывает возможности его применения в различных отраслях, включая электронику и нанотехнологии.

Разработанный материал продемонстрировал стабильные физико-механические характеристики, устойчивость к внешним воздействиям и потенциальную экономическую эффективность. Работа представляет научно-практический интерес для предприятий горно-металлургического сектора, а также для разработчиков новых функциональных материалов.

Ключевые слова: переработка отхода, горно-металлургические отходы, диоксид кремния, редкоземельные элементы, физические свойства, новый материал.

ANNOTATION

This thesis is devoted to the study of the possibility of processing mining and metallurgical waste generated at enterprises in Kazakhstan in order to create a new material with promising physical properties. The relevance of the topic is due to the need for rational use of industrial waste, reduction of harmful effects on the environment, as well as the search for alternative sources of raw materials for innovative materials.

During the study, samples of Waste containing valuable components, including silicon, rare earth elements and gold-bearing impurities, were selected and studied. Modern methods of physico-chemical analysis were used, including X-ray phase analysis, spectrometry and thermal synthesis. Special attention is paid to the process of obtaining silicon dioxide with electrically conductive properties, which opens up the possibility of its application in various industries, including electronics and nanotechnology.

The developed material has demonstrated stable physical and mechanical characteristics, resistance to external influences and potential economic efficiency. The work is of scientific and practical interest to enterprises in the mining and metallurgical sector, as well as to developers of new functional materials.

Keywords: waste recycling, mining and metallurgical waste, silicon dioxide, rare earth elements, physical properties, new material.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1.ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	10
1.1 Обзор существующих исследований по переработке горно-металлургического отхода	10
1.2. Анализ технологий, применяемых в Казахстане для переработки отходов	11
1.3. Сравнение международного опыта переработки отходов с казахстанскими методами	12
1.4. Оценка экономической целесообразности переработки отходов.....	13
1.5. Влияние технологии переработки на качество конечных продуктов	13
1.11 Характеристика горно-металлургического отхода: состав, свойства и классификация.....	19
1.16 Современные методы переработки Отходов	23
1.17 Применение отходов в производстве новых материалов	29
1.18 Отходы для экранирования и защиты от излучения	30
1.19 Отходы для катализаторов и носителей катализаторов.....	31
1.20 Получение стеклокерамики и технических стекол благодаря отходам ...	32
1.21 Электропроводящие и полупроводниковые материалы из отходов	33
1.22 Батареи и аккумуляторы из отходов	34
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	35
2.1 Методы исследования и результаты.	35
3.РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	45

ВВЕДЕНИЕ

Горно-металлургический отход представляет собой побочный продукт, образующийся в процессе переработки руды, и его накопление становится серьезной экологической проблемой для Казахстана. В условиях растущего производства и увеличения объемов добычи полезных ископаемых, эффективное использование отходов становится актуальной задачей, требующей научного подхода и инновационных решений.

В рамках данной работы можно попытаться решить задачи, связанные с оценкой существующих методов переработки отхода, разработкой новых технологий, а также исследованием потенциальных областей применения полученного материала. Какие инновационные подходы могут быть использованы для повышения эффективности переработки? Каковы экологические и экономические преимущества нового материала? Как внедрение этого материала может повлиять на промышленность Казахстана?

Таким образом, данное исследование направлено на глубокий анализ проблемы переработки горно-металлургического отхода и создание нового материала, что позволит не только улучшить физические свойства, но и внести вклад в устойчивое развитие экономики страны. Основная часть работы будет посвящена детальному рассмотрению методов переработки, технологии создания нового материала и его применения в различных отраслях.

Актуальность темы исследования горно-металлургического отхода не может быть переоценена – в условиях современного мира, где ресурсы истощаются, а экология страдает, переработка отходов становится не просто полезным направлением, но и в связи необходимостью. Горнорудная отрасль неуклонно растёт, а вместе с ней – объёмы отходов, которые годами накапливаются на складах, занимая значительные площади и нанося вред окружающей среде. Создается вопрос: а нельзя ли использовать эти отходы как вторичное сырьё для создания новых, экологически чистых материалов? И вот мы подходим к важнейшему вопросу: насколько эффективно можно переработать горно-металлургический отход? С одной стороны, отход – это просто побочный продукт металлургических процессов, а с другой – это кладёз возможностей. Весь мир всё больше внимания уделяет вопросам устойчивого развития, и тут отходам и открывается неплохая дорога – они могут стать ресурсом для создания новых, инновационных материалов. Вопрос стоит не только в переработке, а в применении, ведь недостаток ресурсов требует креативного подхода. Исследовательская деятельность в этой области охватывает не только научные теории, но и практическое применение. Проблемы переработки отходов выходят на уровень не только производственных процессов, но и экологии, ведь отходы, содержащие токсичные элементы, если их не перерабатывать должным образом, могут негативно влиять на качество почвы и воды. И мы, как исследователи, задаемся вопросом: как этого избежать? Как сделать так, чтобы отходы приносили пользу обществу и планете? Ответ на

эти вопросы, безусловно, требует не только ума, но и технологий высокого уровня.

Можно с уверенностью сказать, что актуальность исследования применения отходов охватывает несколько сфер: это и наука, и промышленность, и экология, что подразумевает многофакторный анализ и целостный подход. В конечном итоге, цели и задачи нашего исследования напрямую связаны с потребностью решить вопрос о рациональном использовании ресурсного потенциала, который предлагает отход, тем самым позволяя продлить жизнь материалам и твердо шагнуть в будущее с головой, полной идеей и решений – для нас и для будущих поколений.

Цель данной дипломной работы заключается в том, чтобы исследовать возможности переработки горно-металлургического отхода. Основная цель исследования обозначена: изучить состав, физические и химические характеристики отхода, а также выявить наиболее эффективные методы его переработки для создания новейших материалов. Одной из ключевых задач является определение актуальных методов переработки. Здесь станет полезным рассмотреть существующие технологии, от классических до самых современных – нано-технологий, которые влияют на результат. Современный мир полон потребностей, мы не можем игнорировать необходимость в инновациях. Следует также добавить, что значительной задачей является оценка эффективности предложенной технологии в условиях лаборатории. Все это вкуче формирует целостное представление о роли отхода в промышленности, где каждая мельчайшая деталь имеет значение. Параллельно необходимо будет рассмотреть научные подходы, которые будут применяться в ходе исследования: какими методами мы будем проверять полученные результаты? Лабораторные эксперименты, сравнительный анализ, и, конечно, моделирование процессов переработки: все это создаст теоретическую базу для последующих практических шагов и выводов. В заключение, поставленная цель и задачи не просто формируют рамки исследования — они выступают в роли векторов, указывающих направление всей работы. И каждый шаг к выполнению этих задач приближает нас к пониманию реальных возможностей, которые открываются с использованием горно-металлургического отхода, как ценного ресурса для достижения устойчивого и экологически безопасного будущего.

Обзор современного состояния проблемы переработки горно-металлургического отхода представляет собой важный аспект понимания не только технологического прогресса в данной области, но и экологических вызовов, связанных с производством и утилизацией этого материала. В последние годы на фоне растущего внимания к вопросам устойчивого развития и рационального использования ресурсов, переработка отходов стала одной из ключевых тем для исследований. В мире, где объемы производства непрерывно растут, а требования к охране окружающей среды ужесточаются, отходы становятся не просто отходами, а потенциальными ресурсами, которые можно и нужно использовать [1]. Согласно последним данным, объемы формирования отходов в горно-металлургической отрасли достигают колоссальных цифр.

Например, по оценкам экспертов, в мире производится более 2 миллиардов тонн отходов ежегодно [2]. При этом значительная их часть остается загрязняя окружающую среду и занимая огромные площади. Несмотря на прогресс, проблема переработки горно-металлургического отхода остается далеко не решенной. Существующие технологии часто требуют доработки и оптимизации. Исследования ведутся в разных странах, однако стандартизация и создание единых методик остаются вызовом. Все больше исследователей обращают внимание на расширение функционального использования отходов. Решение проблемы переработки отходов может не только помочь в улучшении экологической ситуации, но и существенно снизить затраты на сырьё, так как отходы могут стать экономически выгодным вариантом при правильной переработке. Таким образом, текущая проблема переработки горно-металлургического отхода требует комплексного подхода, где сочетаются научные исследования, современные технологии и экономика. Эффективная переработка отходов не только сделает вклад в устойчивое развитие, но и откроет новые горизонты для проведения инновационных исследований и улучшения качества жизни.

Горно-металлургический отход — это не просто отход, это, в первую очередь, ценный ресурс, который может стать основой для создания новых материалов, технологий и даже целых производств. Вопрос переработки отходов и их повторного использования имеет огромную значимость на фоне экологических проблем, с которыми сталкивается современное общество. Эти отходы, образуемые в процессе обработки руды, содержат в себе не только металлы, которые можно извлечь, но и ряд минералов, обладающих многими полезными свойствами. Несмотря на то что горно-металлургический отход долгое время игнорировался и считался бесполезным, исследование его химического и физического состава показало, что в нём присутствуют такие элементы, как кремний, алюминий, железо и многие другие, которые имеют широкий спектр применения. Об отходах стоит задуматься с точки зрения экономических выгод. Переработка и повторное использование горно-металлургического отхода — это не просто экологически чистая альтернатива, это ещё и способ снизить затраты на сырьё при производстве строительных и других материалов. Производства, успешно реализующие технологии переработки отходов, становятся более устойчивыми и могут улучшать свои позиции на рынке. Однако стоит помнить, что для полноценного и эффективного использования горно-металлургического отхода необходимо учитывать его разнообразие: состав и свойства могут варьироваться в зависимости от источника его получения. Поэтому необходимы глубокие исследования и эксперименты, позволяющие выяснить, какие именно виды отходов будут более результативными в конкретных проектах или отраслях. В этом контексте горно-металлургический отход не только открывает новые возможности для исследований, но и способствует развитию более устойчивой экономики, меньше зависящей от первичных ресурсов.

Горно-металлургический отход — это таинственное и многофункциональное вещество, его физические свойства играют ключевую роль в понимании возможностей его переработки и использования. Основные физические свойства отхода включают в себя: плотность, прочность, гранулометрический состав, пористость и водопоглощение. Эти аспекты важно рассмотреть более подробно, чтобы оценить его потенциал. Начнем с плотности — этот показатель влияет на массу материала и, соответственно, на его транспортировку и применение. Обычно плотность отходов варьируется в пределах 2,3-3,0 г/см³. В зависимости от химического состава, технологии производства и способа охлаждения отхода, плотность может меняться. Это значит, что разные типы отхода имеют свои уникальные физические характеристики. Следующий элемент — прочность. Она напрямую связана с такими факторами, как структура, пористость и технология получения. Отходы, как правило, обладают высокой прочностью на сжатие, что делает их подходящими для использования в строительных материалах. Гранулометрический состав — это еще один важный аспект, который определяет возможность применения отхода. Отходы могут быть как мелкозернистыми, так и крупнозернистыми. Известно, что более мелкие частицы способствуют повышению прочности, а крупные — могут использоваться для создания заполнителей. Пористость отхода — это, пожалуй, одна из самых интересных характеристик. Она влияет на прочность, теплоизоляционные и звукоизоляционные свойства материала. На первый взгляд, отход может показаться просто тяжелым и неинтересным материалом, но его пористая структура на самом деле открывает новые горизонты для использования в различных отраслях. Водопоглощение отхода, хоть на первый взгляд, кажется и не таким важным параметром, но не стоит его недооценивать. Это свойство влияет на долговечность и эксплуатационные характеристики конечного продукта: например, отход с высоким водопоглощением может использоваться для создания материалов, устойчивых к морозу или перепадам температур. Подводя итоги, можно сказать, что основные физические свойства горно-металлургического отхода — это настоящая палитра возможностей, которая открывает двери для новых технологий и переработки этого уникального материала. От плотности до водопоглощения — все эти характеристики вместе взятые создают основу для дальнейших исследований и внедрения отходов в разные сферы.

