

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКИСТАНА
АГЕНТСТВО ПО ХИМИЧЕСКОЙ, БИОЛОГИЧЕСКОЙ, РАДИАЦИОННОЙ
И ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 691.771, 713

На правах рукописи



МИРЗОЕВ Далер Иномжонович

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ
МЕСТНЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ТАДЖИКИСТАНА**

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор,
Назаров Холмурод Марипович

Душанбе-2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ	7
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА (обзор литературы)	14
1.1. Особенности получения композиционных материалов для защиты от гамма-излучения	14
1.2. Современные тенденции развития радиационно-защитного материаловедения	24
1.3. Заключение по литературному обзору	27
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА И СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ	29
2.1. Выбор объектов исследования для создания радиационно- защитных материалов	29
2.1.1. <i>Минералогические особенности баритовых месторождений и рудопроявлений Карамазара Северного Таджикистана</i>	29
2.1.2. <i>Минеральный состав кварц-баритовых жил месторождения Музбек (Северный Таджикистан)</i>	32
2.1.3. <i>Отходы производства ОАО «Ленинабадского комбината редких металлов»</i>	33
2.1.4. <i>Бентонитовые глины месторождений Таджикистана</i>	35
2.2. Характеристика используемого сырья	37
2.3. Методы исследования	39
2.4. Методика расчета ослабления гамма-излучения	43

ГЛАВА 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ БАРИТА И МАГНЕТИТА	45
3.1. Технология получения неорганического радиационно-защитного композита на основе магнетита	45
3.2. Изучение радиационно-защитных свойств сухой отделочной строительной смеси	48
3.3. Композит для укрытия поверхности радиоактивного хвостохранилища	51
3.4. Технология получения радиационно-защитной панели на основе местного сырья Таджикистана	58
3.5. Технология получения неорганического радиационно-защитного композита на основе концентратов свинца, барита и магнетита для создания рентгенозащитной двери.....	68
3.6. Выводы по третьей главе	71

ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИНТЕЗА И

ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ АЛЮМИНЬИХ МАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ	74
4.1. Физико-химические свойства поверхности оксидов железа	74
4.2. Изучение фракционного состава, железосодержащих отходов .	76
4.3. Модифицирование концентрата гематита с нитратом алюминия	79
4.4. Исследование фазовых переходов гематитового концентрата..	83
4.5. Технология получения композиционного материала на основе модифицированного гематита и белого чугуна	87
4.6. Механические и эксплуатационные свойства композиционного материала на основе модифицированного гематита и белого чугуна	96

4.7. Радиационно-защитные характеристики разработанного композиционного материала.....	109
4.8. Выводы по четвёртой главе	116
ВЫВОДЫ	118
1. <i>Основные научные результаты диссертации</i>	118
2. <i>Рекомендации по практическому использованию результатов исследования</i>	120
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	121
<i>Список использованных источников</i>	121
<i>Список публикаций соискателя по теме диссертации</i>	137
ПРИЛОЖЕНИЕ	141

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

СТА	Синхронно-термический анализ
ДСК	Дифференциально-сканирующая калориметрия
ТГ	Термогравиметрия
ДТГ	Дифференциальные термогравиметрические кривые
МАГАТЭ	Международное агентство по атомной энергии
SE	Secondary electrons
BSE	Backscattered electrons
RE	Reflected electrons
КМ	Композиционный материал
АМК	Алюминий матричный композит
РЗМ	Радиационно-защитный материал
СРЗМ	Строительный радиационно-защитный материал
ОА	Объёмной активности
МЭД	Мощность эквивалентной дозы
НРБ	Норма радиационной безопасности
ДПР	Дочерние продукты радона
ППР	Плотность потока радона
ПОУ	Пробоотборное устройство
ЛКРМ	Ленинабадский комбинат редких металлов
ЧМЗ	Чугунно-металлургический завод
ОТМ	Оксиды тяжелых металлов
СЭМ	Сканирующий электронный микроскоп

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Для обеспечения защиты от радиации в нынешнее время применяются различные материалы в виде композиций. Они могут быть облицовочными или же материалами способными нести существенные конструкционные нагрузки. Матрицы таких композиционных материалов могут быть из эпоксидной смолы, резиноподобных полимеров, портландцемента и жидкого стекла, баритовых и сернистых бетонов с разнообразными модификаторами и многими другими. Как наполнители могут применяться различные соединения железо-оксидных систем, свинца, стекла, ферросплавы марганца и силикомарганса, керамики, базальта и другие.

Большинство из уже существующих РЗМ обладают некоторыми недостатками, это может быть низким температурным применением, различностью применяемых компонентов, токсичностью составляющих, применением технологий с низкой степенью экологичности или же применение компонентов с высокой стоимостью. Проявление вяжущих свойств суспензий, полученных из кварцевого стекла и керамических и огнеупорных материалов, известно давно.

На наш взгляд актуальной задачей является создание таких видов композиционных материалов, которые имели бы высокие прочностные характеристики под воздействием различных агрессивных сред, радиации, влаги или же имеющих устойчивость к знакопеременным колебаниям температуры в области разработки радиационно-защитного материаловедения и данную проблему можно решить на принципиально новых технологических основах.

Степень научной разработанности изучаемой проблемы.

Сведения отечественных и зарубежных практик в области радиационно-защитного строительного материаловедения показывает, что большинство разработанных строительных материалов являются высоконаполненными

композициями, а также большинство из них имеют сложный химический состав с редко встречающимися и дорогостоящими компонентами, имеющими наведенную радиоактивность.

Одними из перспективных материалов специального назначения являются композиты для укрытия поверхности урановых хвостохранилищ, отделочная смесь, радиационно-защитная панель и конструкционный композиционный материал.

Связь исследования с программами (проектами), научной тематикой. Диссертационная работа выполнена в научно-исследовательском отделе Агентства по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности Национальной Академии наук Таджикистана в соответствии с планом разработки и реализации важнейшей технологии в производстве 2021-2024 г.г. по теме: «Разработка технологии производства композиционных материалов с использованием местного сырья».

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью исследования является разработка технологических и физико-химических основ получения композиционных материалов специального назначения из местных сырьевых ресурсов Таджикистана.

Задачи исследования:

- изучение химического и минерального состава радиационно-защитных компонентов;
- изучение роли компонентов в разрабатываемых композитах;
- разработка технологии получения неорганического РЗКМ на основе магнетита;
- изучение радиационно-защитных свойств разработанных композитов;
- разработка технологии получения РЗКМ на основе алюминиевой матрицы наполненной модифицированным гематитом и белым чугуном;

-изучение структуры, эксплуатационных, физико-механических и радиационно-защитных свойств композиционных материалов типа АМК.

Объектом исследования являются полученные неорганических РЗКМ на основе концентрата барита, магнетита, модифицированного гематита и белого чугуна.

Предметом исследования являются изучение структуры, эксплуатационных, физико-механических и радиационно-защитных свойств разработанных композитов.

Научная новизна исследования. Установление возможности получения различных видов композитов специального назначения на основе концентрата барита, магнетита, бентонита, железосодержащих отходов, белого чугуна и металлического алюминия.

Разработанный состав радиационно-защитной смеси способен обеспечит многократное ослабление от различного рода ИИИ при относительно меньшей толщине слоя, чем уже разработанные радиационно-защитные строительные материалы. Разработанный нами состав при толщине слоя в 10 мм способен обеспечивать ослабление от различных родов ИИИ до одного целый восемнадцать сотых раза для источника ^{137}Cs и до восемсод двадцат четыре раза для рентгеновского излучения.

Показано, возможность введения из водных растворов нитрата алюминия ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), которое находятся в оксидных формах железа модифицирована в виде магнетитовых и гематитовых фаз с ионами алюминия, используя эти соединений для совмещения с алюминиевым расплавом.

Установлено, что на поверхности соединений оксидов железа, что является основным реакционным центром, происходит модификация с поверхности гидроксильными группами.

Теоретическая и научно-практическая значимость работы. Разработаны научные основы, которое включает в предварительном порядке создать кристаллическую решетку отходов, содержащее ионы железа (Fe^{3+}) и поступающие на поверхность активированных ионов алюминия (Al^{3+}) с целью

получения РЗКМ типа АМК основу которых составляет модифицированный гематит и белый чугун.

Активирование достигается процессом гидроксирования на поверхности частиц концентратов гематита и белого чугуна с одноимёнными с дисперсной фазой ионов железа (Fe^{3+}), которое адсорбировано из водных растворов нитрата железа ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

Полученные радиационно-защитные композиты рекомендуются использовать в медицинских учреждениях для рентген кабинетов и других, а именно к способу защиты посетителей, обслуживающего персонала, оборудования и окружающей среды от гамма- и рентгеновского излучения.

Положения, выносимые на защиту:

- результаты анализа имеющихся литературных источников;
- характеристики радиационно-защитных компонентов, полученных из местных сырьевых ресурсов;
- технологические параметры и технология получения неорганических радиационно-защитных композитов;
- результаты исследований радиационно-защитных свойств разработанных композитов и область их применения;
- технология получения, разработанного радиационно-защитного композитного материала на основе матрицы из алюминия наполненной модифицированным гематитом и белым чугуном;
- результаты изучения структуры, эксплуатационных, физико-механических и радиационно-защитных свойств композиционных материалов типа АМК.

Степень достоверности результатов устанавливается и обосновывается эксплуатацией инновационных приборов и эталонных общеотраслевых технологий, полным объемом осуществленных испытаний, их респектабельностью и конвергентностью, признанием полученных данных системами математической статистики.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ по следующим пунктам:

п.1.Технология получения различных композитов на основе местных сырьевых ресурсов с использованием отходов производства ЛКРМ, природного барита из месторождения Баритовой горки, бентонитовых глин из месторождений Шаршарское и Оксу, измельченных костей крупного рогатого скота из отходов производства мясной продукции, белого чугуна из отходов производства ЧМЗ и алюминия, произведенного на заводе Талко;

п.2.Отходи производства ЛКРМ при обработке температурой в промежутке 473-593К (200-320°C) выдает тепловыделяющие явление что вызывает окисление магнетита не в полной мере и превращается в маггемит, кроме того при дальнейшем нагревании в промежутке 823-973К (550-700°C) выдает тепловыделяющие явление и помогает превращению магнетита в гематит. Данный процесс был проведен так как отходы производства ЛКРМ в основном состоят из магнетитовой формы оксида железа, но для их перевода в гематитовую форму необходим процесс термообработка при 700°C;

п.3. Раскрыта выдержка произведенного АМК влиянию различных температур без появления микротрещин на внешней плоскости при воздействии наружных нагрузок;

п.4.Разработан механизм активации и модификации поверхности гематита ионами водных растворов, этот процесс протекает в следствии контакта с энергичными серединами (гидроксильными категориями главного или кислотного характера) это относится к явлениям направленности ионов модификатора касательно жесткой плоскости сорбента, на которую можно будет закрепить материал другой природы. По данной причине для модификации поверхности концентрата магнетита применен нитрат алюминия $Al(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$, а в качестве активатора нитрат железа $Fe(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$;

п.5. Во время создания КМ нами применены производственные отходы, что благоприятствует урегулированию экологических проблем загрязнения окружающей среды и организации малоотходного производства для интереса совокупности отраслей производства.

п.6. Выяснены значения, составляющих в композите. Рассмотрены физико-механические, химические и РЗ свойства созданных композитов. Определены логичности технологических процессов при производстве предлагаемых композитов. Проведены технологические расчёты для определения необходимой эквивалентной свинцовой толщины разработанных композитов, а также эквивалентные толщины разработанных композитов относительно мощности дозы. Предложена поэтапная технология производства разработанных композитов;

п.8.Получение радиационно-защитного композита типа АМК на основе модифицированного гематита и белого чугуна которая устанавливается в достраивании кристаллической решетки оксидов железа ионами железа (Fe^{3+}) при всем этом в закреплении на активизированной плоскости ионов алюминия Al^{3+} ;

п.9.Определены оптимальные составы, композиционного материала на основе алюминиевой матрицы, наполненной модифицированным гематитом и белым чугуном. Разработанный композит можно получить с заданными физико-химическими, механическими, радиационно-защитными свойствами и технико-экономическими показателями;

п.12.Показан процесс модификации железорудного концентрата в виде фаз магнетита и гематита с помощью водных растворов ионов алюминия с применением нитрата алюминия ($Al(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$).

Личный вклад соискателя ученой степени в исследования заключался в анализе зарубежных и отечественных литературных данных, постановке и решении исследовательских задач, проведении, приготовлении рассмотрении и обсуждении в лабораторных требованиях методом проб и ошибок результаты и формулировки основных положений и выводов диссертации.

Апробация и реализация результатов диссертации. Основные положения диссертации обсуждались на следующих научных конференциях, симпозиумах и семинарах:

-международных на: научной конференции «Сахаровские чтения 2015 года: экологические проблемы XXI века» (г.Минск, Республика Беларусь, 2015); научно-практической конференции «Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых» (г.Бустон, Таджикистан, 2016); научно-практической конференции «Интеграция науки и производства как механизм развития горно-металлургической отрасли Республики Таджикистана» (г.Бустон, Таджикистан, 2016); научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г.Шухова (г.Белгород, 2019); научно-практической конференции «Современные проблемы металлургической промышленности» (г.Душанбе, Таджикистан, 2021); научно-технической конференции "Пром-Инжиниринг", (г.Сочи, 2021); научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова (г.Белгород, 2021); научно-практической конференции “Использование природных ресурсов, экология и устойчивое развитие” (г.Бустон, Таджикистан, 2022).

-республиканских: на научно-практической конференции «Проблемы горно-металлургической промышленности и энергетики Республики Таджикистан» (г.Чкаловск, Таджикистан, 2014); научно-практической конференции «Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых», (г.Чкаловск, Таджикистан, 2015); научно-практической конференции «Инновационное развитие науки» (г.Душанбе, Таджикистан, 2020).

Публикации по теме диссертации. По результатам проведенных исследований опубликована одна монография, 4 статьи в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК при Президенте Республики Таджикистан, 14 статей и тезисов в публикациях представлены на республиканских и международных конференциях, получено два малых патента Республики Таджикистан на изобретение.

Структура диссертации и объем. Диссертация изложена на 157 страницах, содержит 37 таблиц и 45 рисунка. Состоит из введения, четырех глав, выводов и списка использованных источников (162 наименований).

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА (обзор литературы)

1.1. Особенности получения композиционных материалов для защиты от гамма-излучения

Различные виды излучения обладают разными проникающими способностями, что определяет выбор экранирующего материала. Как всем уже известно альфа-частицы задерживаются на самой поверхности кожи. Тонкие листы дерева или алюминия задерживают бета-излучение. Незаряженное и высокопроникающее гамма- и нейтронное излучение ослабить труднее всего; они представляют собой опасные излучения, вызывающие серьезную озабоченность.

Радиационно-защитные экраны для излучения используются при работе с радиоактивным оборудованием на объектах использования атомной энергии и другие. Обычно экраны делаются из тяжелых материалов (вольфрама и свинца). Несмотря на то, что свинец является хорошей защитой, он является кумулятивным токсичным веществом, которое Агентство по охране окружающей среды объявило вторым по опасности загрязнителем. Его тонкие оксидные слои легко отрываются от экранов [1].

Свинец попадает в организм через нос, рот или кожу и накапливается в почках, печени, головном мозге и костях. Последующее отравление свинцом вызывает анемию, слабость тела, гипертонию, повреждение мозга, повреждение почек, потерю памяти или даже смерть [2]. Утилизация выведенных из эксплуатации свинцовых экранов представляет большую проблему. В ходе данного исследования был проведен обзор защитных материалов таких, как металлические сплавы [3], стеклянные системы, легированные оксидами металлов [4], и др., для замены свинца при экранирования.

Недостатками многих существующих материалов является высокая стоимость, низкая универсальность, ограниченная прочность и сложное производство.

Бетон, защищающий от излучения, обладают высокой прочностью и универсальностью применения, хорошими защитными свойствами, а также невысокой стоимостью. К достоинствам бетона относят также высокую прочность, адаптируемость к индивидуальным потребностям, безопасность и удобство изготовления на месте.

Радиационно-защитный бетон может быть универсальным, чтобы защищать как от нейтронного, так и от гамма-излучения [5-7]. В отличие от свинца бетон, защищающий от излучения, не генерирует опасного вторичного нейтронного излучения за счет фотонейтронного взаимодействия, и в то же время экранирует высокоэнергетическое ($E > 10$ МэВ) гамма-излучение [8]. Бетон с высокой плотностью изготавливается путем замены наполнителей гранита или известняка в обычном бетоне наполнителями природного происхождения с высокой плотностью, в частности гематитом, магнетитом, колеманитом и баритом [9-12]. Заполнители составляют не менее 70% объема бетона.

К сожалению, в настоящее время использование природных наполнителей высокой плотности в бетоне имеет определенные ограничения.

Во-первых, географическое распространение подходящих природных материалов ограничено и рассредоточено [13].

Во-вторых, поскольку природные ресурсы ограничены, они имеют высокую стоимость [14].

В-третьих, их растущее потребление оказывает воздействие на каменные карьеры и берега рек, что приводит к чрезмерной эксплуатации и серьезному ущербу для региональных экосистем во всем мире [15].

Кроме того, использование портландцемента вызывает значительные выбросы парниковых газов [16]. Поэтому, за последние пару десятилетий

исследователи попытались заменить натуральные ингредиенты радиационно-защитного бетона альтернативными материалами.

Эти альтернативные материалы включают промышленные отходы, отходы горнодобывающей промышленности, коммерческие отходы и некоторые первичные материалы. Примечательно, что некоторые отходы (побочные продукты) из различных областей промышленного производства обладают полезными физическими свойствами, такими как высокая плотность, прочность, твердость, стойкость к истиранию и ударопрочность. Помимо отходов используются альтернативные материалы, включая первичные материалы, такие как волокна [17-19] эпоксидные смолы [20-22], искусственно изготовленные включения [23, 24] и наночастицы [25, 26].

Эти альтернативные материалы придают радиационно-защитному бетону полезные свойства, такие как высокая способность поглощения гамма-излучения (материалы с высокой плотностью), высокая прочность на разрыв (с волокнами), высокая прочность на сжатие (с минеральными добавками), термическое сопротивление (с наночастицами), повышенное поглощение нейтронов (с материалами на основе бора) или замедления нейтронов (с водородсодержащими или углеродными материалами). Примечательно, что практика использования отходов в качестве альтернативных материалов в бетоне, защищающем от радиации, вносит существенный вклад в дело замкнутой на зеленой экономики. Причина в том, что опасные материалы и отходы не только иммобилизуются в защищающем от излучения бетоне, но также повышают его механические и защитные характеристики при относительно меньших затратах.

Раньше исследователи использовали альтернативные материалы в обычном бетоне [27-34], но предложения использования в бетоне высокой плотности для защиты от излучения появились относительно недавно. Ни один обзор в литературе полностью не охватывает все направления использования альтернативных материалов, включая опасные отходы в

радиационно-защитном бетоне, за исключением отдельных публикаций, содержащих частичный охват [35, 36].

Тщательный обзор этой темы имеет важное значение, поскольку способствует координации работ по сокращению объемов накопленных отходов и связанных с ними опасностей. Кроме того, он улучшает экологические, экономические и эксплуатационные факторы, относящийся к РЗ свойствам. Во время выбора определенных альтернативных РЗ материалов в виде бетона, приобретённые данные об характеристиках могут послужить как справочники.

Применение стекол в защите от радиации. Материалы с хорошей защитной способностью должны иметь высокую плотность упаковки и большой эффективный атомный номер (Z_{eff}) [37]. Добавки оксидов тяжелых металлов (ОТМ) представляют интерес из-за их высокого Z_{eff} и однородной структуры.

Висмут-боратные стекла представляют интерес своей низкой температурой плавления и высокой термостойкостью [38]. Эти низкие температуры плавления стекла облегчают его приготовление и формование, а высокая плотность делает его пригодным для радиационной защиты.

Стекла с ОТМ представляют собой практический альтернативный экранирующий материал из-за литейных свойств и термической стабильности, поэтому ОТМ могут решить некоторые проблемы, связанные с защитой от космического излучения и от гамма-излучения искусственных источников.

По результатам поиска, проведенного в конце 2022 года, в базу данных Web of Science было внесено около 1038 статей (публикации в период с 2018 по 2022 год) с целью изучения радиационно-защитных характеристик различных приготовленных стекол на боратной, силикатной, теллуритной и фосфатной основе (рис.1.1). Обнаруженные публикации были классифицированы по основе стекла (боратные, силикатные, теллуритовые и фосфатные).

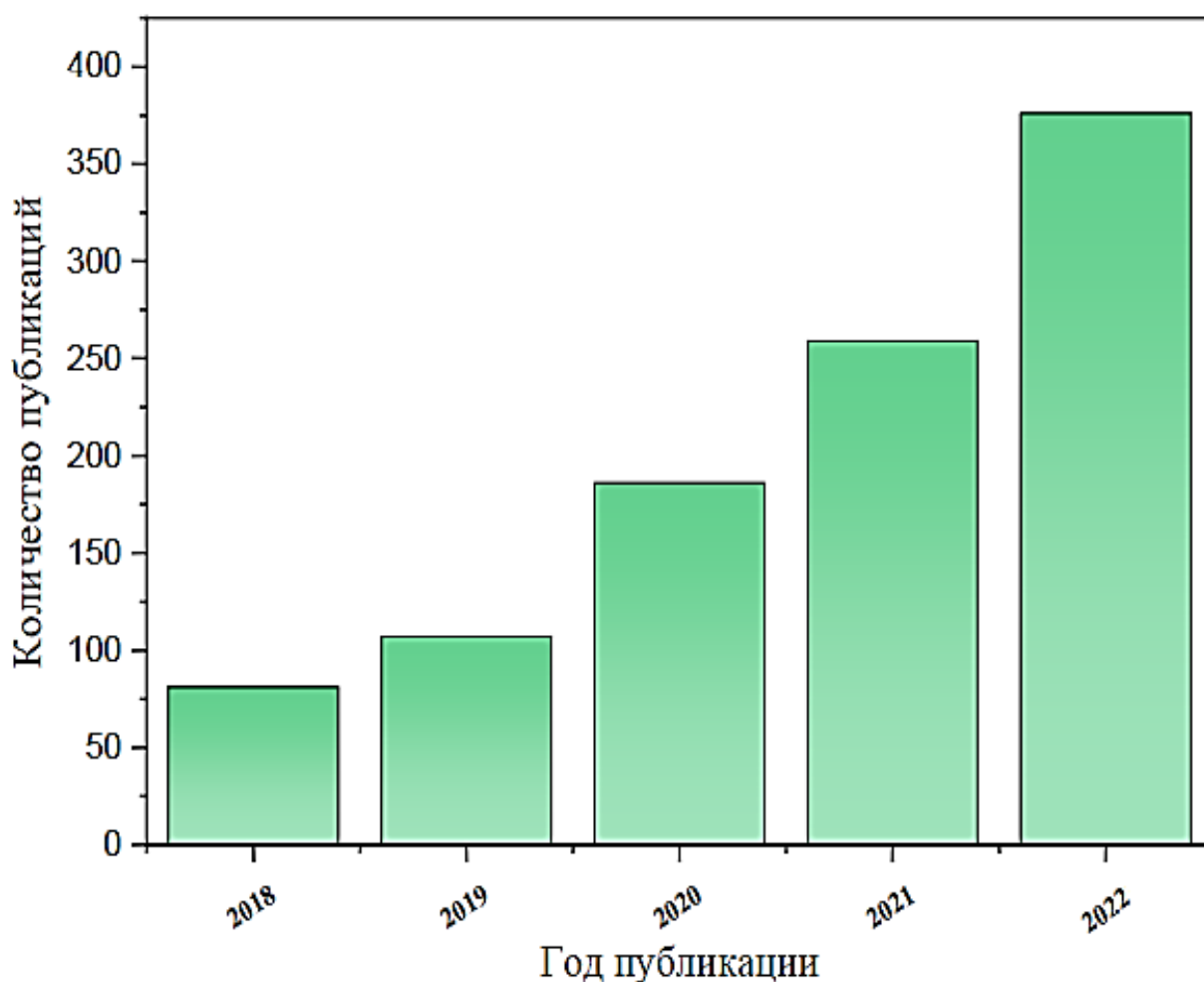


Рисунок 1.1. – Количество публикаций по исследованию радиационно-защитных свойств стекол

Стекло боросиликатное широко применяется в различных отраслях промышленности, а также считается многофункциональным материалом. Коэффициент теплового расширения боросиликатных стекол очень мал, среди стекол только у кварцевого стекла он меньше всего почти в 10 раз. При необходимости термической стойкости, применения в качестве противопожарного материала и других различных случаях обусловлена применение боросиликатных стекол.

Поскольку у основы боросиликатных стекол коэффициент плотности выше чем у стёкол силикатных, он наилучше всего защищает от разных рисков фактического повреждения.

Химический состав применяемых стекол представлен в табл. 1.1.

Таблица 1.1.

Химический состав боросиликатных стекол

Компоненты	<u>SiO₂</u>	B ₂ O ₃	<u>CaO</u>	Na ₂ O	SO ₃
Масс. %	68-73	2,5-8,5	6-11	7-10,5	0,3-0,5

В своей работе авторы приводят в качестве примера работу [39] где говорится о способах разработки стекол из доменных шлаков включающих нагревание стекол при соотношении сульфата натрия в шихте 1: (5-20) и избыточной сульфидной серы, плавление шихты и варку при температурах 1450-1500 °С в нейтральной или окисленной среде, а также пример разработки боросиликатных стёкол из следующих сырьевых материалов: 5-10% - полевого шпата , 20-25% - кальцинированной соды, 65-70% -кремнезёма, 0,5-2% - каменного угля, 1-3% борной кислоты, 0,1-1% - сульфата натрия, 5-8% - доломита, 9-13% - мели.

Сущность приведенного примера заключается в том, что стекольную шихту можно получить при плавлении в температурах 1450-1550 °С путём перемешивания полевого шпата, сульфата натрия и борной кислоты, соды кальцинированной и предварительно увлажненного песка, доломита, мела и красителя.

Боросиликатную руду месторождения Ак-Архар Таджикистана авторы [40] предлагают использовать как основной сырьевой материал который совпадает с составом шихты, чтобы получить борное стекло и сэкономить при транспортировке (табл. 1.2).

Чтобы подобрать оптимальный состав обратились к работе технологии получения стекла и стеклоизделий [41-43], разработанная технологическая схема получения борсодержащего стекла представлена на (рис. 1.2).

С применением боросиликатных руд месторождения Ак-Архарское разработанная технологическая схема для получения боросиликатных стёкол

включает в себя обработку серной и соляной кислотой для удаления железа, нагревании сухих остатков до 1200-1500°C, охлаждения и гомогенизация.

Таблица 1.2

Химический состав боросиликатных руд месторождения Ак-Архарского

Содержание, масс. %	Компоненты												
	B ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	TiO ₂	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	п.п.п.
	10,4	59,8	1,27	2,2	1,39	19,6	0,75	0,15	0,29	0,1	0,03	0,11	3,91



Рисунок 1.2. – Технологическая схема получения боросиликатного стекла

Были проведены исследования по изучению термического расширения и плотности, снижения потоков нейтронов чтобы получить боросиликатное сырьё. Полученные результаты показали эффективность полученных образцов для снижения нейтронных потоков на 20%.

С применением боросиликатных стёкол могут решаться многие технические проблемы где могут потребоваться сниженный вес при низкой теплопроводности, экономии объёма и достаточная прочность, а также для защиты от нейтронов высокая химическая стойкость. Используемые в настоящее время в качестве заполнителей материалы не достаточно долговечны чем разработанный авторами боросиликатное стекло.

Сплавы для защиты от излучения – это материалы, образованные из комбинации двух или более элементов (металлов с металлами или металлов с неметаллами) с различными физическими и химическими свойствами. Основная цель комбинации элементов (изготовление сплавов) - улучшить свойства изготовленного материала, чтобы он был пригоден для определенного применения.

Работа над улучшением механических свойств, таких как прочность на разрыв, устойчивость к коррозии и твердость, является одним из самых значительных исследований сплавов. В последнее время, за последние пять лет, было выполнено исследование около 220 образцов для повышения радиационно-защитных свойств различных типов сплавов.

В табл. 1.3 иллюстрируется обзор некоторых из этих опубликованных статей, и результатов улучшения способности экранирования.

Таблица 1.3

Обзор статей по оптимизации защитной способности сплавов

Материал	Излучения радиационно-защитных свойств
Изготовленный сплав представляет собой смесь Ga и In [44]	Повышение плотности сплава и экранирующей способности при увеличении концентрации In.

	Защитные свойства улучшались на 10% при увеличении концентрации In с 14,9 до 80 масс.%
Изготовление тройных сплавов на основе Cu, Zn, Pb и четырех двойных сплавов на основе Ag/Cu, Pb/Cr и Pb/Cu [45]	Наибольший массовый коэффициент ослабления получен для бинарных сплавов Ag-Cu.
Изготовление тройных сплавов Bi-Sn-Zn [46]	Результаты показывают, что образец сплава состава Bi ₅₀ Sn ₁₀ Zn ₄₀ имеет наивысший коэффициент линейного ослабления 0,8352 см ⁻¹ при 0,662 МэВ.
Изготовление образцов сплавов с высоким содержанием Fe, легированных В, С, Si, Р [47]	Защитная способность всех изготовленных сплавов с различным составом в В, С, Si, Р не имеет наблюдаемых изменений в экранирующей способности.
Армирование сплава Se-Te-Fe для получения сплавов Fe _x Se _{0,5} Te _{0,5} [48]	Результаты показывают, что увеличение степени легирования Fe приводит к значительному снижению экранирующей способности изготовленных сплавов.
Изготовление сплава Pb-Mn-Ga [49]	Радиационная экранирующая способность изготовленных сплавов Pb-Mn-Ga уменьшается с увеличением степени легирования Mn в изготовленном сплаве.

Применение горных пород для экранирования от излучения. За последние годы выполнено много работ для того чтобы найти хороший но не имеющий своем составе свинец материал для применения в радиационной защите.

Во многих исследованиях изучались способности ослаблять ионизирующее излучения некоторыми природными горными породами [50, 51]. Например, применение базальтовых вулканических пород в качестве бетонного наполнителя, таким образом, первым шагом в данном направлении были исследованы способности базальтовых пород экранировать гамма-излучения.

Некоторые из этих пород являлись базальтами, а другие - связанными с ними породами (известняк и риолит), подверженными воздействию высокой температуры магмы. Сначала собранные образцы были очищены от пыли и всех примесных материалов. После этого по методу Архимеда измеряли насыпную плотность собранных пород.

Чтобы оценить и изучить способность защищать от излучения, собранные породы были разрезаны до определенной формы и толщины. Таким образом, собранные образцы были разрезаны на пластины размером 7 см × 7 см и разной толщины, как показано на рис. 1.3.



Рисунок 1.3. – Природные образцы до и после подготовки

Характеристики защиты выбранных материалов от гамма-излучения были исследованы при различных толщинах с использованием метода пропускания узкого пучка гамма-излучения с использованием двух радиоактивных источников – ^{137}Cs и ^{60}Co . Для всех исследованных горных пород μ уменьшается с увеличением энергии падающих фотонов.

Уменьшение резко возрастает для энергий ниже 0,3445 МэВ затем уменьшается постепенно с дальнейшим увеличением энергии. Например, в интервал энергии 0,04 – 0,122 МэВ (зона очень низкой энергии) μ для базальта-2 быстро уменьшается с 2,389016 до 0,487512 см^{-1} . Для того же образца, в диапазоне энергии от 1,332 до 1,4083 МэВ, он немного уменьшается с 0,162238 до 0,15765 см^{-1} . Основные процессы взаимодействия фотонов могут объяснить эту тенденцию, при которой μ варьировался в зависимости от состава вещества [52-55].

Увеличение содержания базальтового наполнителя от 0 до 100 масс. % (доля замещения песка в составе бетона) при энергии гамма-излучения 0,662 МэВ снижает значение слоя половинного ослабления образцов бетона на 35%. Природные минералы и исследованные сплавы могут быть использованы для дополнительного экранирования радиоактивных отходов, размещаемых в защитном контейнере с соблюдением требований радиационной безопасности при хранении.

1.2. Современные тенденции развития радиационно-защитного материаловедения

Целью создания РЗМ является обеспечение биологической защиты различных объектов, а также высокочувствительных аппаратур в зависимости от вида излучения, от которого необходимо обезопасить. Проблема создания РЗМ для биологической защиты ядерных реакторов в ядерной промышленности затруднена.

В основную задачу биологической защиты реактора входит обеспечение безопасности исследователей, технологических оборудований и персонала которые заняты экспериментальными исследованиями на установке, поглощение всех видов ИИ в том числе тепловых нейтронов, а также замедление быстрых нейтронов на активной зоне реактора.

Во время проектирования и создания РЗМ от нейтронного излучения необходимо иметь в виду что процесс поглощения значителен только для медленных, резонансных и тепловых нейтронов по данной причине быстрые нейтроны должны быть заблаговременно замедлены. Также не следует забывать, что потери энергии водорода максимальны при упругих рассеяниях т.е. на легких ядрах, но также минимальны на тяжёлых ядрах, поэтому для обеспечения защиты от быстрых нейтронов необходимо использовать материалы имеющие ядра легких элементов, например, водород, так как в кристаллических решетках металлов есть возможность растворять большое количество водорода они часто применяются в ядерных реакторах для замедления нейтронов. Больше всего для обеспечения биологической защиты используют гидрид титана или композиционные материалы на основе гидрида титана [56-62].

Применение материалов способных поглощать большое количество ИИ в том числе нейтронное излучение недостаточно для обеспечения безопасности и эксплуатации ядерных и энергетических установок, а также ядерных реакторов атомных электростанций данные материалы должны иметь возможности эксплуатации на долгий срок при воздействии высоких термических и радиационных нагрузок без изменения РЗ, физических и механических свойств.

Материалы и композиты имеющие высокие РЗ, конструкционные и радиационные стойкие свойства имеют очень важные значения. Материалы имеющие данные свойства можно получают из матриц, наполненных высокодисперсным оксидом тяжелых металлов [63-66].

Если сравнивать отечественные и мировые достижения по разработке РЗКМ, то в работе авторов [67-72] приведена технология разработки РЗ композита из алюминиевой матрицы наполненной высокодисперсным оксидом висмута и железа в которых были достигнуты наиболее высокие эксплуатационные характеристики чем известные аналоги. Разработанный ими материал способен при температуре эксплуатации 803К (530°C) переносить наружную нагрузку до $7,5 \cdot 10^8$ Па, а также обладает высокими прочностными характеристиками.

Материалы из металла так или иначе не смогут блокировать все виды излучений к примеру нейтронные выбросы в космосе или ядерных лабораториях. Помимо того снаряжения для радио-защиты из данных материалов будут громоздкими, тяжелыми и бесполезными в большинстве случаев. Разработка РЗМ из полимеров имеют наибольший интерес по ниже следующим причинам:

- конструкционные материалы на их основе во много раз легче если использовать их в качестве металлов или сплавов;
- индивидуально для каждой отрасли их можно обрабатывать для достижения наиболее эффективного экранирования от различных излучений.

Но не следует забивать что при разработке РЗ полимерных композиций или конструкционных изделий для защиты от радиоактивного излучения создаваемые материалы должны иметь стабильные физико-механические свойства при воздействии на них знакопеременных температур. В дополнение не следует применять материалы из металлов в космосе потому что во время увеличения энергии падающих электронов увеличивается вероятность возникновения интенсивного тормозного излучения, но для полимерных композитов данная проблема не так значительна [73-76].

Созданный авторами [77] РЗМ из полимерной матрицы наполненный нанодисперсными частицами имеет высокую способность поглощать высокоэнергетические частицы из-за большого отношения поверхности к объему благодаря этому материалы, диспергированные в КМ из макро- или

нано частиц применены при создании более продуктивной радиационной защиты.

В работе [79] доказано что достичь увеличения коэффициента поглощения от нейтронов в 1,5 раза, а также на 30-40% увеличения рассеянного коэффициента гамма излучения можно достичь при применении наноразмерных порошковидных частиц из материалов имеющих свойства поглощать радиацию.

Однако не следует забывать, что к неравномерному распределению наполнителей в КМ т.е. агрегация частиц происходит при введении наполнителей из нанодисперсных частиц в КМ что в итоге ухудшает функциональные РЗ свойства разработанного материала.

Существуют разные подходы для достижения равномерного распределения частиц в КМ. Модифицированный наполнитель способствует появлению гидрофобной поверхности это можно считать одним из самых распространённых способов. Доказано что при введении модификатора в количестве 1-2 %-ов способствует уменьшению агломерации наполнителя в композитах из полимерных основ [78-87].