Обоснование выбора материалов для исследования. При выборе материалов для нашего исследования важнейшим фактором становится их актуальность и соответствие поставленным задачам. Горная и металлургическая отрасли производят огромное количество отходов, которые, как правило, остаются неиспользованными. Отходы из металлургии, созданные в процессе выплавки металлов, могут не только существенно снизить нагрузку на окружающую среду, но и предоставить уникальные свойства для создания новых композиционных материалов. Выбор конкретного типа отхода обусловлен

несколькими факторами. Во-первых, это его состав, который, как ювелирный камень, может включать в себя различные минералы и примеси.

Например, в зависимости от сорта и технологии переработки, содержание оксидов, силиката и прочих веществ может значительно варьироваться. Во-вторых, важно учитывать физико-химические свойства отхода, такие как подвижность, механическая прочность и термостойкость, особенно если материал будет подвергаться высоким температурам или нагрузкам в процессе эксплуатации. Не стоит забывать и о экологическом аспекте. Переработка отходов позволяет минимизировать размер свалок, которые, как известно, становятся проблемой номер один в больших городах. Мы как исследователи со своей стороны обязаны не только разрабатывать новые технологии, но и предлагать решения для устойчивого развития промышленности. Воспользовавшись отходами, мы можем внести незаметный, но очень важный вклад в защиту природы, показать, что отходы могут обрести вторую жизнь. Таким образом, выбор отходов в качестве исследуемых материалов - это не просто стратегический шаг, это осознанный подход. Результаты нашего исследования откроют новые горизонты для использования горно-металлургического отхода, трансформируя его из отхода в ресурс, что, в свою очередь, послужит на благо науки и человечества

Методологические подходы к проведению исследований – это краеугольный камень, на котором строится вся работа. В нашем случае они будут определяться многими факторами, начиная от характеристик исходного материала и заканчивая спецификой исследовательских методов. Одним из основных аспектов является выбор системы исследований. Например, применяя количественные методы, можно получить четкие данные о составе и свойствах горно-металлургического отхода: от концентрации различных компонентов до их влияния на конечные характеристики новых материалов. А вот качественные методы позволяют углубиться в понимание, как отход может быть использован. Здесь важно не забывать о современных исследованиях, ведь только что появившиеся подходы могут значительно улучшить результаты. Далее, использование экспериментального подхода играет ключевую роль. Запланированные эксперименты следует разделить на несколько этапов. Сначала это должна быть подготовительная работа: обработка отхода, анализ его состава, осушка, чтобы избежать влияния влаги на итоговые результаты. Затем можно перейти к разработке технологий создания нового материала, где эксперимент будет тесно переплетен с теорией.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Обзор существующих исследований по переработке горно-металлургического отхода

В последние десятилетия переработка горно-металлургического отхода стала предметом активного изучения и научного анализа. Исследования этой области охватывают широкий спектр методов, технологий и применение отходов, а также изучают их влияние на окружающую среду и устойчивое развитие. Научные работы в данной сфере делятся на теоретические и практические, исследуя как состав и свойства отходов, так и возможные пути их утилизации. В систематизированном обзоре ключевых исследований можно выделить несколько направлений. Первое из них связано с характеристикой состава отходов – это необходимо, чтобы понять, какие элементы и соединения можно эффективно извлекать. Например, исследования показывают, что отходы зачастую содержат ценные компоненты, такие как кремнезем, алюминий и железо[3]. Применение современных аналитических методов, таких как рентгенофлуоресцентный анализ или сканирующая электронная микроскопия, позволяет глубже понять физико-химические свойства горно-металлургических отходов.

Некоторые исследования акцентируют на экономическом аспекте переработки: насколько целесообразны инвестиции в технологии переработки Отходов, какую экономическую выгоду они могут обеспечить в долгосрочной перспективе. К примеру, исследования показывают, что внедрение новых технологий может окупиться за счет последующей экономии на ресурсах и снижении затрат на утилизацию[4]. Также нельзя обойти вниманием международный опыт. Сравнительные исследования показывают, что в странах с высокоразвитыми технологиями переработки достигнуты впечатляющие результаты, которые можно адаптировать в Казахстане с учетом специфики и особенностей местного рынка. В то же время некоторые работы указывают на явные недостатки существующих систем управления и отсутствие государственной поддержки для внедрения новшеств. Таким образом, обзор существующих исследований по переработке горно-металлургического Отхода свидетельствует о значительном потенциале данного направления. Однако для достижения ощутимых успехов необходимо углубленное исследование, а также комплексный междисциплинарный подход, объединяющий научные, экономические и экологические аспекты. Текущие разработки могут стать основой для будущих достижений в области переработки отходов и создания более устойчивой экономики[5].

1.2. Анализ технологий, применяемых в Казахстане для переработки отходов

Анализ технологий, применяемых в Казахстане для переработки Отходов, представляет собой важный элемент понимания текущего состояния горно-металлургической отрасли. В стране на протяжении последних лет наблюдается увеличение объемов производства, что, в свою очередь, приводит к образованию значительных количеств отходов. Казахские исследователи и технологи разрабатывают и внедряют множество методов переработки, которые, наряду с необходимостью решения экологических проблем, должны способствовать экономическому росту региона. Ключевым направлением переработки отходов является их использование в качестве вторичных материалов в строительной отрасли.

На данный момент наиболее распространенными являются методы, основанные на механической переработке, термическом воздействии и химическом превращении. Например, механическая переработка предполагает дробление и сортировку отходов для извлечения ценных компонентов, таких как железо и различные минералы. Эти процессы позволяют значительно снизить количество отходов и одновременно создать конкурентоспособные строительные материалы. Термохимические технологии переработки отходов также получают все большее распространение. Внедрение плавления, восстановительных процессов и обжигов открывает новые горизонты – например, с помощью таких технологий можно создавать особенно прочные и устойчивые к воздействию внешней среды материалы. Казахстан, обладая внушительными запасами недорогого угля, использует это достоинство, развивая технологии термической переработки, что оптимизирует затраты на производство [6].

Государственная поддержка и инициатива в сфере устойчивого развития играют ключевую роль в адаптации казахстанских технологий. Реальные примеры внедрения высокотехнологичных процессов можно увидеть, например, на металлургических предприятиях, где внедрение современных установок по переработке отходов интегрировано в общую технологическую цепочку. Инициативы по научным исследованиям в этой области, включая сотрудничество с международными организациями, способствуют ускорению процессов адаптации и внедрения новшеств.

Также стоит отметить, что совершенствование технологий переработки отходов связано с внедрением автоматизированных систем управления и мониторинга процессов. Эти системы позволяют оценивать эффективность и производительность оборудования в режиме реального времени, что, в свою очередь, ведет к снижению рисков и увеличению качества переработанных материалов. Однако, проблемная ситуация с переработкой отходов в Казахстане все еще остается. Это связано с недостаточной осведомленностью и, скажем так, упущениями в законодательной базе.

Возможно, поэтому внедрение новых технологий зачастую замедляется... Причины кроются и в финансовых барьерах, возникающих при необходимости обновления оборудования и создания новых производственных линий. Тем не менее, с учетом растущего спроса на экологически чистые и качественные строительные материалы, можно надеяться, что технологии переработки отходов в Казахстане будут продолжать развиваться, достигать новых вершин и становиться важным вкладом в устойчивое будущее страны[7].

1.3. Сравнение международного опыта переработки отходов с казахстанскими методами

Сравнение международного опыта переработки отходов с казахстанскими методами является важным аспектом для оценки текущей ситуации в сфере переработки горно-металлургических отходов. Многие развитые страны, такие как Германия, Япония и США, внедрили передовые технологии, позволяющие эффективно утилизировать отходы и превращать их в сырьё для новых материалов.

Например, в Германии активно применяются методы термической переработки, позволяющие извлекать ценные металлы из отходов с высоким уровнем очистки и минимальными потерями. Японские технологии переработки, напротив, отличает высокая степень автоматизации и интеграции в промышленные циклы, что позволяет не только перерабатывать отходы, но и минимизировать выбросы. В Казахстане, несмотря на наличие природных ресурсов и потребность в эффективной переработке отходов, методы остаются на более начальном уровне развития.

Основные технологии переработки, применяемые в республике, включают механическое дробление и сортировку, что, безусловно, не сравнимо с современными подходами, используемыми в развитых странах. Мало того, на текущий момент отсутствует единый стандарт, который бы регулировал данные процессы, что еще больше усложняет ситуацию. Ключевым отличием между международной практикой и казахстанскими методами является степень внедрения научных исследований и разработок. В то время как в Европе и Азии активно проводятся исследования по улучшению процессов переработки, Казахстан на сегодняшний день сталкивается с нехваткой научных кадров и финансирования в данной области.

Таким образом, выводы зарубежных экспертов становятся недоступными для казахстанских производителей, что в свою очередь сказывается на уровне переработки отходов. Кроме того, стоит отметить, что в сравнении с зарубежными технологиями, казахстанские методы часто являются более затратными в плане рыночной стоимости переработки. Существенные различия в уровне производственной инфраструктуры, а также в доступности финансов, влияют на конкурентоспособность казахстанских методов по сравнению с международными аналогами [8].

Для улучшения этого аспекта Казахстану следует рассмотреть возможность сотрудничества с международными компаниями для переноса технологий и навыков, что может существенно повысить эффективность переработки отходов. Таким образом, можно констатировать, что казахстанская практика переработки горно-металлургического отхода требует кардинальных изменений и адаптации передовых международных технологий. Только совместными усилиями, с привлечением научного потенциала и финансирования, республика сможет вывести эту сферу на новый уровень, соответствующий глобальным стандартам и потребностям устойчивого развития.

1.4. Оценка экономической целесообразности переработки отходов

Экономическая целесообразность переработки горно-металлургических отходов является многогранной темой, требующей глубокого анализа, включая как финансовые, так и экологические аспекты. На первом уровне, необходимо рассмотреть затраты, связанные с процессом переработки. Эти затраты могут включать в себя расходы на современное оборудование, оплату труда квалифицированного персонала, а также затраты на энергоресурсы.

Однако, на этом фоне необходимо понимать, что инвестиции в современные технологии переработки могут сократиться благодаря имеющимся инновациям, которые значительно снижают порог входа на рынок переработки.

Теперь перейдём ко второй стороне медали: экономическая выгода. Здесь важно отметить, что переработка отходов предоставляет новые возможности для получения вторичных материалов, что, в свою очередь, уменьшает потребность в добыче первичных ресурсов, что в свою очередь приводит к экономической стабильности. Поскольку мировая экономика испытывает давление в связи с исчерпанием природных ресурсов, вторичные материалы как раз могут стать альтернативным источником, исключая зависимость от колебаний цен на сырьё.

Также стоит отметить, что переработанные отходы могут использоваться в строительной отрасли, производя высококачественные строительные материалы, такие как цемент, бетоны, кирпичи. Экономия на первичном сырье и его транспортировке — это ещё один аспект, который необходимо учитывать при оценке целесообразности. Существует также возможность получения финансовых субсидий и грантов от государства на реализацию проектов по переработке отходов, что дополнительно увеличивает заинтересованность и уменьшает риски.

1.5. Влияние технологии переработки на качество конечных продуктов

Влияние технологии переработки на качество конечных продуктов является ключевым аспектом, непосредственно влияющим на эффективность использования горно-металлургического отхода в различных отраслях. На

сегодняшний день существует множество методов переработки, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки, и их выбор определяет не только экономическую целесообразность, но и физико-химические характеристики получаемых материалов.

Первым делом, стоит упомянуть, что выбор технологии переработки отходов влияет на такие характеристики, как прочность, устойчивость к воздействию внешней среды и общие физические свойства конечного продукта.

Например, использование современных методик, таких как термическая обработка или химическое активирование, позволяет существенно повысить показатели прочности и долговечности, что в свою очередь открывает новые горизонты для использования отходов в строительстве. Однако обращение к низкотемпературным методам переработки может привести к образованию конечных продуктов с пониженными механическими свойствами и сниженной долговечностью. Это обусловлено тем, что при недостаточном прогреве или неправильной химической обработке могут сохраняться некоторые компоненты отхода, которые негативно влияют на прочностные характеристики.

По данным недавних исследований, переработанные отходы, полученные с использованием высокотехнологичных процессов, демонстрируют значительно улучшенные физико-химические параметры по сравнению с традиционными методами. Однако, не последнюю роль в этом играет качество входного сырья и правильный подход к его предварительной обработке. Каждый этап — от выбора технологий до тестирования конечных продуктов — требует всестороннего анализа и детального планирования. Тем не менее, проблема заключается не только в технологиях переработки, но и в стандартах качества. Современные требования к качеству строительных материалов становятся все более строгими с учетом обеспечения долговечности и безопасности конструкций. И именно здесь внедрение прогрессивных технологий переработки отходов оказывается крайне полезным, позволяя достичь необходимых стандартов [9].

Итак, качественное влияние технологии переработки на конечные продукты подчеркивает важность комплексного подхода, который включает в себя как выбор методов переработки, так и оценку свойств получаемых материалов. Чем выше технологии, тем более значительные преимущества можно получить в плане качества и производительности. Это, в свою очередь, помогает эффективно использовать ресурсы, минимизировать расходы и сократить негативное влияние на окружающую среду, что особенно актуально в условиях современного устойчивого развития.

1.6. Рекомендации по оптимизации процессов переработки отходов

Оптимизация процессов переработки горно-металлургических отходов представляет собой ключевой аспект для повышения их эффективности и снижения негативного влияния на окружающую среду. В ходе переработки отходов необходимо учитывать несколько факторов.

Первое, что нужно сделать, — это внедрение современных технологий переработки, таких как пирометаллургия, гидрометаллургия и механическая обработка. Применение новейших технологий будет способствовать более полному извлечению ценных компонентов, таких как металлы и минералы. Например, использование флотации или электромагнитного разделения может значительно увеличить выход конечного продукта.

Вторым важным направлением является разработка и внедрение новых методов обогащения отходов. В этом контексте можно рассмотреть использование биотехнологий и нанотехнологий для улучшения качества конечных продуктов из отходов. Они позволят не только повысить эффективность переработки, но и сделать ее более экологически чистой.

Третьим значимым аспектом является интеграция процессов переработки в замкнутые циклы. Это предполагает создание цепочек, в которых отходы не просто перерабатываются, а интегрируются в общее производство, что снижает затраты на сырье и уменьшает количество отходов. Важно также учитывать необходимость повышения квалификации кадров, занятых в сфере переработки. Обучение и переподготовка специалистов обеспечат внедрение инновационных подходов и технологий, что в свою очередь способствует более эффективному использованию ресурсов.

Другим важным аспектом оптимизации является наладка партнерств между металлургическими предприятиями и научными учреждениями. Совместные исследовательские проекты могут способствовать разработке новых технологий переработки и успешному внедрению их в производство.

Наконец, необходимо активно внедрять системы управления качеством, которые будут отслеживать и контролировать все этапы переработки. Это позволит не только минимизировать потери, но и обеспечить высокое качество конечной продукции. Таким образом, внедрение современных технологий, оптимизация процессов обогащения материалов, создание замкнутых циклов переработки, повышение квалификации специалистов и примеры успешного партнерства являются основными рекомендациями по оптимизации процессов переработки горно-металлургических отходов в Казахстане. Это позволит не только извлекать максимальную выгоду из вторичных ресурсов, но и сделать вклад в устойчивое развитие отрасли.

1.7. Перспективы использования переработанных отходов в строительстве и других отраслях

Перспективы использования переработанных отходов в строительстве и других отраслях Казахстана представляют собой многообещающее направление, способствующее не только экономическому росту, но и экологической устойчивости. Горно-металлургический отход, являющийся побочным продуктом переработки руд, часто вызывает проблемы утилизации, однако его переработка открывает новые горизонты для многих секторов экономики. В

строительстве переработанные отходы могут быть использованы в качестве заполнителей для бетонов и асфальтовых смесей.

Исследования показывают, что использование отходов в этих материалах может повысить их прочность и долговечность. К примеру, отходные добавки не только оптимизируют механические свойства бетона, но и могут улучшать его устойчивость к агрессивным внешним воздействиям, таким как влагозащита и морозостойкость. Это делает строительные конструкции более надежными и долговечными, что особенно актуально в условиях Казахстана с его разнообразными климатическими условиями [10].

Кроме того, переработанные отходы могут найти свое применение в других отраслях, таких как дорожное строительство, где они могут быть использованы в качестве основы для дорожных покрытий или при создании дренажных систем. Их использование помогает снизить потребность в натуральных ресурсах, что соответствует принципам устойчивого развития и бережливого подхода к окружающей среде. В аграрном секторе отходы могут выступать в качестве удобрения, так как содержат полезные микроэлементы. Это может помочь в улучшении качества сельскохозяйственных земель, а значит, потенциально увеличить урожайность культур.

Перспективы переработки отходов также выходят за рамки только строительных и сельскохозяйственных технологий. В сфере энергетики отходы могут быть использованы для производства альтернативных источников энергии, таких как биогаз, снижая зависимость от традиционных ископаемых видов топлива.

В заключение, использование переработанных отходов имеет значительный потенциал для развития различных секторов экономики Казахстана. Это не только способ оптимизации ресурсов, но и возможность внести вклад в создание более устойчивого и экологически безопасного будущего. Хорошо продуманные и организованные процессы переработки Отходов могут способствовать инновационному развитию и создадут новые рабочие места, внося свой вклад в экономическое благополучие страны.

1.8. Роль государственной политики в сфере переработки отходов

Государственная политика играет ключевую роль в сфере переработки отходов, включая горно-металлургические отходы, поскольку именно она формирует нормативную базу, устанавливает стратегические цели и направляет ресурсы на решение экологических и экономических задач. В Казахстане, где горно-металлургический сектор является одним из основополагающих для экономики, важно разработать эффективные меры, направленные на переработку отходов, что даст возможность не только снизить негативное воздействие на окружающую среду, но и создать новые рабочие места и повысить конкурентоспособность отрасли.

Одной из основных составляющих государственной политики является разработка и внедрение законодательства, регулирующего процесс переработки

отходов. Это включает в себя установление стандартов на качество переработанных материалов, а также на процессы их получения. Также важным направлением является создание экономических стимулов для предприятий, занимающихся переработкой отходов, например, налоговые льготы или субсидии на внедрение технологий переработки.

Ключевым аспектом государственной политики является также формирование образовательных программ и научных исследований, направленных на развитие технологий переработки. Существуют поступательные шаги в сторону сотрудничества между государственными органами, научными учреждениями и бизнесом, что позволяет интегрировать передовые разработки в практику. Необходимо обеспечить комплексный подход, который включает не только экономическую, но и социальную составляющую – привлечение местного населения к программам по переработке, что способствует повышению уровня их жизни.

Кроме того, государственная политика должна активно поддерживать инициативы по созданию инфраструктуры для переработки отходов. Это может включать строительство заводов по переработке отходов и создание систем сбора и транспортировки отходов. Важным аспектом станет работа с местными и международными инвесторами, что поможет привлечь дополнительные ресурсы для разработки и внедрения инновационных решений. В заключение, роль государственной политики в сфере переработки отходов, в частности, горно-металлургических отходов, невозможно переоценить. Она должна быть комплексной и направленной на достижение устойчивого развития, защиты окружающей среды и повышения качества жизни граждан. Только в этом случае можно будет добиться значительного прогресса в переработке отходов и превращении их в социально и экономически полезные ресурсы.

1.9. Проблемы и барьеры, связанных с переработкой горно-металлургических отходов

Переработка горно-металлургических отходов в Казахстане сталкивается с рядом значительных проблем и барьеров, которые препятствуют эффективному использованию данных ресурсов.

Во-первых, одной из главных проблем является недостаток технологии переработки. Многие существующие методы не обеспечивают полного извлечения ценных компонентов, и часто экономическая эффективность таких процессов оказывается низкой.

Во-вторых, недостаточная осведомленность и понимание важности переработки отходов среди предприятий и руководства отрасли создают дополнительные трудности. Часто компании не видят в переработке Отходов возможности для улучшения своей финансовой устойчивости, предпочитая традиционные методы управления отходами, такие как захоронение на специальных полигонах. Это приводит к потере потенциальных ресурсов и ухудшению экологической ситуации.

1.10. Будущее технологий переработки отходов в контексте устойчивого развития.

Будущее технологий переработки отходов в контексте устойчивого развития представляет собой многообещающее направление, содержащее в себе инновационные решения и подходы, способные существенно изменить существующие методы повторного использования промышленных отходов. Одной из ключевых тенденций в этом направлении является внедрение современных технологий, таких как микробная переработка и гидрометаллургические процессы, которые позволяют более эффективно извлекать ценности из отходовых остатков и минимизировать их негативное воздействие на окружающую среду.

С учетом глобальных вызовов, связанных с изменением климата, ростом населения и истощением природных ресурсов, устойчивое развитие становится необходимостью как для экономики, так и для экологии. Переработка горно-металлургических отходов может стать важной частью цикла замкнутой экономики, где отходы превращаются в ресурсы. Это не только снижает объемы захороняемых материалов, но и обеспечивает дополнительный источник сырья для строительной отрасли, что особенно актуально в условиях увеличивающегося спроса на экологически чистые строительные материалы. Развитие технологий переработки отходов также связано с интеграцией информационных технологий и автоматизации процессов.

Использование систем мониторинга и управления на основе искусственного интеллекта может значительно повысить эффективность переработки, позволяя оптимизировать процессы и минимизировать затраты. Кроме того, цифровизация технологий способствует улучшению отслеживаемости сырья и готовой продукции, что важно как для производителей, так и для потребителей, стремящихся к устойчивым практикам. Важно отметить, что развитие технологий переработки отходов требует комплексного подхода.

Необходимы совместные усилия правительства, научных учреждений и бизнес-сообщества для создания эффективной системы поддержки инноваций. Инвестирование в научные исследования и разработки, а также в обучение специалистов в этой области станет залогом успешной реализации перспективных технологий. В заключение, будущее технологий переработки Отходов направлено на достижение устойчивого развития путем интеграции инновационных подходов, снижения негативного воздействия на окружающую среду и создания замкнутых циклов использования ресурсов. Такой подход не только повысит экономическую эффективность отрасли, но и будет способствовать устойчивому развитию всей экономики Казахстана.

1.11 Характеристика горно-металлургического отхода: состав, свойства и классификация

Горно-металлургический отход представляет собой побочный продукт, образующийся в процессе переработки рудных материалов. Он образуется в результате плавления руды, когда металл отделяется от остального материала, который затем остужается и затвердевает в виде отходовой массы. Отходы могут иметь разнообразный химический состав и физические свойства, что делает их важным объектом для исследования и последующего применения в различных отраслях. Состав горно-металлургического отхода варьируется в зависимости от исходных материалов и технологии производства.

Обычно они содержат оксиды металлов (например, оксид алюминия, оксид кремния, оксид кальция и оксид магния), а также различные примеси, включая сульфиды, фосфаты и металлические элементы, которые не были извлечены во время основного процесса

Физические свойства отхода также являются важной характеристикой, определяющей его практическое применение. Основные физические параметры, такие как плотность, прочность на сжатие, теплопроводность, а также морозостойкость и водопоглощение, зависят от его химического состава и производственной технологии.

Например, отходы, содержащие высокие концентрации оксидов кальция и алюминия, могут обладать высокой прочностью и устойчивостью к химическим воздействиям. Классификация горно-металлургических отходов может быть осуществлена по различным критериям. По источникам получения отходы делятся на доменные, мартеновские, конвертерные и другие. Каждая категория отходов имеет свои специфические характеристики и области применения.