1.3. Заключение по литературному обзору

Анализ отечественных и зарубежных литератур показывает, что созданию РЗМ защищающих от различных видов ИИ посвящено очень много работ об этом свидетельствуют обширные исследования в области радиационного материаловедения [88-91].

Множество современных РЗМ имеют сложный состав где применены редко встречающиеся и дорогостоящие сырьевые материалы они из себя представляют композиции с водонаполненными частицами которые обладают слабыми прочностными характеристиками которые не способны выдерживать высокие внешние нагрузки что в конечном итоге очень сильно отражается на их себестоимости.

Способность ослаблять воздействия ИИ и оптимальные массогабаритные показатели разрабатываемых РЗМ являются основными предъявляемыми требованиями к данным материалам. За счет уменьшения интегральных потоков за защитой и смешивания максимальных спектров излучений можно достичь уменьшения негативных эффектов вызванные импульсными, коллимированными, стационарными и рассеянными потоками радиации.

Развивающие технологии способствуют созданию РЗМ обладающие такими свойствами как прочность, твердость, упругость и легкость, их можно считать специфическим сочетанием взаимоисключающих друг друга. Защитные экраны, созданные для РЗ наряду с защитой расстоянием и организационными мероприятиями можно отнести основным видам защиты от различных видов ИИ [92].

Медицинские учреждения где применяются радиационные источники для создания преград с целью защиты используют свинцовые листы в качестве облицовки на стенах или наносят баритовые штукатурки, а также ставят рентгенозащитные панели которые очень эффективно порекомендовали себя в последние годы.

На наш взгляд разработка РЗМ обладающих высокими радиационно-защитными, физико-химическими и эксплуатационными свойствами является актуальной задачей. Таким образом мы направили наши исследования на нахождения оптимальных составов и подготовку технологии изготовления РЗМ с применением местных сырьевых ресурсов Таджикистана.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, СОСТАВ И СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ

2.1. Выбор объектов исследования для создания радиационно-защитных материалов

2.1.1. Минералогические особенности баритовых месторождений и рудопроявлений Карамазара Северного Таджикистана

Карамазар является одной из основных баритоносных провинций Таджикистана. Здесь находятся крупные месторождения барита и целый ряд рудопроявлений. Вместе с тем, несмотря на полувековую известность и промышленную значимость, эти месторождения изучены недостаточно. В Карамазаре собственно баритовые месторождения сконцентрированы в Кошмагатском (Баритовая горка, Северная жила) и Моголтауском (Акмогол, Музбек, Становая жила) рудных полях среди эффузивных и интрузивных пород верхнепалеозойского возраста.

Размещение баритового оруденения здесь связано с тектоническими нарушениями, вдоль которых наблюдаются брекчирование и гидротермальная проработка вмещающих пород, выраженных в серицитизации, хлоритизации, березитизации, пелитизации, каолинитизации, окварцевании, ожелезнении и др. [93, 94].

Баритовые месторождения в своем минеральном составе кроме баритовых и кварцевых минералов также имеют минералы молибденита, халькопирита, галенита, шеелита, пирита и сфалерита. Гидроокислы железа, церуссит, малахит, англезит и азурит представлены в виде вторичных минералов.

Структура жили и прожилки барита имеют средние и крупнокристаллические формы, превышение пластинчатых и таблитчатых агрегатах в некоторых местах переходят в более плотную мелкозернистую

форму. Длина пластинки имеют размер от 5-10 до 30-50 мм и толщину от 1-3 мм до 5 мм.

На месторождениях иногда наблюдаются радиально-лучистые агрегаты и ячеистые составляющие, которые в основном состоят из пластинок, различного ориентирования. На стенках полостей и пустот частенько можно наблюдать хорошо образованные кристаллы барита. В некоторых местах у кристаллов барита могут быть замечены покрытия налётом из породы азурита и малахита. Эти кристаллы по размеру может доходить до 5мм. Таблитчатые и призматические кристаллы. Основная роль в их огранке принадлежат граням пинакоида в комбинации ромбических призм. Кристаллы уплощены по граням пинакоида. Поверхность граней, блестящая.

Барит можно встретить в различных цветах (розовым, жёлтым, белым, прозрачно-серым, медово-желтым, молочно-белым, красновато-бурым и коричнево-белым). Бесцветные и прозрачные кристаллы по разновидности можно встретить часто.

Микроскопическое включение жидкостей и газов в минералах барита по окрасам минерала обычно бывает белым и серым, примеси гидроокислов железа желтым и бурым цветом. Присутствие примесей окислов железа темно серого или черного цвета бывает красным цветом, что свидетельствует о наличии вещества из битуминоидов [95].

Спайностью в двух направлениях свойственно баритовым соединениям. На плоскостях с перламутровым блеском свойствен спайность вещества. Кристаллы барита обладают определенной плотностью от 3460 до 4490кг/м³. С небольшими колебаниями показателей преломления и двупреломления свойственно для баритов ($n_p=1,633-1,637$; $n_g=1,645-1,653$; $n_g-n_p=0,011-0,016$; $n_m=1,633-1,639$). Неодинаковое содержание стронция в барите может вызвать колебания плотности и непостоянные оптические свойства [96].

Можно выделить три генерации барита на месторождениях.

Первый барит встречается цветами таблитчатым агрегатом белого, зернистым, сероватым, пластинчатым и красновато-бурым, но иногда

минералы могут встречаться как прозрачной, так и бесцветной разновидности. Первый барит ассоциируется с кварцем, флюоритом, кальцитом, так же они могут содержать в виде включений халькопирит, сфалерит и пирит. Вкрапленном виде разных размеров и форм галенит встречается в первом барите.

Барит II не образует крупных скоплений и представляет лишь минералогический интерес. Встречается в форме прожилков как в кварц-баритовой жиле, так и на контакте между вмещающими породами и более поздней генерацией кварца. Агрегаты мелкозернистые, пластинчатые. Цвет белый, коричневый, красный. Ассоциируется с кварцем поздней генерации.

Барит III встречается в виде друз хорошо образованных индивидов и выстилает стенки пустот в кварц-баритовой жиле. Облик индивидов призматический. Размеры их достигают 3 мм. Барит III бесцветный.

В барите обнаружен широкий круг элементов-примесей. Среди них наиболее повышенными содержаниями характеризуются Si, Al, Ca, Na, Mg, Fe, Sr, Ti, Pb, Zn, которые являются сквозными, т.е. отмечаются во всех образцах барита из рассматриваемых месторождений. Кроме того, бариты каждого из указанных месторождений отличаются повышенными содержаниями определенных компонентов.

Типоморфными элементами-примесями барита месторождений Кошмагатского рудного поля являются (в %): Zr-0,01; Mg-0,1; V-0,001; Y-0,003, а барита месторождений гор Моголтау – Ti-0,3; Mn-0,03; Bi-0,003; Ga, Sc-0,001. Помимо перечисленных элементов, в барите в ничтожных количествах обнаружены Li, Tl, Nb, In, Ce и др.

По информации [97] можно предполагать, что сульфатная сера заимствована из осадочных или вулканогенно-осадочных пород месторождение Баритовой горки и отвечает значениям $\delta^{34}\text{S} = +19,8$ и $+20,0\%$ по составу изотопа серы. Месторождение Баритовой горки отвечает ниже следующим значениям по изотопному составу свинца галенитов: $^{206}\text{Pb} - 18,23$; $^{207}\text{Pb} - 15,70$ и $^{208}\text{Pb} - 39,43\%$ [98].

2.1.2. Минеральный состав кварц-баритовых жил месторождения Музбек (Северный Таджикистан)

Музбекское месторождение находится в северо-восточной части гор Моголтау и представлено зоной дробления, выполненной кварцем и баритом, иногда с незначительным содержанием флюорита. Вмещающие гранодиориты здесь местами сильно изменены и раздроблены, нередко интенсивно окварцованы, альбитизированы и каолинитизированы. Окварцевание наблюдается в лежащем боку жилы, и представляет собой зону шириной 50-70 м с развитием многочисленных тонких кварцевых жилок, наподобие штокверка [99].

На месторождении кварц-баритовых жил расположена в центральной его части и прослежена выработками на 1400 м. По направлению к юго-западу жила постепенно выклинивается, а на северо-востоке теряется под четвертичными отложениями. Простираение ее северо-восточное $45-55^\circ$, падение крутое на юго-восток под углами $70-75^\circ$. Наиболее общие особенности жилы - чрезвычайная изменчивость ее мощности (от 5 м на флангах до 30-35 м в центральной части), формы, а также содержания самого барита, как по простиранию, так и по падению [100].

Барит на месторождении распределен крайне неравномерно и образует обособленные линзы, отдельные желваки, гнезда и прожилки различного размера. Жилы и прожилки обычно не выдержаны по мощности и представлены раздувами и пережимами. Кристаллы барита таблитчатые, редко призматические. Агрегаты главным образом пластинчатые, которые иногда образуют скопления типа «баритовых роз». Кроме того, в баритах встречаются зернистые и ячеистые агрегаты.

Барит ассоциирует с кварцем, флюоритом и рудными минералами (халькопирит, шеелит, галенит, сфалерит). Последние часто образуют включения в его кристаллах. В большинстве случаев барит красный, коричнево-красный и белый. Редко наблюдаются пластинки водяно-

прозрачного барита. Содержание барита в жилах колеблется от десятых долей до 72%. В минерале отмечаются (%): Sr (0,04-0,1), Ti (0,01-0,3), Mn (0,06-0,01), Pb, Zn (0,001-0,01), Cr, Ni, Co, V, Mo, Cu, Bi, Ga, (0,001-0,004), Be (0,0008).

По результатам термобарогеохимического анализа барит формировался из среднетемпературных (260-135°C), преимущественно кальциево-хлоридных растворов при давлении ниже 230 атм. Удельный вес минерала колеблется в пределах 4,2-4,62 [101].

2.1.3. Производственные отходы ОАО «ЛКРМ»

Во время подготовки КМ предпочли производственные отходы ОАО «ЛКРМ» который находится в поселке Чорукдаррон, Согдийской области, Республики Таджикистан, в прошлом считался одним из прославленных предприятий региона.

Год основания данного предприятия 1948 году. Оно являлось горнорудным до 1981 года. В 1989 году из-за закрытия горно-обогатительного передела переходит на порошковую металлургию.

На протяжении деятельности ОАО «ЛКРМ» с 1941 года до 1989 года, на территории комбината образовалось четыре хвостохранилища (табл. 2.1) [102, 103].

Таблица 2.1

Сведения об хвостохранилищах Ленинабадского комбината редких металлов

п/п	Наименования хвостохранилища	Годы образования	Количество отходов, тонн.	Площадь поверхности, м ²	Толщина, м.
1	Западное	1942-1968 гг.	3 615 000	201000	10,0
2	Восточное	1960-1974 гг.	1 000 000	114000	4,9
3	1-ой очереди	1974-1979 гг.	1 063 000	119000	3,1
4	2-ой очереди	1979-1984 гг.	660 000	275000	1,3

С 27.03.2006 г. по 04.09.2006 г. на территории хвостохранилища «Восточное», «I-ой очереди» и «2-ой очереди» было пробурено 55 шурфов глубиной от 3 до 5,5 метра и отобрано более 200 проб и анализировано в лаборатории «Технология» Государственного унитарного предприятия «Таджредмет» (Таджикистан) и Государственного научно-исследовательского и проектного института титана (Украина). Результаты анализов обобщены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Химический состав и количество отходов на хвостохранилищах
Ленинабадском комбинате редких металлов

Наименование хвостохранилища	Содержание элементов									
	Fe		Cu		Zn		Mo	Ca	Al	Mg
	%	тонн	%	тонн	%	Тонн	%	%	%	%
Западное	15,48	465000	1,04	37440	0,51	18360	0,001	0,87	1,86	1,42
Восточное	15,53	155300	1,33	13300	1,04	10400	0,001	1,11	1,28	1,22
1-ой очереди	15,00	159450	1,02	10840	0,94	9992,2	-	0,79	1,51	1,33
2-ой очереди	15,33	100980	1,04	6864	0,68	4488	-	0,81	1,11	1,42

Из табл. 2.2 данные в хвостохранилищах содержат:

Железа (Fe) – 880730 тонн;

Медь (Cu) – 68447 тонн;

Цинк (Zn) – 43200 тонн и т.д.

Таким образом, большое количество содержания железа дает права переработать отходы с целью получения концентрата железа.

Отходы представляют собой различные формы оксидов железа - магнетита и гематита с преимущественным содержанием гематитовой железоксидной формы ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$);

Использование железосодержащего сырья при создании КМ предоставляет прибавлять системе механическую прочность что дает возможность определять степень технических задач подобно совершенствованию уровня РЗ обслуживающего персонала, которые работают в непосредственной близости от источников ИИ.

Железосодержащее сырье широко распространён в природе, данный концентрат является доступным и дешевым в использовании по сравнению с другими видами оксидов системы.

Применение чистого алюминия при создании композитов предоставляет придать уникальные свойства потому что данный металл очень технологичен, его легко можно обрабатывать штамповкой, давлением или прокаткой, ковкой и прокаткой он легко поддается пластической деформации. Хотя алюминий является не прочным материалом он имеет способность создавать наиболее прочные сплавы которые будут обладать высокими механическими и физико-механическими характеристиками кроме этого они будут иметь небольшой вес. Алюминий можно считать одним из самых важных металлов в атомной промышленности так как он имеет свойства отражать тепловые потоки и имеет высокую теплопроводность.

Так как алюминий является частью экосистемы создаваемый композит из него будет иметь отличные технические и эксплуатационные характеристики, а также соответствовать современным экологическим требованиям.

Действительно материал из такого композита можно производить массово при создании новых видов РЗКМ в соответствии с которыми поставлены цели и задачи в настоящей работе.

2.1.4. Бентонитовые глины месторождений Таджикистана

В Республике Таджикистан находятся большие запасы бентонитовых глин которые относятся алюмосиликатному сырью.

Результаты термического и рентгеноструктурного анализа показали, что бентонитовые глины месторождения Шаршар горизонта Гулизиндан который в открытой части составляет толщю 36,5 м, главным образом состоят из трех типов минералов. Эти минералы сложены минеральными группами монтмориллонита и состоят из смешанных минералов гидрослюди-монтмориллонита в котором распространены разбухающие слои монтмориллонита.

Установлено что трансформация монтмориллонитовых глин в стадии диагенеза образовались из вулканических пепел и глинистых морских осадков.

Разрез этих глин при анализе распределения минеральных типов показал, что большая часть глин из монтмориллонита сосредоточена на верхней 15-ой части горизонта Гулизиндан где коллоидальные разности глин из бентонита в основном представлены слабо и бескарбонатно, высоко и умеренно, залегает еще три прослойки истинного бентонита [104, 105].

Бентонитовые глины в основном содержат монтмориллонит ($Al_2[OH]_2(Si_4O_{10}) \cdot nH_2O$), Al_2O_3 , гематит (Fe_2O_3) и кварц (SiO_2). В табл. 2.3 приведены усреднённый химический состав бентонитовых глин месторождений Таджикистана.

Таблица 2.3

Химический состав бентонитовых глин месторождений Таджикистана, %

Месторож- дения	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	CO_2	SO_3	P_2O_5	п.п.п.
Шаршар	53,0	0,53	12,5	3,1	0,68	0,03	2,5	8,15	0,8	1,66	5,19	0,82	0,06	16,0
Оксу	51,9	0,25	22,8	1,92	0,21	0,0	4,03	0,59	0,14	3,19	0,22	0,55	0,0	14,8

2.2. Характеристика используемого сырья

Барит является заполнителем и употребляется в виде пыли или песка. Песковидный природный барит, применяемый для рентгенозащитной штукатурки. Барит – помогает уменьшить воздействия гамма и рентгеновского излучения.

Особое внимания в Таджикистане предпочитается месторождениям барита в.т.ч. Баритовой Горке, Музбекскому, Акмогольскому, среди которых объединяется более 40 проявлений. В Северном Таджикистане, в горах Моголтау находятся промышленные подсчитанные запасы барита которое расположена по месторождению Баритовой Горки.

В Республике Таджикистан путем магнитной сепарации отходов был получен магнетит – из отходов хвостового материала производства ОАО «Ленинабадского комбината редких металлов» Технология получения концентрата магнетита приведено на рис. 2.1.

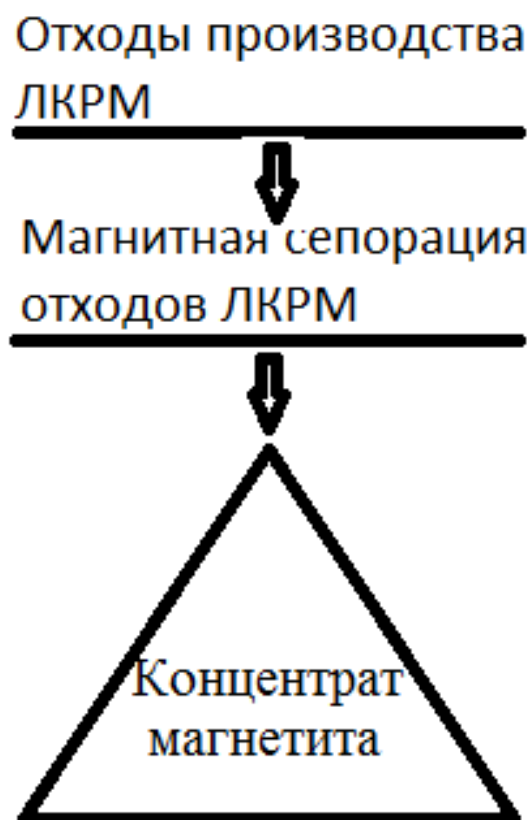


Рисунок 2.1. – Технология получения концентрата магнетита

Содержание хвостового материала и соединений концентрата железа представлены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Результаты химического анализа железосодержащего сырья

Наименование	Содержание компонентов, в %					
	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	ППП
Хвосты	39,83	4,24	42,07	8,28	3,51	2,07
Концентрат	73,47	4,5	8,0	6,8	2,62	4,61

Магнетит – способствует уменьшению интенсивности гамма- и рентгеновского излучения.

Портландцемент – способствует вяжущим свойствам вещества, применяется марки не ниже М-300.

Металлический алюминий марки АКLP-7 РТ с содержанием основного компонента А1 не менее 99,7% плотность которого составляет 2700 кг/м³ и используется в качестве матрицы композита (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Химический состав алюминия марки АКLP-7РТ по ГОСТ 11069-2001

Содержание элементов, %						
Максимальное						Минимальное
Fe	Si	Cu	Mg	Zn	Ga	Al
0,20	0,10	0,01	0,02	0,04	0,03	99,6

Белый чугун применен в качестве наполнителя с размерами частиц до 100 мкм, использованы отходы производства «Литейного цеха» Бустонского машиностроительного завода ГУП «Таджредмет» (табл. 2.6).

Химический состав белого чугуна по ГОСТ 805-95

Содержание элементов, %					
C	Si	Mn	S	P	Fe
4,5...6,1	1,0...2,0	0,5...1,0	до 0,3	до 0,5	остальное

Роль компонентов в композитах:

Магнетит и *гематит* (наполнитель) – как ослабитель интенсивности гамма- и рентгеновского излучения.

Барит (наполнитель) – способствует уменьшению мощности гамма- и рентгеновского излучения.

Белый чугун (наполнитель) – способен к поглощению интенсивности нейтронного излучения.

Металлический алюминий (матрица) – в составе композиционного материала придает следующие свойства в.т.ч. легкость, пластичность, нетоксичность, коррозионную стойкость.

Портландцемент – применяется в качестве компонента вяжущего материала марки не ниже М-300.

2.3. Методы исследования

По ГОСТ 26412-82 "Материалы производств радиохимии и установок ядерной энергетики" которые являются нормативными документами с соблюдением всех требований были проведены испытания по разработке композитов. По ГОСТу 26412-85 "защитные материалы производств радиохимии и установок ядерной энергетики" были определены методы дезактивируемости.

Адсорбционные свойства. Методом Гиббса проводили исследования дисперсных оксидов железа на водных растворах [106]. Дисперсионные

свойства порошков. Дифракционным микроанализатором "Анализетте-22" (ФГР) и стандартным набором сит были проведены исследования по определению фракционного состава твердых частиц. Для определения размера частиц использовали лазерный анализатор ANALYSETTE 22 Nano Tec plus (производитель ООО «ПЭЛ», Санкт-Петербург, Россия).

Механические испытания. По ОСТ 6-05-406-80 были изготовлены образцы для испытания физико-механических свойств, количество измерений проводили по 10 раз, для получения более точных значений.

Методом пикнометра была определена порошковая плотность, по ГОСТ 2409-80 методом гидростатических взвешиваний были определены плотность образцов композита [107].

По ГОСТу 25.503-97 [108] были определены разрушающее напряжение при сжатии на композит.

По ГОСТу 14019-80 [109] при применении прибора "Цвик и К" были определены разрушающее напряжение при изгибе на композит.

По ГОСТ 11150-80 [110] при применении разрывной машины "Zwick" типа 1461 были определены разрушающее напряжение при растяжении, т.е. относительное удлинение образцов композита.

По ГОСТу 1497-84 [111] определяли модуль упругости образцов композита.

По ГОСТу 9454-78 [112] с применением маятникового копра марки БМК-5 определяли ударную вязкость образцов композита для этого были созданы бруски размером 55x10x10 мм в котором скорость движения маятника во время удара составляла $2,90 \pm 0,50$ м/с, радиус концентратора $1,0 \pm 0,10$ мм, угол 30° и расстояние между опорами составляла $40,0 \pm 0,50$ мм.

По ГОСТу 9013-59 [113] была измерена твердость композита по Бринеллю, для этого изготовили образец толщиной 8мм и на него вдавливали в течении 10 секунд стальной шарик диаметр, которого составлял 10 мм при нагрузке около 300 МПа, после проведенного испытания т.е. когда была снята испытательная нагрузка, измеряли диаметр оставленного отпечатка на

композите.

По ГОСТу 9013-59 [114] с применением прибора Роквелла была измерена твердость испытуемого композита по Роквеллу, для этого вдавливали стальной шарик диаметром 1,50 мм при последовательно приложенной предварительной и основной нагрузке, после снятия основной нагрузки, но при сохранении предварительной нагрузки была измерена остаточная глубина внедренного наконечника в единицах измерения 0,0020 мм.

По ГОСТу 4670-91 [115] с применением прибора микротвердометра ПМТ-3 измеряли микротвердость образцов композита для этого была вдавлена пирамида под нагрузкой 200г после чего измеряли в полученном отпечатке линейную величину его диагонали.

По ГОСТу 21341-75 [116, 117] была определена термостойкость композита.

СТА - синхронно-термический анализ образца провели с совместным применением ДСК - дифференциально-сканирующей калориметрии и ТГ-термогравиметрии на одном приборе. Условия проведения испытания являются одинаковыми для обеих типов анализов. Изменения в массе образцов во время непрерывного нагревания регистрировали программой термогравиметрии. На основе кривых термогравиметрии количественно, а на основе кривых дифференциально-сканирующей калориметрии качественно определяли содержания термоактивных минералов в образце.

Из полученных данных можно увидит зависимость теплового потока от температуры нагревания образцов. Быстроту изменения массы в образцах можно регистрировать с помощью производных кривых термогравиметрии и кривых дифференциальной термогравиметрии (ДТГ). Определит температурный интервал термических эффектов, возможен после уточнения полученных данных с помощью программы, т.е. по кривым дифференциально-сканирующей калориметрии, когда печь непрерывно нагрета.

Исследование двух предложенных образцов провели методом дифференциально-сканирующей калориметрии. С помощью прибора NETZSCH STA 449 F1 Jupiter® синхронно были записаны кривые дифференциально-сканирующей калориметрии и термогравиметрии. Во время съемки были соблюдены такие условия: применены корундовые тигли с закрытыми крышками, навеска взята в массе ~ 50 мг, скорость нагревания - 10°/мин, атмосфера - аргон и воздух.

При химических испытаниях по ГОСТу 7025-91 [118] определили водопоглощение созданного композита.

По ГОСТу 12020-72 [119] была определена стойкость созданного композита к воздействию химических сред.

Рентгенофлуоресцентный анализ проводили на спектрометре ARL9900 - Intellipower Workstation, с использованием рентгеновской трубки с Rh - анодом и рентгенофазовый анализ в диапазоне двойных углов 2θ $8\div 80^\circ$, с применением трубки с Cu – анодом.

Обработка данных, расчет концентраций фазового и последовательного анализа элементов, осуществляется с помощью программных комплексов: UniQuant 5.56, Siroquantversion 3.0, ICDDDDVIEW 2010, ICDDPDF-2 Release 2010, Difwin, Crystallographica Search Match [120].

Микроскопические исследования выполнены на сканирующем электронном микроскопе TESCANMIRA 3 LMU (Фирма "Oxford Instruments Analytical", Великобритания). Микроскоп такого типа используют для создания изображений вторичных электронов (SE – secondary electrons) и обратно рассеянных электронов (BSE – backscattered electrons; другое название – отраженных (RE – reflected electrons)).

Радиационно-физические испытания. По ГОСТу 25146-82 [121] с применением точечных гамма источников энергия которого варьировалась в диапазоне $E = 60 - 661$ кэВ провели исследования по изучению РЗ свойств созданного композита по отношению к гамма излучению. Исследования по изучению РЗ свойств созданного композита по отношению к гамма излучению

провели в БГТУ им. В.Г. Шухова на котором находится аттестованный комплекс гамма-спектрометрии и является аккредитованной лабораторией радиационного контроля "Спектр" свидетельство №470/6037-2. На базе комплекта метрологический аттестованного ОСГИ провели исследования на точечных гамма источниках типа ^{137}Cs и ^{60}Co .

Для проведения исследования с точечным гамма источником был собран корпус где в прямой осевой геометрии находились источник-образец-детектор, здесь радиоизотоп располагался в центральной оси который проходит через центр исследуемого образца цилиндрической формы и центр кристалла детектора NaI (TI) 63x63.

2.4. Методика расчета ослабления гамма-излучения

Применение массового коэффициента ослабления в следующих выражениях $I(h)=I_0 \cdot e^{-(\mu h)}$ с учетом толщины слоя в массовых единицах $h\rho$, размерность которого имеет $\text{г}/\text{см}^2$. Во время анализа физической зависимости толщину слоя выражают в единицах длины со свободного пробега $t=\mu h$. В отсутствие дополнительных информации при использовании данной толщины предоставляется возможность расчета коэффициента пропускания данного излучения через поглотитель [122-124]:

$$K(h) = I(h)/I_0 = e^{-1}.$$

Из данной формулы видно, что для разных поглотителей коэффициент пропускания бывает одинаковым, отношение к толщине имеют определенные значения, которые зависят от отношения коэффициента ослабления компонента поглотителей.

Защитные свойства для разных материалов исходя из данных выводов можно описать в относительных величинах. Иногда характеризуя

поглотитель, можно столкнуться с тем что указывают на отношения толщин, а также эквивалентную толщину поглотителя из свинца.

Полное сечение взаимодействий на атом σ_{tot} пропорционален массовому коэффициенту ослабления или суммам сечений элементарных процессов. А σ_x - фотоэффект, σ_{coh} - когерентные рассеяния, σ_{KN} - комптоновские рассеяния и $\sigma_{\text{к}}$ - образования электронно-позитронных пар можно отнести элементарному процессу взаимодействий фотонных излучений с атомами среды. Выбыванию частиц излучения из пучка приводит геометрия узкого пучка в любом процессе взаимодействия. Причина выравнивания массового коэффициента ослабления элементарных действий отношения, равен сумме массовых коэффициентов ослабления. На справочнике [122] приведены в широких энергетических интервалах все химические элементы с величинами массового коэффициента ослабления для элементарного процесса взаимодействия.

Приведенные данные соотношений можно отнести к случаям моноэнергетических излучений. Излучения, которые имеют сложный спектральный состав, применяют в виде исходных излучений как наборы пучков моноэнергетических излучений. Но каждый пучок который распространяется в среде должен регистрироваться детекторами независимо. Чтобы получить результат потоков, излучений которые имеют сложный спектр просто усреднив результаты для отдельных пучков необходимо использовать, для каждого пучка независимо, соотношения два к одному или два к двум.

ГЛАВА 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ БАРИТА И МАГНЕТИТА

3.1. Технология получения неорганического радиационно-защитного композиата на основе магнетита

Рентгенозащитная сухая отделочная строительная смесь состоит из природного барита, концентрата магнетита, портландцемента.

Барит является заполнителем и применяется в виде пыли или песка. Песковидный природный барит, который используется как рентгенозащитная штукатурка, имеет зерна не крупнее 1,250 мм с объемным весом 2,40 г/см³. В составе заполнителя из барита должно содержаться 85 % сернистого бария. Барит (заполнитель) – способствует ослаблению гамма и рентгеновского излучений.

Штукатурка из барита применяется для защиты от сверхнормативных воздействий различных ИИИ в виде защитного слоя конструктивных стен и потолков, для обеспечения радиационной безопасности обслуживающего персонала в их рабочих местах и соседних помещениях. Применение данной смеси в строительстве позволяет заменят дорогостоящие свинцовые защиты.

При помощи расчёта коэффициента кратности ослабления рентгеновского излучения можно определит отношения мощности поглощенной дозы от излучения и допустимую мощность поглощаемой дозы, а также узнать необходимый размер защитного слоя конструкции стен и штукатурки. По характеристикам возникающего излучения можно определит мощность рентгеновского излучения, а по установленным табличным данным допустимую дозу.

Известна сухая строительная смесь [125] которая состоит из 15-40% порошкообразного каустического магнезита, 0,5-10 % добавки для модификации, а в остальном третью разновидность шунгита. Данная смесь применяется для оштукатуривания стен или сухой стяжки пола помещений где

есть необходимость в защитном покрытии, но прежде чем наносить на стену или пол её необходимо перемешать с раствором бишофита $MgCl_2$. После затвердевания получается прочная монолитная внешняя полость которая будет иметь свойства токопрохождения и защиту от электромагнитного излучения, но продуктивность защиты относительно толщины будет составлять до десятки децибел.

Этот композит не способен в достаточной мере защищать от гамма излучения.

Разработанная сухая строительная смесь [126] которая в своем составе имеет магнезитовый каустический порошок в роле вяжущего, добавку для модификации и минерал в виде шунгита третьей модификации, в данную смесь иногда добавляют баритовый концентрат, которая играет роль наполнителя, в этом случае смесь будет иметь в своем составе следующие компоненты в соотношении в масс. %: 10-15% - магнезитовый каустический порошок, 80-89% - концентрат барита, 0,10-0,50% - добавку для модификации и в остальном минерал природного шунгита третьей модификации.

Существенным недостатком данного способа является относительно низкая прочность, низкие радиационно-защитные свойства и высокая стоимость.

Также известно, что радиационно-защитный цементный бетон [127], в котором, в виде заполнителя применяется барит, которую так часто применяют для оштукатуривания стен лабораторий, где используются рентгеновские излучения. Данный бетон используется в строительстве для обеспечения защиты от гамма излучений, в состав данного бетона входит цемент которую применяют как связующее, посковидный барит играет роль заполнителя и пластификатора.

Из недостатков можно считать не высокую прочность, при затвердевании появляются усадочные трещины, имеет слабую адгезию в основании её необходимо наносить на стену где предварительно натянута сетка

металлическая, а также нестабильные ослабляющие свойства во время перемешивания цемента и барита непосредственно на месте работы.

Для приготовления раствора отделочно-строительных работ (штукатурки) использовали материалы, указанные ниже в табл. 3.1, и технология, приведенная на рис. 3.1.

Таблица 3.1

Состав сухой отделочной строительной смеси

№ проб	Компоненты, масс.%				
	Концентрат магнетита	Концентрат барита	Природный барит	Портландцемент М-500	Гашенная известь
Образец 1	40	30	-	15	15
Образец 2	40	-	30	15	15
Образец 3	70	-	-	15	15

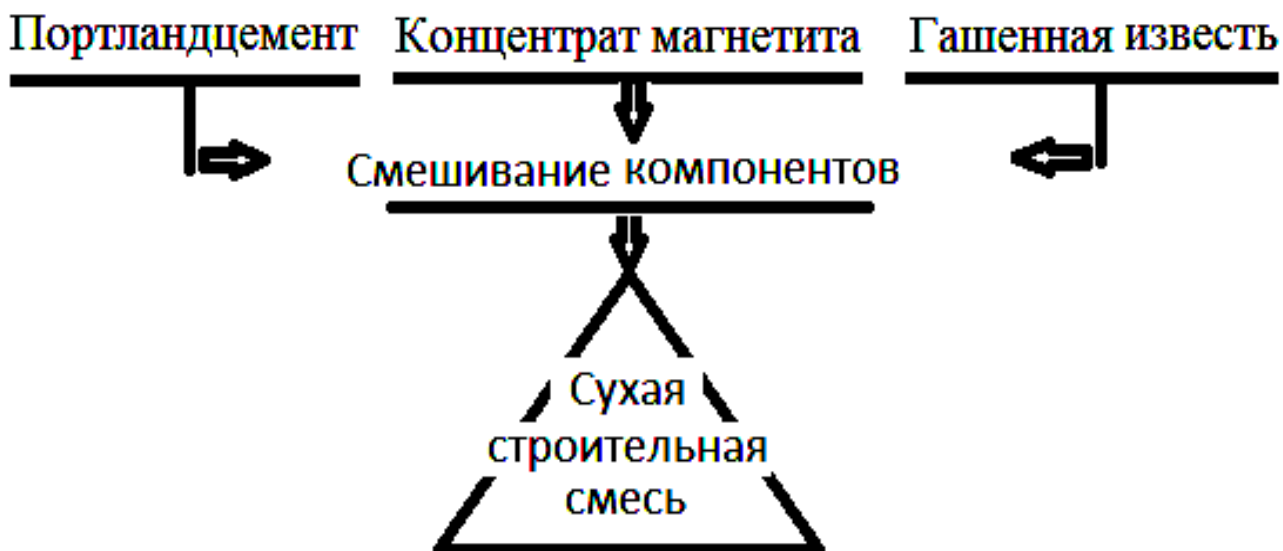


Рисунок 3.1. – Технология получения сухой строительной смеси

Предлагаемая сухая отделочная строительная смесь может применяться в качестве штукатурки для расправления стен из бетона, кирпича или стен уже, имеющих штукатурку чтобы в дальнейшем покрасит, наложит кафель или для ремонта комнат, которые используются, а также её можно наносит на стену

т.е. нет необходимости натянут металлическую сетку можно даже покрыт стену из этого состава несколькими слоями, но при этом вовремя нанесения она не будет требовать подготовительную грунтовку или сушку.

Созданная сухая смесь не будет требовать присмотра во время затвердевания. Если эту смесь использовать в виде сухой стяжки для верхних этажей или зданий, имеющих подвал она одновременно будет иметь защитные свойства.

3.2. Изучение радиационно-защитных свойств сухой отделочной строительной смеси

Образцы для испытания по изучению обеспечения коэффициента ослабления гамма-излучения изготавливались в виде прямоугольника с диаметром 300 мм и толщиной от 10 мм до 60 мм. Для определения МЭД гамма излучения, мы воспользовались дозиметром ESMFH40G-L10 THERMO производства Германии с/н: 019887 год производства 2008 с применением источника цезия сто тридцать седьмого энергия которого равна $6,6 \cdot 10^5$ эВ. Изготовленные образцы разработанной штукатурки, поставили напротив источника на расстоянии 1140 мм, в середине пучка гамма излучения, диаметр которого равняется 240 мм, поставленное расстояние рассчитана по коллиматору малого размера.

Исследования по определению экранирующих свойств изготовленных образцов штукатурки провели на рентгеновском кабинете с применением рентгеновского аппарата марки MOBILRTT производства Германии при напряжении в трубке 70 кВт и 40 мА. Разработанный состав сухой отделочной строительной смеси может гарантировать продуктивную защиту от ИИ различного рода радионуклидов, при меньшей толщине чем другие аналогичные строительные материалы. Результаты проведенных экспериментов по изучению защитных свойств разработанной смеси при

толщине в 10 мм которая применена в роле слоя штукатурки представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Кратность ослабления магнетито-баритовым составом

Источники излучения	Кратность ослабления
^{137}Cs	1,18
Рентгеновское	824

Анализ данных табл. 3.2 подтверждает, что разработанный состав смеси обеспечивает защиту от излучений различного рода радионуклидов, например, для источника ^{137}Cs уменьшает до 1,18 раза и рентгеновское излучение до 824 раза.

При добавлении толщины защитного слоя коэффициент полезного действия защиты повышается. Расчёты оценки ослабления показали, что магнетито-баритовый состав при толщине слоя 60 мм составляет от 1,20 до 2,2 раза соответственно. В табл. 3.3 приведены данные, результата замеров эквивалентной толщины материала.