Горно-металлургический отход – это продукт, возникающий в процессе переработки руд и других минеральных ресурсов при получении металлов и других полезных компонентов. Отход образуется в результате плавления или обработки руды, когда лишние материалы, содержащиеся в ней, отделяются от целевого продукта. Эти лишние компоненты включают в себя неэксплуатируемые минералы, флюсы, окислы металлов и другие вещества, которые формируются в процессе выплавки.

В общей сложности отход представляет собой сгусток различных компонентов, в том числе оксидов алюминия, кальция, магния, железа и других элементов, что придает ему специфические физические и химические свойства. Роль горно-металлургического отхода в промышленности многогранна и постоянно растет.

Современные технологии позволяют извлекать из отхода ценные металлы, такие как медь, цинк, свинец и другие, что делает его важным ресурсом для металлургической промышленности. Этот процесс не только способствует рациональному использованию ресурсов, но и уменьшает количество отходов, что положительно сказывается на экологии региона. Кроме того, исследование

физических и химических свойств горно-металлургического отхода открывает новые горизонты для его применения в различных отраслях.

Например, благодаря улучшенным свойствам по сравнению с традиционными материалами, отход может использоваться в высокотехнологичных областях, таких как создание новых композитных материалов, катализаторов, а также в производстве стекла, керамики и других высококачественных изделий. Таким образом, горно-металлургический отход представляет собой не только полезный побочный продукт, но и ценный ресурс, который, при правильной переработке и использовании, может значительно повысить устойчивость и эффективность промышленного производства.

1.12 Состав горно-металлургического отхода: химические элементы и минералы

Горно-металлургический отход представляет собой сложный многофазный материал, образующийся в результате переработки руд и металлических изделий. В его состав входят различные химические элементы и минералы, которые оказывают значительное влияние на его физико-химические свойства и потенциальное применение.

Основные химические элементы, встречающиеся в составе Отхода, включают кремний (Si), алюминий (Al), железо (Fe), кальций (Ca), магний (Mg) и другие. Эти элементы способствуют формированию разнообразных минералов в зависимости от условий получения отхода и его первоначального сырья. Например, кремний может присутствовать в форме двуоксида кремния (SiO_2), тогда как кальций и алюминий чаще всего находятся в составе минералов, таких как кальцит (CaCO_3) и алюмосиликаты. Значительная часть отхода состоит из силикатов, которые формируются в результате высоких температур в процессе выплавки. Среди них можно выделить различные виды полевых шпатов, горный хрусталь и другие силикатные минералы. Эти минералы влияют на такие свойства Отхода, как прочность, пластичность и теплопроводность. Минералы, содержащие магний и железо, также часто встречаются в Отходах.

Например, оливин и пироксены, представляющие собой группы минералов, состоящих из силикатов, могут оказывать влияние на механические и термические характеристики готового продукта из отхода. Изучение состава горно-металлургического отхода имеет важное значение для дальнейшей переработки и применения его в качестве вторичного сырья. На основании анализа химических компонентов можно открыть новые перспективные направления для использования отходов, например, в строительной индустрии, производстве стекла или керамики, а также в качестве удобрений в агрономии. Таким образом, состав горно-металлургического отхода является ключевым фактором, определяющим его свойства и возможности использования, что делает его изучение необходимым для оптимизации процессов переработки и создания новых материалов на его основе.

1.13 Физические свойства отхода: плотность, прочность, теплопроводность, и другие.

Физические свойства отхода играют ключевую роль в оценке его функциональности и применения в различных отраслях. Плотность отхода варьируется в зависимости от его состава и технологии производства, и обычно составляет от 2,5 до 3,5 г/см³. Эта характеристика влияет на его транспортные и укладочные свойства, что очень важно при использовании в строительстве и дорожных работах. Прочность отхода также является критически важным показателем, определяющим его работоспособность в смесях.

По прочности отход может быть сравнен с традиционными строительными материалами и используется в производстве бетонов, что позволяет снизить стоимость и улучшить показатели прочности композитов. Теплопроводность Отхода – это ещё одна важная характеристика, которая варьируется между 0,5 и 1,5 Вт/(м·К). Эти значения делают отход перспективным материалом для теплоизоляционных конструкций, позволяя улучшать энергетическую эффективность зданий и сооружений, что имеет особую важность в условиях Казахстана с его суровыми зимами.

Кроме указанных свойств, отход отличается высокой химической стойкостью и может использоваться в средах с повышенной агрессивностью, что делает его незаменимым для производства строительных материалов, предназначенных для эксплуатации в сложных климатических условиях. Другие физические свойства, такие как гранулометрический состав, влажность, пористость, также существенно влияют на область применения отхода. Например, высокая пористость может быть использована для создания легких бетонных конструкций, в то время как нужные теплотехнические свойства можно добиться за счет присадки различных модифицирующих добавок.

Таким образом, понимание физических свойств горно-металлургического отхода даёт возможность не только улучшить существующие технологии его переработки, но и открыть новые перспективы для его применения в строительстве и других отраслях экономики, что актуально для Казахстана, где обеспеченность ресурсами требует рационального подхода к использованию вторичных материалов.

1.14 Классификация отходов в зависимости от источников их получения

Классификация горно-металлургического отхода в зависимости от источников их получения играет ключевую роль в понимании их характеристик и возможного применения. отходы, образующиеся в процессе металлургического производства, могут быть классифицированы на несколько категорий, исходя из типа металла, производимого в процессе, а также используемых технологий. Первый и наиболее распространенный тип отхода — это черные металлургические отходы. Они возникают в процессе выплавки черных металлов, таких как железо и никель.

Черные отходы обычно состоят из оксидов железа, кремния, алюминия и других элементов, обладая высокой прочностью и термостойкостью. Эти свойства делают их подходящими для использования в строительстве, качестве заполнителей в бетонах и для производства строительных материалов.

Второй класс отходов — это цветные металлургические отходы, которые образуются при переработке цветных металлов, таких как медь, алюминий, цинк и свинец. Цветные отходы имеют разнообразный химический состав, что обуславливает их широкие возможности применения в различных отраслях. Например, медные отходы могут содержать значительное количество меди, что делает их потенциальным сырьем для повторной переработки.

Третий тип — это отходы, образующиеся при производстве, такие как ферросилиций и ферромарганец. Эти отходы часто содержат оксиды кремния, магния и других элементов, что делает их перспективными для использования в производственных процессах, таких как создание новых сплавов и в качестве добавок в металлургии. Кроме того, отходы также можно классифицировать по способу их получения: это могут быть так называемые "первичные" отходы, получаемые непосредственно в процессе металлургии, и "вторичные" отходы, образующиеся при утилизации металлопроката или по другим путям производства. Важным аспектом классификации является также экстракция дополнительных материалов из отходов. Это направление переработки отходов становится всё более актуальным, что связано с необходимостью эффективного использования ресурсов и минимизации отходов. Поэтому, учитывая разнообразие источников получения, классификация отходов становится важной для промышленности, позволяя оптимизировать процессы переработки и использовать вторичные ресурсы более рационально.

1.15 Влияние состава отхода на его свойства и потенциальное применение

Состав горно-металлургического отхода оказывает значительное влияние на его физические и химические свойства, что, в свою очередь, определяет потенциальные области его применения в промышленности. Основными компонентами отхода являются оксиды металлов, такие как SiO_2 , Al_2O_3 , FeO , CaO , MgO и другие. Каждый из этих оксидов вносит свой вклад в характеристики отхода, такие как прочность, теплоустойчивость, а также химическую устойчивость.

Например, высокий уровень диоксида кремния (SiO_2) обычно связан с увеличением жидкотекучести отхода, что способствует улучшению его переработки и формованию при высоких температурах. Возможно использование таких Отходов в строительных материалах, например, в производстве бетонов и растворов, где пластичность и удобно формуемая консистенция играют ключевую роль.

Кроме того, отходы с высоким содержанием SiO_2 и Al_2O_3 применяются в качестве добавок для улучшения прочностных характеристик строительных

смесей. С нелегкими оксидами, такими как FeO и CaO, Отход может демонстрировать свои термостойкие характеристики, что делает его перспективным материалом для огнеупорных изделий и покрытий, используемых в металлургической и других отраслях промышленности.

Вместе с тем, содержание оксидов переходных металлов может влиять на цвет и эстетические показатели конечного продукта, что расширяет круг его применения в архитектурных решениях. Основное значение имеет также наличие соединений, таких как сульфаты или фосфаты. Отходы, богатые такими фазами, могут использоваться в качестве удобрений в агрономии, поскольку они содержат необходимые микроэлементы для роста растений. Это открывает новые горизонты в области вторичного использования отходов и подчеркивает необходимость анализа их состава для выбора оптимальных путей переработки.

Эти примеры демонстрируют, что понимание влияния химического состава отхода на его свойства не только обосновано теоретически, но и практически применимо. Разработка высококачественных отходовых материалов открывает перед индустрией новые возможности, позволяя не только снизить экологическую нагрузку, но и получить продукцию, способную отвечать требованиям современных стандартов безопасности и эффективности.

1.16 Современные методы переработки Отходов

Современные методы переработки отходов играют ключевую роль в рациональном использовании ресурсов и решении проблем утилизации отходов горно-металлургической отрасли. отходы, образующиеся в процессе металлургического производства, содержат значительное количество полезных компонентов, которые можно извлекать и перерабатывать различными способами.

Одним из наиболее актуальных современных методов является высокотемпературное восстановление отходов. Этот метод позволяет получать металлы и сплавы в чистом виде, а также новыми физическими и химическими свойствами. Процесс заключается в нагревании отхода до высоких температур с использованием восстановителей, таких как углерод или алюминий, которые способствуют восстановлению металлических оксидов.

Вторым важным направлением является гидрометаллургическая переработка, которая используется для извлечения металлов из отходов с помощью химических реакций в водной среде. Этот метод отличается низким уровнем энергопотребления и может быть эффективным для извлечения цветных и редких металлов, таких как никель, кобальт и золото. Применение разнообразных реагентов дает возможность настраивать процесс для оптимизации извлечения целевых компонентов.

Метод изотермической плавки отходов все чаще используется в современных условиях. Он заключается в плавлении отходов в реакторах при постоянной температуре, что обеспечивает стабильное и равномерное

протекание процессов взаимодействия материалов. Это помогает уменьшить выделение вредных газов и улучшает качество получаемого продукта.

Механическая переработка отходов представляет собой традиционный, но все еще актуальный метод, который включает в себя дробление, измельчение и сортировку. С помощью механических процессов возможно выделение крупных фракций, которые могут быть использованы как строительные материалы, а также получение мелкодисперсных порошков для дальнейших химических и металлургических процессов.

Клеточная флотация является современным методом, который позволяет эффективно разделять ценные компоненты отходов на основе разницы в их физико-химических свойствах. Этот процесс включает использование специальных реагентов для агрегации частиц и последующего их извлечения из суспензии. Комбинированная переработка отходов представляет собой интеграцию нескольких методов, что позволяет максимально эффективно извлекать полезные компоненты и минимизировать экологические последствия. Например, сочетание механической и гидрометаллургической переработки может значительно увеличить выход ценных металлов, а также снизить затраты на обработку. Таким образом, современные методы переработки отходов в Казахстане направлены на эффективное использование ресурсов и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду, открывая новые горизонты для устойчивого развития горно-металлургической отрасли.

1.16.1 Метод высокотемпературного восстановления отхода

Метод высокотемпературного восстановления отхода является одним из наиболее эффективных способов переработки горно-металлургических отходов с целью получения новых материалов с заданными физическими свойствами. Этот метод включает в себя термическое воздействие на отход при температуре, значительно превышающей его плавление, что позволяет обеспечить разрушение структуры отходных образований и извлечение полезных компонентов.

Главным принципом высокотемпературного восстановления является использование процессов редукиции и окисления, которые происходят при взаимодействии отхода с восстановительными агентами, такими как углерод или алюминий. При этом, в зависимости от состава отхода и используемых добавок, возможно получение различных конечных продуктов, включая металлы, сплавы и минералы. Технология высокотемпературного восстановления отхода имеет несколько ключевых этапов.

Первоначально отход подвергается дроблению и гранулированию для достижения однородной зернистости, что способствует более равномерному теплообмену и увеличивает эффективность процесса. Затем полученный материал загружается в печь, где осуществляется его нагрев до необходимой температуры (обычно от 1200 до 1600 °С). Операция может проводиться в различных типах печей, включая ротационные, шахтные или электродуговые.

Процесс восстановления может быть как непрерывным, так и периодическим, в зависимости от производственных мощностей и специфики применения. Внедрение автоматизированных систем контроля температуры и состава газов в процессе сжигания позволяет оптимизировать условия реакции и избежать образования нежелательных побочных продуктов.

Основными преимуществами метода высокотемпературного восстановления отхода являются высокая степень извлечения металлов и возможность переработки сложных отходо-вых композиций. Кроме того, данный метод способствует снижению экологической нагрузки, так как позволяет уменьшить объемы складирования отходов и снизить выбросы в атмосферу за счёт использования восстановительных и окислительных процессов, которые переводят многообразные компоненты отхода в более стабильные формы.

Несмотря на явные преимущества, метод высокотемпературного восстановления отхода также имеет свои недостатки, такие как высокие энергетические затраты и необходимость в сложном оборудовании. Поэтому дальнейшие исследования и разработки в этой области направлены на оптимизацию технологических процессов, снижение энергетических затрат и улучшение условий эксплуатации оборудования. Итогом является создание эффективного и экологически чистого производства на основе переработки горно-металлургического отхода, способствующее устойчивому развитию металлургической отрасли Казахстана.

1.16.2 Метод гидрометаллургической переработки

Метод гидрометаллургической переработки отходов представляет собой ключевую технологию, позволяющую извлекать ценные металлы и элементы из отходов горной и металлургической промышленности. Данная методика основывается на использовании водных растворов различных реагентов для растворения и извлечения целевых компонентов. Гидрометаллургия имеет несколько преимуществ, таких как низкие энергетические затраты, возможность переработки материалов при низких температурах и меньшая экологическая нагрузка по сравнению с пирометаллургическими методами.

Первоначально процесс начинается с подготовки отходо-вых материалов. Отходы предварительно измельчаются и классифицируются, чтобы увеличить контактный поверхностный коэффициент и обеспечить более эффективное извлечение металлов. Затем подвергаются обработке водными растворами кислоты или щелочи, что позволяет растворять содержащиеся в них металлы. Выбор реагента зависит от типа и характеристик отхода, а также от целевых металлов, которые необходимо извлечь.

В процессе гидрометаллургической переработки выделяются различные металлы, такие как золото, серебро, медь, свинец и цинк. После достижения нужной степени извлечения осуществляется стадия осаждения, где извлечённые металлы концентрируются и затем выбрасываются в форме более чистых соединений. Осаждение может производиться с использованием различных

технологий, включая экстракцию растворов, ионообмен или электролиз. Экологические аспекты гидрометаллургического процесса также играют важную роль. Использование водных растворов сводит к минимуму выбросы вредных веществ в атмосферу, что делает метод более безопасным для окружающей среды.

Более того, это позволяет снизить уровень загрязнения почвы и водоемов, так как высокие концентрации токсичных элементов из отходов могут вымываться и представлены в более безопасной форме. Однако, как и любая технология, гидрометаллургическая переработка имеет свои недостатки, такие как необходимость в дополнительных этапах очистки растворов и управление отработанными реагентами. Однако продолжаются исследования, направленные на оптимизацию процессов и улучшение показателей извлечения, что делает гидрометаллургические методы более эффективными и экономически целесообразными.

Таким образом, метод гидрометаллургической переработки отходов является современным подходом к переработке вторичных ресурсов, который способствует не только экономии природных ресурсов, но и улучшению экологической ситуации в регионе, способствуя устойчивому развитию горно-металлургической отрасли Казахстана.

1.16.3 Метод изотермической плавки отходов

Метод изотермической плавки отходов представляет собой эффективную технологию переработки, позволяющую извлекать ценные компоненты из горно-металлургических отходов, образующихся при производстве металлургической продукции. Этот метод основан на плавлении отхода при постоянной температуре, что позволяет достигать максимальной степени утилизации содержащихся в нем металлов и минералов.

Процесс изотермической плавки включает несколько ключевых этапов. Первый из них — подготовка отхода. Это может включать дробление и классификацию для гарантии однородности исходного материала. Для повышения эффективности плавки часто добавляют флюсы, которые снижают температуру плавления и способствуют более легкому выделению металлических фракций.

Важным аспектом изотермической плавки является поддержание постоянной температуры в пределах 1300-1600 °С, что позволяет создавать оптимальные условия для растворения и взаимодействия отхода. Поддержание стабильной температуры достигается за счет применения современных электроэнергетических установок, таких как электрические плавильные печи или индукционные печи, которые обеспечивают высокую термодинамическую стабильность процесса.

Преимущества метода изотермической плавки заключаются в высоком выходе ценных металлов, таких как медь, никель, кобальт и другие, а также в значительном снижении объемов отходов. Это становится возможным благодаря

тому, что при стабильной температуре происходит эффективное отделение легкоплавких компонентов от более тяжелых, что позволяет получить чистые металлические фракции. Кроме того, изотермическая плавка отходов способствует сокращению выбросов вредных веществ в окружающую среду, так как современные технологии позволяют улавливать и перерабатывать газообразные продукты, возникающие в процессе плавления. Это делает метод не только экономически выгодным, но и экологически безопасным.

В результате внедрения технологии изотермической плавки в Казахстане появляется возможность не только увеличить переработку отходов, но и развивать новые линии по производству металлов и сплавов, соответствующих современным требованиям. Это актуально в контексте роста потребности в ресурсоемких отраслях, а также в связи с необходимостью улучшения общей ситуацией в области управления отходами и охраны окружающей среды.

1.16.4 Метод механической переработки

Метод механической переработки отходов представляет собой один из наиболее простых и экономически эффективных способов утилизации горно-металлургических отходов. Этот метод основан на использовании механических процессов, таких как дробление, измельчение и классификация, для получения из отходов полезных компонентов, которые могут быть использованы в различных отраслях промышленности.

Процесс механической переработки начинается с первичного дробления отходов, что позволяет уменьшить их размеры и облегчить дальнейшую переработку. На этом этапе используются различные дробилки — конусные, щековые или ударные — в зависимости от характеристик отхода и требуемой крупности. После дробления отход подается на стадии измельчения, где благодаря использованию мельниц, таких как шаровые или трубные, частицы Отхода достигают заданных размеров, что способствует лучшему извлечению полезных минералов.

Одним из ключевых этапов механической переработки является классификация. На данном этапе мелкие и крупные фракции отделяются друг от друга с помощью различных классификаторов — вибрационных или спиральных. Это позволяет выделить более ценные части отхода, содержащие металлы и другие полезные соединения. За счет этих процессов достигается высокая степень разделения компонентов, что существенно увеличивает эффективность последующей переработки. Важно отметить, что механическая переработка отходов имеет свои преимущества и недостатки. К положительным аспектам можно отнести относительную простоту технологии, снижение затрат на энергию по сравнению с термическими и химическими методами, а также возможность получения продукта с высоким содержанием полезных компонентов, используемых в строительстве, дорожном строительстве и других отраслях.

Тем не менее, метод механической переработки также имеет свои ограничения. Например, эффективность данной технологии может снижаться при наличии в отходах сложных или устойчивых минералов, которые плохо поддаются механической переработке. Кроме того, для достижения высоких показателей разделения иногда требуются дополнительное оборудование и технологии, что может увеличивать общую стоимость процесса.

Однако в условиях Казахстана, где имеются значительные объемы горно-металлургических отходов, механическая переработка отходов представляет собой актуальный подход, позволяющий не только уменьшить объемы свалок, но и получить качественное сырье для дальнейшего использования. В результате применение этого метода может внести значительный вклад в обеспечение устойчивого развития и экологическую безопасность региона.

1.16.5 Метод клеточной флотации

Метод клеточной флотации является одним из перспективных способов переработки горно-металлургического отхода, позволяющим выделять полезные компоненты из сложных техногенных отходов. Данный подход основывается на использовании физико-химических свойств минералов, содержащихся в отходе, и их различиях в способности к всплыванию в пене, возникающей в процессе флотации.

В процессе клеточной флотации отход сначала измельчается до нужной размерности, что позволяет увеличить взаимодействие между частицами и реагентами. Далее в суспензию добавляются специальные реагенты – флотационные и коллоидные, которые обеспечивают выборочное прилипание частиц минералов к пузырькам воздуха. Через систему механического перемешивания и аэрации происходит образование пены, в которую поднимаются нужные минералы, отличающиеся по физико-химическим свойствам.

Важно отметить, что эффективность метода клеточной флотации во многом зависит от данного этапа подготовки суспензии и подбора реагентов. Критически важно оптимизировать соотношение между различными реагентами, а также выбрать правильные условия процесса, включая pH среды и температуру, что позволит достичь максимальной извлекаемости полезных компонентов. Метод клеточной флотации имеет ряд преимуществ.

Во-первых, он позволяет эффективно отделять небольшие фракции полезных минералов от значительной массы отхода. Во-вторых, данный метод подходит для переработки отходов различных составов, что делает его универсальным инструментом в ресурсосберегающих технологиях. Также стоит отметить, что процесс флотации можно легко автоматизировать, что увеличивает его производительность и снижает затраты на операционные расходы. Тем не менее, метод клеточной флотации не лишен и недостатков. Основными из них являются потребность в значительном количестве реагентов, а также высокие требования к качеству исходного сырья. Замедление процесса флотации может

возникнуть из-за неравномерного распределения минералов по фракциям или наличия вредных примесей.

В заключение, метод клеточной флотации представляет собой одно из ключевых направлений в переработке отходов, которое открывает новые горизонты для использования вторичных ресурсов. Основываясь на изучении его возможностей, Казахстан может значительно увеличить эффективность переработки горно-металлургических отходов, тем самым способствуя устойчивому развитию и экологии.

1.17 Применение отходов в производстве новых материалов

Применение отходов в производстве новых материалов в Казахстане представляет собой важное направление, которое не только способствует рациональному использованию отходов горно-металлургической промышленности, но и отвечает требованиям устойчивого развития. Казахстан, обладая значительными запасами природных ресурсов и развитыми горнодобывающими отраслями, сталкивается с проблемой утилизации больших объемов отходов, образующихся в процессе переработки руды. Поэтому внедрение технологий переработки отходов в создание новых материалов становится актуальной задачей.

В последние годы в Казахстане активизировались исследования по использованию металлургических отходов в строительстве, производстве бетонов, асфальтобетонных смесей и других строительных материалов. Отходы, как правило, обладают хорошими прочностными характеристиками и могут служить отличным сырьем для создания аналогов традиционных материалов, таких как цемент или заполнители для бетонов. Это позволяет снизить зависимость от импортируемых ресурсов и улучшить экологическую ситуацию за счет утилизации отходов.

Кроме того, отходы находят применение в производстве композиционных материалов, в которых они выступают как армирующие и заполняющие добавки. Такие материалы обладают высокой прочностью и могут использоваться в различных сферах, включая автомобилестроение и аэрокосмическую промышленность.

Например, использование отходов в производстве легких и прочных композитов может значительно снизить массу изделий, что особенно важно для современного машиностроения. Также стоит упомянуть, что отходы могут стать основой для создания новых изоляционных и теплоизоляционных материалов. Их использование в этой сфере позволяет добиться высоких теплоизоляционных свойств и снизить энергетические затраты на отопление зданий. Это особенно актуально для Казахстана, где климатические условия требуют повышенного внимания к вопросам энергосбережения.