Таблица 3.3

Свинцовые эквиваленты строительных материалов

Материал	Плотность, г/см ³	Толщина, образца, мм.	Эквивалентная толщина материала, мм.
Образец 1	2,08	10	32,66
		20	26
		30	26,66
		40	25,6
		50	26,53
Образец 2	1,87	10	129,66
		20	61,33
		30	74,66
		40	49
		50	41,66
Образец 3	2,09	10	67
		20	35

		30	27,76
		40	25,46
		50	25,63
СВИНЦОВЫЙ ЛИСТ		1	60
		2	47
		3	41
		4	42
		5	37

Как можно наблюдать из данных приведенных в таблице 3.4 во время сокращения размера (толщи) прототипов штукатурки на основе созданной сухой смеси можно получить необходимую экономию в стоимости.

Таблица 3.4

Линейный коэффициент ослабления (μ) гамма излучения, см^{-1}
($E=0,66 \text{ МэВ}$ (^{137}Cs))

№ образцов	Толщина слоя, мм	Число замеров						Среднее значение
		1	2	3	4	5	6	
Образец 1	10	804	791	795	772	780	792	789
	20	713	692	707	682	731	690	703
	30	602	663	645	614	617	636	629
	40	525	549	561	573	582	559	558
	50	446	532	536	544	511	507	513
	60	520	523	510	517	495	438	501
Образец 2	10	726	742	732	743	712	695	725
	20	642	667	683	647	645	638	654
	30	528	564	596	569	504	577	556
	40	491	545	566	577	553	540	545
	50	467	483	495	489	496	488	486
	60	395	426	434	453	462	445	436

Образец 3	10	628	705	747	675	715	705	696
	20	651	725	674	661	675	655	674
	30	556	639	581	600	618	578	595
	40	482	510	504	509	531	499	506
	50	418	473	402	500	472	478	457
	60	417	440	458	444	434	437	438
Фоновое значение комнаты, мкЗв/ч		0,28	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28
Мощность дозы источника, мкЗв/ч		838	800	892	758	798	832	820

Хорошим результатом применения разработанной сухой отделочной строительной смеси можно считать его способности защиты от гамма и рентгеновского излучения при энергии 0,4 МэВ. Одновременно с этим доказана что, добавление толщины в три раза увеличивает коэффициент полезного действия радиационной защиты примерно в два, три раза по энергетическому диапазону.

Использование разработанной сухой смеси обеспечивает продуктивную защиту обслуживающего персонала и оборудования от гамма и рентгеновского излучения.

3.3. Композит для покрытия поверхности радиоактивного хвостохранилища

В настоящее время в Согдийской области Республики Таджикистан в результате добычи и переработки уранового сырья и захоронения отходов переработки в этих районах накопилось более 55 миллионов тонн радиоактивных отходов. Суммарная активность радиоактивных отходов составляет примерно $240-285 \cdot 10^{12}$ Бк. Это один из крупнейших захоронений урановых отходов в мире [128, 129].

Для населения и природной среды более всего опасны захоронения отходов первичной переработки урановой руды, в состав которых входят остаточное количество естественно радиоактивных продуктов: уран-238, уран-235, радий-226, торий-232, торий-230 и их распадов [130].

Единственным способом уменьшения дозовых нагрузок создаваемой радоном считается рекультивация хвостохранилищ радиоактивных отходов с применением нейтральных грунтов различной пропускной способности.

Использование композита на основе местного сырья для укрытия хвостохранилищ, обеспечивает снижения выноса радиоактивной пыли с поверхности хвостохранилищ и снижения МЭД гамма-излучения до установленной нормы радиационной безопасности НРБ-06 РТ.

В качестве объекта исследования использовались радиоактивные отходы Дигмайского хвостохранилища.

Важной задачей при этом является определение состава и толщины покрытия, оптимального с экологической и экономической точки зрения.

Состав смеси используемой для покрытия поверхности радиоактивного хвостохранилища состоит из следующих компонентов, масс. %: сера – 25; бентонит – 15; магнетит – 15; кварцевый песок – 20; кварцевый щебень – 25.

Роль компонентов в композитах:

- а) Бентонит – препятствует выделению радона;
- б) Магнетит – способствует ослаблению гамма- излучений;
- в) Кварцевый песок и щебень – способствуют повышению стойкости поверхности хвостохранилища против ветровой эрозии;
- г) Сера – обладает хорошей водоотталкивающей способностью.

Характеристика используемого сырья.

Магнетит – получен из хвостового материала производства ОАО «Ленинабадского комбината редких металлов» Республики Таджикистан путем магнитной сепарации отходов.

Бентонит – из Исфаринского месторождения Таджикистана. Глины, почти целиком сложенные минералами группы монтмориллонита и глины,

состоящие из смешанно-слоистого минерала гидрослюди монтмориллонита с преобладанием разбухающих монтмориллонитовых слоев.

Кварцевый песок и щебень – предоставлено из ОАО «Ленинабадского комбината редких металлов» Республики Таджикистана.

Для изучения ослабления мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения было проведено исследование на поверхности радиоактивного хвостохранилища «Дигмай». Самый мелкодисперсный участок хвостохранилища был покрыт нейтральным грунтом для стабилизации поверхности хвостохранилища. Данное мероприятие предотвращает вынос и распространение радиоактивной пыли с поверхности хвостохранилища.

Для снятия фонового излучения было выбрано площадка, на которой уже находилось покрытие с нейтральным грунтом. Для проведения эксперимента была вырыта яма в виде цилиндра радиусом 0,20 м, глубиной 0,50 м, до тела хвостохранилища. Вставлена пластиковая труба радиусом 0,20 м для удержания бокового (откоса) нейтрального грунта. Схематический вид проведенного опыта приводится на рис.3.2.

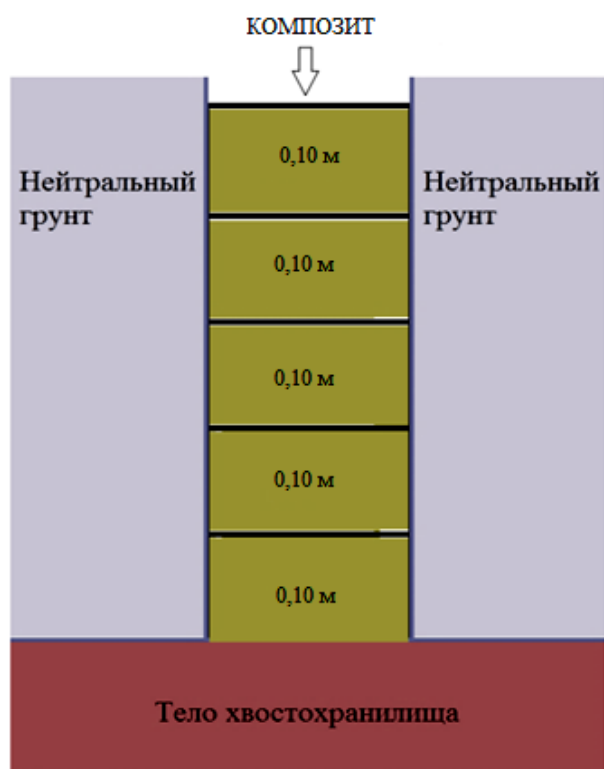


Рисунок 3.2. Схематический вид проведенного опыта

Дальше внутренняя полость трубы заполнена приготовленной смесью выше указанным составом толщиной 0,10 м и измерено МЭД гамма-излучения на поверхности материала. Замер после каждого 0,10 метрового покрытия проводился по несколько раз. Усредненные значения занесены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Значение МЭД гамма-излучения на поверхности радиоактивного хвостохранилища «Дигмай»

№	Толщина покрытия, м	МЭД гамма-излучения, мкЗв/час
1.	0	5,000
2.	0,10	0,800
3.	0,20	0,400
4.	0,30	0,230
5.	0,40	0,226
6.	0,50	0,205

В результате анализов и переработки данных табл. 3.5, была получена зависимость МЭД от толщины композиционного материала (рис.3.3).

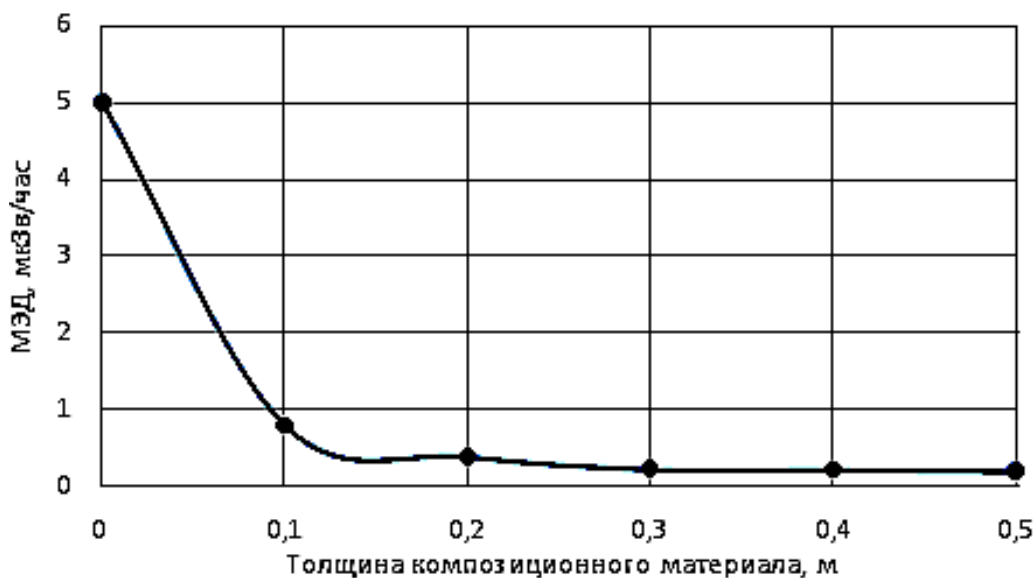


Рисунок 3.3. Зависимость МЭД от толщины композита

Анализ полученных данных показывает, что после покрытия поверхности хвостохранилища радиационно-защитной смесью, состоящей из компонентов, масс. %: сера – 25; бентонит – 15; магнетит – 15; кварцевый песок – 20; кварцевый щебень – 25, толщиной 0,10 м наблюдается 6-и кратное ослабление. Значения МЭД гамма-излучения понижается с 5,0 мкЗв/час до 0,8 мкЗв/час. Второй 0,10 метровый слой уменьшает МЭД от 0,8 до 0,4 мкЗв/час. Радиационно-защитный материал толщиной 0,50 м ослабляет МЭД гамма-излучения от 5,0 мкЗв/час до 0,2 мкЗв/час, т.е. в 25 раз. Модель для изучения эксхалляции радона через композит приводится на рис. 3.4.

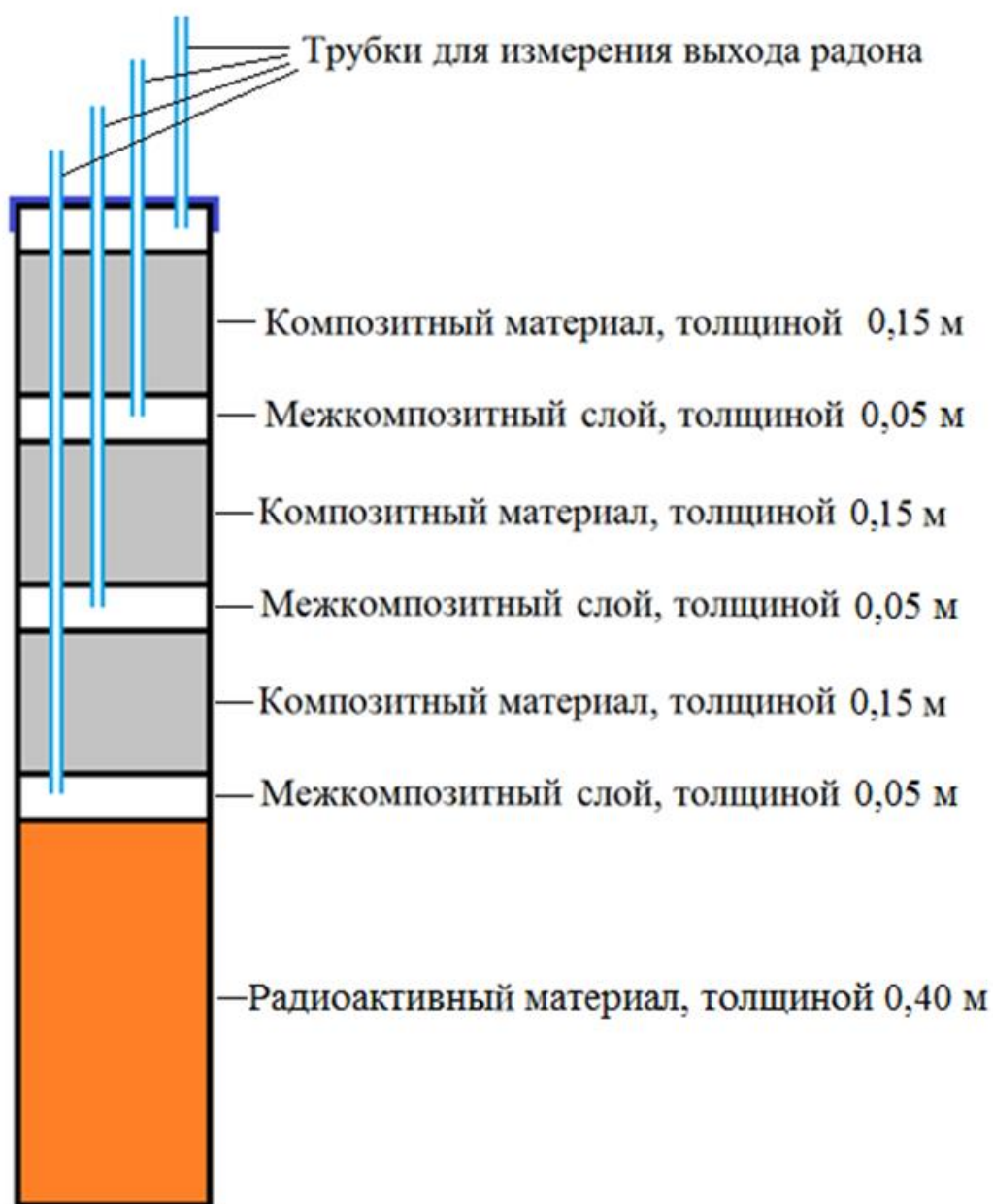


Рисунок 3.4. Модель для изучения эксхалляции радона через композит.

В цилиндр диаметром 0,20 м заправлен слой радиоактивных отходов хвостохранилища (0,40 м), а сверху насыпана композитная смесь общей толщиной $3 \times 0,15 \text{ м} = 0,45 \text{ м}$.

Для того, чтобы воспрепятствовать проникновению радона к поверхности, необходимо создать такие условия, при которых диффузия длилась бы не менее 30 суток, то есть то время, за которое происходит практически полный его распад.

Мгновенные измерения объемной активности (ОА) радона проводились с помощью радиометра радона РРА-01М-03. При помощи пробоотборного устройства ПОУ-04 была измерена плотность потока радона (ППР).

Для определения эксхалляции радона и влияния прослойки композита, на процесс миграции радона были проведены исследования на модели. На глубинах 0,85; 0,70; 0,55; 0,40 м от поверхности, размещены пробоотборники воздуха, связанные с поверхностью трубками.

После заполнения модели радонозащитным материалом, через 2 месяца была выполнена серия замеров ОА радона через трубки с воздухозаборниками. Результаты обобщены в табл.3.6.

Таблица 3.6

Послойная радиационная характеристика модели

Материал	Толщина, м	ОА радона, Бк/м ³	ППР, Бк/м ² •с
Радиоактивный материал	0,40	>65535	18,4
1-ый защитный слой	0,15	63953	5,3
2-ой защитный слой	0,15	58923	2,6
3-ий защитный слой	0,15	10035	0,8

Примечание: * погрешность измерения ППР – плотность потока ²²²Rn на поверхности исследуемого слоя не превышает паспортных данных.

На рис. 3.5 показано зависимость ОА радона от толщины защитного покрытия. Анализ данных показывает, что с увеличением толщины покрытия уменьшается эксхалляция радона. При толщине защитного покрытия 0,45 м достигается меньшее шестикратное значение.

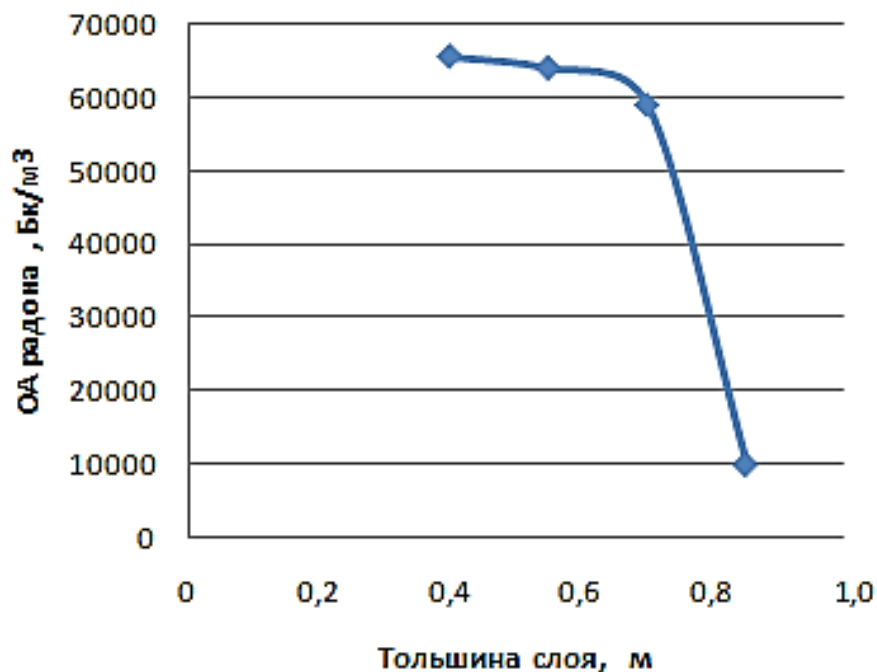


Рисунок 3.5. Зависимость ОА радона от толщины защитного покрытия

Изучение динамики плотности потока радона от толщины защитного слоя показывает, что при толщине радоназащитного слоя 0,45 м значение ППР понизилась в 4 раза по сравнению исходных значений (рис. 3.6).

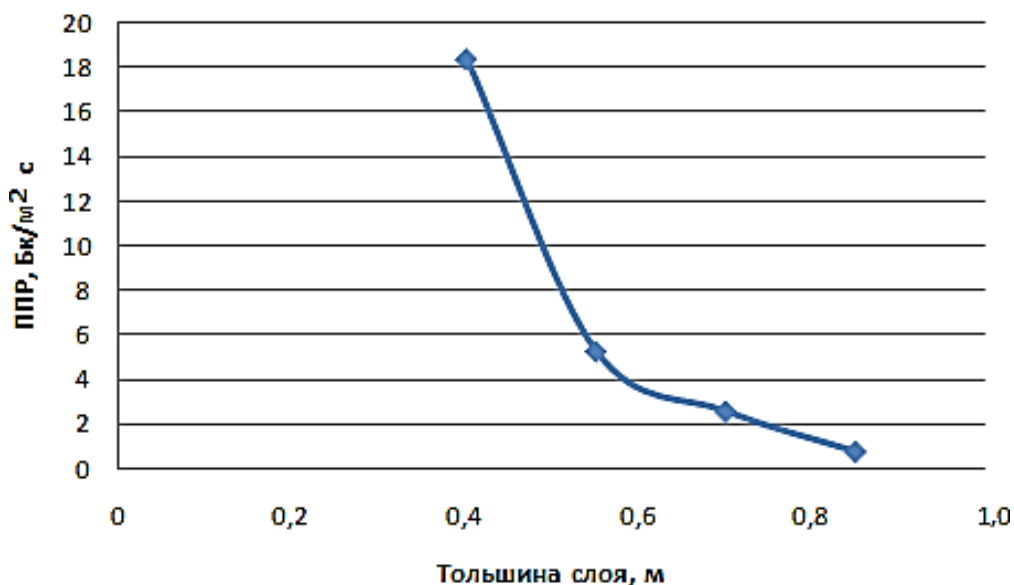


Рисунок 3.6. Зависимость ППР от толщины защитного слоя

Согласно требованиям СП ЛКП-91 ППР на поверхности слоя композита, законсервированного хвостохранилища радиоактивных отходов не должна превышать $1,0 \text{ Бк/м}^2 \cdot \text{с}$ [131]. Этим требованиям полностью отвечают результаты, полученные при исследованиях на модели.

Изучение динамики плотности потока радона от толщины защитного слоя показывает, что при толщине радонозащитного слоя $0,45 \text{ м}$ значение ППР понизилась в 4 раза по сравнению исходных значений. При толщине защитного покрытия $0,45 \text{ м}$ достигается 23 кратное снижение значения ППР.

В результате проведенного исследования была разработана технология получения композита для покрытия поверхности радиоактивных хвостохранилищ (рис.3.7).

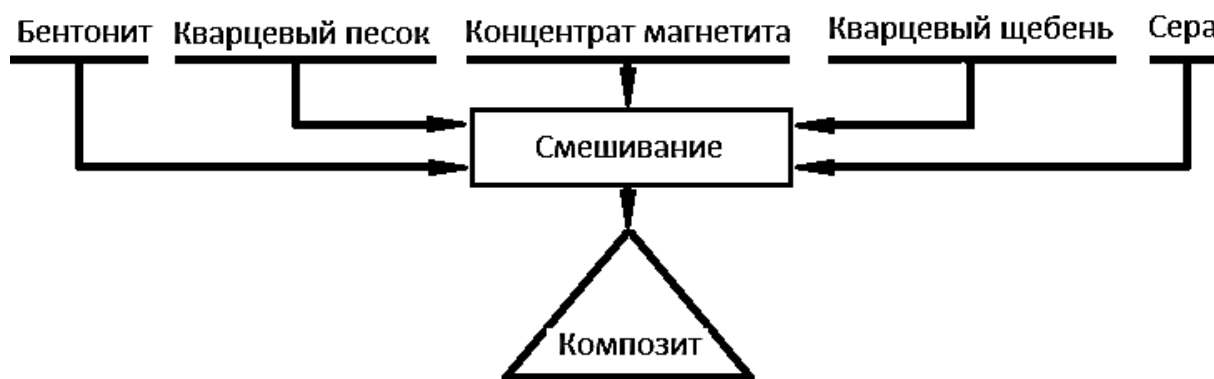


Рисунок 3.7. – Технология получения композита для укрытия поверхности радиоактивных хвостохранилищ

Полученный композит данного состава способен защитить от выделения радона на поверхности радиоактивных хвостохранилищ и рекомендуются для дальнейшего применения по их ремедиации. Использование смеси данного состава является экономически и экологически целесообразным.

3.4. Технология получения радиационно-защитного панели на основе местного сырья Таджикистана

После изучения вопроса о количестве уже известных радиационно-защитных панелей мы столкнулись с большим количеством разработок в

данном направлении, например, слоистый рентгенозащитный материал в команде рентгенозащитных изделий, которые имеют в своем составе несколько слоев материала, волокна которых состоят из хлопка и бумаги а среди них размешены несколько слоев эластичного материала, а армирование происходит, за счет добавления экранирующего порошкообразного наполнителя [132], а также известен РЗМ имеющий в содержании свинцовую дробь применяется как наполнитель, а в роли связующего играет сам ингредиент, в роли добавки применяются метилцеллюлоза и смеси триглицеридов предварительно модифицированные трехвалентным хлоридом [133].

В этом плане создание радиационно-защитные панели на основе местного сырья Таджикистана, то есть из измельченных компонентов в виде костей крупного рогатого скота, магнетита, природного барита и бентонита, позволяет получить объемный радиационно-защитный экран малой массы по сравнению с листовым свинцом и способен обеспечить необходимые заданные радиационно-защитные характеристики за счет ослабления гамма - и рентгеновского излучения.

Радиационно-защитные свойства разработанного материала оценивались при использовании методик [134].

Технология приготовления исходных материалов для получения радиационно-защитного композита приведено на рис. 3.8 и 3.9.

Таким образом, приготовили смесь на основе местного сырья Таджикистана в двух вариантах различными составами.

Вариант 1: Для приготовления необходимой смеси берутся компоненты в определенном соотношении, масс.% (табл. 3.7) и смешиваются, с добавлением гашеной извести пока не получится однородная масса. Полученную однородную смесь насыпают на прессовочную форму, где заранее накрыт картон, который является лицевой частью панели с обеих сторон (для придания герметичности), смесь выравнивается по форме и на

выровненную поверхность смеси накрывают вторую часть картона, чтобы получился оберток подготовленной смеси.

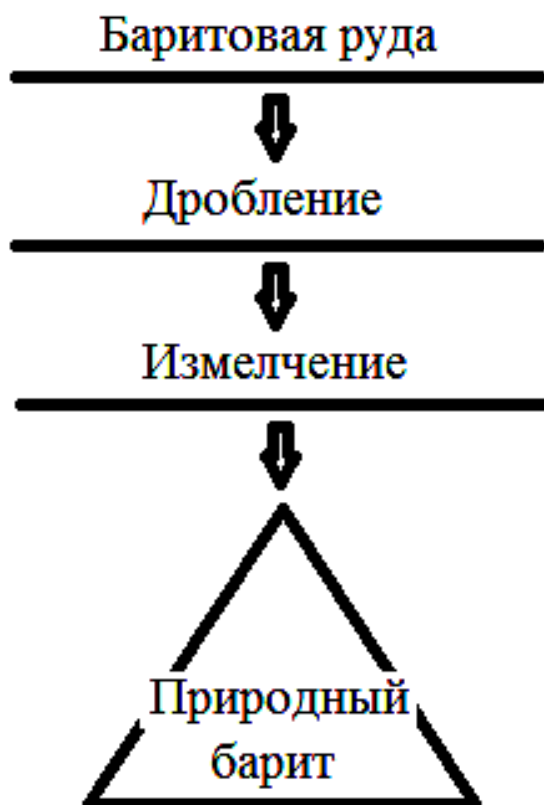


Рисунок 3.8. – Технология получения природного барита

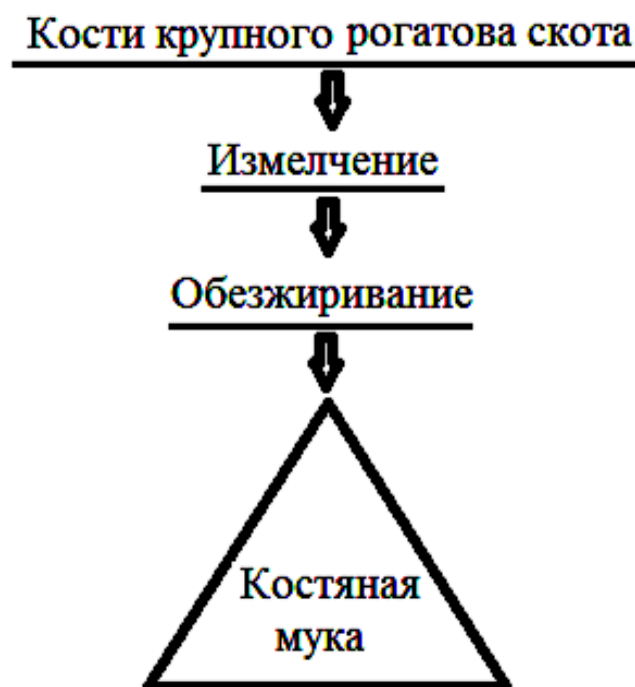


Рисунок 3.9. – Технология получения костяной муки из отходов производства мясной продукции

Таблица 3.7

Состав приготовления смесей

Состав смеси	Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4
Кости крупного рогатого скота	10	20	30	40
Магнетит	30	30	30	30
Природный барит	40	30	20	10
Бентонит	10	10	10	10
Портландцемент М-500	10	10	10	10

Заготовка прессуется при давлении 50 МПа, полученную панель вынимают из формы и отправляют на сушку. Конструкция и толщина рентгенозащитной панели формируются исходя из величины необходимого свинцового эквивалента. При создании прессовочной формы учтены выемки, чтобы при монтаже панелей не остались зазоры.

Вариант 2: Для приготовления необходимой смеси берутся компоненты в определенном соотношении, масс.% (табл. 3.8).

Таблица 3.8

Состав приготовления смесей

Состав смеси	Образец №5	Образец №6	Образец №7	Образец №8
Кости крупного рогатого скота	10	20	30	40
Магнетит	40	30	20	10
Природный барит	30	30	30	30
Бентонит	10	10	10	10
Портландцемент М-500	10	10	10	10

Процесс формирования второго варианта радиационно-защитной панели идентичен первому варианту.

Технология получения радиационно-защитной панели на основе местного сырья Таджикистана приведено на рис. 3.10.

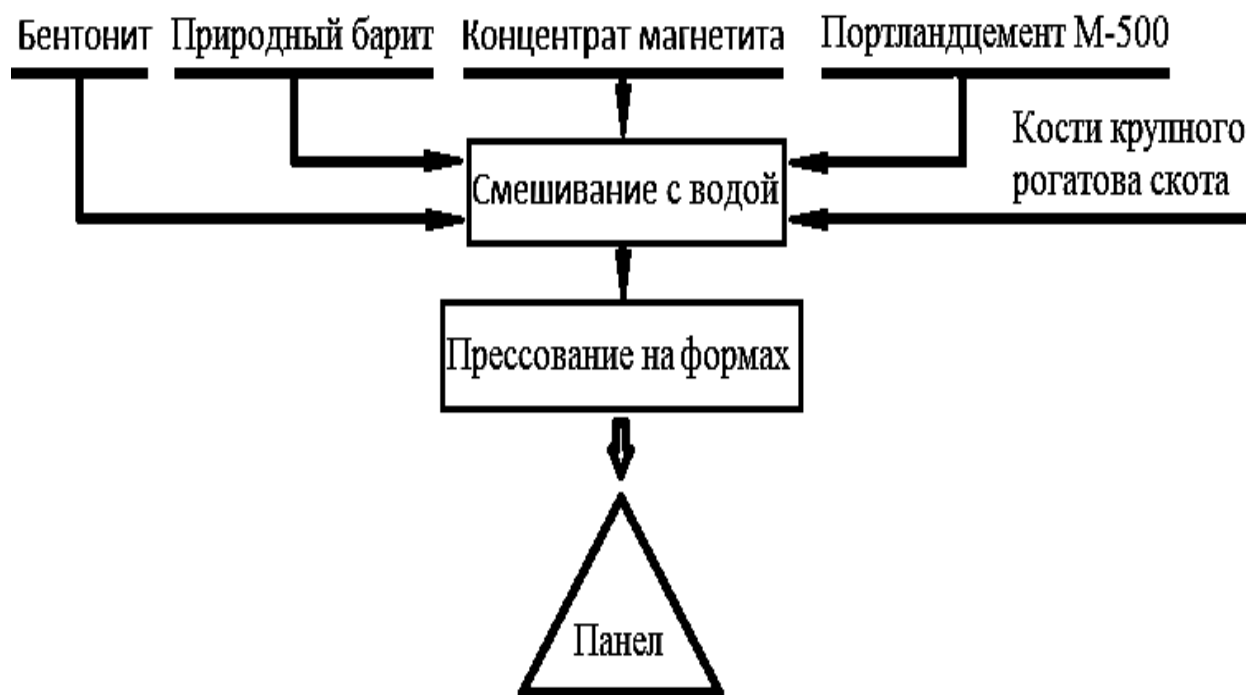


Рисунок 3.10. – Технология получения радиационно-защитной панели на основе местного сырья Таджикистана

К другим достоинствам предложенной панели можно зачислит низкую токсичность выбранных компонентов относительно материалов из свинца. Потенциал материализации методов получения предлагаемой панели можно подтвердит этими примерами.

Образцы для испытания в лабораторных условиях для обеспечения коэффициента ослабления гамма-излучения изготавливались в виде шайбы с диаметром 15 см и толщиной от 10 мм до 30 мм. Для определения МЭД гамма излучения ми воспользовались дозиметром ESMFH40G-L10 THERMO производства Германии с/н: 019887 год производства 2008 с применением источника цезия сто тридцать седьмого энергия, которого равна $6,6 \cdot 10^5$ эВ. Изготовленные образцы разработанных панелей, поставили напротив источника на расстоянии 250мм, в середине пучка гамма излучения, диаметр

которого равняется 240 мм, поставленное расстояние рассчитана по коллиматору малого размера, мощностью 37500 мкЗв/ч. Полученные результаты обобщены в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Защитные свойства предлагаемых панелей на радиоактивном источнике ^{137}Cs
($E=0,66$ МэВ)

Номера образцов	Плотность, г/см ³	Толщина панели, мм.	Среднее значение, мкЗв/ч
1	2,06	10	32700
		20	24700
		30	19000
2	1,88	10	29000
		20	22800
		30	18000
3	1,87	10	28800
		20	22400
		30	17400
4	1,77	10	28000
		20	21900
		30	17000
5	2,14	10	28200
		20	22700
		30	18200
6	2,05	10	27800
		20	22000
		30	17200
7	1,92	10	27700
		20	21600

		30	16700
8	1,82	10	26900
		20	21000
		30	16700

Для обеспечения коэффициента ослабления гамма-излучения радионуклида ^{137}Cs в 0,0332, формируется панель толщиной 10 мм. По сравнению с аналогом, содержащим природный барит и магнетит, масса панели из предлагаемого материала снижена.

Идентичные испытания образцов с применением источника ^{238}Pu проводилось на расстоянии 30 см от источника с мощностью 57 мкЗв/ч, результаты которых приведены в табл. 3.10.

Таблица 3.10

Защитные свойства предлагаемых панелей на радиоактивном источнике ^{238}Pu

Номера образцов	Плотность, г/см ³	Толщина панели, мм.	Значение измерений			Среднее значение
1	2,06	10	45	51	53	49,66
		20	49	50	27	42
		30	32	30	41	34,33
2	1,88	10	38	53	52	47,66
		20	30	54	52	45,33
		30	42	43	44	43
3	1,87	10	52	27,2	51	43,4
		20	53	51	18,8	40,93
		30	10,1	47	48	35,03
4	1,77	10	31	50	52	44,33
		20	17	57	56	43,33
		30	25,1	44	48	39,03

5	2,14	10	32	49	50	43,66
		20	29,2	48	48	41,73
		30	19,2	50	45	38,06
6	2,05	10	47	51	52	50
		20	32	53	52	45,66
		30	15,6	49	51	38,53
7	1,92	10	51	50	50	50,33
		20	42	46	48	45,33
		30	28,5	45	46	39,83
8	1,82	10	27,6	49	48	41,53
		20	17,6	53	52	40,86
		30	25,4	47	47	39,8

Для обеспечения коэффициента ослабления гамма-излучения радионуклида ^{238}Pu в 0,0316, формируется панель толщиной 10 мм.

Также изучено радиационно-защитные свойства образцов на рентген аппарате марки Pickerint. При напряжении (70 кВ, 100 мА, 3 с. и 20 мАс.) Расстояние от образцов до аппарата (источника), составляло 0,7 м. (при направленном излучении) при мощности 3820 мкЗв/ч (табл. 3.11).

Для обеспечения коэффициента ослабления рентгеновского излучения в 0,2750, формируется панель толщиной 30 мм.

Таблица 3.11

Защитные свойства предлагаемых панелей на рентген аппарате Pickerint

Номера образцов	Плотность, г/см ³	Толщина панели, мм.	Значение измерений, мкЗв/ч			Среднее значение, мкЗв/ч
1	2,06	10	2740	2750	2730	2740
		20	105	100	109	104,66

		30	64	66	61	63,66
2	1,88	10	2710	2750	2660	2706,66
		20	153	157	145	151,66
		30	18,7	18,1	19	18,6
3	1,87	10	3400	3450	3340	3396,66
		20	890	870	900	886,66
		30	60	65	54	59,66
4	1,77	10	3200	3250	3140	3196,66
		20	1960	2000	1900	1953,33
		30	480	490	460	476,66
5	2,14	10	3400	3380	3410	3396,66
		20	700	720	670	696,66
		30	560	530	580	556,66
6	2,05	10	3100	3110	3080	3096,66
		20	410	380	430	406,66
		30	169	180	150	166,33
7	1,92	10	3400	3356	3430	3395,33
		20	560	590	520	556,66
		30	207	210	200	205,66
8	1,82	10	3300	3352	3241	3297,66
		20	500	480	510	496,66
		30	169	160	151	160
Свинцовый лист	11,37	1	3000	3100	2900	3000
		2	900	1150	1000	1016,66
		3	550	490	500	513,33

В табл. 3.12 приведены результаты экспериментальной оценки защитных свойств, предлагаемой панели толщиной от 10 мм до 30 мм, которую применили в качестве защитной панели.