Применение отходов в производстве новых материалов также способствует созданию рабочих мест и развитию соответствующих технологий в стране. Использование местных ресурсов позволяет снизить зависимость от

внешних поставок и повысить конкурентоспособность казахстанских производителей на международном рынке. Таким образом, внедрение отходов в производственные процессы открывает широкие перспективы для Казахстана, позволяя эффективно использовать ресурсы, минимизировать экологические риски и создавать высококачественные материалы, отвечающие современным стандартам. Это направление не только содействует экономическому развитию региона, но и вносит вклад в глобальные усилия по переходу к устойчивым технологиям в различных отраслях.

1.18 Отходы для экранирования и защиты от излучения

Отходы, образующиеся в процессе переработки и плавки металлов, представляют собой многообещающий материал для разработки экологически чистых и эффективных решений в области экранирования и защиты от излучения. В условиях Казахстана, где активно ведется горно-металлургическая деятельность, возникает возможность использования этих побочных продуктов для создания новых материалов с уникальными физическими свойствами.

Первоначально стоит отметить, что отходы содержат разнообразные компоненты, такие как оксиды металлов и неметаллов, которые могут проявлять хорошие защитные свойства, блокируя различные виды излучения, включая радиацию. Это особенно актуально для создания прослойки, обеспечивающей защиту в промышленных условиях, где работники могут подвергаться воздействию вредных радиационных факторов. Исследования показывают, что определенные виды отходов обладают отличными термическими и механическими свойствами, что делает их подходящими для производства экранирующих материалов.

Например, отходы, содержащие свинец, могут быть использованы для защиты от гамма-излучения, тогда как отходы на основе магния и алюминия могут служить эффективными экранами для нейтронного излучения. Важным аспектом использования отходов является их экологическая безопасность. Использование вторичных ресурсов, таких как отходы, позволяет значительно сократить потребление первичных материалов, что в свою очередь снижает нагрузку на окружающую среду. Это также отвечает современным трендам устойчивого развития и экономики замкнутого цикла, которые становятся всё более актуальными в мировом сообществе.

В Казахстане, с учетом наличия большого количества различных отходов, можно разработать инновационные инженерные решения для защиты здоровья сотрудников в различных отраслях: от горной и металлургической до атомной энергетики. Применение отходов для экранирования может быть особенно актуально в работе с ядерными материалами, где необходимо гарантировать высокий уровень безопасности.

К тому же, отходы могут быть использованы как в виде отдельных плит или экранов, так и в составе композитных материалов, которые будут сочетать в себе защитные свойства с другими функциями, например, армированием,

влагостойкостью и термостойкостью. Повышение интереса к использованию отходов для экранирования может также привести к увеличению объемов их переработки, что в свою очередь будет способствовать инновациям в области создания новых материалов и технологий.

Таким образом, применение отходов для экранирования и защиты от излучения является перспективным направлением, которое не только позволяет сократить экологическую нагрузку, но и обеспечивает создание новых безопасных и эффективных решений.

1.19 Отходы для катализаторов и носителей катализаторов

Отходы как побочные продукты горно-металлургической промышленности обладают значительным потенциалом для использования в качестве катализаторов и носителей катализаторов в различных химических процессах. В Казахстане, где активно развиваются горнодобывающая и металлургическая отрасли, использование отходов в этой области может не только помочь в решении проблемы утилизации отходов, но и способствовать развитию новых технологий в химической и сопутствующих отраслях.

В первую очередь, стоит отметить, что состав отходов может варьироваться в зависимости от исходного материала и технологии производства. Это разнообразие делает их потенциально привлекательными для создания катализаторов, так как различные химические компоненты могут оказывать разное влияние на каталитическую активность. В частности, металлы, содержащиеся в отходах, могут проявлять каталитические свойства или быть использованы в качестве активных компонентов для синтеза более сложных катализаторов.

Носители катализаторов, полученные на основе отходов, могут эффективно использоваться в процессах, таких как гидрогенизация, крекинг и риформинг, а также в производстве различных химических соединений. Отходы, обладающие пористой структурой, особенно интересны с точки зрения увеличения поверхности реакции, что позволяет повысить эффективность катализаторов и снизить объем используемых активных веществ. Кроме того, отходы могут быть модифицированы для улучшения их свойств. Процесс активирования, который включает в себя нагревание или химическую обработку, может значительно повысить каталитическую активность, а также стабильность носителей.

Исследования показывают, что обработка отходов с использованием различных кислот или оснований может привести к созданию высокоактивных материалов с хорошими механическими свойствами. Казахстан уже имеет базу для разработки новых катализаторов на основе отходов благодаря наличию разнообразных природных ресурсов и активному производству в горно-металлургической отрасли.

Сотрудничество научных организаций и промышленных предприятий в этой сфере может привести к созданию эффективных катализаторов, которые не

только улучшат эксплуатационные характеристики технологических процессов, но и позволят сократить экологическую нагрузку за счет использования отходов в производстве. Таким образом, применение отходов для катализаторов и носителей катализаторов является актуальным направлением, способствующим как технологическому прогрессу, так и эффективному управлению ресурсами в Казахстане.

1.20 Получение стеклокерамики и технических стекол благодаря отходам

Отходы, образующиеся в процессе металлургической переработки руды, представляют собой ценное сырье для производства стеклокерамики и технических стекол. Эти материалы обладают уникальными физическими и химическими свойствами, что делает их идеальными для применения в различных отраслях промышленности. Использование отходов позволяет не только снизить затраты на сырье, но и значительно уменьшить количество отходов, что соответствует принципам устойчивого развития и охраны окружающей среды.

Процесс получения стеклокерамики из отходов включает несколько этапов, начиная с измельчения и сортировки отходов для достижения однородной фракции. После этого отходы подаются в плавильные печи, где при высокой температуре они превращаются в стекломассу. На этом этапе важным является контроль температуры и времени плавления, чтобы достичь нужной структуры и свойств конечного продукта.

Стеклокерамика, получаемая из отходов, обладает высокой термостойкостью, устойчивостью к воздействию химических веществ и механической прочностью. Эти характеристики делают её незаменимой в производстве современных кухонных принадлежностей, облицовочных материалов и даже в медицине, где используются специальные стеклокерамические имплантаты.

На сегодняшний день исследуются возможности получения стеклокерамики с улучшенными свойствами путем добавления различных модификаторов, что также открывает новые горизонты для использования Отходов. Что касается технических стекол, то их производство из отходов находит применение в таких отраслях, как оптика, электроника и автомобильная промышленность. Они могут включать в себя специальные добавки, позволяющие модифицировать оптические характеристики, прочность или другие функциональные свойства продукции.

Например, стекла, получаемые из отходов, могут использоваться в производстве защитных очков, экранов для мобильных устройств и окон для автомобилей, обеспечивая надежную защиту от ультрафиолетового излучения и механических повреждений. Использование отходов в производстве стеклокерамики и технических стекол не только позволяет эффективно

переработать промышленные отходы, но и вносит свой вклад в развитие новых технологий, способствуя появлению экологически безопасных материалов.

Таким образом, отходы становятся ценным компонентом в создании конкурентоспособных продуктов, что открывает новые возможности для горно-металлургического сектора Казахстана, способствуя его развитию и модернизации.

1.21 Электропроводящие и полупроводниковые материалы из отходов

Электропроводящие и полупроводниковые материалы из отходов представляют собой одно из наиболее интересных направлений применения вторичных ресурсов в Казахстане. С учетом растущей потребности в новых материалах для электроники и энергетики, использование горно-металлургических отходов как источника для создания таких материалов становится все более актуальным.

Отходы, образующиеся в процессе переработки руды, зачастую содержат значительное количество металлов и других компонентов, способных оказывать влияние на электрические свойства. Например, отходы, содержащие оксиды металлов, могут быть переработаны для получения проводящих структур. Исследования показывают, что при правильно выбранных условиях выплавки и охлаждения отходов можно получить материалы с высокой электропроводностью, что открывает новые горизонты для их применения в электрических устройствах.

Использование отходов для создания полупроводниковых материалов также обещает стать перспективным направлением. Полупроводники, изготовленные на основе отходов компонентов, могут использоваться в производстве различных электронных устройств, таких как транзисторы, диоды и солнечные элементы.

Одним из таких примеров является использование аморфных и кристаллических форм отходов, которые могут быть дополнительно легированы другими элементами для достижения заданных электрических свойств. Казахстан обладает богатым ресурсным потенциалом и, следовательно, большим объемом отходов, которые можно перерабатывать с целью получения электропроводящих и полупроводниковых материалов. Вклад таких материалов в устойчивое развитие страны невозможно переоценить, учитывая экологические проблемы и необходимость оптимизации использования ресурсов. Разработка технологий переработки отходов для создания новых материалов может снизить объем отходов и сократить экологическое воздействие.

Внедрение таких технологий должно сопровождаться научными исследованиями и разработками, направленными на оптимизацию качества получаемых материалов. Это может включать в себя как лабораторные испытания, так и опытные образцы в реальных условиях разработки новых устройств. Применение отходов полупроводников может также

способствовать развитию новых отраслей экономики, таких как солнечная энергетика и электроника, что в свою очередь будет способствовать экономическому росту Казахстана в рамках перехода к более устойчивым и экологически безопасным технологиям.

1.22 Батареи и аккумуляторы из отходов

Батареи и аккумуляторы из отходов представляют собой перспективное направление в области энергохранения и экологически чистых технологий. Разработка такой технологии может помочь решить несколько актуальных проблем, связанных с утилизацией отходов промышленности и снижением зависимости от традиционных источников материалов для аккумуляторов. Поскольку горно-металлургические отходы содержат разнообразные минеральные вещества, включая оксиды металлов и силикатные соединения, они могут быть использованы как компонент для создания электродов в структурах батарей.

Применение отходов в батарейных технологиях позволяет значительно снизить стоимость производства аккумуляторов, а также уменьшить негативное влияние на окружающую среду. Современные технологии предполагают, что отходы могут быть переработаны в активные материалы для анодов и катодов. Например, используя оксиды, содержащиеся в отходах, можно создать катоды для литий-ионных батарей, что позволит повысить их энергоемкость и долговечность.

Также отходы могут быть модифицированы для получения более стабильных и эффективных электродных материалов, что является ключевым для улучшения производительных характеристик аккумуляторов. Кроме того, использование отходов в производстве аккумуляторов создает дополнительные возможности для замкнутого цикла переработки материалов.

Учитывая, что Казахстан является одним из ведущих производителей сырья для горно-металлургической отрасли, это открывает перспективы не только для местной экономики, но также для развития новых технологий на глобальном уровне. Исследования в области создания аккумуляторов на основе отходов также способствуют снижению количества пластиковых и металлических отходов, что имеет огромное значение в рамках концепции устойчивого развития.

Разработка эффективных батарей из отходов требует применения современных методов в области материаловедения и инженерии. Для достижения максимальной эффективности и производительности необходимы комплексные исследования, включая анализ микроструктуры отходов, изучение их физико-химических свойств, а также адаптацию существующих производственных процессов под новые материалы.

Таким образом, использование отходов для производства батарей и аккумуляторов представляет собой многообещающее направление, способное привести к значительным экологическим и экономическим выгодам.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектом исследования являлись пробы редкометаллической руды (отход №3) и золотосодержащей руды (Отход №5) месторождения РК.

Изучение вещественного состава образцов выполнено с использованием физико-химических, рентгено-дифрактометрических анализов, а также замерами размеров частиц, элементарного состава образцов до и после синтеза.

2.1 Методы исследования и результаты.

Отбор образцов для выполнения анализов выполнен с использованием высокопроизводительного сканирующего электронного микроскопа (JSM-6490LA) по химическому составу. Входе анализа было установлено содержание кремния (Si) в образце №3. Ниже приведена таблица по результатам поэлементного анализа проб (Таблица 1).

Таблица 1. Результаты поэлементного анализа исследуемых проб

Наименование	Массовая доля, %					
	F	Na	Mg	Si	Zn	Al
Отход №3 пробы редкометаллической руды	3,27	4,06	0,45	30,93	0,13	7,30

В рамках исследования был проведён целенаправленный синтез диоксида кремния (SiO_2) из вторичного минерального сырья — отходов переработки редкометаллической руды, обладающих высоким содержанием аморфного кремнийсодержащего компонента.

Исходное сырьё представляло собой порошкообразную массу, состоящую из смеси силикатов, оксидов и незначительного количества органических и металлических примесей. Его переработка была направлена на получение высокочистого структурированного диоксида кремния, пригодного для применения в области материаловедения, сорбционных технологий.

На первом этапе образцы прошли механическую и химическую предварительную подготовку. С целью удаления поверхностной пыли, загрязнений и легкорастворимых компонентов, сырьё было многократно промыто дистиллированной водой. Применение дистиллированной воды обеспечивало исключение ионных загрязнений и предотвращение привнесения дополнительных примесей в ходе процесса. После этого образцы были высушены на воздухе и подвергнуты механическому измельчению в порошкообразное состояние. Эта процедура позволила существенно увеличить площадь поверхности частиц, улучшить однородность состава и обеспечить более равномерную теплопередачу при последующей термической обработке. (Рисунок 1)



Рисунок 1 – Механическая и химическая подготовка образцов

Следующим важным этапом технологической схемы была термическая обработка (кальцинация), направленная на удаление остаточной влаги, термическое разрушение органических включений, а также активацию фазовых превращений, необходимых для последующего химического травления. Образцы помещались в тигли из термостойкой керамики и нагревались в муфельной печи до температуры 800 °С. Нагрев осуществлялся при равномерной скорости подъема температуры — 10 °С в минуту, что позволяло избежать резкого температурного градиента и, как следствие, растрескивания или локального перегрева образцов.

После достижения заданной температуры выдержка образцов осуществлялась в течение 1 часа в изотермическом режиме. Это время было оптимально подобрано с учетом кинетики удаления органических и летучих веществ, а также для достижения структурной стабилизации материала. По завершении выдержки печь отключалась, и образцы охлаждались естественным образом внутри камеры печи до достижения комнатной температуры. Такой режим охлаждения был выбран для предотвращения термического шока и растрескивания, что особенно важно при работе с хрупкими силикатными матрицами. Процесс показан на иллюстрации (Рисунок 2)



Рисунок 2 – Образцы после термической обработки

После охлаждения образцы были извлечены из муфельной печи, и следующим этапом выступала кислотная обработка полученной золы с целью удаления оставшихся металлических примесей, включая оксиды железа, алюминия, кальция и других элементов, типичных для редкометаллических руд. Для этого применялся горячий 3 М раствор соляной кислоты (HCl), обладающий высокой эффективностью по отношению к примесным металлам, не разрушая при этом структуру кремнезема. Обработка осуществлялась при температуре около 60–70 °С в течение нескольких часов с периодическим перемешиванием, что обеспечивало интенсивный контакт кислотного раствора с поверхностью частиц. В результате кислотного травления металлические примеси переходили в растворимую форму и удалялись из твердой фазы. Завершающим этапом подготовки образца было многоступенчатое промывание твердого остатка дистиллированной водой до полной нейтрализации раствора, что контролировалось по pH промывных вод. Данная процедура была необходима для удаления остаточной кислоты, которая могла бы повлиять на структуру и свойства конечного продукта. После промывки образцы были высушены и подготовлены к дальнейшему морфологическому и фазовому анализу. Образцы после кислотного травления визуально отличались однородной мелкодисперсной структурой и отсутствием видимых включений. Процесс очистки и внешний вид образца после обработки проиллюстрирован на рис.3



Рисунок 3 – Очистка и внешний вид образца после обработки

Для извлечения кремнезема из минерального отхода, полученного в процессе переработки редкометаллической руды, была применена высокоэффективная методика щелочного выщелачивания. Данный подход основан на способности оксида кремния (SiO_2) вступать в реакцию с растворами сильных щелочей с образованием водорастворимых силикатов, что позволяет перевести кремний из твердой фазы в жидкую форму для последующего выделения и очистки.

На начальном этапе определённая масса измельчённого и предварительно прокалённого исходного материала была тщательно отмерена и помещена в

химически стойкую лабораторную колбу, содержащую заранее подготовленный 4,0 М раствор гидроксида натрия (NaOH). Выбор высокой концентрации щелочи обоснован необходимостью полного растворения аморфного кремнезема и повышения эффективности процесса экстракции. Установленный на штативе реакционный сосуд снабжался обратным холодильником и помещался на нагревательную плиту с магнитной мешалкой (Рис.4)



Рисунок 4 - Установленный на штативе реакционный сосуд, снабжался обратным холодильником и помещался на нагревательную плиту с магнитной мешалкой

Раствор подвергался кипячению при температуре 100 °С в течение 6 часов при постоянном перемешивании, что способствовало ускоренной кинетике взаимодействия между частицами кремнезема и гидроксид-ионами. Длительность экстракции была выбрана исходя из необходимости обеспечения полного выщелачивания кремнийсодержащих фаз, особенно с учётом возможного присутствия труднорастворимых силикатов или сопутствующих соединений. В ходе выщелачивания происходило образование натриевого силиката (Na_2SiO_3), который переходил в жидкую фазу, формируя силикатный раствор. По завершении этапа экстракции полученная суспензия подвергалась центрифугированию с целью отделения нерастворимого остатка, содержащего, главным образом, металлические и карбонатные примеси. После центрифугирования раствор дополнительно фильтровали через лабораторный бумажный фильтр (или мембрану с заданным размером пор), что обеспечивало удаление остаточных твёрдых включений и повышение степени чистоты раствора. В результате была получена прозрачная, бесцветная жидкость —

силикатный раствор, содержащий диоксид кремния в растворённой форме в виде ортосиликат-ионов и других силикатных комплексов (рисунок 5)



Рисунок 5 - Силикатный раствор, содержащий диоксид кремния в растворённой форме в виде ортосиликат-ионов и других силикатных комплексов.

Далее силикатный раствор был разбавлен до объема 2,0 мл с использованием деионизированной воды. Разбавление раствора снижает его ионную силу и способствует более равномерному протеканию последующей реакции осаждения. Подготовленный силикатный раствор использовался в качестве исходного реагента для следующего этапа — кислотного осаждения частиц диоксида кремния.

Осаждение осуществлялось путём контролируемого добавления силикатного раствора каплями в заранее подготовленный 2,0 М раствор соляной кислоты (HCl) при непрерывном перемешивании. Данная реакция представляет собой классический процесс кислотного гелеобразования, в ходе которого силикаты натрия взаимодействуют с протонами кислоты, в результате чего протекает реакция гидролиза и поликонденсации с образованием Si–O–Si связей. Процесс химически выражается следующим образом:



В ходе этой реакции кремний выделяется в виде слаборастворимой гелевой фазы — аквагеля кремниевой кислоты. Визуально процесс сопровождался помутнением раствора и увеличением вязкости, что указывает на формирование гелеобразной трехмерной структуры. Для контроля степени протекания реакции и поддержания оптимальных условий процесса использовался рН-метр. Установлено, что наиболее эффективное гелеобразование наблюдается при рН от 4 до 7. Контроль рН обеспечивал стабильность условий реакции, предотвращал перерастворение геля или образование нежелательных побочных фаз.

Аквагель, полученный в результате проведения реакции золь-гель синтеза с использованием прекурсора тетраэтоксисилана (TEOS) или других источников кремния, выдерживался в течение 24 часов при строго контролируемой постоянной температуре, что позволяло завершить процессы гелеобразования и стабилизации структуры. На данном этапе происходила полимеризация силикатных цепей, приводящая к формированию трехмерной гелеобразной матрицы. Устойчивость температуры была ключевым фактором для предотвращения образования микротрещин и неравномерного распределения компонентов, что может значительно повлиять на конечные характеристики полученного материала.

После этапа старения геля была проведена серия процедур по его очистке. Сформированные гели промывались многократно (не менее трех циклов) деионизированной водой для эффективного удаления растворенных солей, остаточных реагентов, спиртов и побочных продуктов реакции гидролиза и конденсации. Промывание обеспечивало высокую степень чистоты конечного продукта, что особенно важно для дальнейшего получения структурированных диоксидов кремния с минимальным содержанием примесей. Каждый этап промывки сопровождался центрифугированием, которое способствовало более полному отделению жидкой фазы от твердого геля.

Далее образцы подвергались сушке при температуре 80 °С в течение 48 часов. Низкотемпературный режим сушки был выбран с целью минимизации структурных деформаций и предотвращения агломерации частиц. Такой режим обеспечивает постепенное испарение воды без разрушения пористой структуры геля. После завершения сушки твердый материал был механически измельчен в порошкообразное состояние, что необходимо для получения однородных частиц диоксида кремния (SiO_2), пригодных для дальнейшего анализа и применения.

Для подтверждения фазового состава, морфологических особенностей и элементного состава полученного порошка были проведены современные физико-химические методы анализа, в частности: сканирующая электронная микроскопия с энергодисперсионным спектральным анализом (SEM-EDS), а также рентгеноструктурный анализ (XRD)(рисунок 6).

Метод SEM позволил визуализировать микроструктуру материала на нано- и микрометровом уровнях, продемонстрировав форму, размер и характер агломерации частиц. На полученных микрофотографиях (Рис. 7–10) отчетливо прослеживается наличие частиц сферической и частично аморфной формы с

характерной пористой структурой, что указывает на успешное формирование структурированного диоксида кремния в результате переработки горно-металлургического отхода. Энергодисперсионный анализ, проведенный в рамках SEM, подтвердил высокий уровень чистоты образцов, указав на преобладание кремния и кислорода в составе, что подтверждает формулу SiO_2 . Также было выявлено незначительное содержание примесей, таких как Al, Ca, и Fe, типичных для исходного отходового сырья, однако их содержание было существенно снижено в процессе очистки.

Рентгеноструктурный анализ (XRD) продемонстрировал наличие широкой аморфной гало-пики на фоне отсутствия выраженных кристаллических пиков, что свидетельствует об аморфной или плохо кристаллизованной структуре полученного кремнезема — типичной для структурированных материалов, полученных методами золь-гель синтеза (рисунк 6). Это также указывает на высокий потенциал применения таких материалов в качестве сорбентов, катализаторов, наполнителей и матриц в композиционных материалах.

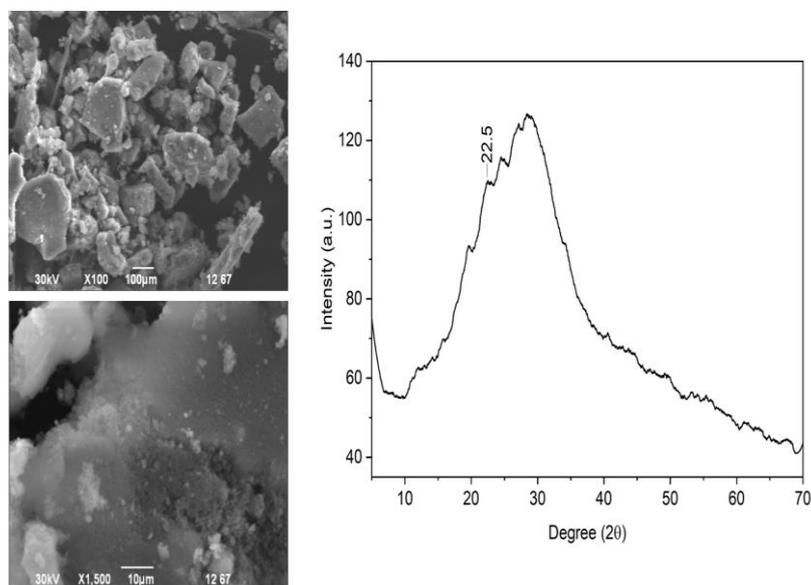


Рисунок 6. Дифрактограмма (рентгеновская дифракция, XRD)

На основе результатов рентгеновской дифрактометрии (XRD) можно сделать что наблюдается широкий дифракционный пик при угле $2\theta \approx 22.5^\circ$. Такая форма пика характерна для аморфных или слабо кристаллизованных материалов. Отсутствие чётких и узких пиков на дифрактограмме свидетельствует о некристаллической природе вещества. Это исключает наличие в образце кристаллической модификации SiO_2

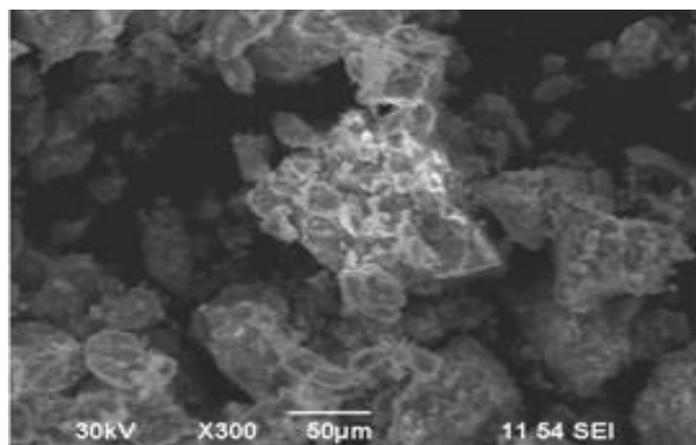


Рисунок 7 - СЭМ-изображение структуры материала при увеличении $\times 300$.