Кратность ослабления радиационно-защитной панели

Источники излучения	Толщина панели, мм	Кратность ослабления, %
^{137}Cs	10	28
	20	44
	30	55
^{238}Pu	10	27
	20	28
	30	40
Рентгеновское	10	29
	20	97
	30	99,5

Исходя из этого употребление разработанной панели имеющую РЗ свойства с найденными соотношениями компонентов способствует произвести материал с высокими радиационно-защитными свойствами относительно уже разработанных материалов, а также обеспечить технологичность и экологичность процесса получения панелей в серийном производстве (рис.3.11).

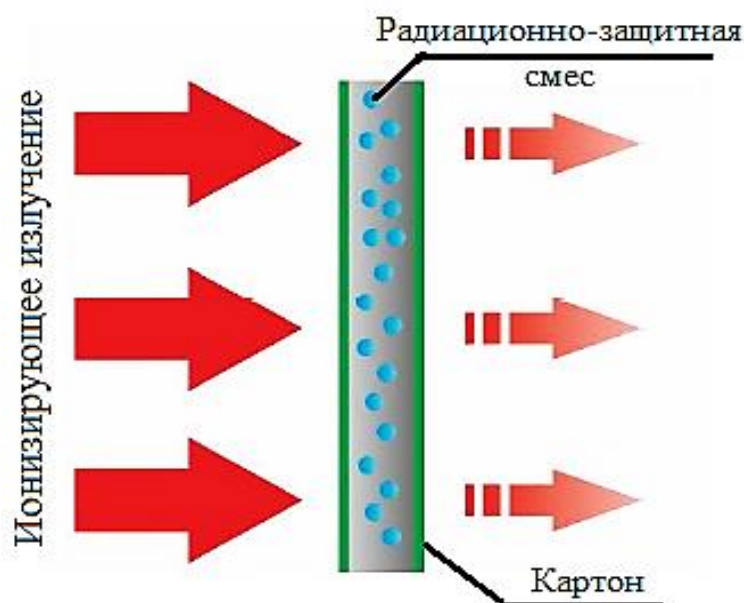


Рисунок 3.11. – Радиационно-защитная панель в разрезе

Свинцовый эквивалент радиационно-защитной панели по составам и свойствам материалов сведены в табл. 3.13

Таблица 3.13

Свинцовый эквивалент радиационно-защитной панели

Номера образцов	Плотность, г/см ³	Толщина панели, мм	Масса 1 м ² , кг (при толщине 10 мм)	Свинцовая эквивалентная толщина панели, мм
Образец 2	1,88	10	18,8	1,3
		20		2,6
		30		3,5
Образец 8	1,82	10	18,2	0,63
		20		2,4
		30		3,32

Из табл. 3.13 следует, что использование в составе предлагаемого материала всех компонентов в заявленных диапазонах соотношений, масс.% обеспечивает повышение эффективности ослабления потока радиационного излучения, компактность материала и снижение массы готового изделия по сравнению со свинцовым листом.

Таким образом, полученная радиационно-защитная панель рекомендуется к использованию в медицинских учреждениях для рентген кабинетов и других, а именно к способу защиты посетителей, обслуживающего персонала, оборудования и окружающей среды от гамма- и рентгеновского излучения.

3.5. Технология получения неорганического радиационно-защитного композита на основе концентратов свинца, барита и магнетита для создания рентгенозащитной двери

Разработанная рентгенозащитная мокрая смесь состоит из концентрата барита, концентрата магнетита и концентрата свинца.

Концентрат барита является наполнителем и применяется в качестве ослабителя гамма и рентгеновского излучений.

Концентрат магнетита – применяется в качестве ослабителя интенсивности гамма- и рентгеновского излучения.

Концентрат свинца – способен уменьшению интенсивности нейтронного излучения и уменьшению мощности гамма- и рентгеновского излучения.

Для приготовления раствора мокрой смеси (рентгенозащитной двери) использовали материалы, указанные ниже в табл. 3.14, и технология, приведенная на рис. 3.12.

Таблица 3.14

Состав мокрой смеси

№ проб	Компоненты, масс.%			
	Концентра т свинца	Концентр ат барита	Концентрат магнетита	Вода
Образец 1	100	-	-	-
Образец 2	33,33	33,33	33,33	-
Образец 3	33	33	33	остальное

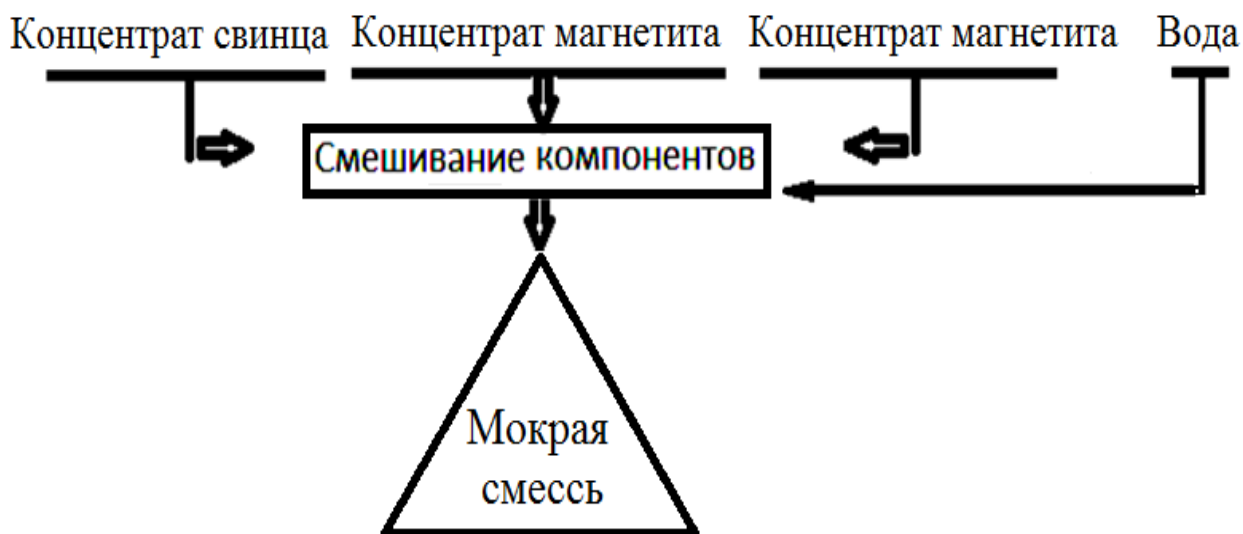


Рисунок 3.12. – Технология получения мокрой смеси

Предлагаемая мокрая смесь может применяться в качестве заполнителя внутренней пустой полости двери из дерева, алюминия, пластика или стали.

Созданная мокрая смесь не будет требовать присмотра во время затвердевания, но во время заполнения её необходимо плотно затрамбовать чтобы не остались пустые полости.

К другим достоинствам предложенной мокрой смеси можно зачислит низкую токсичность выбранных компонентов относительно компонентов из свинца, а также относительную доступность и дешевизну выбранных компонентов. Потенциал материализации методов получения предлагаемой панели можно подтвердит этими примерами.

Образцы для испытания по определению коэффициента ослабления гамма-излучения изготавливались в виде двери с высотой 1 м, шириной 1 м и толщиной 0,03 м.

Испытания проводились в рентгеновском кабинете Центральной больницы Б. Гафуровского района по адресу: г.Гафуров, ул.Ленина 51.

Определение уровня ослабления рентгеновского излучения представленными образцами проводили на рентген аппарате марки «Varex Imaging» производства Турции, 10.07.2020 года производства.

Образцы были установлены на расстоянии 3 метров от рентгеновской трубки (боковое расположение) при напряжении на трубке (100 кВ, 160 мА, 0,1 секунд, 16 мАс. Для измерения мощности дозы рентгеновского излучения использовался дозиметр ДКС-АТ1123 (Белорус), с/н: 50512 (2008 г.), поверенный в лаборатории поверки и калибровка АХБРЯБ в сентябре 2020 года.

Были измерены фоновые значения рентген кабинета, истинные значения мощности дозы рентгеновского излучения на точке измерения и значения мощности дозы рентгеновского излучения на точке измерения образцов. Результаты замеров мощности дозы рентгеновского излучения приведено в таблице 3.15.

Таблица 3.15

Результаты замеров мощности дозы рентгеновского излучения (мкЗв/ч)
образцов

Номера образцов	Толщина, двери, мм	Число замеров			Среднее значение
		1	2	3	
Фоновое значение комнаты		0.18	0.19	0.17	0,18
Мощность дозы на точке измерения (без защиты)		5000	4900	5100	5000
Концентрат свинца	30	51	53	42	48,66
Радиационно-защитная сухая смесь	30	72	81	84	79
Радиационно-защитная мокрая смесь	30	52	35	38	41,66

Проведенные испытания на рентген кабинете в Центральной больницы Б. Гафуровского района показали существенные преимущества предлагаемой смеси 3-го образца по сравнению с первым и вторым образцом для решения задачи защиты персонала и пациентов от рентгеновского излучения это показывает их повышенную работоспособность.

3.6. Выводы по третьей главе

Созданную сухую отделочную строительную смесь можно применять для расправления стен из бетона, кирпича или стен уже, имеющих штукатурку чтобы в дальнейшем покрасит, наложит кафель или для ремонта комнат, которые используются, а также её можно наносит на стену т.е. нет

необходимости натянут металлическую сетку можно даже покрыть стену из этого состава несколькими слоями, но при этом вовремя нанесения она не будет требовать подготовительную грунтовку или сушку. Созданная сухая смесь не будет требовать присмотра во время затвердевания. Если эту смесь использовать в виде сухой стяжки для верхних этажей или зданий, имеющих подвал она одновременно будет иметь защитные свойства.

Разработанная смесь способна защитит от ИИ широкого ряда радионуклидов имея меньшую толщину чем аналогичные строительные материалы.

Расчёты оценки ослабления показали, что магнетит-баритовый состав при толщине слоя 60 мм составляет от 1,20 до 2,2 раза соответственно. а также уменьшение толщины слоя разработанной штукатурки дает необходимую экономию в стоимости, а добавление толщины в три раза увеличивает коэффициент полезного действия радиационной защиты примерно в два, три раза по энергетическому диапазону.

Покрытие поверхности хвостохранилища предложенной радиационно-защитной смесью, способствует к 25-и кратному ослаблению значения МЭД гамма-излучения. При толщине защитного покрытия 0,45 м достигается меньшее шестикратное значение зависимость ОА радона а при увеличении толщины покрытия уменьшается эксхалация радона.

Динамики плотность потока радона от толщины защитного слоя показывает, что при толщине радоназащитного слоя 0,45 м значение ППР понизилась в 4 раза по сравнению исходных значений. После трех месяцев со дня создания модели, когда была установлена равновесная концентрация радона, ППР на верхнем уровне нейтрального слоя, достигает 23 кратного снижения значений ППР.

Разработана технология получения композита для укрытия поверхности радиоактивных хвостохранилищ. Полученный композит данного состава способен защитит от выделения радона на поверхности радиоактивных хвостохранилищ и рекомендуются для дальнейшего применения по их

ремедиации. Использование смеси данного состава является экономически и экологически целесообразным.

Разработана технология получения радиационно-защитной панели с использованием местных сырьевых ресурсов Таджикистана. К преимуществам предлагаемой панели относится низкая токсичность исходных материалов, по сравнению со свинцом. Формированная панель толщиной 10 мм обеспечивает коэффициент ослабления гамма-излучения радионуклида ^{137}Cs в 0,0332 раза, радионуклида ^{238}Pu в 0,0316 раза, также панель толщиной 30 мм обеспечивает коэффициент ослабления рентгеновского излучения (при мощности 3820 мкЗв/ч при направленном излучении на расстоянии 0,7 м) в 0,2750 раза. По сравнению с аналогом, содержащим природный барит и магнетит, масса панели из предлагаемого материала снижена.

Использование предлагаемого сочетания компонентов в составе панели позволяет получить более высокие показатели: радиационно-защитные и массовые (по сравнению с аналогом), а также обеспечить технологичность и экологичность процесса получения панелей в серийном производстве.

Разработана технология получения радиационно-защитной двери с использованием местных сырьевых ресурсов Таджикистана. Состав рекомендуемой мокрой смеси в составе предлагаемого материала всех компонентов в заявленных диапазонах соотношений, масс.% концентрат свинца - 33%; концентрат магнетита - 33%; концентрат барита - 33%; и вода остальное, для изготовления двери защищающей от рентгеновского излучения и укрепления стационарных средств защиты, обеспечивает коэффициент ослабления рентгеновского излучения (при мощности 5000 мкЗв/ч при боковом расположении на расстоянии 3 м) в 120 раза, а также компактность материала.

ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИНТЕЗА И ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ АЛЮМИНЬИХ МАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ

4.1. Физико-химические свойства поверхности оксидов железа

Термодинамические свойства шлаков. Диаграмма состояния системы железо – кислород в области богатым железом изучены автором [135] приведены на рис. 4.1.

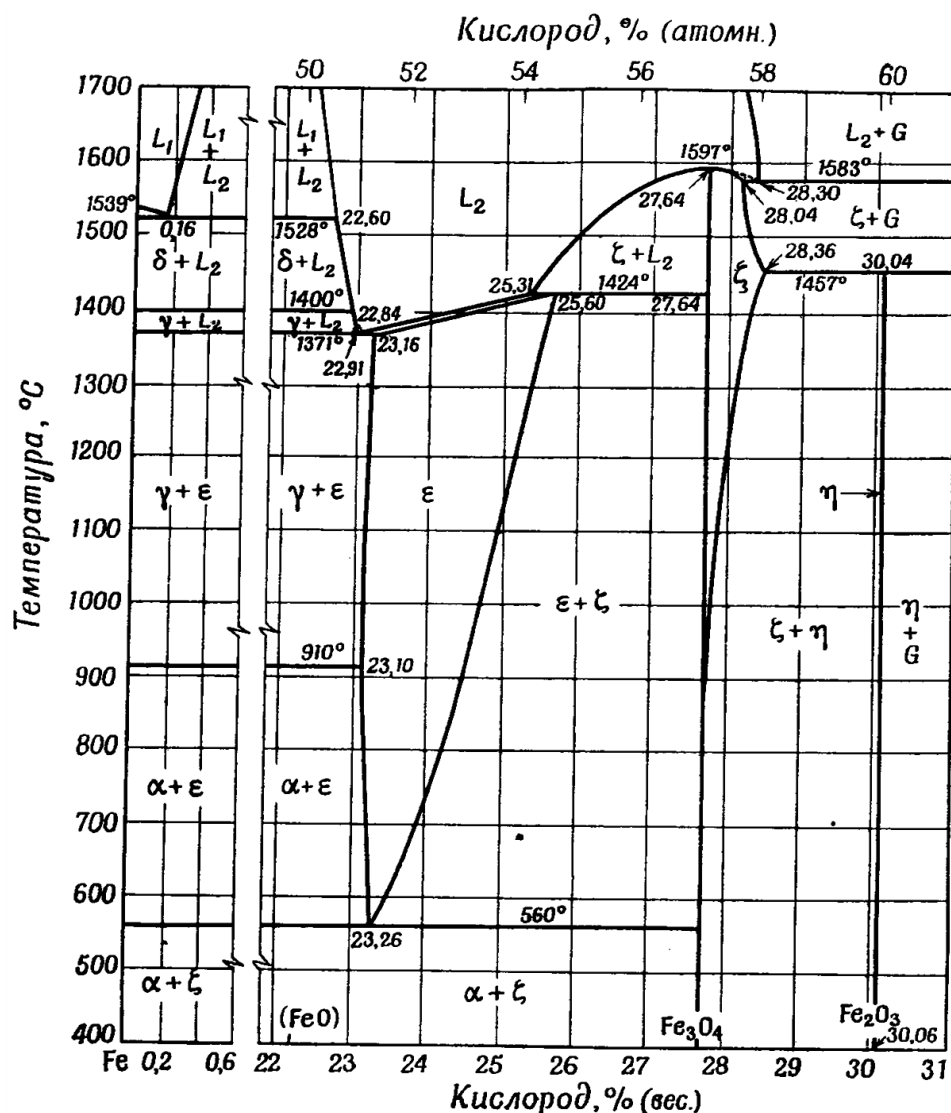


Рисунок 4.1 - Диаграмма состояния системы железо – кислород [130]

Этот раздел был выполнен в лаборатории «Центра высоких технологий» Белгородского государственного технологического университета им.В.Г.Шухова, г.Белгород.

Образование систем $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3$ с некоторым состоянием веществ и равновесным составом фаз в ней, необходимой диаграммой состояния [136] на наружности гематитовых частиц можно добиться при процессе термообработки который изображен на рис. 4.2.

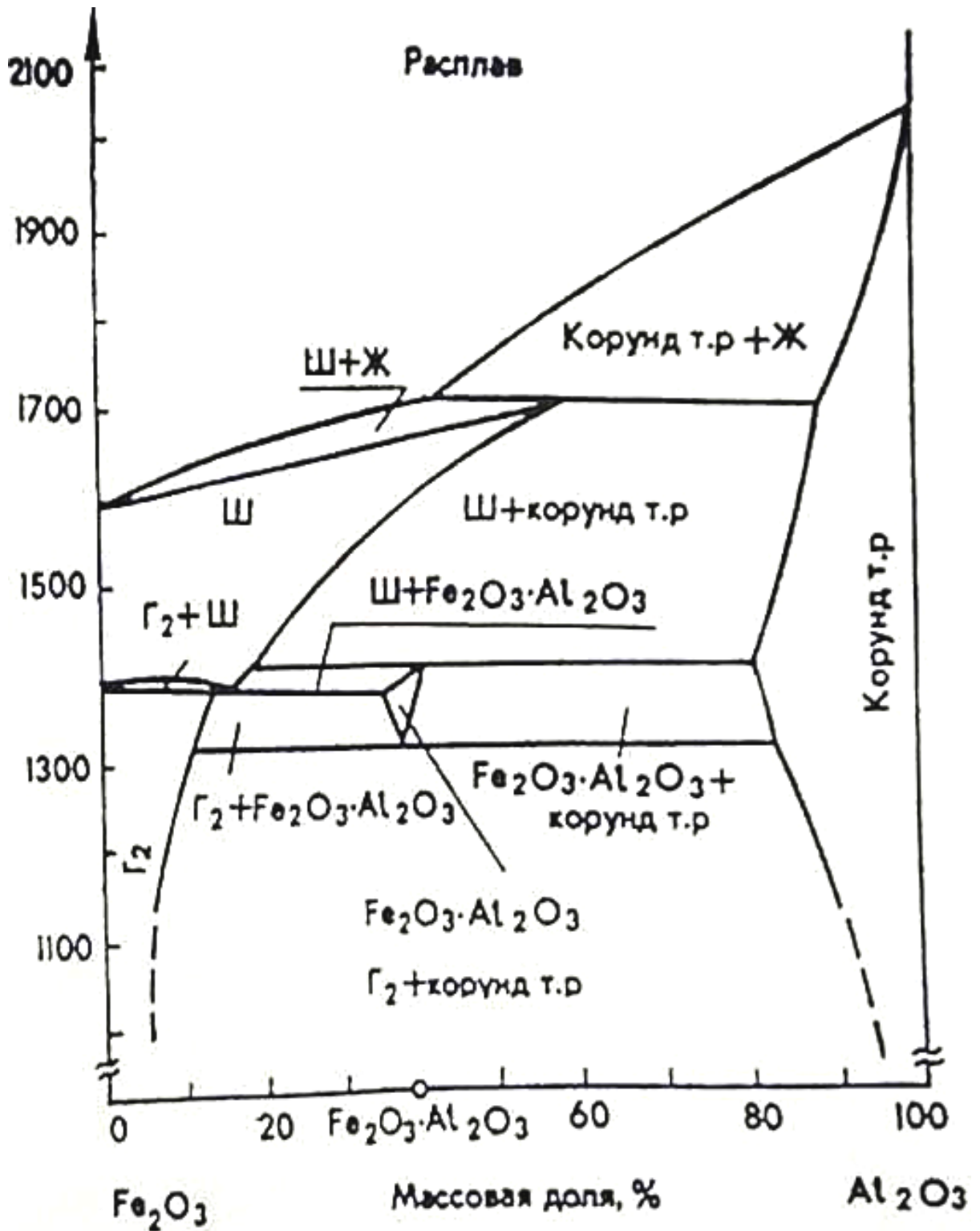
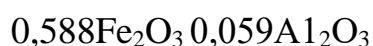


Рисунок 4.2. Диаграмма состояния системы $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3$

Из диаграммы видно, что при 900°C, состав твердого раствора на внешней части композита из магнетита, соответствует области "Г₂" который в своем составе имеет Al₂O₃ - 6 %, Fe₂O₃ - 94%. В зависимости от молярной массы оксида алюминия который равен 102 г/моль и оксида железа равный 160 г/моль состав твердого раствора из гематита должен иметь следующий вид:



Если из корунда изготовит твердый раствор который отвечает области «Корунд т.р.», его составе должны присутствовать 95 % - Al₂O₃, а также 5 % - Fe₂O₃, в этом случае твердый раствор из корунда будет иметь следующий вид 0,031Fe₂O₃ 0,932Al₂O₃, благодаря этому количество гематита в твердом растворе будет равна 72,83 %, а в корунде 27,17 %.

4.2. Изучение фракционного состава, железосодержащих отходов

Хвостовой материал ЛКРМ крупность которых составляла 200 мкм через ленточный конвейер направляли в силосы для проведения магнитного обогащения. При помощи магнитного поля ферромагнетики которые содержались в составе хвостового материала прилипали на магнитный диск который крутился с определенной скоростью, внизу которого построили скребок для сдерживания и отбрасывания ферромагнетиков во время изменения траектории падения, а по силе инерции диамагнетики и парамагнетики попадали в другой бокс в результате чего разделялся ферромагнетик.

В результате процесса магнитного обогащения получали железный концентрат – 92,6%.

Хвостовой материал после магнитной сепарации содержит, в %:

- оксид железа (III) – 73,47;
- диоксид кремния – 8,0;

- оксид кальция – 6,8;
- оксид алюминия – 4,5;
- оксид магния – 2,62;
- прочие – 4,61.

Полученный материал после магнитной сепарации просеивали на ряд классов по крупности в периодическом режиме с помощью ситового вибрационного анализатора марки АСВ-200 с ситами диаметром 200 мкм. Анализ процентного содержания частиц показал, что почти 74% хвостового материала состоит из размеров менее 10 мкм, а 100% материала имеет размеры меньше 100 мкм. Это означает, что просеянный материал имеет размер до 100 мкм. Удельная поверхность составляла $29823 \text{ см}^2/\text{см}^3$ (рис. 4.3).

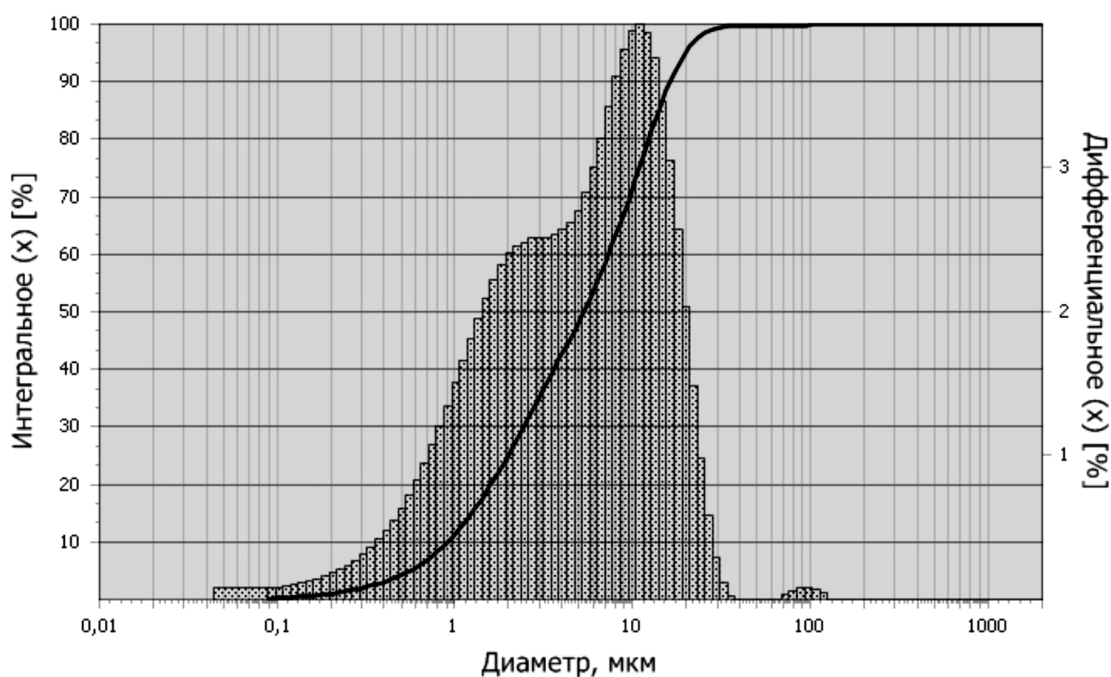
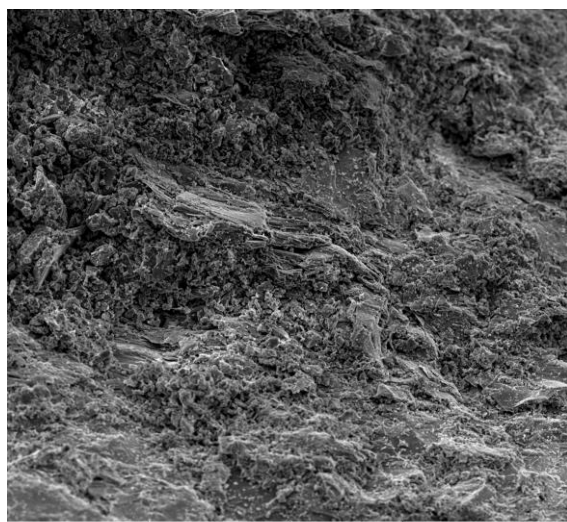


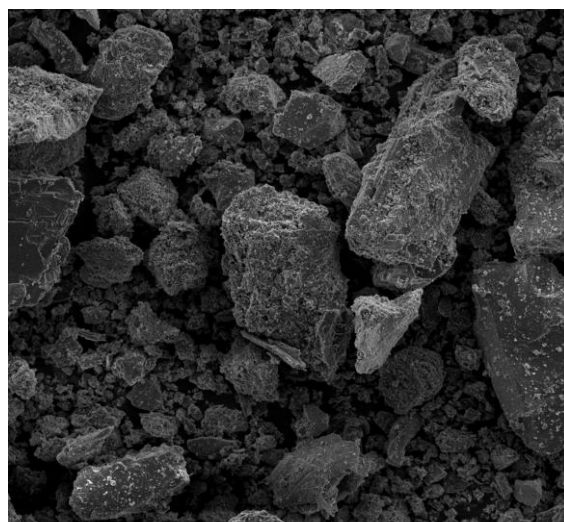
Рисунок 4.3. Зависимость процентного содержания исходного железосодержащего материала от размеров его частиц

Полученный концентрат железа подвергался термообработке при температуре 800°C в муфельной электропечи сопротивления СНОЛ 20/12, в результате обжига фаза Fe_3O_4 переходит в форму Fe_2O_3 . Переход из одной полиморфной модификации в другую сопровождается как изменением объема

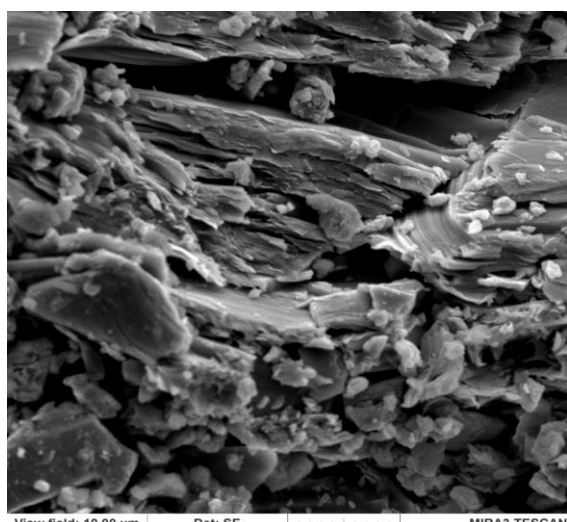
(с плотностью 5000 кг/м³) системы, так и изменением микроструктуры материала (рис. 4.4).



x10 000

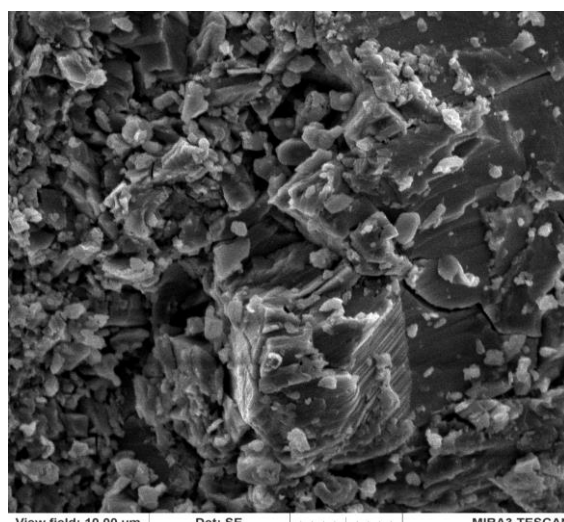


x10 000



x100 000

a)



x100 000

б)

Рисунок 4.4. BSE- фотографии структуры концентрата железа до (а) и после (б) обжига

Чтобы поверхность полученного концентрата гематита контактировала с металлическим алюминием и чугуном, она подвергалась процессу активации и модификации.

4.3. Модифицирование концентрата гематита с нитратом алюминия

По данным СЭМ образец содержит базовую полиморфную массу и немного крупные частицы с размерами от 0,1 мкм до 1,5 мкм (см. рис. 4.5). Терригенная фракция предьявлена угловатыми частицами с размерами от 15 мкм до 100 мкм, на внешней плоскости можно увидеть доказательство травления.

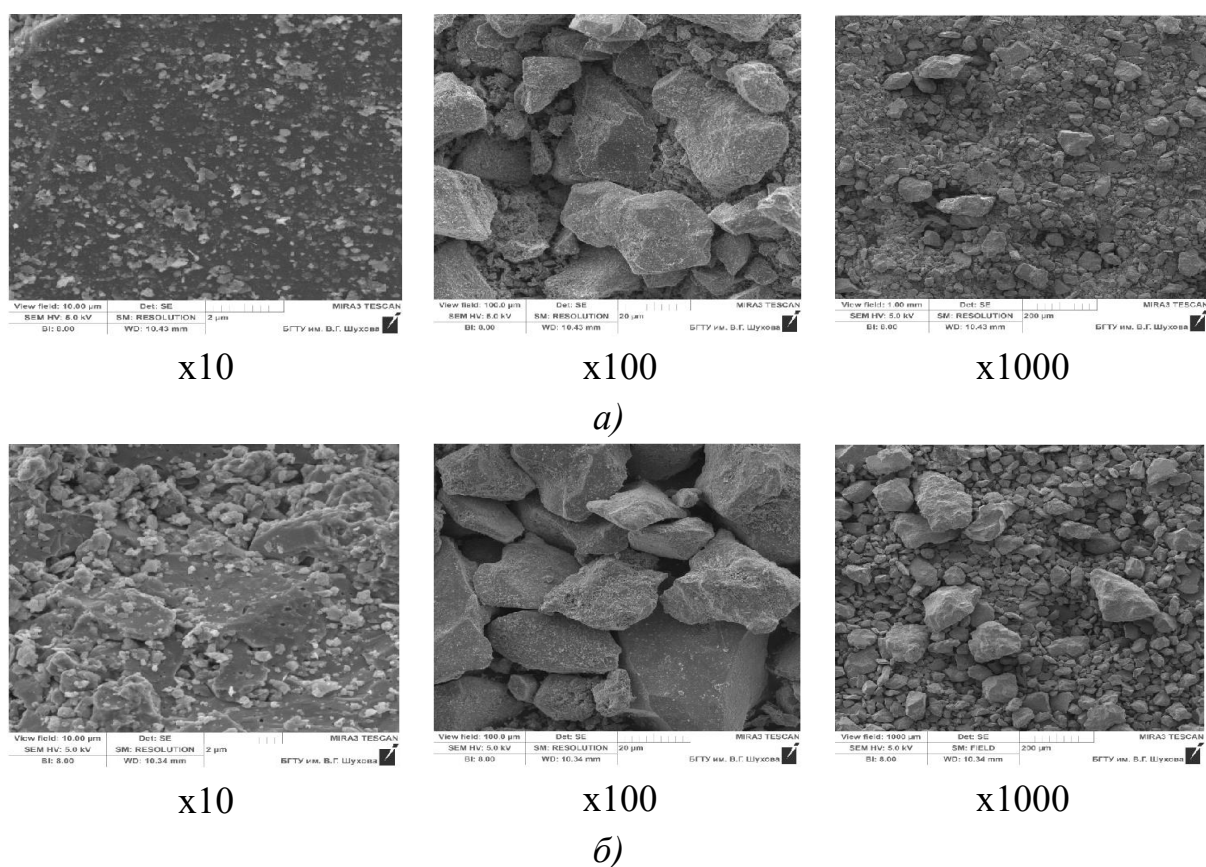


Рисунок 4.5. Фотографии частиц концентрата гематита: *а* – гематит немодифицированный; *б* - гематит модифицированный

По всей вероятности, (см. рис. 4.5) в характере частиц гематита наблюдается дефективная форма в значительной степени агрегационной гранью и шероховатостью. Внешнюю плоскость такого порядка позволительно модифицировать и описать характер аналогичного к конечному составу с матрицей для обеспечения большего сплетения между собой.

На зафиксированной внешней плоскости частиц гематита перед модифицированием и впоследствии модифицированного, имеется возможность отличить модифицированный гематит от немодифицированного по появившемуся металлическому блеску из-за адсорбированного слоя оболочки алюминия на ее внешней плоскости.

Создание КМ для РЗ смешав алюминиевый расплав с модифицированным гематитом нужно иметь информацию о полиморфных модификациях алюминия закрепленных на поверхности гематита для этого необходимо провести исследования по рентгенофазовому анализу (рис. 4.6).

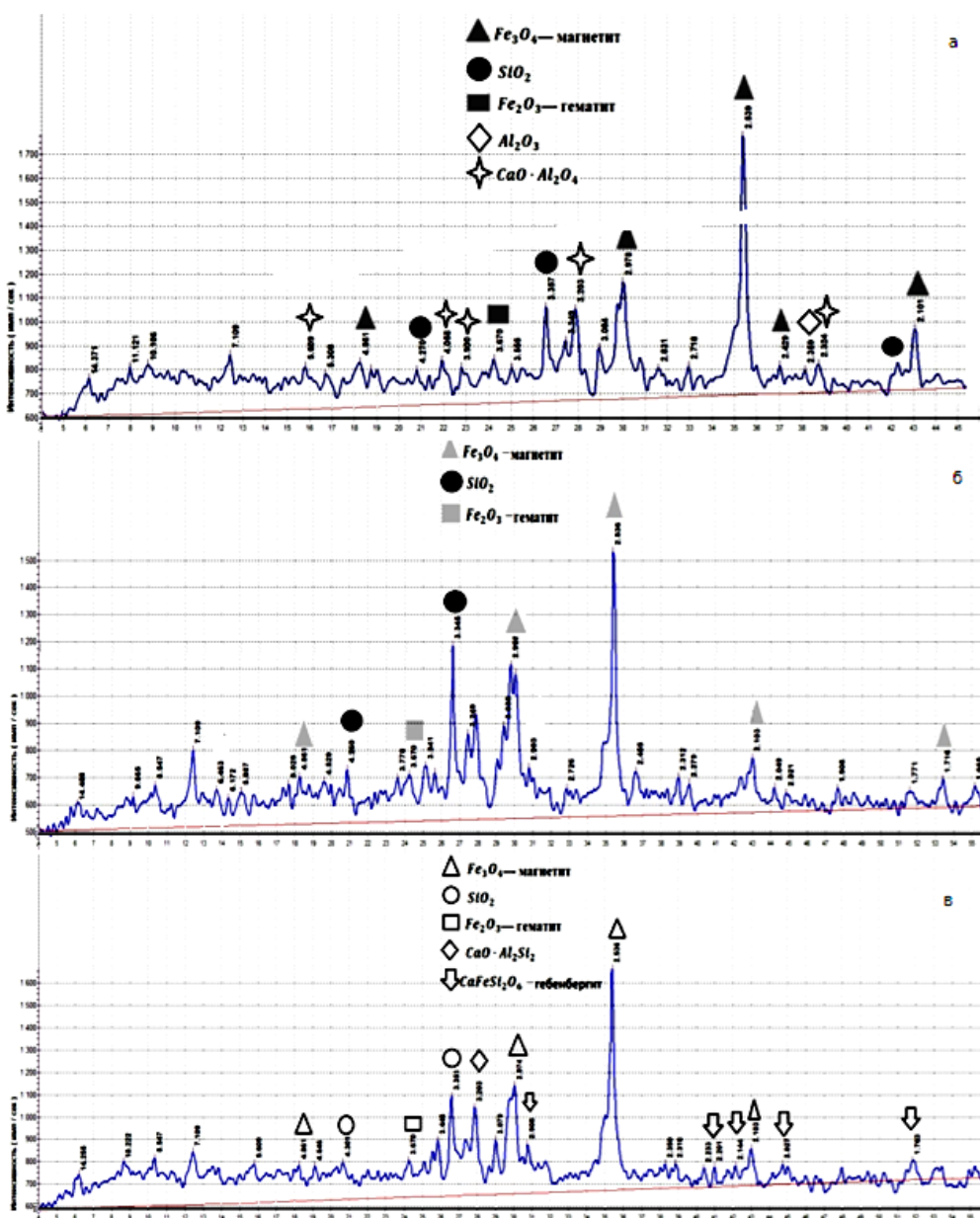


Рисунок 4.6. Сравнение пиков немодифицированного (а), активированного (б) и модифицированного гематита (в).

На дифрактограммах РФА первичного гематита (см. рис. 4.6, а) фиксировали рефлексы в сопровождении 1,697, 1,841, 2,207, 2,294, 2,519, 2,702, 3,684 и 1,485А которые применительно работам [137-140] подходят гематитовой фазе, а также рефлексы в сопровождении 2,562, 2,750, 2,885 и 2,105А подходят магнетитовой фазе присутствующие в составе гематита.

При рентгенофлуоресцентном анализе сперва активированного, а потом модифицированного гематита (см. рис. 4.6, в) на фиксированных рефлексах дифрактограммы соответствующие $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ в сопровождении 1,697, 1,842, 2,211, 2,296, 2,521, 2,702, 3,691 и 1,485А, а также рефлексы соответствующие Fe_3O_4 в сопровождении 2,578, 2,776, 2,896 и 2,149А.

Аналогично тенденция обострения силы рефлексов в части первоначального гематита и еще больше у модифицированного гематита замечается в фазе Fe_2O_4 что обозначает достраивание кристаллической решетки железных оксидов, в добавок гидроксилирование поверхности посредством ионов Fe^{3+} проводится главным образом в виде формы оксида магнетита.

Благодаря рассмотрению результатов РФА модифицированного гематита с помощью алюминиевых ионов в дифрактограммах зарегистрированных рефлексов гематита и магнетита показались незнакомые рефлексы в сопровождении 1,944, 2,435, 2,256, 2,463, 4,370, 4,730, и 1,724А, представленные на (рис. 4.6, в) в соответствии [132, 133, 136] свойствен байериту ($\beta\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). В следствии процесса модификации на поверхности гематита появилась водная оксидная форма алюминия на подобие байерита.

Есть догадка что первоначально формирующиеся кристаллики $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ возникают в образе зародышей гораздо термодинамически фундаментальной фазы $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, что и вызывает рождения микрокристаллического монодисперсного корунда.

Способ модифицирования. Первый этап – Активацию гематита провели с помощью гидроксилирования внешней плоскости частиц при содействии

соименных дисперсных фаз ионов железа, которую адсорбировали из раствора нитрата железа.

Для активации концентрата гематита (1-го наполнителя) берут 10 гр концентрата и перемешивают в 100 мл воды. После чего в эту массу вводят 20 мл $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0,7М раствор) и перемешивают в течение 30 минут. Далее фильтруют и сушат.

Второй этап – процесс модификации сначала активированного гематита произвели путем адсорбирования алюминиевых ионов на внешней плоскости частиц гематита в сопровождении рекуперации водного раствора нитрата алюминия, мы предполагаем, что процесс модификации прошел при помощи сил электростатической связи с заряженными активными центральными частями частиц, а также иондипольной связи с кислородом гидроксильных групп внешней плоскости активированных частиц гематита.

Для модификации активированного концентрата гематита берут 10 гр концентрата и перемешивают в 100 мл воды с добавлением 30 мл $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0,1М раствор). После чего всю эту массу в течение 30 минут перемешивают с помощью механической мешалки. Далее промывают и сушат.

Таким образом, показано, что поверхность частиц гематита обладает большой дефектностью, и рождается вероятность достраивания кристаллического построения на активных центрах которого можно закрепит другой материал имеющую другую природу, а внешняя плоскость с мелкими неровностями способствует закреплению с веществом другого рода или во время соединения по анкерному типу при создании СРЗМ.

Вследствие десублимации соляных растворов алюминия и железа возникает монодисперсный микрокорунд с гексагональной огранкой в гидротермической среде. Установлено что гематит изоморфен с корундом, вследствие этого возникающие кристаллы $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ становятся зародышами в интересах появления гораздо фундаментальной фазы при термодинамических условиях $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, который способствует появлению кристаллического монодисперсного корунда минуя процесс формирования твердого раствора.

4.4. Исследование фазовых переходов гематитового концентрата

В Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г.Шухова в Центре высоких технологий был проведён дифференциальный термический анализ (ДТА) проб. По термическим кривым немодифицированного гематита (рис. 4.7) идентифицируются следующие минералы: магнетит, гематит, кварц, бёмит, каолинит.

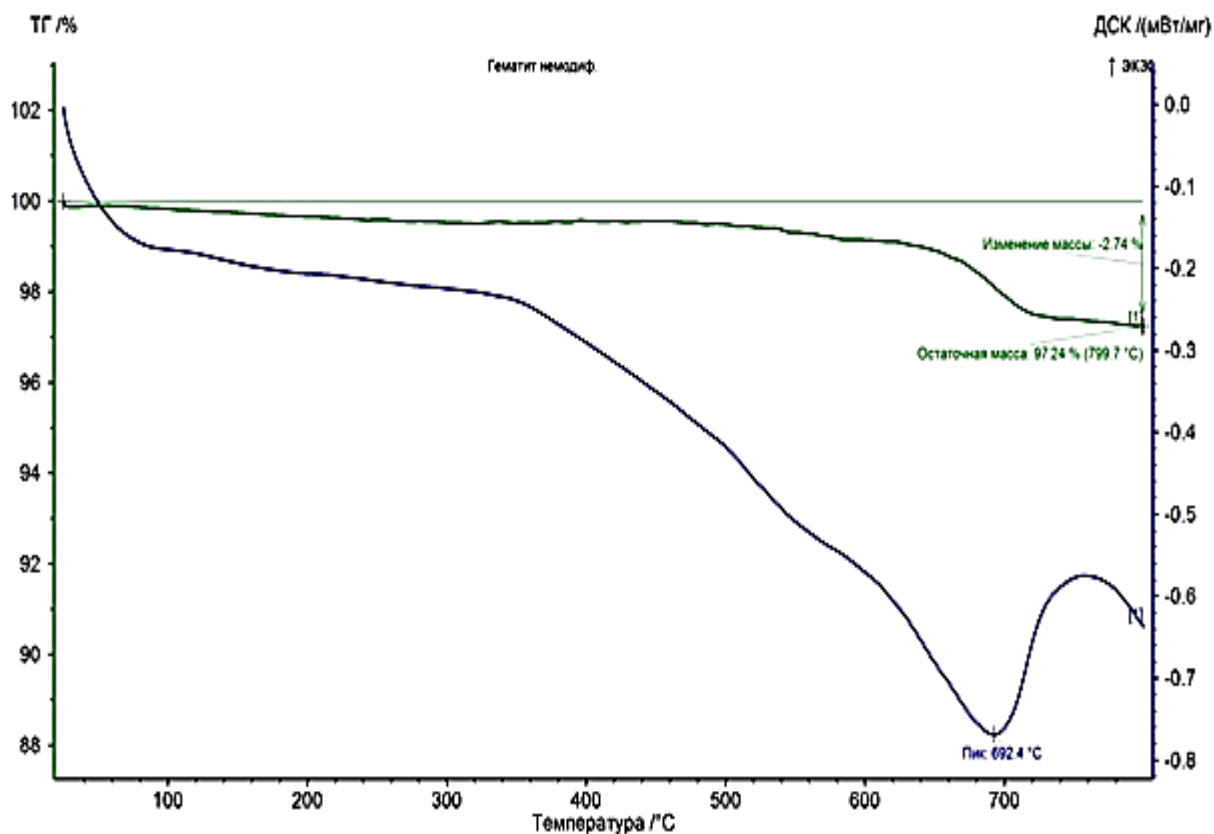


Рисунок 4.7. Термические кривые немодифицированного гематита

Чтобы получить данные о экзотермических интервалах магнетита его необходимо нагревать, при двухсот до трехсот двадцати градусов Цельсия, у магнетита можно увидеть экзотермический эффект это говорит в какой-то степени окисления магнетита до самого маггемита, когда температура достигает значений от пятисот пятидесяти до семисот градусов Цельсия можно увидеть экзотермический эффект которую можно систематизировать окислением остатков магнетита и превращением в гематит.

На термограммах также появились два коротких эндотермических эффекта при температурах 553°C и 615°C, это может быть связано с превращением магнетита, первое, переход из ферромагнитного состояния Fe_3O_4 в парамагнитное, второе переход из антиферромагнитного состояния гематита ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) в парамагнитное.

Кварц определился при температуре $\sim 570^\circ\text{C}$ по своеобразному максимальному пику α и β – переходу.

Бёмит во время нагревания претерпевает ряд полиморфных модификаций, например, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ появляется в интервале температур 460-600°C который при дальнейшем нагревании до интервалов 650-800°C превращается в полиморфную модификацию $\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$.

На кривых бёмита когда температура достигла значения 692,4°C, появился эндотермический эффект это свидетельствует об отделении кристаллизационной воды и появлении $\delta\text{-Al}_2\text{O}_3$. Но в тоже время убыль массы составила 2,74%.

В соответствии кривых дифференциального термического анализа каолинита при температурах 81°C и 518°C появляется два свойственных ему эндотермических эффекта.

Первое связано с недостатком структуры минерала, который соответствует устранению адсорбированной воды на его поверхности. Но при этом убыль массы составила 0,25%.

Второе связано с дегидроксилизацией каолинита, в интервале температур 400-600°C убыль массы составила 1,0%, что аналогичен девяти процентам каолинита которые присутствовали в пробе.

Из представленного на рис.4.8 на термических кривых модифицированного гематита определяются такие минералы как магнетит, кварц, гематит, гебенбергит.

По всей видимости во время термообработки модифицированного гематита рис. 4.8, протекают те же полиморфные переходы которые свойственны оксидам железа и алюминия, несмотря на это наблюдается

снижении температуры полиморфных переходов оксидов алюминия на внешней плоскости гематита. Как нам кажется причиной этому является оксиды железа которые выступают в роле «плавней» для оксидов алюминия.

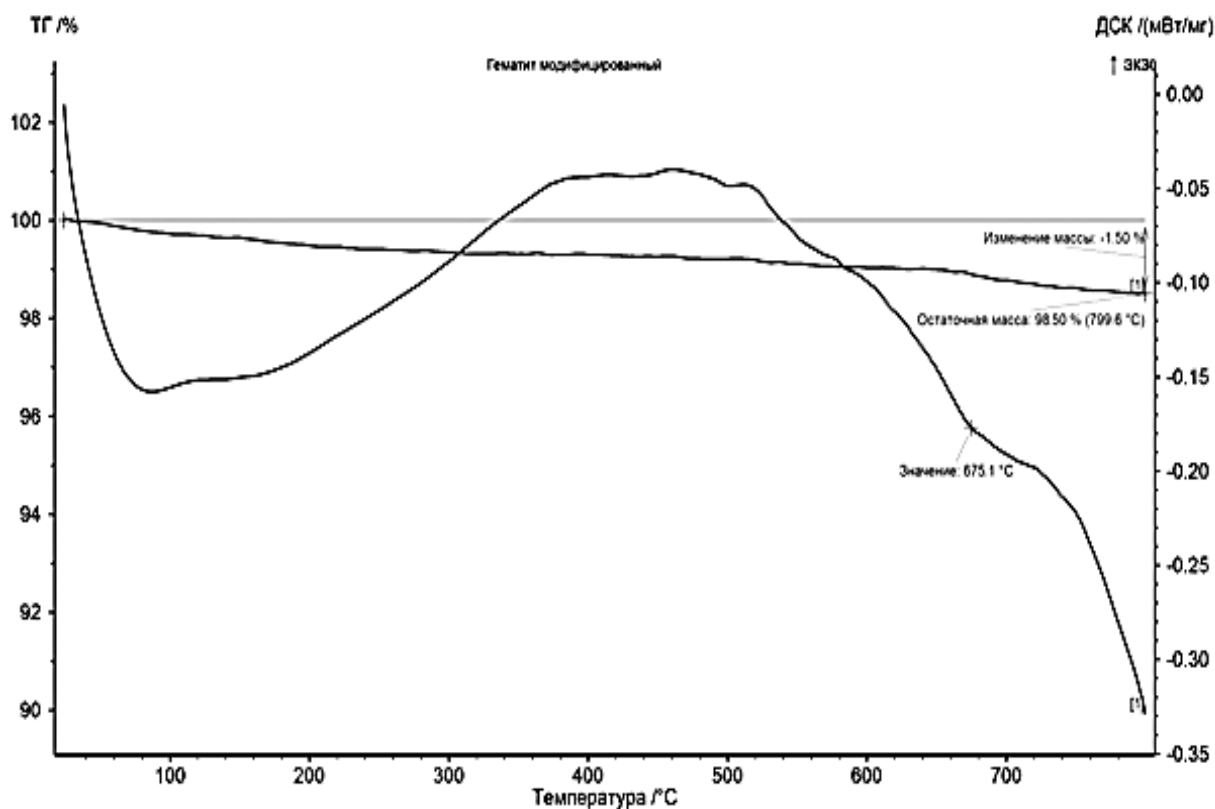


Рисунок 4.8. Термические кривые модифицированного гематита

В сущности, прослеживавшийся переход байерита в интервале температур 230-270°C из тригидратной формы в моногидратную форму - бёмит, а также переход байерита в интервале температур 380-520°C в низкотемпературную полиморфную модификацию (β - Al_2O_3) складывается на экзотермический эффект во время перехода вюстита в гематит и начинает быть не заметным.

Рассматриваемая компенсация эффектов, когда (γ - Fe_2O_3) - маггемит переходит в (α - Fe_2O_3) - гематит рядом с температурой 520°C с появлением экзотермического эффекта, в тоже время бёмит превращается в ангидрическую форму алюминиевого оксида сопутствующим впитыванием

тепла на кривых ДТА гематита после модификации в действительности внешне не проявляется эндотермический эффект.

К обязанностям железных оксидов в роле плавней входит изменение в сторону сравнительно низкую температурную область примерно на 20-30°C экзотермические эффекты которую можно увидеть на кривых ДТА бёмита при в степени прогревании 675,1°C.

Малое количество алюминиевых оксидов на внешней плоскости гематита вызывает небольшую интенсивность пиков полиморфных превращений.

В результате термообработки созданный при модифицировании на внешней плоскости гематита водный оксид байерита (алюминия) трансформируется посредством характеризующейся сравнительно низкой температурой и ангидрической полиморфной модификации α -Al₂O₃ в корунд.

Кварц идентифицируется по характерному для него пику с максимумом при температуре α - β – перехода 570,8°C.

Таким образом, на кривых нагревания исследованных образцов проявляется до пяти эндотермических эффектов, которые можно интерпретировать следующим образом:

- 1) испарение слабо связанной воды, минимум при 90-100°C;
- 2) дегидратация гётита по схеме $2\text{FeO}(\text{OH}) - \alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$, минимум при 390-455°C;
- 3) дегидратация каолинита и бёмита по схемам:
 $4\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8 - 2\text{Al}_2[\text{SiO}_5] + 2\text{SiO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ и $2\text{AlO}(\text{OH}) - \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$, минимум при 380-520°C;
- 4) α - β – переход в кварце минимум при 570,8°C;
- 5) переход маггемита в гематит по схеме $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 - \alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, при температуре 520°C.

Термические эффекты в исходных образцах сопровождаются незначительной потерей веса в пределах от 1,5-2,74%.

4.5. Технология создания КМ на базе модифицированного гематита и белого чугуна

Учитывая, что адсорбционные способности магнетита ниже, чем у гематита, а при термической обработке магнетита входящие в его химический состав фазы $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ переходят в $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Поэтому наиболее целесообразным будет использование модифицированного гематита в качестве наполнителя при разработке и получении композиционного материала.

Чтобы поверхность полученного концентрата гематита контактировала с металлическим алюминием и белым чугуном, она подверглась активации.

Затем активированный гематит фильтровали на фильтр-прессе, после чего высушивали в течение 20-25 минут при температуре 150-180°C (до постоянной массы) с целью удаления полимолекулярного слоя физически адсорбированной воды на поверхности его частиц, которая препятствует прохождению процесса модифицирования.

Для успешного применения активированного гематита в качестве наполнителя в целях получения композита необходимо модифицировать его поверхность для придания нового свойства – способности совмещаться с алюминиевым расплавом.

После завершения процесса модифицирования гематит промывали и высушивали до постоянной массы при температуре 150°C с целью удаления с его поверхности лишней влаги. Поверхность частиц гематита до- и после модифицирования по описанной выше схеме приведена на рис. 4.9.

Наблюдается различие исходного и модифицированного гематита, характерным присутствием во втором металлического блеска. Данное состояние модифицированного гематита обусловлено адсорбированным на его поверхности микрослоем алюминиевой оболочки.

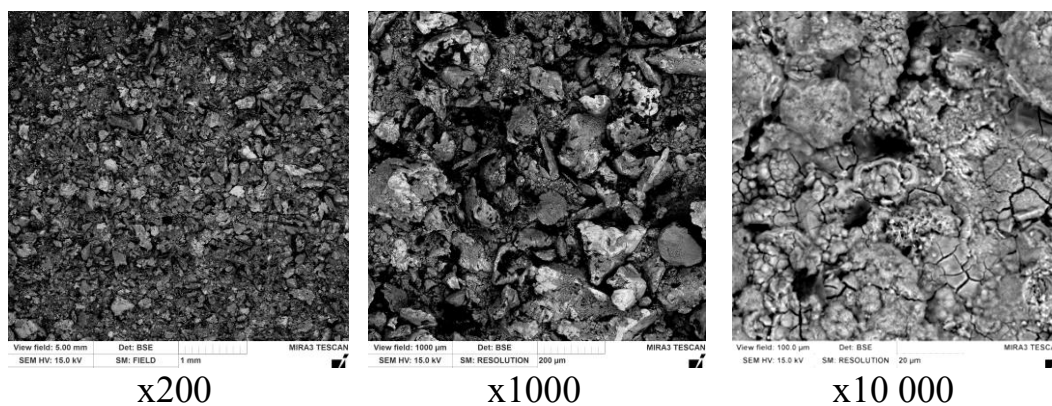
Такая поверхность хорошо смачивается расплавленным алюминием и обеспечивает плотную связку с частицами белого чугуна.

Второй наполнитель – белый чугун - для синтеза композита был измельчён с размером частиц до 100 мкм с применением лабораторного дискового истирателя марки ИД-250.

Из анализа полученных микроструктур (рис. 4.9 а) видно, что белый чугун имеет структуру заэвтектического сплава и состоит из цементита первичного, а также ледебурита. Плотность белого чугуна равна 7400-7750 кг/м³, то есть он обладает высокой твёрдостью и хрупкостью.

Синтез алюминиево-матричных композитов с гематитовыми и чугунными наполнителями осуществляли на шахтных печах типа СШОЛ.

Для этого сначала расплавляли металлический алюминий при температуре 700°С и в расплав по порциям добавляли наполнители. При этой температуре происходит совмещение наполнителей и матрицы методом механического перемешивания (лопастными графитовыми мешалками) до однородной массы.

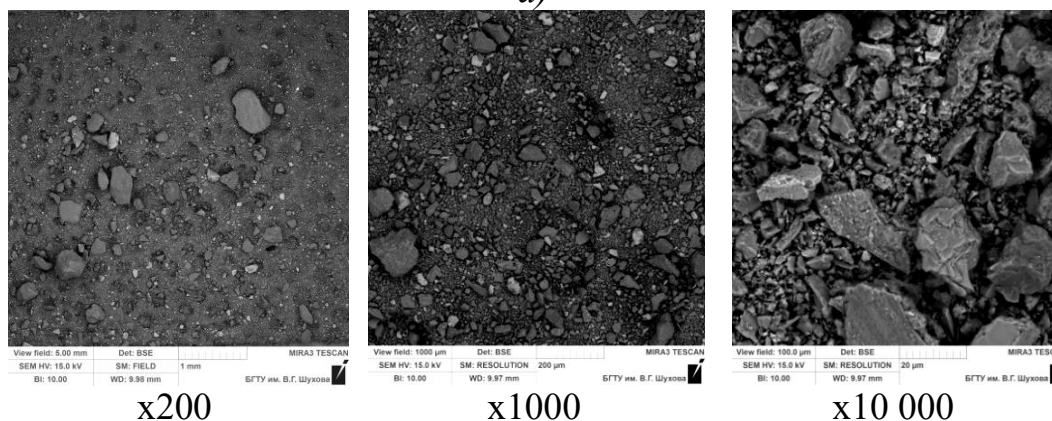


x200

x1000

x10 000

a)



x200

x1000

x10 000

б)

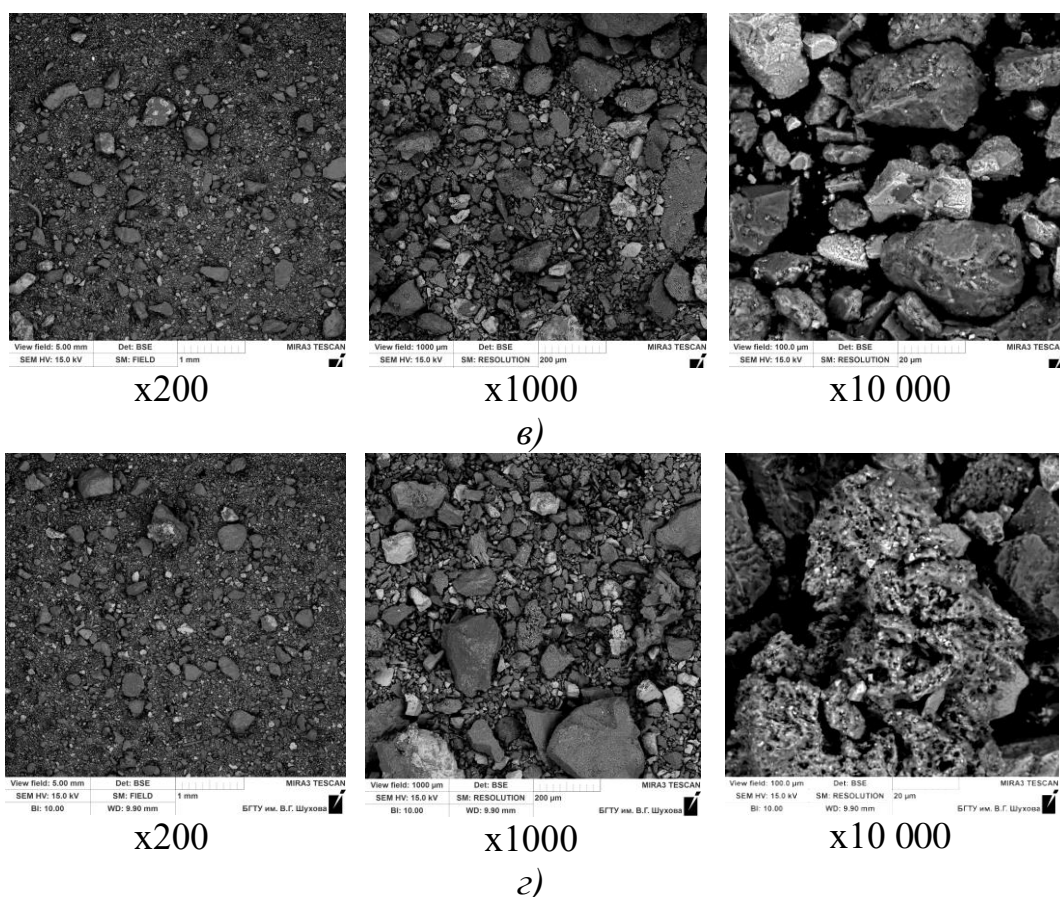


Рисунок 4.9. BSE-фотографии структуры исходных компонентов композиционного материала с различными увеличениями размеров частиц: *а* – белый чугун; *б* – концентрат гематита; *в* – активированный гематит; *г* – модифицированный гематит

Полученный композит засыпали в пресс-форму и подвергли термообработке (обжигу) при температуре 700°C в течение 30 минут. После чего эту массу прессовали под давлением 101,9 МПа с выдержкой до 0,5 минут и медленно снижали нагрузку, а затем вынимали из пресс-формы.

На прототипах КМ которые получены из модифицированного гематита приглядывается отличный показатель наполнения, алюминиевыми частицами которые размеренно рассредоточены по параметру композита (см. рис. 4.10).

Причем частицы находятся на скромных интервалах между собой среды них распространён алюминий, которую можно увидеть при максимальных разрешениях.

Это говорит о том, что частицы гематита хорошо впитались со сплавом из алюминия во время получения композита за счет закрепленной при модификации на внешней плоскости микропленки оксида алюминия, которая

способствовала соединению наполнителя с матрицей что позволило в полном объеме обволакивать гематитовые частицы со сплавом из алюминия.

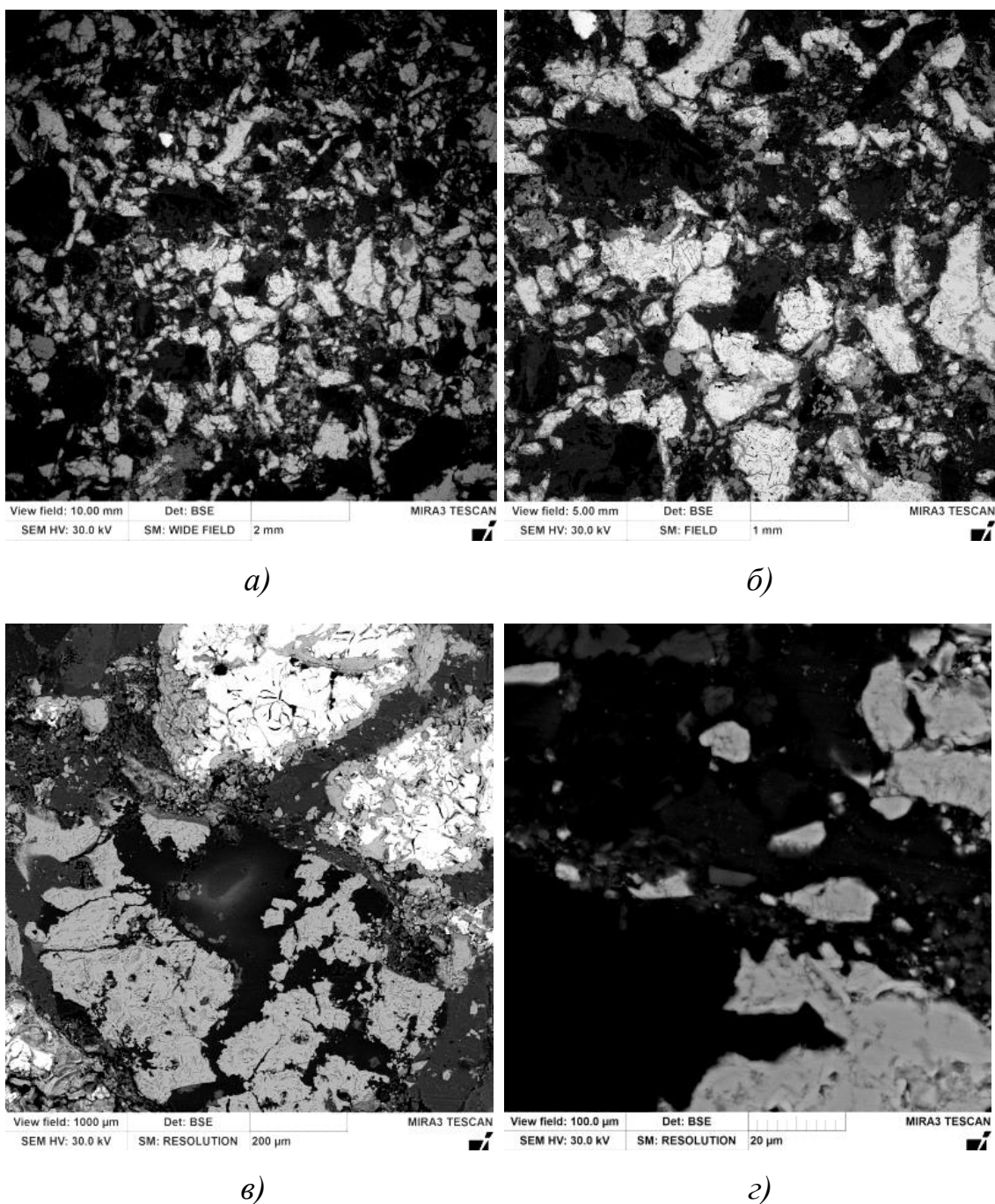


Рисунок 4.10. BSE – снимок состава АМК при всевозможных разрешениях параметров частиц: а) -*100; б) -*200; в) -*1000; г) -*10000

Анализ микроструктуры поверхности АМК указывает на более интенсивное взаимодействие модифицированных частиц гематита с микроплёнкой оксида алюминия на их поверхности с алюминиевым

расплавом и белым чугуном, приводящее к большей однородности композита в целом (рис. 4.11).

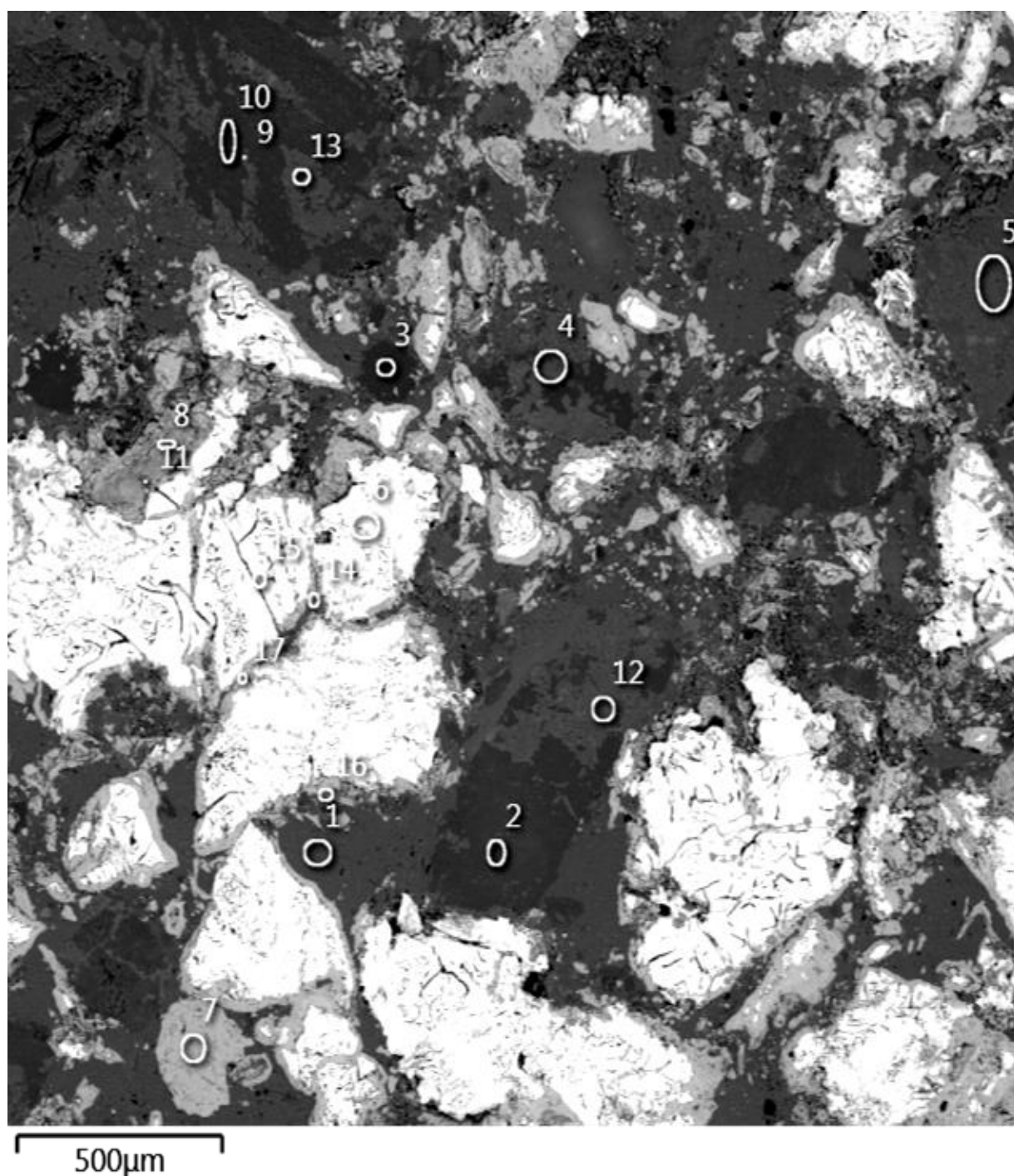


Рисунок 4.11. BSE-фотография структуры с указанием точек обозначения для спектрального анализа состава композиционного материала

Из микроструктуры отрезки композита АМК хорошо видно фазовое расположение компонентов и подтверждается элементный состав фазы композита спектральным анализом. Результаты анализов обобщены в табл.4.1.

Таблица 4.1

Состав фазы композита марки АМК

№ фазы в микро-структурах (рис. 4.11)	Содержание элементов, % (мас.)											
	Fe	Al	O	C	Si	Na	Mg	Ca	Mn	P	K	Ti
1	0,87	83,38	5,61	9,67	0,47							
2	0,67	15,04	50,31	6,64	19,64	2,60	0,44	0,42			4,17	
3	0,32	0,22	53,83	6,82	38,72		0,10					
4	7,20	4,00	42,98	7,24	20,23	0,55	5,08	12,46	0,25			
5	6,20	3,26	42,60	5,85	21,10	0,32	5,38	14,98	0,32			
6	86,49	0,29	1,09	10,20	0,78				0,84	0,20		
7	62,88	1,48	26,48	6,09	0,33		1,46	0,08	1,05			0,14
8	49,72	0,92	33,31	10,47	4,07	0,23	0,16	0,31	0,79			
9	1,18	2,17	43,78	5,28	13,74	0,28	0,32	16,74				16,52
10	0,36	14,12	47,24	6,39	22,07	4,48		2,82			2,25	0,27
11	20,97	0,13	7,64	70,02	0,45		0,08	0,35	0,36			
12	7,02	0,49	41,66	5,76	21,99	0,20	6,99	15,19	0,56			
13	6,26	1,36	42,88	6,23	19,82	0,45	5,26	14,46	0,33			2,86
14	43,56	21,34	26,13	7,62	0,65			0,16	0,54			
15	72,95	0,19	2,04	23,55	0,76				0,49			
16	51,51	9,77	28,39	5,64	2,55	0,25	0,58	0,72	0,52		0,07	
17	59,35	1,61	26,97	10,31	0,70			0,38	0,58	0,06		0,05

Благодаря наличию в составе композиционного материала алюминиевой матрицы, придающей ему свойства пластичности, данный материал легко может быть выполнен в любой геометрической форме, вне зависимости от вида его первоначального геометрического исполнения.

Так, например, данный композиционный материал, выполненный в виде цилиндра методом горячего прессования (при температуре 700°C и давлении 100 МПа), может быть изготовлен в виде куба либо параллелепипеда без

изменения его структуры, основных эксплуатационных, физико-механических и радиационно-защитных характеристик.

Предложенная технология получения алюминиево-матричных композиционных материалов является многостадийной и преимущественно состоит в практическом использовании местных сырьевых ресурсов Таджикистана (рис. 4.12).