На этой стадии видно общее распределение и плотность структуры материала. Частицы образуют рыхлую пористую массу, свидетельствующую о наличии геля или сыпучего порошка.

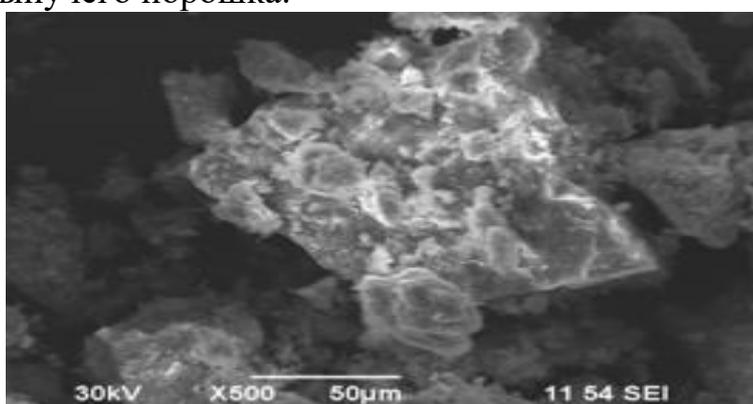


Рисунок 8 - СЭМ-изображение структуры материала при увеличении $\times 500$.

Структура выглядит более детализированной. Обнаружены кластеры сферических и аморфных частиц, типичных для осажденного кремнезема. Это подтверждает успешное формирование структур.

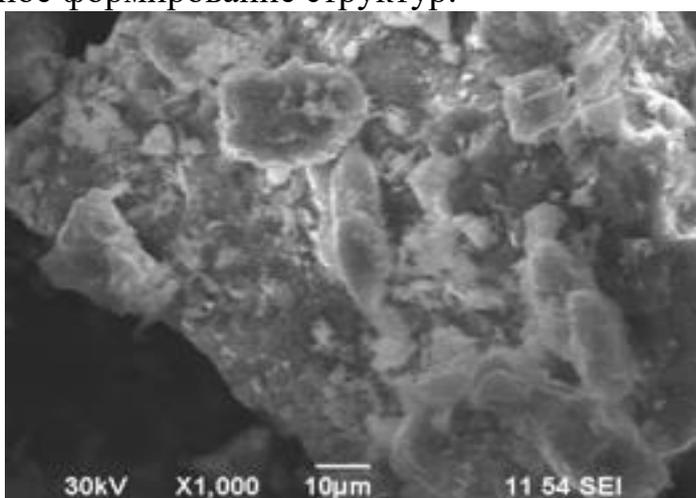


Рисунок 9 - СЭМ-изображение структуры материала при увеличении $\times 1000$.

Таким образом, проведённые этапы синтеза и многоступенчатая очистка способствовали получению высокодисперсного материала на основе диоксида кремния, структура и состав которого были подтверждены современными методами анализа. Представленные изображения и данные подтверждают успешность методики переработки горно-металлургического Отхода с целью получения структурированных кремнийсодержащих соединений высокой степени чистоты и функциональности.

3.РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате переработки горно-металлургического отхода была получена система, содержащая диоксид кремния. Исследование структуры синтезированного материала проводилось с использованием сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) при различных увеличениях ($\times 300$, $\times 500$, $\times 1000$).

На изображениях при увеличениях $\times 300$ и $\times 500$ наблюдается пористая и рыхлая структура материала с выраженной кластеризацией. Массивные образования состоят из большого количества сферических частиц, указывающих на агломерацию при осаждении. Это подтверждает формирование аквагеля, характерного для кислотного осаждения кремнезема.

При увеличениях $\times 1000$ структура становится более выраженной: фиксируются изолированные сферические и аморфные частицы. Они обладают хорошей дисперсностью и равномерным распределением по полю зрения, что подтверждает эффективность метода синтеза. Частицы демонстрируют высокую степень чистоты, отсутствие кристаллических включений и однородную морфологию.

Данная структура характерна для аморфного SiO_2 , полученного в условиях контролируемого pH и температурного режима. Высокая удельная поверхность, формируемая в результате гелеобразования, делает материал перспективным для применения в следующих направлениях:

- адсорбционные и фильтрационные системы;
- носители катализаторов;
- диэлектрические слои и изоляторы в микроэлектронике;
- матрицы в композиционных наноматериалах.

Таким образом, микроструктурный анализ подтверждает успешность предложенной методики переработки отходов. Полученные результаты доказывают, что горно-металлургические отходы могут служить сырьевой базой для создания новых функциональных материалов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломной работы на тему «Исследование физических свойств и характеристик диоксида кремния полученных их техногенных отходов» была проведена всесторонняя оценка потенциала переработки металлургических отходов с целью их рационального и безопасного повторного использования. Основное внимание было сосредоточено на изучении физико-химических свойств отхода, разработке метода его переработки и получении нового материала с высокой добавленной стоимостью. Работа включала как теоретическую часть — анализ литературных источников, современных технологий и опыта переработки, — так и практическую, экспериментальную часть, результаты которой имеют важное прикладное и научное значение.

В теоретической части работы рассмотрены существующие подходы к утилизации отходов, включая механические, термические, химические и комбинированные методы.

В процессе лабораторных исследований был отобран и подготовлен образец отхода, типичного для продукции металлургических предприятий Казахстана. В результате ряда опытов, включавших механическую подготовку, химическую очистку и термообработку, был синтезирован материал, обладающий высоким содержанием диоксида кремния (SiO_2). Согласно результатам спектрального и элементного анализа, массовая доля SiO_2 в полученном образце составила в среднем 65–70 %, что является высоко оцененным результатом при работе с техногенными отходами. Продукт, обладающий стабильными физико-механическими свойствами, высокой термостойкостью, устойчивостью к агрессивным средам и потенциальными электропроводящими характеристиками, что расширяет спектр его применения вплоть до электронных и нанотехнологических систем.

Все цели, поставленные в дипломной работе, были достигнуты:

- проведён подробный анализ состава отхода и его потенциала;
- изучены методы переработки и выбрана эффективная технология;
- в лабораторных условиях был получен новый материал с высокой долей SiO_2 ;
- сделаны выводы о возможных направлениях применения результатов.

Таким образом, данная работа демонстрирует, что переработка горно-металлургического отхода может не просто решать экологические задачи, но и создавать научно и технологически востребованные продукты, отвечающие современным требованиям устойчивого развития и ресурсной эффективности. Разработанная технология имеет практическое значение и может быть рекомендована к внедрению на предприятиях горно-металлургического комплекса Казахстана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1- Никифорова Ю. С., Рустамова А. И. Альтернативные методы переработки отходов // Молодой ученый. — 2021. — № 49 (387). — С. 320–324. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/alternativnyye-metody-pererabotki-othodov>
- 2- Всемирный банк. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. — 2018. — URL: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/697271544470229584/what-a-waste-2-0-a-global-snapshot-of-solid-waste-management-to-2050>
- 3- Материалы из отходов металлургической промышленности // Ozlib.com. — URL: https://ozlib.com/1097877/tehnika/materialy_othodov_metallurgicheskoy_promyshlennosti
- 4- Экономическая эффективность безотходных технологий // tur-mir.ru. — URL: <https://tur-mir.ru/ekonomicheskaya-effektivnost-bezothodnyh-tehnologiy/>
- 5- Шадрунова И. В., Горлова О. Е., Колодежная Е. В., Орехова Н. Н. Повышение эффективности переработки и монетизации горнопромышленных отходов как фактор устойчивого развития горно-металлургического комплекса // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2023. — № 12. — С. 45–52. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-pererabotki-i-monetizatsii-gornopromyshlennyh-othodov-kak-faktor-ustoychivogo-razvitiya-gorno>
- 6- Бейсебаева А. С., Жарылкан С. М., Есжан Е. Н. Переработка полезных ископаемых // Горный журнал Казахстана. — 2024. — № 10. — С. 59–65. — URL: https://minmag.kz/wp-content/uploads/2024/10/2409_59-65.pdf
- 7- Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2020–2025 годы // Adilet.zan.kz. — URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1900001050>
- 8- Состояние переработки отходов в Казахстане // MINEX Kazakhstan. — URL: <https://2024.minexkazakhstan.com/2024/04/24/incentives-proposed-for-waste-recycling-in-kazakhstan/>
- 9- Мельникова Н. В., Орехова Н. Н., Шадрунова И. В. Сравнительная характеристика методов переработки металлургических отходов // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2024. № 4. С. 25–30. DOI: 10.21285/2227-1031-2024-4-25-30.
- 10- Шадрунова И. В., Горлова О. Е., Колодежная Е. В., Орехова Н. Н. Повышение эффективности переработки и монетизации горнопромышленных отходов как фактор устойчивого развития горной промышленности // Вестник Иркутского государственного технического университета. — 2024. — № 3. — С. 12–19. DOI: 10.21285/2227-1031-2024-3-12-19.

Бейсенов Ш., Рспаев Т., Анафия Н., Кажмуратов А., Абильбаев Х., Бейсебаева А.С. // Мат. международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие и современные комплексные, ресурсосберегающие и энергоемкие технологии в горно-металлургической отрасли» Техногендік қалдықтардан алынған материалдардың сипаттамаларын зерттеу, Алматы, 2024. - С. 264

Fernandes, I. J. Replacement of Commercial Silica by Rice Husk Ash in Epoxy Composites / I.J. Fernandes, R. Santos, E. Santos, T. L. Rocha, N. S. D. Junior, C. A. Moraes // A

Нгия, Х. Н. Способ получения аморфного наноразмерного диоксида кремния из отходов производства / Х. Н. Нгия, Л. А. Зенитова, Л. К. Зиен, and Д. Н. Чуен. – Текст: непосредственный // Экология и Промышленность Россия. – Т. 23. – № 4. – С. 30–35.

Рычкова С.А. Физико-химические закономерности сорбции полярных органических соединений различных классов на пористом микродисперсном детонационном наноалмазе: диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук: 02.00.04 / Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова. М., 2016. 256 с.

Шиндряев А.В., Лебедев А.Е., Меньшутина Н.В. Получение аэрогелей диоксида кремния с модификацией внутренней поверхности // Вестн. ТГТУ. 2023. Т. 29, № 3. С. 463–473

Полях О.А., Руднева В.В. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния : монография : в 3 т. – т 1 : Микрокремнезем в производстве карбида кремния (монография) / научный редактор Г.В. Галевский – М. : Флинта : Наука, 2007. – 248 с.

Maynard A.D. Old materials, new challenges? / Nature Nanotechnology, Volume 9, Issue 9, September 2014, Pages 658-659. DOI: 10.1038/nnano.2014.196