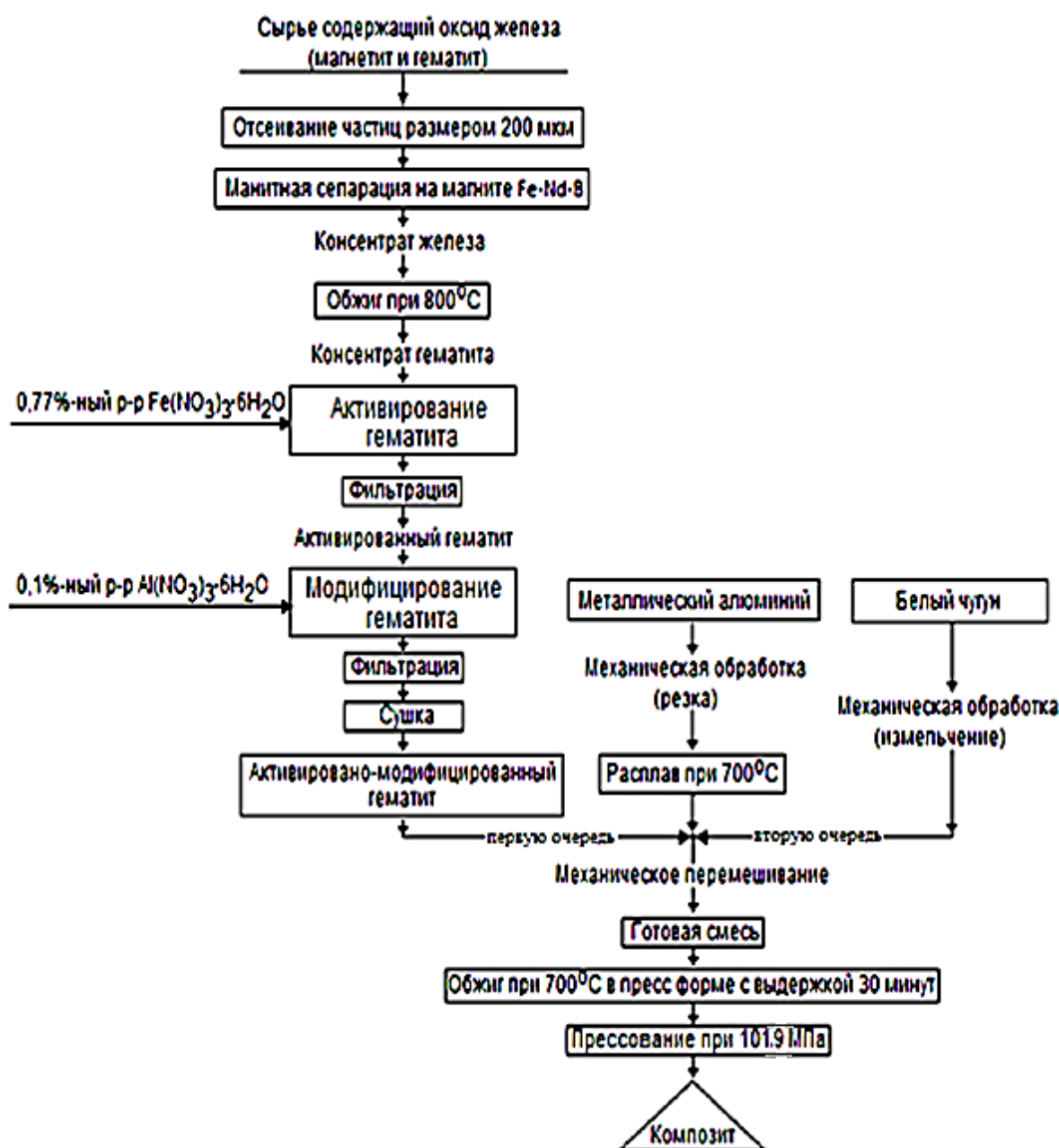


Рисунок 4.12. Технологическая схема получения АМК

Технология получения композиционного материала состоит из нескольких стадий:

-отсевывание частиц;

- магнитная сепарация хвостов;
- обжиг концентрата железа;
- активирование гематита;
- фильтрация;
- модифицирование активированного гематита;
- фильтрация и сушка;
- расплавление алюминия;
- измельчение чугуна;
- механическое перемешивание смеси и обжиг материала;
- прессование композита.

По предлагаемой технологической схеме можно получить АМК самой идеальной пропорцией из 30% - металлического алюминия, 28% - сначала активированного потом модифицированного гематита, 42% - порошкообразного белого чугуна путем механохимического синтеза и горячего прессования КМ с плотностью 4140 кг/м³.

Во время приобретения композитов составной частью которого является порошок необходимо иметь ввиду не только лишь процессы активации, модификации и совмещения компонентов, но и на стадию формообразования с помощью прессовки при высоких давлениях [116, 117]. Результаты исследований по получению оптимального давления прессования композита, когда узнавали зависит ли плотность создаваемого материала от показателей давления прессования которую представили на рисунке 4.13.

Для получаемых образцов АМК материала было определено наиболее соответствующее давление прессования во время определения зависимости плотности от показателей давления прессования. Наиболее оптимальную плотность 4140 кг/м³ смогли достичь при 101,9 МПа-ом давлении. Последующие увеличения давления не дали увеличить плотность образцов.

Изображение скола КМ которая была получена по предложенной технологической схеме (рис. 4.12) и определенном давлении прессования 101,9 МПа представлена на рисунке 4.14. Из этого рисунка можно прийти к

выводу о правильности прохождения технологического цикла при разработке КМ и об достаточной однородности получаемого материала.

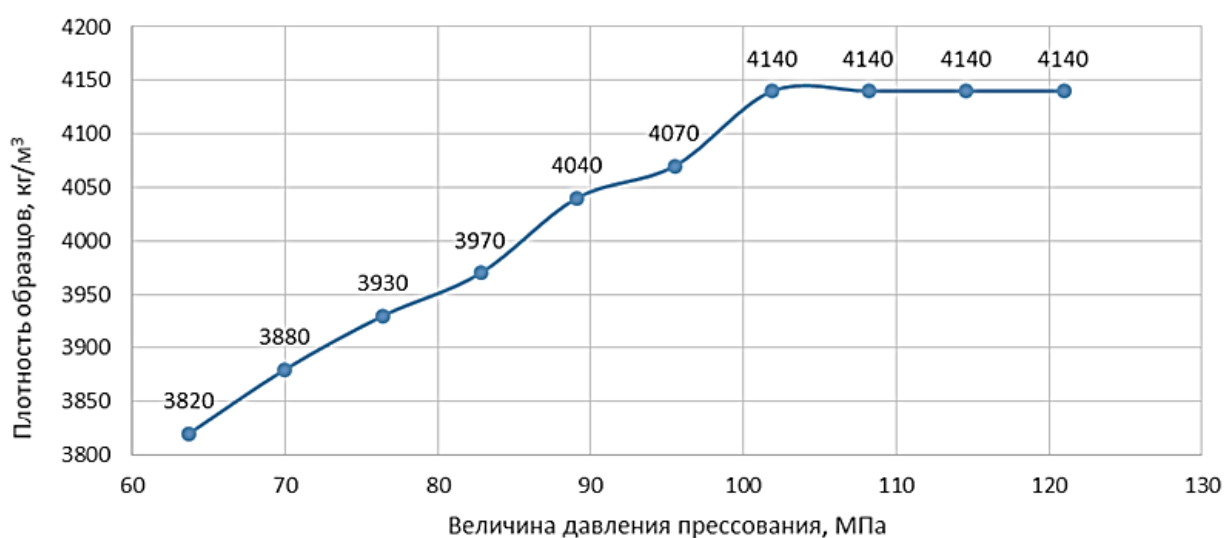


Рисунок 4.13. Зависимость получаемой плотности образцов АМК от величины давления прессования



Рисунок 4.14 – Скол разработанного композиционного материала

Анализ выполненных работ показывает, что значительная часть материалов являются термодинамически несовместимыми, но в некоторых

вариантах их сочетания могут иметь отличительные свойства от индивидуальных свойств компонентов используемых при получении материалов. Подобным оказался полученный алюминиево-матричный композит с наполнителями - гематита и белого чугуна.

4.6. Механические и эксплуатационные свойства композиционного материала на основе модифицированного гематита и белого чугуна

Чтобы получить высоконаполненную систему типа КМ с наибольшей плотностью нужно в обязательном порядке найти оптимальное соотношение компонентов в композите из алюминия, гематита и белого чугуна.

Для того чтобы создать композит из алюминия и гематита, и еще из алюминия, гематита и белого чугуна, были выполнены эксперименты для нахождения связей прочности (см. рис. 4.15).

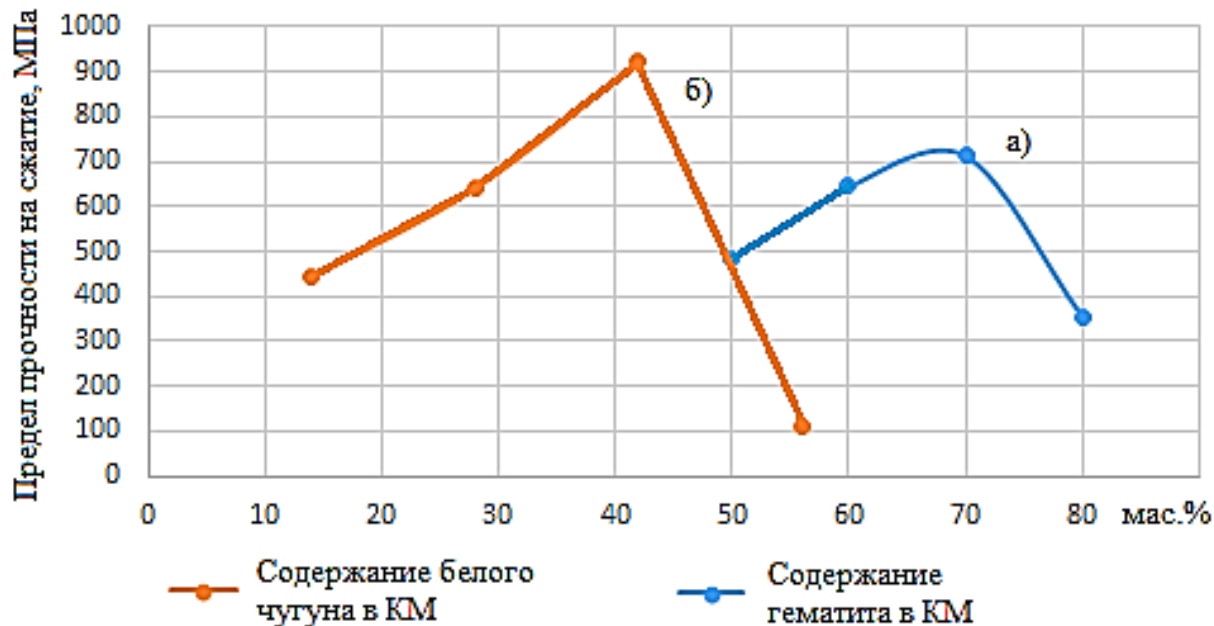


Рисунок 4.15 – Связь прочности при сжатии КМ из алюминиевой матрицы, наполненный модифицированным: *a* – гематитом; *б* – белым чугуном

Разделив приведенные на рис. 4.15 интегральные кривые было определено оптимальное содержание гематита в КМ из алюминия и гематита

которая составила 70 масс. %, а в КМ из алюминия, гематита и белого чугуна оптимальное содержание второго наполнителя (белого чугуна) составляет 42 масс. %.

Правильно подобранное соотношение в композите из алюминия и гематита придает КМ самые большие эксплуатационные характеристики. Наилучшее распределение между алюминием и гематитом составляет 30:70 масс.% (табл. 4.2, рис 4.16). Данное соотношение в композите позволяет придать КМ помимо высоких механических прочностей (табл. 4.2), еще и сокращение в стоимости получаемой продукции.

В таблице 4.3, и на рисунках 4.17 и 4.18 приведены данные о связи прочностных характеристик КМ от количества алюминия, гематита и белого чугуна.

Таблица 4.2

Связь прочности КМ от содержания гематита (алюминий + гематит)

№	Содержание гематита в КМ, масс.%	Плотность КМ, кг/м ³	Предел прочность КМ при сжатии, Мпа	Предел прочность КМ при изгибе, Мпа
1	10	2901	209	89
2	20	3059	308	109
3	30	3207	355	121
4	40	3441	393	137
5	50	3662	481	172
6	60	3789	645	223
7	70	3980	713	271
8	80	4108	355	65

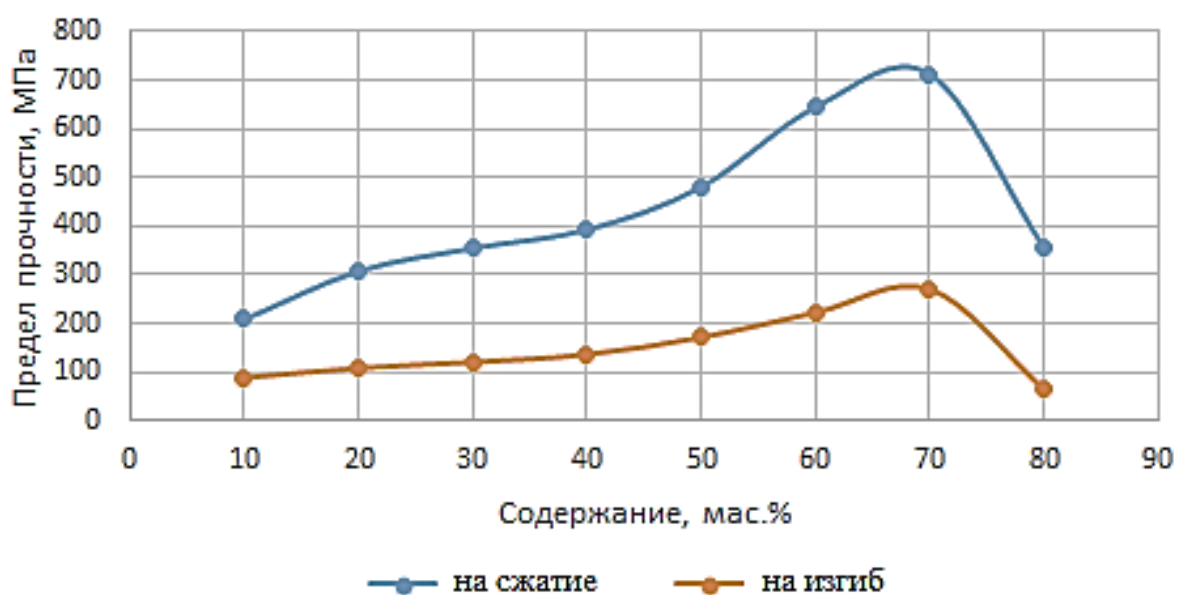


Рисунок 4.16 - Зависимости прочности композиционного материала на сжатие и изгиб от содержания гематита

Таблица 4.3

Зависимости прочности композиционного материала от содержания белого чугуна

№	Содержание компонентов в КМ, мас.%			Плотность КМ, кг/м ³	Предел прочности КМ при сжатии, МПа	Предел прочности КМ при изгибе, МПа
	алюм.	гем.	чугун			
1	30	63	7	3701	325	89
2	30	56	14	3789	443,3	102,3
3	30	49	21	3869	531	147
4	30	42	28	3949	640,9	217,5
5	30	35	35	4045	751	253
6	30	28	42	4140	923	340,6
7	30	21	49	4203	301	87,9
8	30	14	56	4267	113,1	41,4

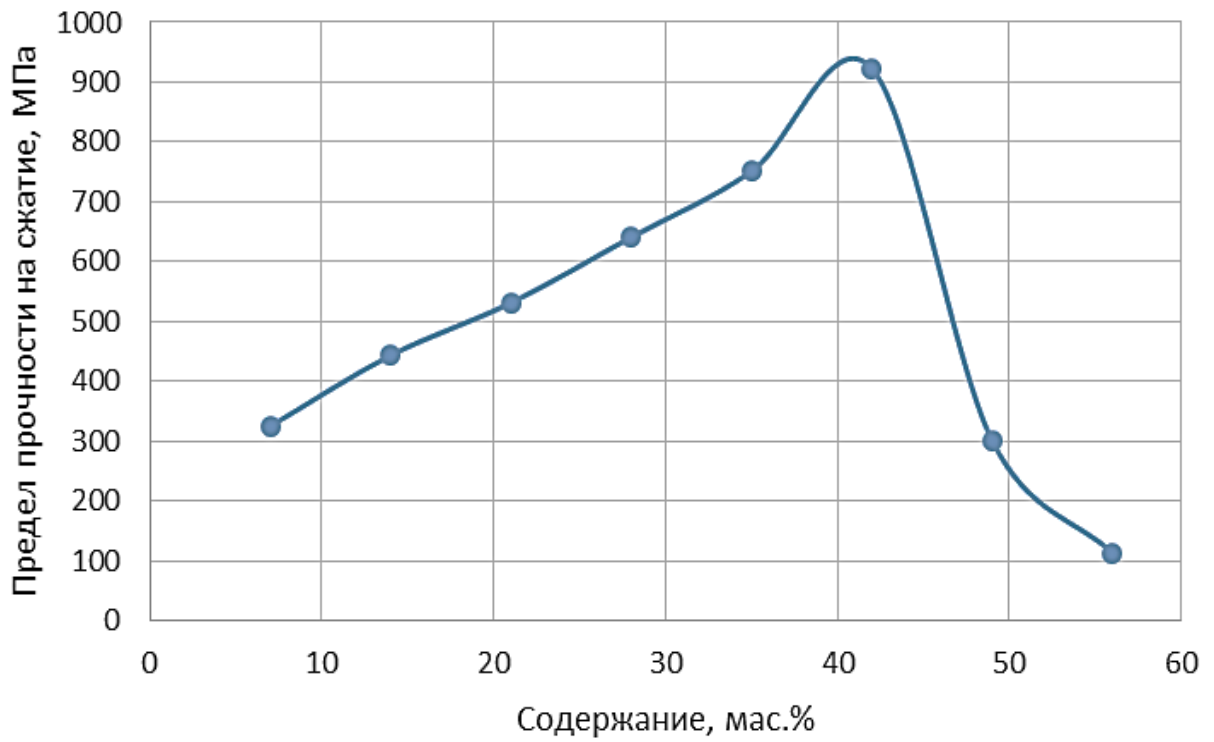


Рисунок 4.17 - Зависимости прочности композиционного материала на сжатие от содержания белого чугуна

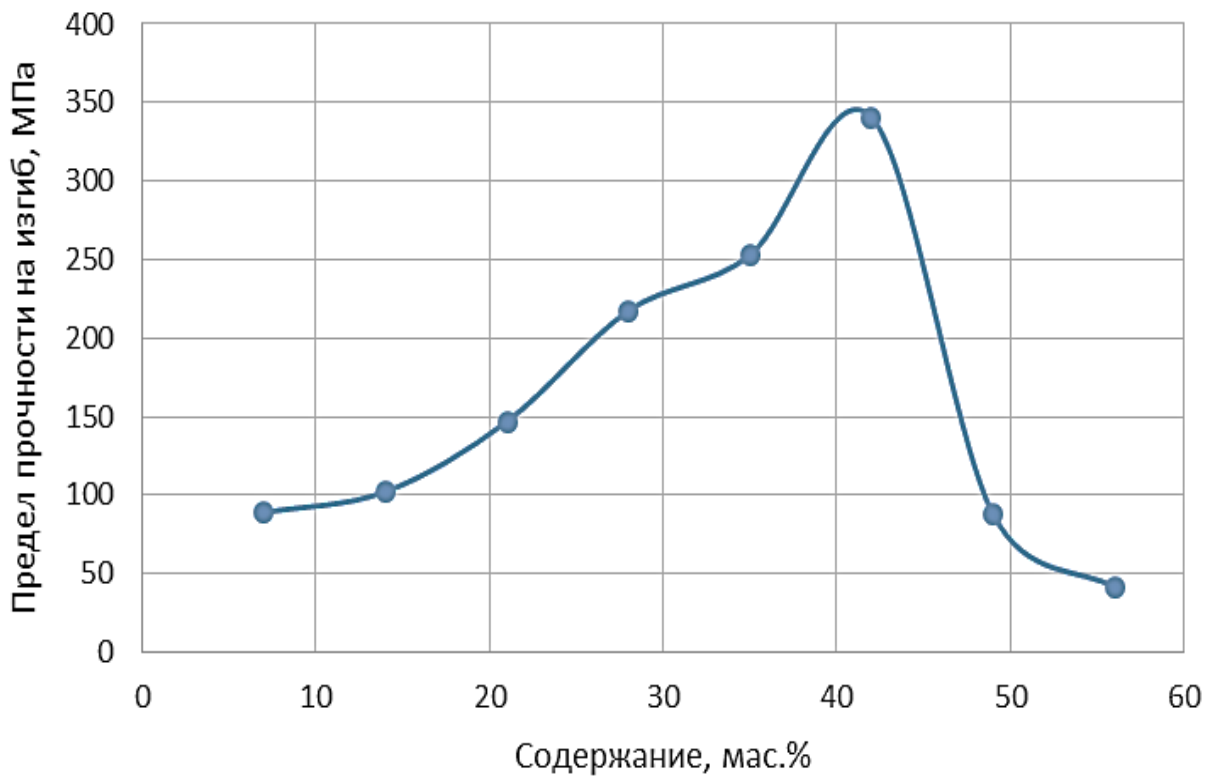


Рисунок 4.18 - Связь прочности КМ на изгиб от присутствия белого чугуна

При повышении количества вводимых наполнителей в матрицу можно добиться увеличения плотности КМ по линейной зависимости (см. табл. 4.3). При увеличении в составе КМ гематита и белого чугуна до 28/42 от общего объема материала их прочность при сжатии и статистическом изгибе возрастает, а затем резко уменьшается см. на рис. 4.17 и рис. 4.18

По всей видимости, как можно наблюдать на кривых приведенных на рисунках 4.17 и 4.18 присутствие гематита и белого чугуна в составе КМ более 28/42 масс.% или слабо смоченные частицы гематита и белого чугуна с алюминиевой матрицей способствуют уменьшению прочностных характеристик КМ.

При присутствии наполнителей «гематита и белого чугуна» в составе композиционного материала ниже 28/42 масс.% ожидаемые прочностные характеристики не достигаются, поскольку увеличенное содержание алюминия добавляет КМ характерные ему свойство - пластичности, и как следствие приводит к уменьшению прочностных показателей материала.

Основываясь на анализы экспериментальных данных, по установленным пределам прочности при сжатии и статистическом изгибе нашли оптимальный состав КМ, масс.:%: алюминий – 30,0; гематит – 28,0; белый чугун – 42,0.

Известно, что при максимальной концентрации модифицированного гематита и белого чугуна, значительно снижаются эксплуатационные характеристики композиционного материала.

Анализ полученных микроструктур АМК с гематитовым и чугунным наполнителями с различными увеличениями размеров частиц показали, что на изготовленных образцах КМ можно заметит полноту наполнения алюминием, частицы алюминия одинаково расположены по всему объему композита (см. рис. 4.19).

Количественное содержание компонентов предлагаемых материалов приведено в табл. 4.4.

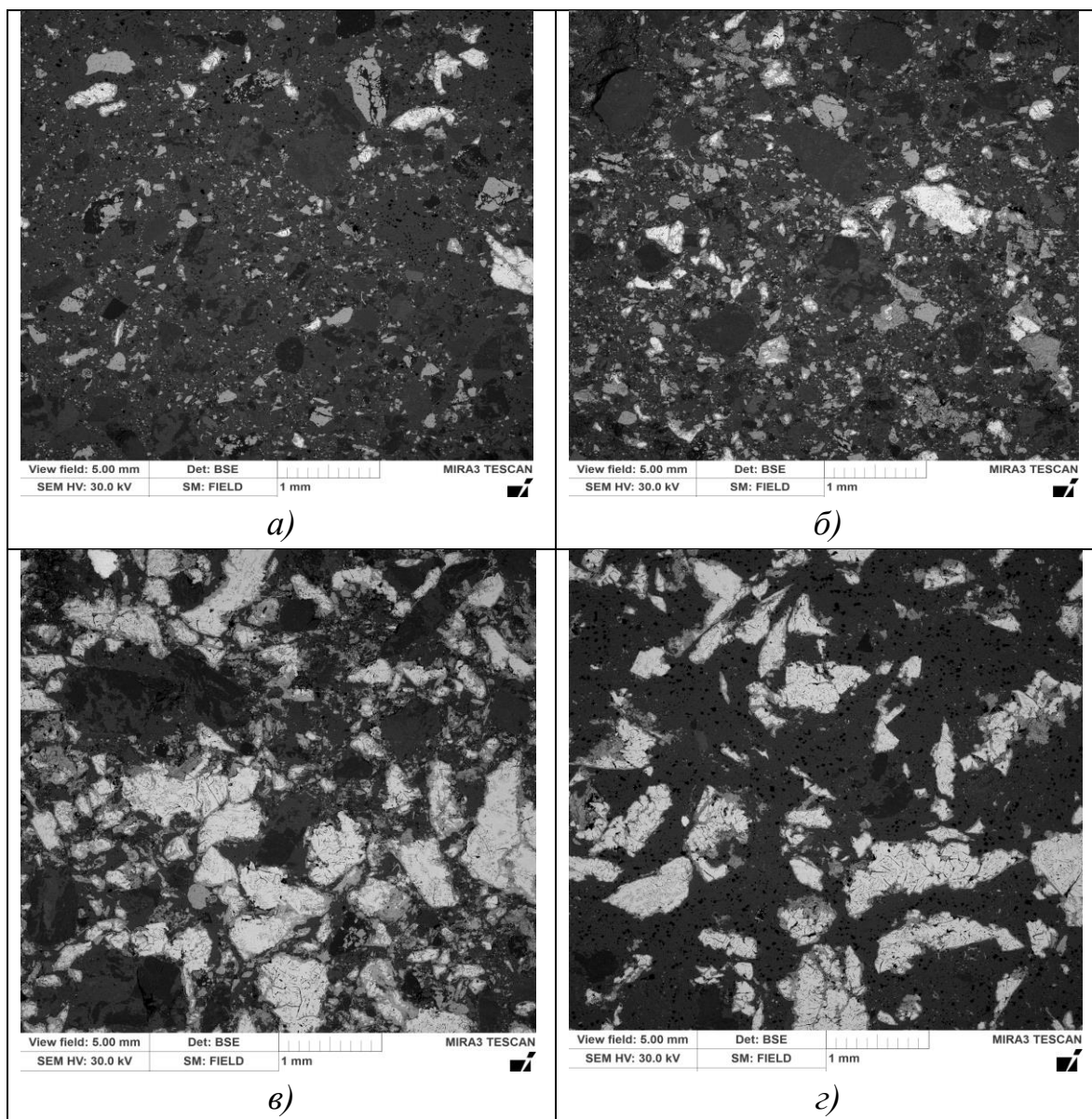


Рисунок 4.19. BSE – фотографии структуры АМК с различными составами компонентов с увеличением $\times 200$ (состав приведен в табл. 4.4)

Таблица 4.4

Состав композиционного материала

№ проб	Наименование компонентов, масс. %		
	Гематит	Алюминий	Белый чугун
1	56	30	14
2	42	30	28
3	28	30	42
4	14	30	56

Учитывая, что частицы находятся в ограниченных интервалах между собой, среди них присутствует алюминий, это можно наблюдать при высоком увеличении кратности. Это говорит о том, что частицы гематита хорошо впитались со сплавом из алюминия во время получения композита за счет закрепленной при модификации на внешней плоскости микропленки оксида алюминия, которая поспособствовала соединению наполнителя с матрицей что позволило в полном объеме обволакивать гематитовые частицы со сплавом из алюминия.

Рассмотрение микроструктурной внешней плоскости АМК подтверждает насыщенность коммуникации частиц модифицированного гематита со микропленкой оксида алюминия на внешней плоскости со сплавом из алюминия, а также белым чугуном, который порождает высокооднородность композита в полном смысле, что можно наблюдать в составной микроструктурной части АМК хорошо рассматриваются фазовые позиции применяемых компонентов и подкрепляются спектральным анализом для определения элементного состава фазы в композите. Чёрные точки на микроструктуре - алмазы, вырванные из круга при шлифовании. Результаты анализов обобщены в табл.4.5.

Таблица 4.5

Элементный состав композита марки АМК

№ пр об	Содержание элементов, масс. %												
	Al	O	Si	Fe	C	Ca	Mg	Na	K	Mn	Ti	S	Cl
2	40.91	25.86	11.68	9.24	6.88	3.33	0.67	0.50	0.39	0.20	0.16	0.13	0.05
3	29.07	18.88	6.27	31.24	11.00	1.69	0.62	0.46	0.29	0.32	0.10	0.04	0.02

Проведенные исследования по изучению шероховатости поверхности композиционного материала, наполненного модифицированным гематитом – белым чугуном и модифицированным магнетитом – белым чугуном, проводились на образцах с площадью 1,57 см² (табл. 4.6).

Показатели проверки диагностирования степени шероховатости
внешней плоскости КМ

№	Прибор	Виды обработки	Материала	Средние значения после 5-и замеров, мкм	Класс шероховатости (по стандарту)	Шероховатость R_a по стандарту, мкм	Шероховатость R_z по стандарту, мкм
1	Профилометр-296 Длина трассы 1,5 Отсечка шага 2,5 Предел измерения 10	-	КМ наполненный магнетитом и белым чугуном	8,85	4	10	40
2	Профилометр-296 Длина трассы 1,5 Отсечка шага 2,5 Предел измерения 10	-	КМ наполненный гематитом и белым чугуном	2,45	6	2,5	10

Показателями экспериментов вследствие диагностирования степени шероховатости внешней плоскости КМ который наполнили модифицированным магнетитом и белым чугуном, а также модифицированным гематитом и белым чугуном установлено, что поверхность композиционного материала, наполненного модифицированным гематитом и белым чугуном является более гладкой по отношению композиционного материала, наполненного модифицированным магнетитом – белым чугуном. Благодаря обретенным показателям построена диаграмма шероховатости по шкале R_a (см. рис. 4.20) и R_z (рис.4.21).

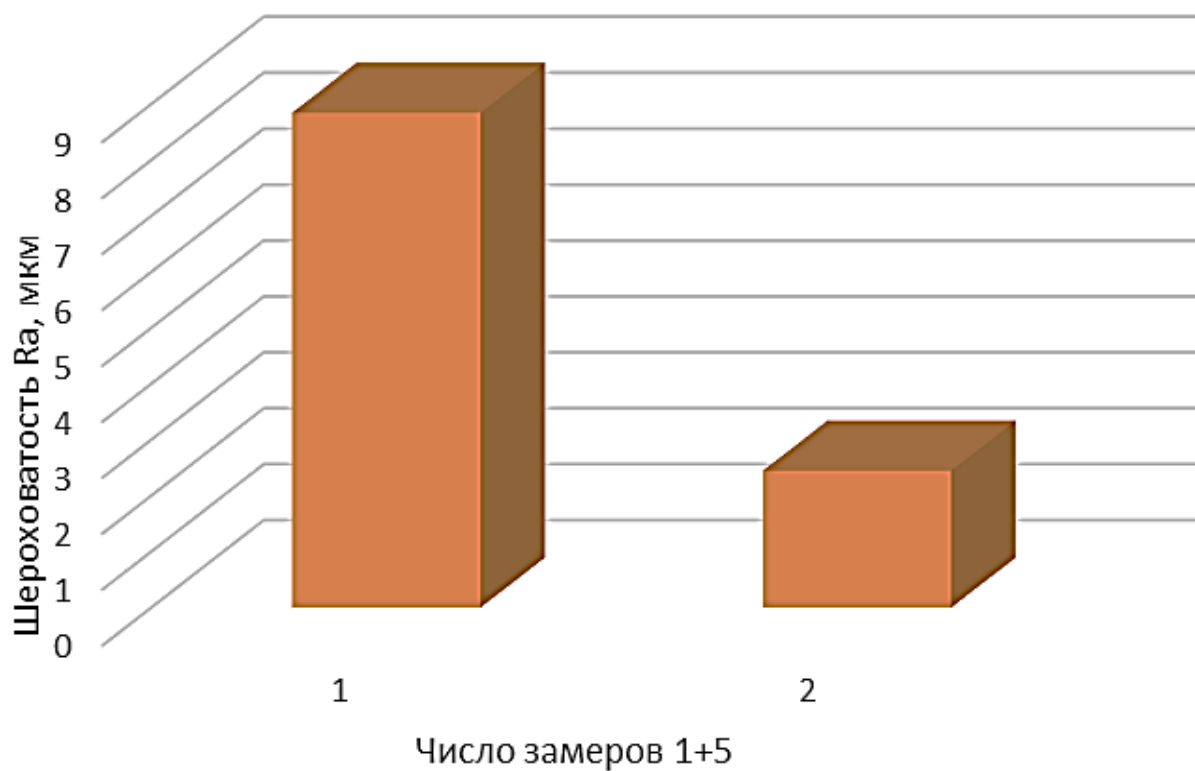


Рисунок 4.20 – Зависимость шероховатости поверхности композиционных материалов от используемых наполнителей; 4- класс

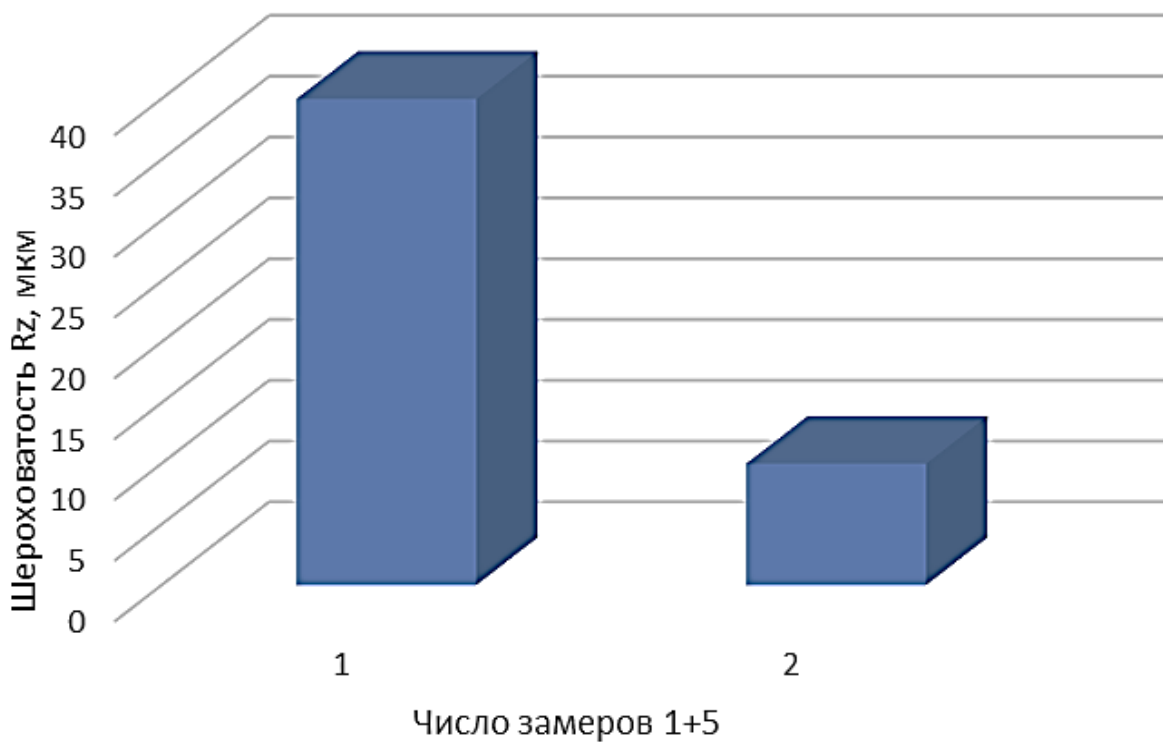


Рисунок 4.21 – Влияние наполнителей на шероховатость поверхности:
4- класс

Проведенный процесс предварительного обжига частиц магнетита для совмещения со сплавом из алюминия [141], в большей степени увеличила эксплуатационные характеристики КМ который был наполнен модифицированным гематитом и белым чугуном (см. табл. 4.7).

Таблица 4.7

Связь прочностных показателей КМ от присутствия в нем модифицированного наполнителя

Содержание компонентов в КМ, масс.%		Предел прочности КМ при сжатии, МПа	Предел прочности КМ при изгибе, МПа
магнетит	белый чугун		
56	14	177	61
42	28	256	87
28	42	369	136,24
14	56	73	51,3

В разработанном РЗКМ из предложенных компонентов на 30% повысился предел прочности при сжатии, примерно на 30 % при изгибе и примерно на 20 % при растяжение относительно выбранных аналогов (см. табл. 4.8).

Были сделаны расчеты о массовых коэффициентах ослабления для основных элементов процесса взаимодействия АМК различного состава с гамма излучением.

Выполненные исследования и произведенные расчеты следствии взаимодействия излучения с высокой энергией всевозможного характера на разработанный композит, даёт утверждения что этот композит можно применяют в качестве строительного радиационно-защитного материала.

Свойства композиционного материала

№ проб	Механические свойства композита, МПа			Линейный коэффициент ослабления (μ) гамма- излучения, см^{-1}	
	предел прочности на сжатие ($\sigma_{\text{сж}}$)	предел прочности на изгиб ($\sigma_{\text{изг}}$)	предел прочности на растяжение ($\sigma_{\text{раст.}}$)	E=0,66 МэВ (^{137}Cs)	E=1,22 МэВ (^{60}Co)
1	640,9	217,5	195,9	0,25	0,15
2	443,3	102,3	121,9	0,44	0,19
3	923	340,6	233	0,37	0,17
4	113,1	41,4	47,8	0,51	0,20

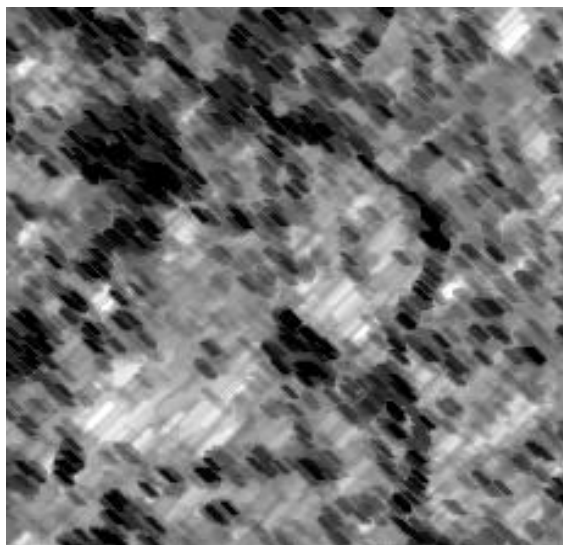
Установленный состав КМ-6 включающий в себя, сначала активированные потом модифицированные наполнители из гематита и белого чугуна и в качестве связующего алюминий находящийся в соотношении: 30 масс.% алюминиевая матрица, 28 масс.% гематит (α - Fe_2O_3), 42 масс.% белый чугун. Результаты эксплуатационных и физико-механических характеристик разработанного КМ-6 приведены ниже в табл.4.9.

В результате проведенных исследований было выяснено, что разработанный КМ-6 не склонен к воздействию знакопеременных температур (рис. 4.22). КМ-6 может переносить термическую интенсивность без появления микротрещин на поверхности: он выносит до 45 прогонов разогревания при 600°C и быстрого охлаждения; до 38 прогонов разогревания при 700°C и быстрого охлаждения; до 30 прогонов разогревания при 800°C и быстрого охлаждения; до 23 прогонов разогревания при 900°C и быстрого охлаждения (см. рис. 4.22); Определено что вид исследованных микро-ранок на внешней плоскости КМ-6 не обусловлен от степени нагретости окружения, а обусловлен от числа прогонов разогревания и быстрого охлаждения - в ходе

Основные эксплуатационные и физико-механические характеристики
разработанного КМ-6

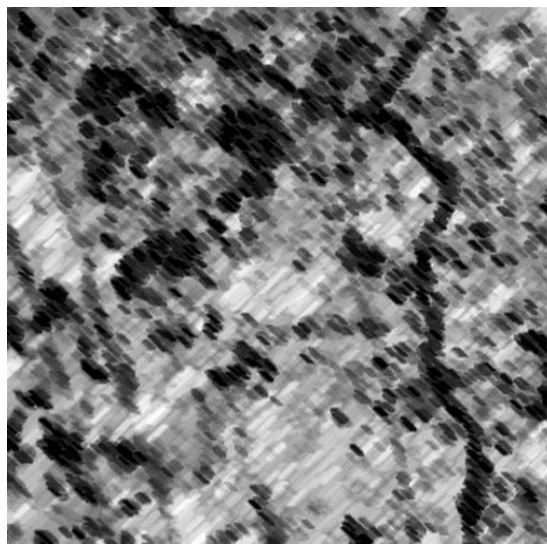
№	Показатели	Значения
1	Плотность композиционного материала, кг/м ³	4140
2	Прочность композиционного материала при сжатии, МПа	923
3	Прочность композиционного материала при изгибе, МПа	340,6
4	Прочность композиционного материала при растяжении, МПа	233
5	Модуль упругости композиционного материала, МПа	1,53*10 ⁶
6	Ударная вязкость композиционного материала, МДж/ м ²	0,49
7	Твердость по Бринеллю композиционного материала, НВ (10, 3000,10)	257
8	Твердость по Роквеллу композиционного материала, HRC	107
9	Микротвердость по Виккерсу композиционного материала, МПа	3427
10	Термостойкость композиционного материала, °С	600
11	Температура плавления композиционного материала, °С	1300
12	Водопоглощение композиционного материала (30 сут.)	0
13	Химическая стойкость композиционного материала (без потери массы), рН	4 - 9

добавления прогонов наблюдается расширение геометрического размера микро-ранок КМ и их величина разброса по микроструктуре разработанного композиционного материала.



300x300 μm

а)



300x300 μm

б)

Рисунок 4.22. – Структура поверхность разработанного КМ-6: а) начальное образованные микротрещины во время нагрева при температуре 700°C, б) расширение образовавшихся микротрещины из-за увеличения циклов от 38 до 45 при температуре 700°C

Разработанный КМ-6 можно использовать при температуре 600°C и под влиянием внешних нагрузок до 923 МПа (рис. 4.23.)

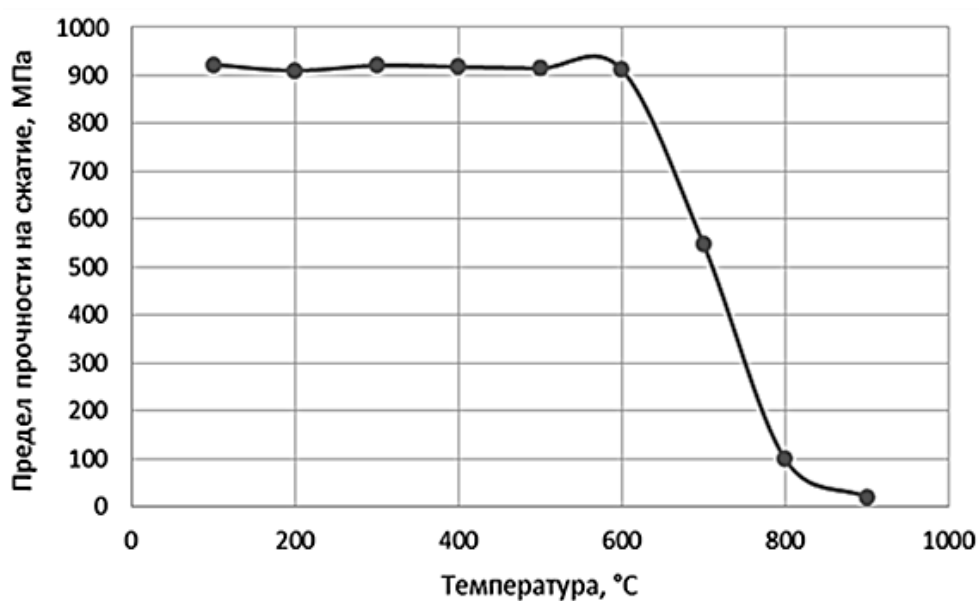


Рисунок 4.23 – Зависимость образцов КМ-6 на предел прочности при сжатии от температуры обработки

Анализ главных эксплуатационных и физико-механических характеристик КМ-6, способствует подойти к заключению, что КМ-6 можно применять в роли строительного материала для производства несущих конструкций и всевозможных инженерных барьеров, которые можно использовать под влиянием внешних нагрузок до 923 МПа при температуре 600°С.

4.7. Радиационно-защитные характеристики разработанного композиционного материала

Радиационные испытания композиционного материала в потоке быстрых нейтронов. Полученные композиционные материалы прошли испытания в научно-исследовательском отделе Агентства по ядерной и радиационной безопасности НАН Таджикистана. Композиционные материалы испытаны на установке (рис. 4.24 и 4.25) в потоке быстрых нейтронов.

Нейтронный источник Калифорний-252 (^{252}Cf) марки CF230140000-5UA производства фирмы Eckertand Ziegler, США с активностью 184 кБк находится в герметичной капсуле (рис. 4.24) и помещен в контейнер из парафина (рис. 4.25). Энергия нейтронов в основном варьируется от 1 до 20 МэВ. Поток нейтронов до $5 \cdot 10^7$ нейтрон/сек.

Образцы композиционных материалов округлой формы диаметром 100 мм при толщине 20 мм закреплялись на пути быстрых нейтронов (на крышке контейнера), для того чтобы при выходе быстрые нейтроны падали под прямым углом на гладкую плоскость изготовленных композитов.

Посредством нейтронного детектора «Inspector 1000» производство «Canberra USA» измеряли ослабление выхода нейтронов. Результаты проведенных испытаний приведены в табл. 4.10.



Рисунок 4.24. - Герметичная капсула

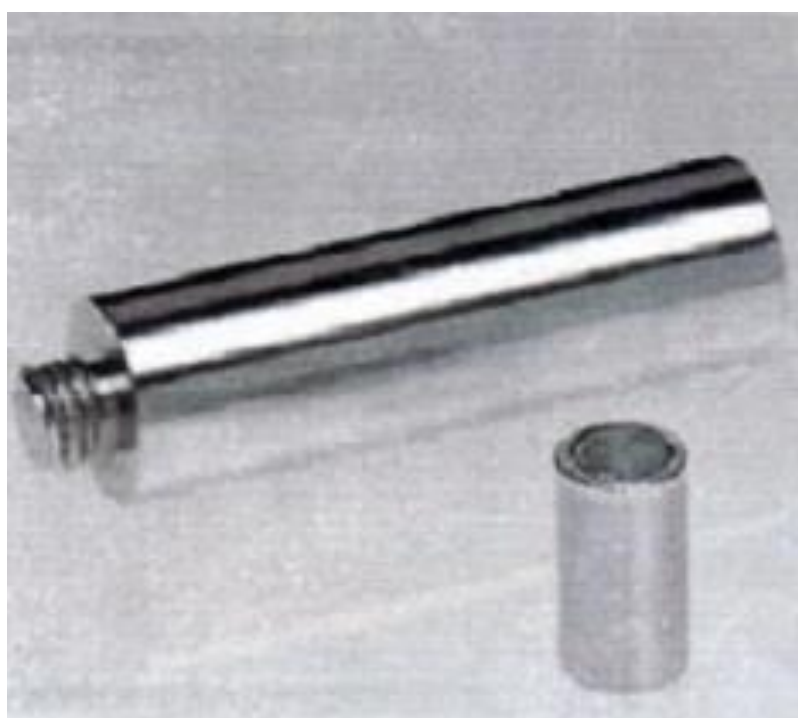


Рисунок 4.25. – Парафиновый контейнер

Изготовленные образцы разработанных композиционных материалов, которые имеют круглый вид при диаметре 100 мм и толщине 20 мм что отбирались на основе определения выставленной дилеммы радиационно-защитных свойств создаваемого материала, поставили на пути быстрых нейтронов (на крышке контейнера рис. 4.24), для того чтобы при выходе быстрые нейтроны падали под прямым углом на гладкую плоскость изготовленных композитов. Позади образцов которые в дальнейшем облучались в упор на обратной стороне закрепили дозиметр которую экранировали от проникновения рассеянных нейтронов.

Таблица 4.10

Испытание композиционного материала на нейтронном источнике (^{252}Cf)

№ образцов	Толщина КМ 20 мм, диаметр 100 мм	Число замеров					Среднее значение
		1	2	3	4	5	
Активность, кБк		184					
КМ – 1		75	81	78	91	82	81,4
КМ – 2		63	67	59	65	73	65,4
КМ – 3		41	49	51	53	55	49,8
КМ – 4		37	42	39	47	51	43,2
КМ – 5		32	36	39	37	41	37
КМ – 6		30	26	27	28	27	27,6
КМ – 7		28	29	27	25	23	26,4
КМ – 8		27	31	25	23	21	25,4

При непрерывном облучении композиционных материалов быстрыми нейтронами с активностью $E = 1-20$ МэВ отслеживалась плавное уменьшение мощности дозы до определенных наименьших значений. Мощность дозы позади изучающего образца обуславливает их размер т.е. d/R (здесь d -толщина

изучающего образца, а R -расчетный пробег нейтронов с установленной энергией).

Результаты исследуемых образцов одной толщины по изучению кинетических изменений мощности дозы нейтронного излучения в позади образцов представлена на рисунке 4.26.

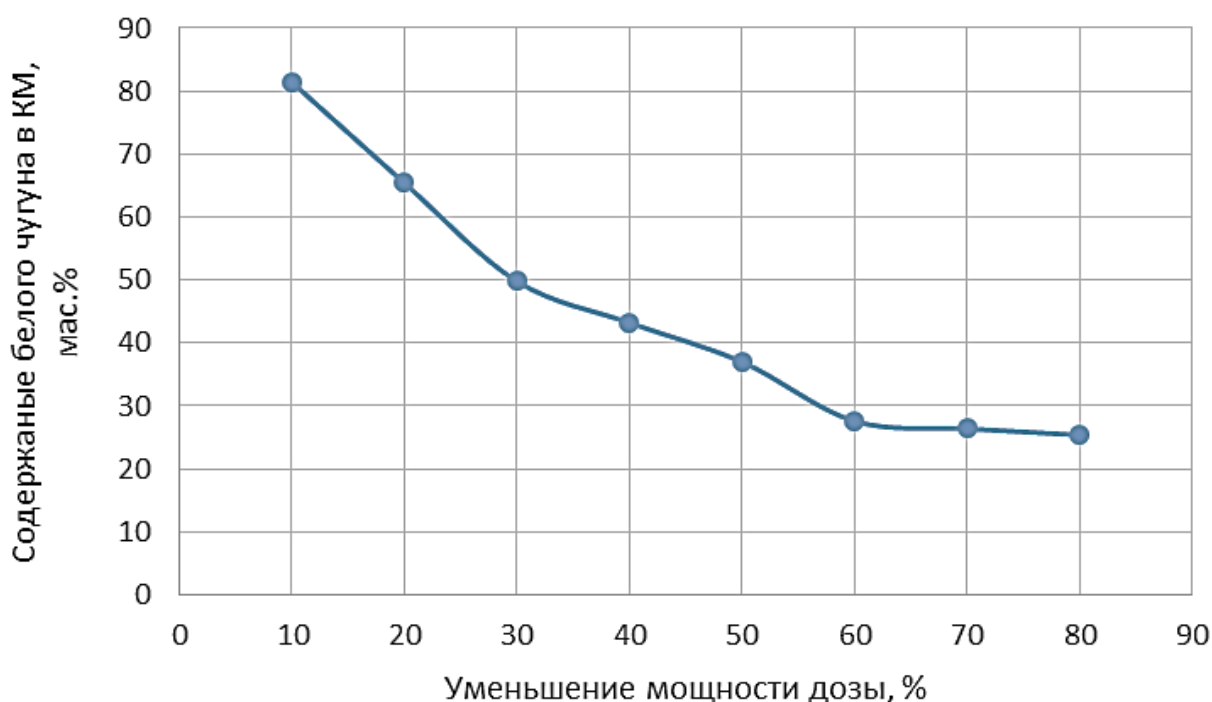


Рисунок 4.26. – Зависимости уменьшения мощности дозы быстрых нейтронов от содержания наполнителя (белого чугуна) в разработанном композиционном материале

После проведенных исследований было выявлено что позади изучающего образца КМ - 6 при толщине 0,20 мм мощность дозы после 30 сек с начала воздействия быстрых нейтронов снизилась на 85,33 % и в дальнейшем не менялась.

Из полученных результатов проведенных исследований можно прийти к выводу что разработанный КМ-6 имеет способность снизит на 80-90% поток нейтронов, а также что образец КМ-6 может быть использовано в области ядерной безопасности, как материал для защиты от нейтронов.

Испытания на определение уровня ослабления гамма-излучения в композиционном материале. Измерение степени уменьшения гамма излучения предлагаемых образцов осуществили в следствии использования источников цезия сто тридцать седьмого энергия которого равна $0,66 \cdot 10^6$ эВ и шестидесятого кобальта энергия которого равна $1,25 \cdot 10^6$ эВ. Изготовленные образцы разработанных композиционных материалов, которые имеют круглый вид при диаметре 200 мм и толщине 10 мм поставили в центре на пути гамма излучения на расстоянии одного метра, который рассчитали по коллиматору малого размера. Для того чтобы измерит МЭД гамма излучения применили дозиметр ESMFH40G-L10 THERMO производства Германии, с/н: 019887 2008 года. Результаты замеров приведены в табл. 4.11 и табл. 4.12.

Таблица 4.11

Результаты замеров МЭД гамма- излучения (мкЗв/ч) образцов на источнике (^{137}Cs)

№ образцов	Толщина КМ, см	Число замеров						Среднее значение
		1	2	3	4	5	6	
Фоновое значение комнаты		0,290	0,285	0,295	0,273	0,277	0,279	0,283
Мощность дозы источника		847	831	892	765	795	842	828,6
КМ - 1	1	403	387	475	463	391	487	434,33
КМ - 2	1	380	291	297	372	301	392	338,83
КМ - 3	1	279	271	253	267	245	251	261
КМ - 4	1	192	191	180	172	195	204	189
КМ - 5	1	139	121	109	97	93	95	109
КМ - 6	1	75	25	15	28	47	35	37,5
КМ - 7	1	26	23	41	71	13	33	34,5
КМ - 8	1	69	27	13	24	37	21	31,83

Из приведённых испытаний можно прийти к выводу что композиционный материал образца номер 6 подходит для создания радиационно-защитных материалов так как композит с данным содержанием компонентов имеет более высокие физико-механические свойства.

Использование разработанного КМ дает возможность обеспечить лучшей защитой обслуживающего персонала и оборудования от гамма излучения.

Таблица 4.12.

Результаты замеров МЭД гамма- излучения (мкЗв/ч) образцов на источнике (^{60}Co)

№ образцов	Толщина КМ 1 см	Число замеров						Среднее значение
		1	2	3	4	5	6	
Фоновое значение комнаты		0,280	0,273	0,287	0,275	0,281	0,271	0,278
Мощность дозы источника		1023	1035	997	983	1005	1025	1011,33
КМ - 1	1	535	487	501	520	493	408	490,66
КМ - 2	1	391	397	405	393	415	401	400,33
КМ - 3	1	321	310	310	336	328	341	324,33
КМ - 4	1	241	253	262	245	252	263	252,66
КМ - 5	1	101	150	131	97	125	142	124,33
КМ - 6	1	31	27	49	77	38	45	44,5
КМ - 7	1	53	41	47	42	38	35	42,66
КМ - 8	1	27	51	35	33	41	37	37,33

Все проведенные испытания по вычислению линейных коэффициентов ослабления гамма излучения разработанных образцов осуществляли с отнятием фоновых значений.

На таблице 4.13 представлены итоги по вычислению линейных коэффициентов ослабления (μ) гамма излучения.

Таблица 4.13

Вычисления μ (линейный коэффициент ослабления гамма излучения), см^{-1}

$E=0,66 \text{ МэВ } (^{137}\text{Cs})$	$E=1,25 \text{ МэВ } (^{60}\text{Co})$
0,64	0,72
0,89	0,92
1,15	1,13
1,47	1,38
2,03	2,09
3,10	3,12
3,18	3,17
3,26	3,30

Радиационная стойкость разработанного композиционного материала КМ-6. По ГОСТу 25645.331 определен арбитражный критерий радиационной стойкости КМ. Этот критерий характеризуется тем что при получении определенной дозы композитом его прочность снижается в два раза.

Исследование по воздействию гамма-квантов на разработанный композит провели на точечном источнике ^{60}Co . После поглощения определенной дозы, КМ-6 испытывался на прочность при изгибе и сжатии (см. рис. 4.27).

Посредством включения собранных данных нашли дозу при которых прочность КМ-6 снижается в два раза которая равна 26,6 МГр. Как можно увидеть из рисунка 4.27 прочность не снижается вплоть до величины поглощенной дозы 17,5 МГр.

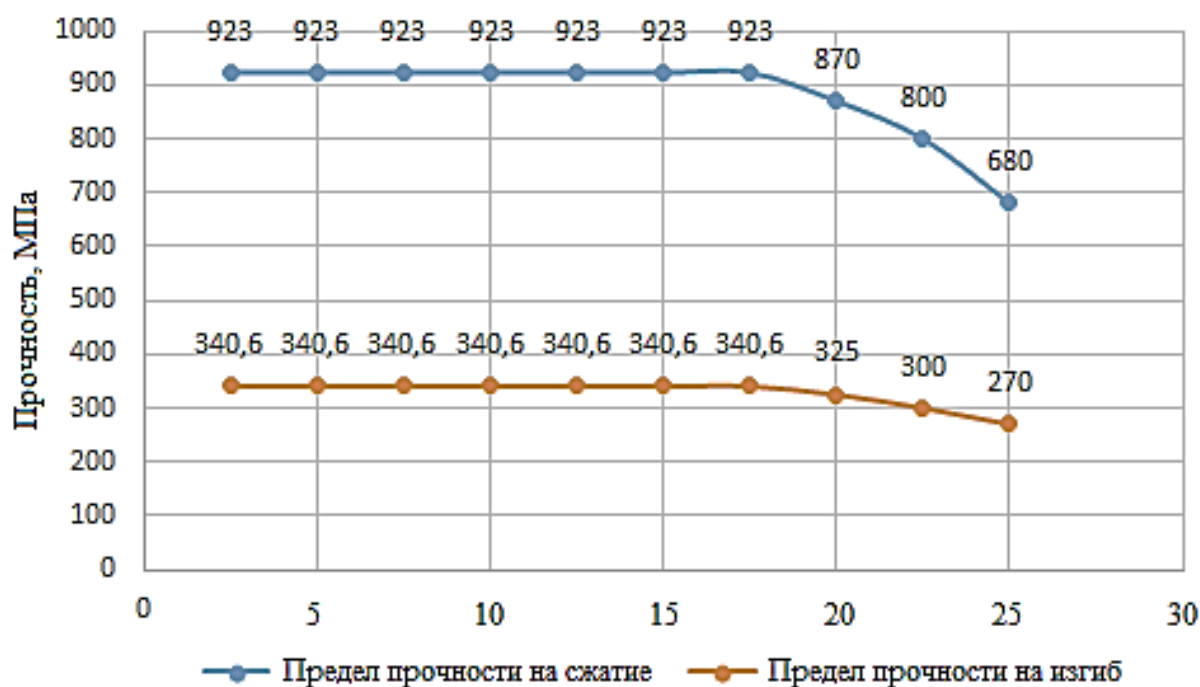


Рисунок 4.27. Связь прочности КМ-6 от воздействия источника ^{60}Co (поглощения гамма излучения)

Разработанный КМ-6, можно использовать в образе РЗМ, при степени нагретости $873,15\text{K}$ (600°C) и под воздействием внешних нагрузок до $9,23 \cdot 10^8 \text{Па}$, в дополнение обеспечивает практическую биологическую защиту вследствие воздействия гамма излучения от источника шестидесятого кобальта с энергией $1,2 \cdot 10^6 \text{эВ}$ и при поглощённой дозе $17,5 \cdot 10^6 \text{Гр}$.

4.8. Выводы по четвёртой главе

Разработаны научные основы получения композитов типа АМК на основе модифицированного гематита и белого чугуна. Разбор кристаллической решетки железных оксидов ионами железа (Fe^{3+}) заключается в сформировании насаждения на активизированной поверхности ионов алюминия (Al^{3+}). Активирование наполнителей при помощи гидроксिलирование внешней плоскости наполнителей путем создания соименных дисперсных фаз железных ионов, адсорбированные из раствора нитрата железа $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Проявившейся способ модификации оксидных форм железа с помощью адсорбции ионов алюминия на поверхности частиц гематита при использовании водяного раствора нитрата алюминия ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), для обеспечения физико-химических соединений с расплавленным алюминием. Доказано что гидроксильные группы поверхности активированных частиц гематита считается главной формой реакционных центров благодаря которым осуществляется модификация.

Модификация поверхности оксидной формы железа алюмооксидной пленкой служит повышению прочности, т.е. на 30 % повысился предел прочности на сжатие, примерно на 30 % предел прочности на изгиб и примерно на 20 % предел прочности на растяжения.

Исходя из выполненных испытаний, разработанная технологическая схема позволило получить КМ из металлического алюминия и модифицированных железосодержащих отходов и белого чугуна. Разработанный КМ-6 можно использовать при температуре 873,15К (600°C) и под воздействием внешних нагрузок до $9,23 \cdot 10^8$ Па который не противоречит нынешним запросам НРБ-99 в интересах биологической защиты всевозможных объектов вследствие воздействия гамма излучения от источника шестидесятого кобальта с энергией $1,2 \cdot 10^6$ эВ и при поглощённой дозе $17,5 \cdot 10^6$ Гр

ВЫВОДЫ

1. Основные научные результаты диссертации:

1.1. Результаты анализа имеющихся литературных источников представляют собой полезную базу данных для создания и сравнения КМ, имеющие максимальные эксплуатационные и радиационно-защитные характеристики с применением местных сырьевых ресурсов Таджикистана [5, 19-А].

1.2. Отмечается, что разработанный состав сухой отделочной строительной смеси с применением концентрата магнетита обеспечивает эффективную защиту при меньшей толщине, чем аналогичные строительные материалы. Результаты проведенных экспериментов по изучению защитных свойств разработанной смеси при толщине в 10 мм обеспечивает защиту от излучений различного рода радионуклидов, например, для источника ^{137}Cs уменьшает до 1,18 раза и рентгеновское излучение до 824 раза. При добавлении толщины защитного слоя коэффициент полезного действия защиты повышается [1, 5, 20-А].

1.3. Разработана технология получения композита для покрытия поверхности радиоактивных хвостохранилищ. Установлено, что при покрытии предложенной радиационно-защитной смесью толщиной 0,45 м, способствует к 25-и кратному ослаблению значения МЭД гамма-излучения и 4 кратному снижению ППР по сравнению исходных значений [3, 6-14, 16, 21-А].

1.4. Разработана технология приготовления радиационно-защитной панели с использованием местных сырьевых ресурсов Таджикистана. К преимуществам предлагаемой панели относится низкая токсичность исходных материалов, по сравнению со свинцом. Формированная панель толщиной 10 мм обеспечивает коэффициент ослабления гамма-излучения радионуклида ^{137}Cs в 0,0332 раза, также панел толщиной 30 мм обеспечивает коэффициент ослабления рентгеновского излучения (при мощности 3820

мкЗв/ч при направленном излучении на расстоянии 0,7 м) в 0,27 раза [15-А].

1.5. Разработанные научные основы получения композитов на базе матрицы из алюминия и наполнителей из модифицированного гематита и белого чугуна. Активирование наполнителей при помощи гидроксилирование внешней плоскости наполнителей путем создания соименных дисперсных фаз железных ионов адсорбированные из раствора нитрата железа $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ [1,2,4-А].

1.6. Выявлен порядок модифицирования оксидных форм железа посредством адсорбции алюминиевых ионов на внешней плоскости гематитовых и магнетитовых частиц вследствие применения раствора нитрата алюминия $(\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$. Доказано что гидроксильные группы поверхности активированных частиц гематита считается главной формой реакционных центров благодаря которым осуществляется модификация [1, 2, 4, 17-А].

1.7. Модификация поверхности оксидной формы железа алюмооксидной пленкой служит повышению прочности, т.е. на 30 % повысился предел прочности на сжатие, примерно на 30 % предел прочности на изгиб и примерно на 20 % предел прочности на растяжения [18-А].

1.8. Изучены основные эксплуатационные и физико-механические характеристики разработанного композита типа АМК. Определено, что разработанный композит обладает максимальными РЗ и прочностными характеристиками которую можно использовать при температуре 873,15 К (600 °С) и под воздействием внешних нагрузок до $9,23 \cdot 10^8$ Па. Токушей материал имеет способность работать при воздействии фотонных излучений от источника шестидесятого кобальта с энергией $1,2 \cdot 10^6$ эВ и при поглощённой дозе $17,5 \cdot 10^6$ Гр [17, 18-А].

2. Рекомендации по практическому использованию результатов исследования:

2.1.Автором рекомендовано использование композита из 70%-магнетитового концентрата, 15%-портландцемента марки М-500, 15%-гашеной извести в остальном количестве воды, для оштукатуривания стен медицинских учреждений, использующих ИИИ для радиационной безопасности обслуживающего персонала и окружающей среды.

2.2.Состав смеси из 25%-серы, 15%-бентонита, 15%-магнетита, 20%-кварцевого песка и 25%-кварцевого щебня советуется задействовать для прикрытия поверхности радиоактивных хвостохранилищ для снижения мощности эквивалентной дозы гамма излучения и выделения радона.

2.3.Полученная радиационно-защитная панель из следующих компонентов, мас. %: кости крупного рогатого скота – 40; магнетит – 10; природный барит – 30; бентонит – 10, портландцемент М-500 – 10; вода – остальное, рекомендуется использованию в медицинских учреждениях в рентгенкабинетах, для защиты посетителей, обслуживающего персонала, оборудования и окружающей среды от гамма- и рентгеновского излучения.

2.4.Разработанная радиационно-защитная дверь из следующих компонентов, мас. %: концентрат свинца - 33%; концентрат магнетита - 33%; концентрат барита - 33%; и вода остальное, рекомендуется использованию в рентгенкабинетах, для защиты обслуживающего персонала, посетителей и окружающей среды от гамма- и рентгеновского излучения..

2.5.Разработанный КМ в виде АМК получился неизменным по части физических и механических параметров, его можно задействовать наподобие материалов для строительства и параллельное экранирования от ИИИ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

[1].Anshul, A.Chemically formulated ceramic gamma ray irradiation shielding materials utilising red mud. / A.Anshul, S.S.Amritphale, N.Chandra, N.Ramakrishnan, A.Shrivastava, U.S.P.Verma // Advances in Applied Ceramics. 2009. Vol.108, №7. P.429-437.

[2].Needleman, H. Lead Poisoning. / H.Needleman // Annual Review of Medicine. 2004. Vol.55, №1. P.209-222.

[3].Kaur, T.Review on scope of metallic alloys in gamma rays shield designing. / T.Kaur, J.Sharma, T.Singh // Progress in Nuclear Energy. 2019. Vol.113. P.95-113.

[4]. Aygün, B.Development and production of metal oxide doped glasses for gamma ray and fast neutron shielding. / B.Aygün, E.Şakar, E.Cinan, N.Y.Yorgun, M.I.Sayyed, O.Agar, A.Karabulut // Radiation Physics and Chemistry. 2020. Vol.174. P.108897.

[5]. Zorla, E.Radiation shielding properties of high performance concrete reinforced with basalt fibers infused with natural and enriched boron. / E.Zorla, C.Ipbüker, A.Biland, M.Kiisk, S.Kovaljov, A.H.Tkaczyk, V.V.Gulik // Nuclear Engineering and Design. 2017. Vol.313. P.306-318.

[6]. Makarious, A.S.On the utilization of heavy concrete for radiation shielding. / A.S.Makarious, I.I.Bashter, A.El-Sayed Abdo, M.Samir Abdel Azim, W.A.Kansouh // Annals of Nuclear Energy. 1996. Vol.23, №3. P.195-206.

[7]. Ouda, A.S. Estimation of Radiation Properties of High-Performance Concrete for Use in Nuclear Installations. / A.S.Ouda // Journal of Materials in Civil Engineering. 2016. Vol.28, №11. P.04016121.

[8]. Mesbahi, A.Shielding properties of the ordinary concrete loaded with micro- and nano-particles against neutron and gamma radiations. / A.Mesbahi, H.Ghiasi // Applied Radiation and Isotopes. 2018. Vol.136. P.27-31.

[9]. Sikora, P. Incorporation of magnetite powder as a cement additive for improving thermal resistance and gamma-ray shielding properties of cement-based composites. / P. Sikora, M. Abd Elrahman, E. Horszczaruk, P. Brzozowski, D. Stephan // *Construction and Building Materials*. 2019. Vol.204. P.113-121.

[10]. Kansouh W.A. Radiation distribution through serpentine concrete using local materials and its application as a reactor biological shield. / W.A. Kansouh // *Annals of Nuclear Energy*. 2012. Vol.47. P.258-263.

[11]. Esen, Y. Evaluation of physical and mechanical characteristics of siderite concrete to be used as heavy-weight concrete. / Y. Esen, Z.M. Doğan // *Cement and Concrete Composites*. 2017. Vol.82. P.117-127.

[12]. Liu, H. An investigation on physical, mechanical, leaching and radiation shielding behaviors of barite concrete containing recycled cathode ray tube funnel glass aggregate. / H. Liu, J. Shi, H. Qu, D. Ding // *Construction and Building Materials*. 2019. Vol.201. P.818-827.

[13]. Ismail, S. Sustainable Aggregates: The Potential and Challenge for Natural Resources Conservation. / S. Ismail, K.W. Hoe, M. Ramli // *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2013. Vol.101. P.100-109.

[14]. Baalamurugan, J. Utilization of induction furnace steel slag in concrete as coarse aggregate for gamma radiation shielding. / J. Baalamurugan, V. Ganesh Kumar, S. Chandrasekaran, S. Balasundar, B. Venkatraman, R. Padmapriya, V.K. Bupesh Raja // *Journal of Hazardous Materials*. 2019. Vol.369. P.561-568.

[15]. Balletto, G. Relationship between Quarry Activity and Municipal Spatial Planning: A Possible Mediation for the Case of Sardinia, Italy. / G. Balletto, G. Mei, C. Garau // *Sustainability*. 2015. Vol.7, №12. P.16148-16163.

[16]. Dhandapani, Y. Investigation on the microstructure-related characteristics to elucidate performance of composite cement with limestone-calcined clay combination. / Y. Dhandapani, M. Santhanam // *Cement and Concrete Research*. 2020. Vol.129. P.105959.

[17]. Çakıroğlu, M.A. Investigation of Radiation Shielding Properties of Polypropylene Fiber Reinforced Shotcrete. / M.A.Çakıroğlu // Acta Physica Polonica A. 2016. Vol.129, №4. P.705-706.

[18]. Sharma, A.Experimental investigations on mechanical and radiation shielding properties of hybrid lead-steel fiber reinforced concrete. / A.Sharma, G.R.Reddy, L.Varshney, H.Bharathkumar, K.K.Vaze, A.K.Ghosh,H.S.Kushwaha, T.S.Krishnamoorthy // Nuclear Engineering and Design. 2009. Vol.239, №7. P.1180-1185.

[19]. Mohammed, S.D.Investigating the influence of gamma ray energies and steel fiber on attenuation properties of reactive powder concrete. / S.D.Mohammed, W.Z.Majeed, N.B.Naji, N.M.Fawzi // Nuclear Science and Techniques. 2017. Vol.28, №10. P.153.

[20]. Chang, L.Preparation and characterization of tungsten/epoxy composites for γ -rays radiation shielding. / L.Chang, Y.Zhang, Y.Liu, J.Fang, W.Luan, X.Yang, W.Zhang // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. 2015. Vol. 356–357. P. 88–93.

[21]. Okuno, K. Neutron shielding material based on colemanite and epoxy resin. / K.Okuno // Radiation Protection Dosimetry. 2005. Vol.115, №1-4. P.258-261.

[22]. Malkapur, S.M.Effect of mix parameters and hydrogen loading on neutron radiation shielding characteristics of latex modified concrete mixes. / S.M.Malkapur, H.Satdive, M.C.Narasimhan, N.B.Karkera, P.Goverdhan, V.Sathian // Progress in Nuclear Energy. 2015. Vol.83. P.8-12.

[23]. Roslan, M.K.A.High-density concrete: Exploring Ferro boron effects in neutron and gamma radiation shielding. / M.K.A.Roslan, M.Ismail, A.B.H.Kueh, M.R.M.Zin // Construction and Building Materials. 2019. Vol.215. P.718-725.

[24]. Mudgal, M.Development of advanced, non-toxic, synthetic radiation shielding aggregate. / M.Mudgal, R.K.Chouhan, S.Verma, S.S.Amritphale, S.Das, A.Shrivastva // Radiochimica Acta. 2018. Vol.106, №1. P.59-68.

[25]. Tobbala, D.E. Effect of Nano-ferrite addition on mechanical properties and gamma ray attenuation coefficient of steel fiber reinforced heavy weight concrete. / D.E.Tobbala // Construction and Building Materials. 2019. Vol.207. P.48-58.

[26]. Abo-El-Enein, S.A.Gamma radiation shielding, fire resistance and physicochemical characteristics of Portland cement pastes modified with synthesized Fe_2O_3 and ZnO nanoparticles. / S.A.Abo-El-Enein, F.I.El-Hosiny, S.M.A.El-Gamal, M.S.Amin, M.Ramadan // Construction and Building Materials. 2018. Vol.173. P.687-706.

[27]. Erdem, M.A novel shielding material prepared from solid waste containing lead for gamma ray. / M.Erdem, O.Baykara, M.Dođru, F.Kuluöztürk // Radiation Physics and Chemistry. 2010. Vol.79, №9. P.917-922.

[28]. Senani, M.Substitution of the natural sand by crystallized slag of blast furnace in the composition of concrete. / M.Senani, N.Ferhoune, A.Guettala // Alexandria Engineering Journal. 2018. Vol.57, №2. P.851-857.

[29]. Ghannam, S.Experimental study of concrete made with granite and iron powders as partial replacement of sand. / S.Ghannam, H.Najm, R.Vasconez // Sustainable Materials and Technologies. 2016. Vol. 9. P. 1–9.

[30]. Shettima, A.U.Evaluation of iron ore tailings as replacement for fine aggregate in concrete. / A.U.Shettima, M.W.Hussin, Y.Ahmad, J.Mirza // Construction and Building Materials. 2016. Vol. 120. P. 72–79.

[31]. Ul Islam, M.M.Durability properties of sustainable concrete containing high volume palm oil waste materials. / M.M.Ul Islam, K.H.Mo, U.J.Alengaram, M.Z.Jumaat // Journal of Cleaner Production. 2016. Vol.137. P.167-177.

[32]. Tripathi, B.Performance based evaluation of ISF slag as a substitute of natural sand in concrete. / B.Tripathi, S.Chaudhary // Journal of Cleaner Production. 2016. Vol.112. P.672-683.

[33]. Elçi H. Utilisation of crushed floor and wall tile wastes as aggregate in concrete production. / H.Elçi // Journal of Cleaner Production. 2016. Vol.112. P.742-752.

[34]. Singh, M. Compressive strength, drying shrinkage and chemical resistance of concrete incorporating coal bottom ash as partial or total replacement of sand. / M. Singh, R. Siddique // Construction and Building Materials. 2014. Vol. 68. P. 39-48.

[35]. AbuAlRoos, N. J. Conventional and new lead-free radiation shielding materials for radiation protection in nuclear medicine: A review. / N. J. AbuAlRoos, N. A. Baharul Amin, R. Zainon // Radiation Physics and Chemistry. 2019. Vol. 165. P. 108439.

[36]. Khalaf, M. A. The constituents, properties and application of heavyweight concrete: A review. / M. A. Khalaf, C. C. Ban, M. Ramli // Construction and Building Materials. 2019. Vol. 215. P. 73-89.

[37]. Singh, K. J. Gamma-ray shielding and structural properties of PbO–SiO₂ glasses. / K. J. Singh, N. Singh, R. S. Kaundal, K. Singh // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. 2008. Vol. 266, №6. P. 944-948.

[38]. Bobkova, N. M. Low-melting bismuth–borate glass: composition development. / N. M. Bobkova, E. E. Trusova // Glass and Ceramics. 2012. Vol. 68, №11-12. P. 349-352.

[39]. Шульц, М. М. Современные представления о строении стекла и его свойствах / М. М. Шульц, О. В. Мазурин. – Л.: Наука, 1998.

[40]. Мирсаидов, У. М. Синтез боросиликатного стекла для радиационной защиты / У. М. Мирсаидов, А. С. Курбонов, А. П. Тагоев // сборник тезисов второй международной научно-практической конференции «Редкие металлы и материалы на их основе: технологии, свойства и применения» посвященной памяти академика Н. П. Сажина (РЕДМЕТ-2022). – Москва: АО «Гиредмет», 2022. – С. 274-277

[41]. Гулоян, Ю. А. Технология стекла и стеклоизделий. – Владимир: Транзит-Икс, 2015. – 712 с.

[42]. Пат. №2215699 РФ. Способ получения стекла / М. Я. Валеев.

[43]. А.с СССР №666137, кл.СОЗВ 1/00, 1979, авторы способа Л.М.Бутт, Поляк и др. Технология стекла. – М.: Стройиздат, 1971. – С.102-117.

[44]. Wang, K. Radiation shielding properties of flexible liquid metal-GaIn alloy. / K.Wang, J.Hu, T.Chen, J.Tang, Y.Zhai, Y.Feng, Z.Zhao, H.Fan, K.Wang // Progress in Nuclear Energy. 2021. Vol.135. P.103696.

[45]. Almuqrin, A.H. Radiation shielding properties of selected alloys using EPICS2017 data library. / A.H.Almuqrin, J.F.M.Jeong, F.C.Hila, C.V.Balderas, M.I.Sayyed // Progress in Nuclear Energy. 2021. Vol.137. P.103748.

[46]. Rani, N. Gamma radiation shielding properties of some Bi-Sn-Zn alloys. / N.Rani, Y.K.Vermani, T.Singh // Journal of Radiological Protection. 2020. Vol.40, №1. P.296-310.

[47]. Alshahrani, B. Amorphous alloys with high Fe content for radiation shielding applications. / B.Alshahrani, I.O.Olarinoye, C.Mutu Wong, C.Sriwunkum, H.A.Yakout, H.O.Tekin, M.S.Al-Buriahi // Radiation Physics and Chemistry. 2021. Vol.183. P.109386.

[48]. Hamad, R.M. A comprehensive ionizing radiation shielding study of Fe_xSe_{0.5}Te_{0.5} alloys with various iron concentrations. / R.M.Hamad, M.H.A.Mhareb, Y.S.Alajerami, M.I.Sayyed, G.Saleh, M.K.Hamad, Kh.A.Ziq // Journal of Alloys and Compounds. 2021. Vol.858. P.157636.

[49]. Tekin, H.O. The influence of gallium (Ga) additive on nuclear radiation shielding effectiveness of Pd/Mn binary alloys. / H.O.Tekin, O.Kilicoglu // Journal of Alloys and Compounds. 2020. Vol.815. P.152484.

[50]. Obaid, S.S. Determination of gamma ray shielding parameters of rocks and concrete. / S.S.Obaid, D.K.Gaikwad, P.P.Pawar // Radiation Physics and Chemistry. Elsevier Ltd, 2018. Vol.144. P.356-360.

[51]. Mavi, B. Experimental investigation of γ -ray attenuation coefficients for granites. / B. Mavi // Annals of Nuclear Energy. 2012. Vol.44. P.22-25.

[52]. Obaid, S.S. Attenuation coefficients and exposure buildup factor of some rocks for gamma ray shielding applications. / S.S.Obaid, M.I.Sayyed, D.K.Gaikwad, P.P.Pawar // Radiation Physics and Chemistry. Elsevier Ltd, 2018. Vol.148. P.86-94.

[53].Онищук, В.И. Особенности формирования структуры и свойства композиционного материала для радиационной защиты. / В.И.Онищук, Н.А.Четвериков, В.И.Павленко // Перспективные материалы. 2010. №4. С.34-40

[54].Саяпина, О.В. Исследование процесса аморфизации кварца при облучении электронами в высоковольтном электронном микроскопе. / О.В.Саяпина, В.А.Ермишкин – М.:Геология. 1989. - 566 с.

[55].Бондаренко, Г.Г. Радиационная физика, структура и прочность твердых тел. / Г.Г.Бондаренко – М.: Лаборатория знаний. 2016. - 467 с.

[56].Ястребинский, Р.Н. Композиционный материал для защиты от гамма-излучения. / Р.Н.Ястребинский, В.И.Павленко, П.В.Матюхин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им.В.Г.Шухова. 2011. №3. С.15-18.

[57].Ястребинский, Р.Н. Радиационная стойкость конструкционного радиационно-защитного композиционного материала на основе магнетитовой матрицы. / Р.Н.Ястребинский, Г.Г.Бондаренко, В.И.Павленко // Перспективные материалы. 2016. №6. С.23-29

[58].Ястребинская, А.В. Использование гидридсодержащих композитов для защиты ядерных реакторов от нейтронного излучения. / А.В.Ястребинская, П.В.Матюхин, З.В.Павленко, А.В.Карнаухов, Н.И.Черкашина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. №12-6. С.987-990.

[59].Павленко, В.И. Разработка нейтронно-защитных полимерных композитов на основе тонкомолотого гидрида титана. / В.И.Павленко, Г.Г.Бондаренко, Н.И.Черкашина // Перспективные материалы, 2016. №7. С.16-21.

[60].Павленко, З.В. К вопросу использования численного моделирования в разработке радиационно-защитных материалов. / З.В.Павленко, Н.И.Черкашина // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты

окружающей среды Международная научно-техническая конференция. 2015. С.79-83.

[61].Черкашина, Н.И. Использование метода рентгенофазового анализа для изучения свойств модифицированного гидрида титана, подвергнутого термообработке. / Н.И.Черкашина // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды Международная научно-техническая конференция. 2015. С.117-120.

[62].Черкашина, Н.И. Повышение дисперсности гидрида титана. / Н.И.Черкашина, О.В.Демченко // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды Международная научно-техническая конференция. 2015. С.120-124.

[63].Черкашина, Н.И. Нанотрубчатые наполнители с повышенной способностью поглощения гамма-излучения. / Н.И.Черкашина, П.В.Матюхин, И.В.Соколенко // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. №12-7. С.1187-1190.

[64].Матюхин, П.В. Воздействие электронного излучения на радиационно-защитные железосодержащие материалы. / П.В.Матюхин, З.В.Павленко, А.В.Карнаухов, Н.И.Черкашина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. №12-6. С.970-973.

[65].Гульбин, В.Н. Металломатричные композиты, наполненные твердыми порошками. / В.Н.Гульбин // В сборнике: Новые материалы, перспективные технологии металлургии Сборник докладов симпозиума в рамках научно-технического конгресса «Международного Форума Двигателестроения» («МФД-2014»). ФГУП ВИАМ. 2014. С.7.

[66].Матюхин, П.В. Термостойкие радиационно-защитные композиционные материалы, эксплуатируемые при высоких температурах. / П.В.Матюхин, В.И.Павленко, Р.Н.Ястребинский, В.А.Дороганов,

Н.И.Черкашина, Е.И.Евтушенко // Огнеупоры и техническая керамика. 2014. №7-8. С.23-25.

[67].Самойлова, Ю.М. Радиационно-защитный композит на основе Al-матрицы, наполненной оксидом железа. / Ю.М.Самойлова, Н.И.Черкашина // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды Международная научно-техническая конференция. 2015. С.97-101.

[68].Матюхин, П.В. Неорганический радиационно-защитный металлокомпозиционный материал строительного назначения. / П.В.Матюхин // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. №9. С.35-39.

[69].Матюхин, П.В. Термостойкие полимерные композиты для нейтронной и гамма-защиты. / П.В.Матюхин // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. №9 (28). С.39-40.

[70].Matyukhin, P.V. Theoretical preconditions of new kinds of nuclear protective metal composite materials development based on ferric and bismuth oxides capsulated into metallic aluminum matrix. / P.V.Matyukhin // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2011. №2. С.42.

[71].Матюхин, П.В. Нанотрубчатые наполнители радиационно-защитных композиционных материалов. / П.В.Матюхин // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. №6-1 (25). С.59-60.

[72].Матюхин, П.В. Металлобетонный композит на основе модифицированного высокодисперсного оксида железа и металлического алюминия: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Белгород, 2004.

[73].Черкашина, Н.И. Разработка высоконаполненного полимерного композита, наполненного тяжелыми элементами. / Н.И.Черкашина, В.В.Сухорослова // В сборнике: Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды Международная научно-техническая конференция. 2015. С.124-128.

[74].Павленко, В.И. Исследование механизмов синтеза и модифицирования нанокристаллического наполнителя полимерных матриц. / В.И.Павленко, Н.И.Черкашина, Д.А.Иваницкий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова. 2016. №10. С.185-190.

[75].Ястребинская, А.В. Радиационно-защитные нанонаполненные полимеры. / А.В.Ястребинская, Н.И.Черкашина, П.В.Матюхин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. №12-7. С.1191-1194.

[76].Matyukhin, P.V. The high-energy radiation effect on the modified iron-containing composite material. / P.V.Matyukhin, R.N.Yastrebinskii, V.I.Pavlenko, N.I.Cherkashina // World Applied Sciences Journal. 2013. №25. С.1343.

[77].Гульбин, В.Н. Разработка композиционных материалов, модифицированных нанопорошками, для радиационной защиты в атомной энергетике. / В.Н.Гульбин // Ядерная физика и инжиниринг. 2011. Т.2. №3. С.272-286.

[78].Павленко, В.И. Синтез нанодисперсного наполнителя для полимерных композиционных материалов терморегулирующего назначения. / В.И.Павленко, Н.И.Черкашина, З.В.Павленко // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет журнал. 2016. Т.8. №5. С.21-37.

[79].Матюхин, П.В. Поглощающие нейтроны нанотрубчатые наполнители высокотемпературных полимеров. / П.В.Матюхин, А.В.Ястребинская, Н.И.Черкашина, В.В.Коба // Успехи современного естествознания. 2015. №10. С.36-39.

[80].Matyukhin, P.V. The high-energy radiation effect on the modified iron-containing composite material. / P.V.Matyukhin, V.I.Pavlenko, R.N.Yastrebinsky, N.I.Cherkashina // Middle East Journal of Scientific Research. 2013. Т.17. №9. С.1343-1349.

[81].Yastrebinsky, R.N. Modifying the surface of iron-oxide minerals with organic and inorganic modifiers. / R.N.Yastrebinsky, V.I.Pavlenko, P.V.Matyukhin,

N.I.Cherkashina, O.V.Kuprieva // Middle East Journal of Scientific Research. 2013. T.18. №10. С.1455-1462.

[82].Черкашина, Н.И. Влияние высоких давлений прессования при синтезе на изменение физико-механических характеристик полимерных композитов на основе термопластичных эластомеров. / Н.И.Черкашина, Э.В.Прут, П.В.Матюхин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова. 2016. №12. С.155-159.

[83].Pavlenko, V.I. Using the high-dispersity $[\alpha]\text{-Al}_2\text{O}_3$ as a filler for polymer matrices, resistant against the atomic oxygen. / V.I.Pavlenko, N.I.Cherkashina, A.V.Yastrebinskaya, P.V.Matyukhin, O.V.Kuprieva // World Applied Sciences Journal. 2013. T.25. №12. С.1740-1746

[84].Черкашина, Н.И. Исследование влияния вакуумного ультрафиолета на морфологию поверхности наноуполненных полимерных композиционных материалов в условиях, приближенных к условиям околоземного космического пространства. / Н.И.Черкашина, В.И.Павленко, А.С.Едаменко, П.В.Матюхин // Современные проблемы науки и образования. 2012. №6. С.129.

[85].Черкашина, Н.И. Воздействие вакуумного ультрафиолета на полимерные композиты терморегулирующего назначения. / Н.И.Черкашина // Международный научно-исследовательский журнал, 2016. №7-4 (49). С.72-77.

[86].Черкашина, Н.И. Устойчивость терморегулирующих покрытий на основе полимерных композитов к микрометеоритному воздействию. / Н.И.Черкашина // Международный научно-исследовательский журнал, 2016. №6-2 (48). С.165-170.

[87].Черник, В.Н. Исследование эрозии полимерных волокон в потоках кислородной плазмы. / В.Н.Черник, Л.С.Новиков, Г.Г.Бондаренко, А.И.Гайдар, Т.Н.Смирнова // Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2010. Т.74. №2. С.289-292.

[88].Алфимова, Н.И. Современные тенденции развития радиационно-защитного материаловедения. / Н.И.Алфимова, С.Ю.Пириева,

А.В.Федоренко, М.С.Шейченко, Я.Ю.Вишневецкая // Вестник БГТУ им.В.Г.Шухова. 2017. №4. С.20-25

[89].Матюхин, П.В. Жаропрочный радиационно-защитный композиционный материал конструкционного назначения. / П.В.Матюхин, В.И.Павленко, Р.Н.Ястребинский, Н.И.Черкашина, В.А.Дороганов, Е.И.Евтушенко // Огнеупоры и техническая керамика. 2014. №10. С.32-36.

[90].Чердынцев, В.В. Металломатричные радиационно-защитные композиционные материалы на основе алюминия. / В.В.Чердынцев, М.В.Горшенков, В.Д.Данилов, С.Д.Калошкин, В.Н.Гульбин // Металловедение и термическая обработка металлов. 2013. №1(691). С.14-18.

[91].Gulbin, V.N. Development and research of radio and radiation-protective composite materials. / V.N.Gulbin, N.S.Kolpakov, V.V.Gorkavenko, V.V.Cherdyntsev // Нанотехнологии: разработка, применение – XXIвек. 2015. Т.7. №2. С.17-25.

[92].Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений: Справочник. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1995. – 496 с.

[93]. Файзиев, А.Р. О генезисе баритового оруденения Карамазара (Северный Таджикистан). / А.Р.Файзиев, М.Л.Гадоев // Доклады АН Республики Таджикистан. 2006. Т.49. №1. С.53-57

[94]. Файзиев, А.Р. Условия формирования баритовой минерализации в месторождениях Карамазара (Северный Таджикистан). / А.Р.Файзиев, М.Л.Гадоев // Доклады АН Республики Таджикистан. 2006. Т.49. №10-12. С.943-947

[95]. Савельев, А.К. Геология баритовых месторождений. – М.: Недра. 1978. - 192 с.

[96]. Моисеева, М.И. Минералогия Кураминского хребта. – Ташкент: Фан. 1969. С.125-132.

[97]. Бадалов, С.Т. Изотопы серы и вопросы рудообразования. / С.Т.Бадалов, В.И.Виноградов – М.: Наука. 1967. С.72-83.

[98]. Файзиев, А.Р. Минералогия, генезис и закономерности размещения флюоритовых месторождений центрального Таджикистана. – Душанбе: Дониш. 1991. - 314 с.

[99]. Гадоев, М.Л. Минералогические особенности собственно баритовых месторождений и рудопроявлений Карамазара (Северный Таджикистан). / М.Л.Гадоев // Доклады АН Республики Таджикистан. 2003. Т.46. №7-8. С.46-57

[100]. Гадоев, М.Л. Флюориты баритовых месторождений Северного Таджикистана. / М.Л.Гадоев // Доклады АН Республики Таджикистан. 2015. Т.58. №4. С.331-337

[101]. Гадоев, М.Л. Минеральный состав кварц-баритовых жил месторождения Музбек (Северный Таджикистан). / М.Л.Гадоев // Доклады АН Республики Таджикистан. 2003. Т.46.

[102]. Назаров, Х.М. Особенности переработки халькопирит-молибденит-магнетитовых руд месторождения «Южный Янгикан» Таджикистан. / Х.М.Назаров, Ш.Р.Самихов, А.А.Кадиров, Х.Ш.Рахимов // Вестник ТНУ. Серия естественных наук. 2019. №3. С.170-176

[103]. Назаров, Х.М. Переработки молибденового концентрата с получением молибдата кальция. / Х.М.Назаров, А.А.Кадиров // Материалы республиканской научно-практической конференции «Маркшейдерские и геологические проблемы в разработке месторождений полезных ископаемых». – Бустон. ГМИТ. 2020. С.60-63

[104]. Маджидов Т.С. Физико-химические и технологические основы переработки алюмосиликатных руд для получения фарфорового сырья: Дис. ... канд. техн. наук. - Душанбе, 2015. -112 с.

[105]. Муминов, С.В. Применение активированных бентонитовых глин для умягчения сточных вод / И.У.Мирсаидов, М.З.Ахмедов, С.В.Муминов, Х.М.Назаров // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Проблемы материаловедения в машиностроении Республики Таджикистан», посвящ. Дню химика» и 80-летию со дня рождения д.т.н.,

проф., ак. Международной инженерной академии и Инженерной академии Республики Таджикистан А.В. Вахобова. – Душанбе, 2016. С.229-231.

[106].Фридрихсберг, Д.А. Курс коллоидной химии. /Д.А.Фридрихсберг. – Л.: Химия, 1984.- 367 с.

[107].ГОСТ 2409-80. Материалы и изделия огнеупорные. Метод определения водопоглощения, кажущейся плотности, открытой и общей пористости. Введ. 01.01.1981. – М.: Изд-во стандартов, 1980.- 41 с.

[108].ГОСТ 25.503-97. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Метод испытания на сжатие. Введ. 01.07.1999. – М.: Изд-во стандартов, 1999.- 28 с.

[109].ГОСТ 14019-80. Металлы. Методы испытания на изгиб. Введ. 18.03.1980. – М.: Изд-во стандартов, 1980.- 17 с.

[110].ГОСТ 11150-84. Металлы. Методы испытания на растяжение при пониженных температурах. Введ. 01.01.1986. – М.: Изд-во стандартов, 1985.-8 с.

[111].ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытания на растяжение. Введ. 01.01.1986. – М.: Изд-во стандартов, 1985.- 37 с.

[112].ГОСТ 9454-78. Металлы. Методы испытания на ударный изгиб при пониженной, комнатной и повышенных температурах. Введ. 01.01.1979. – М.: Изд-во стандартов, 1978.- 15 с.

[113].ГОСТ 9012-59. Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю. Введ. 01.01.1960. – М.: Изд-во стандартов, 1959.- 45 с.

[114].ГОСТ 9013-59. Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу. Введ. 01.01.1960. – М.: Изд-во стандартов, 1959.- 13 с.

[115].ГОСТ 4670-91. Пластмассы. Определение твердости. Метод вдавливания шарика. Введ. 01.01.1993. – М.: Изд-во стандартов, 1992.- 9 с.

[116].ГОСТ 21341-75. Пластмассы и эбонит. Метод определения теплостойкости по Мартенсу. Введ. 01.01.1978. – М.: Изд-во стандартов, 1977.- 10 с.

[117].ГОСТ 7076-87. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности. Введ. 31.07.1987. – М.: Изд-во стандартов, 1987.- 15с.

[118].ГОСТ 7025-91. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости. Введ. 01.07.1991. – М.: Изд-во стандартов, 1991.- 19 с.

[119].ГОСТ 12020-72. Пластмассы. Методы определения стойкости и действию химических сред. Введ. 01.07.1973. – М.:Изд-во стандартов. 1973. - 23 с.

[120].Миркин, Л.И. Рентгеноструктурный анализ: Справочное руководство. / Л.И.Миркин. – М.: Физматгиз. 1961. С.476-480

[121].ГОСТ 25146-82. Материалы радиохимических производств атомных энергетических установок. Методы определения коэффициента дезактивации. Введ. 01.07.1983. – М.: Изд-во стандартов, 1983. - 17 с.

[122].Сторм, Э. Сечения взаимодействия γ -излучения: Справочник. / Э.Сторм, Х.Израэль / Под ред. В.А.Климанова. – М.:Атомиздат, 1973.- 565с.

[123].Михайлов, Л.М. Таблицы и номограммы для расчета защиты от γ -лучей (точечные источники). /Л.М.Михайлов, З.С.Арефьева. – М.: Медицина, 1965.- 110 с.

[124].Защита от ионизирующих излучений: В 2 т. /Н.Г.Гусев, В.А.Климанов, В.П.Машкович, А.П.Суворов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. Т.1.- 162 с.

[125]. Патент RU №2233255 С1, опубл. 27.07.2004 г.

[126]. Патент RU №2388715 опубл. 10.05.2010 г., бюл.№13.

[127]. Патент RU №2029399 С1 опубл. 20.02.1995 г.

[128]. Доклад МАГАТЭ (рабочие материалы). Регионального технического сотрудничества проекта RER/9/086 "Безопасное управление отходами добычи и переработки урановых руд в странах Центральной Азии". 2008. - 164 с.

[129]. Хакимов, Н. Физико-химические основы получения урановых концентратов из отходов гидromеталлургических заводов и технических вод. / Н.Хакимов, Х.М.Назаров, И.У.Мирсаидов – Душанбе: Мавлави. 2012. - 120 с.

[130]. Паспорта хвостохранилищ урановых производств по Согдийской области Республики Таджикистан. Составлено АЯРБ АН РТ, г.Душанбе. 2014. - 20с.

[131]. Нормы радиационной безопасности (НРБ-06) СП 2.6.1.001-06. Душанбе: АЯРБ, 2006. 172с.

[132]. Патент RU №2156509 опубл. 20.09.2000 г.

[133]. Патент RU №2366010 опубл. 27.08.2009 г., бюл. №24

[134]. Алексеев, В.П. Ядерная физика. Лабораторный практикум. / В.П.Алексеев, В.П.Глушаков. – Ярославль: ЯрГУ, 2009. - 236 с.

[135].Горшков, В.С. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений / В.С.Горшков, В.Г.Савельев, Н.Ф.Федоров. – М.: Высшая школа, 1988. - 400 с.

[136]. Бобкова, Н.М. Сборник задач по физической химии силикатов и тугоплавких соединений / Н.М.Бобкова, Н.М.Силич, И.М.Терещенко. – Минск: Университетское, 1990. - 176 с.

[137].Современные композиционные материалы: Пер. с англ. / Под ред. Л.Л.Раутмана, Р.Крока. – М.: Мир, 1970. - 672 с.

[138].Берлин, А.А. Современные полимерные композиционные материалы. / А.А.Берлин // Соросовский образовательный журнал. 1995. №1. С.57-65.

[139].Справочник по композиционным материалам: Пер. с англ. / Под ред. Д.Любина. – М.: Машиностроение, 1988. - 417 с.

[140].Достижения в области композиционных материалов: Пер. с англ. / Под. ред. Д.Пиатти. – М.: Metallургия, 1982. - 304 с.

[141].Волоконные композиционные материалы: Пер. с англ. / Под ред. Д.Уиктн, Э.Скала. – М.: Metallургия, 1978. - 240 с.

Список публикаций соискателя по теме диссертации:

[1-А].Назаров, Х.М. Переработка молибденитовых руд месторождения Чорух-Дайрона: проблемы и перспективы. Монография / Х.М.Назаров А.А.Кадиров, Д.И.Мирзоев – Худжанд: Нури маърифат.2022. - 164 с.

[2-А].Мирзоев, Д.И. Алюминий-матричные композиты с гематитовым и чугунным наполнителями / Д.И.Мирзоев, Х.М.Назаров, И.Мирсаидзода, У.М.Мирсаидов // Материаловедение. РАН. 2020. №12. - С.24-30. DOI: 10.31044/1684-579X-2020-0-12-24-30.

[3-А].Мирзоев, Д.И. Композиция для покрытия поверхности радиоактивного хвостохранилища / Д.И.Мирзоев, Х.М.Назаров, Х.И.Тиллобоев, Б.Д.Бобоев // Учёные записки ХГУ. Серия естественные и экономические науки. 2020. №4(55). - С.48-52.

[4-А].Mirzoev, D.I. Aluminum Matrix Composite swith Hematite and Cast Iron Fillers / D.I.Mirzoev, Kh.M.Nazarov, I.Mirsaidzoda, U.M.Mirsaidov // ISSN 2075-1133, In organic Materials: Applied Research, 2021, V.12, No.4, pp.1014-1020. DOI: 10.1134/S2075113321040286.

[5-А].Мирзоев, Д.И. Радиационно-защитная смесь с магнетито-баритовым наполнителем / Д.И.Мирзоев // Учёные записки ХГУ. Серия естественные и экономические науки. 2022. - С.

[6-А].Мирзоев, Д.И. Современное состояние отработанных отходов уранового производства / Д.И.Мирзоев, А.И.Ерашов // Международной научной конференции «Сахаровские чтения 2015 года: экологические проблемы XXI века». – Минск. Республика Беларусь. 2015. - С.209-210.

[7-А].Мирзоев, Д.И. Радонная активность в жилых помещениях в зоне влияния хранилищ отходов переработки урановой руды / Д.И.Мирзоев, А.И.Ерашов // Международной научной конференции «Сахаровские чтения 2015 года: экологические проблемы XXI века». – Минск. Республика Беларусь. 2015. - С.216-217.

[8-А].Мирзоев, Д.И. Экологическое состояние хранилища отходов урановых руд / Д.И.Мирзоев, А.И.Ерашов // Международной научной конференции «Сахаровские чтения 2015 года: экологические проблемы XXI века». – Минск. Республика Беларусь. 2015. - С.217-218.

[9-А].Мирзоев, Д.И. Эколого-экономическая оценка методов рекультивации карьеров / Д.И.Мирзоев, Е.А.Любенкова, В.В.Гордийчук, А.И.Белехов, А.С.Силицкий, О.И.Родькин // Международной научной конференции «Сахаровские чтения 2015 года: экологические проблемы XXI века». – Минск. Республика Беларусь. 2015. - С.259-260.

[10-А].Мирзоев, Д.И. Поступления радона-222 и его дочерние продукты распада в организм людей / Д.И.Мирзоев, М.М.Юнусов, Х.М.Назаров // Республиканской научно-практической конференции, посвященной дню Независимости Республики Таджикистан «Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых». – Чкаловск. 2015. - С.11-13.

[11-А].Мирзоев, Д.И. Валовое и подвижное распределение форм тяжелых металлов в почвах, прилегающих к хвостохранилищу радиоактивных отходов / Д.И.Мирзоев, М.М.Юнусов, М.М.Мавлонов, М.А.Мирхоликова, Х.М.Назаров, З.А.Содикова, Дж.Р.Алфатшоева // Международной научно-практической конференции, посвященной к 25 летию Государственной Независимости Республики Таджикистан и 10 летию Горно-металлургического института Таджикистана «Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых». – Бустон. 2016. - С.140-143.

[12-А].Мирзоев, Д.И. Анализ сравнения методов измерения плотности потока радона с земной поверхности в Согдийской области Республики Таджикистан / Д.И.Мирзоев, М.М.Юнусов, М.М.Мавлонов, Х.М.Назаров, Ф.Ю.Маллаева, З.А.Содикова // Международной научно-практической конференции, посвященной к 25 летию Государственной Независимости Республики Таджикистан и 10 летию Горно-металлургического института Таджикистана «Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых». – Бустон. 2016. - С.143-145.

[13-А].Мирзоев, Д.И. Суточная динамика плотности потока радона с земной поверхности в согдийской области северного Таджикистан / Д.И.Мирзоев, М.М.Юнусов, Х.М.Назаров // Международной научно-практической конференции, посвященной к 25 летию Государственной Независимости Республики Таджикистан и 10 летию Горно-металлургического института Таджикистана «Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых». – Бустон. 2016. - С.145-148.

[14-А].Мирзоев, Д.И. История возникновения и нынешнее состояние Гафуровского хвостохранилища отходов уранового производства / Д.И.Мирзоев, М.М.Юнусов, Х.М.Назаров, Т.Б.Абдуллоева // Международной научно-практической конференции, посвященной к 25 летию Государственной Независимости Республики Таджикистан и 10 летию образования Горно-металлургического института Таджикистана «Интеграция науки и производства как механизм развития горно-металлургической отрасли Республики Таджикистана». – Бустан. 2016. - С.70-73.

[15-А].Мирзоев, Д.И. Композиционный материал для защиты от радиации / У.Мирсаидов, Х.М.Назаров, Д.И.Мирзоев // Материалы республиканской научно-практической конференции «Инновационное развитие науки». – Душанбе. Государственное научное учреждение «Центр исследования инновационных технологий». 2020. - С.96-97.

[16-А].Мирзоев, Д.И. Композиция для снижения эксхалляции радона / И.Мирсаидзода, Х.М.Назаров, Д.И.Мирзоев, Б.Д.Бобоев // Материалы республиканской научно-практической конференции «Инновационное развитие науки». – Душанбе. Государственное научное учреждение «Центр исследования инновационных технологий». 2020. - С.109-111.

[17-А].Мирзоев, Д.И. Радиационно-защитный композит на основе магнетита / Д.И.Мирзоев, Х.М.Назаров, Б.Б.Баротов, Н.Н.Рахматов, И.Мирсаидзода // Материалы республиканской научно-практической конференции «Инновационное развитие науки». – Душанбе. Государственное

научное учреждение «Центр исследования инновационных технологий». 2020.
- С.120-122.

[18-А]. Мирзоев, Д.И. Исследование по измерению шероховатости композиционных материалов / Х.М.Назаров, Д.И.Мирзоев, У.Н.Назаров // Материалы Международной научно-практической конференции «Современные проблемы металлургической промышленности», посвященной провозглашению четвертой общенациональной цели-индустриализации страны и 25-летию кафедры «Металлургия» – Душанбе. ТТУ. 2021. - С. 241-243

[19-А]. Назаров, Х.М. Особенности формирования радиационно-защитных композиционных материалов / Х.М.Назаров, Д.И.Мирзоев // Материалы Международной научно-практической конференции “Использование природных ресурсов, экология и устойчивое развитие” – Бустон. ГМИТ. 2022. – С.32-36.

[20-А]. Малый патент Республики Таджикистан №ТJ 1222. МПК G21F1/10. Сухая отделочная строительная смесь (варианты) / Мирсаидзода И., Мирзоев Д.И., Назаров Х.М., Баротов Б.Б., Хомидов Ф.А., Муродов Ш.Р., Мирсаидов У. // №2001474; заявл. 21.10.2020 г. опубл. 20.12.2021, Бюл.178, 2021. – 10 с.

[21-А]. Малый патент Республики Таджикистан №ТJ ____ . Способ создания искусственной корки на поверхности хранилища для защиты мелкодисперсных отходов от распыления / Назаров Х.М., Тиллобоев Х.И., Бободжонова З.Х., Мирзоев Д.И., Мирсаидзода И., Бахронов С.М. // получена положительная оценка официальной экспертизы №296/01.4 от 03.02.2023, № заявления 2201644 от 28.02.2022. – 10 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Элементный состав композита марки АМК по результатам спектрального анализа

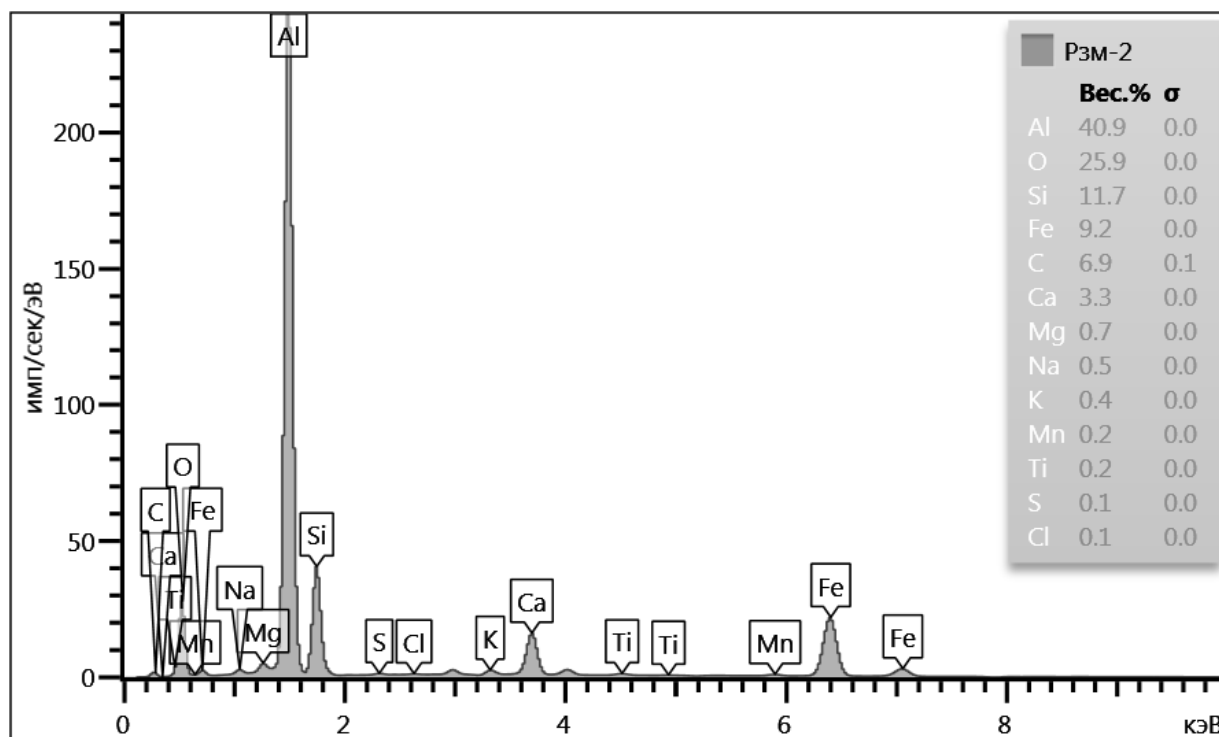
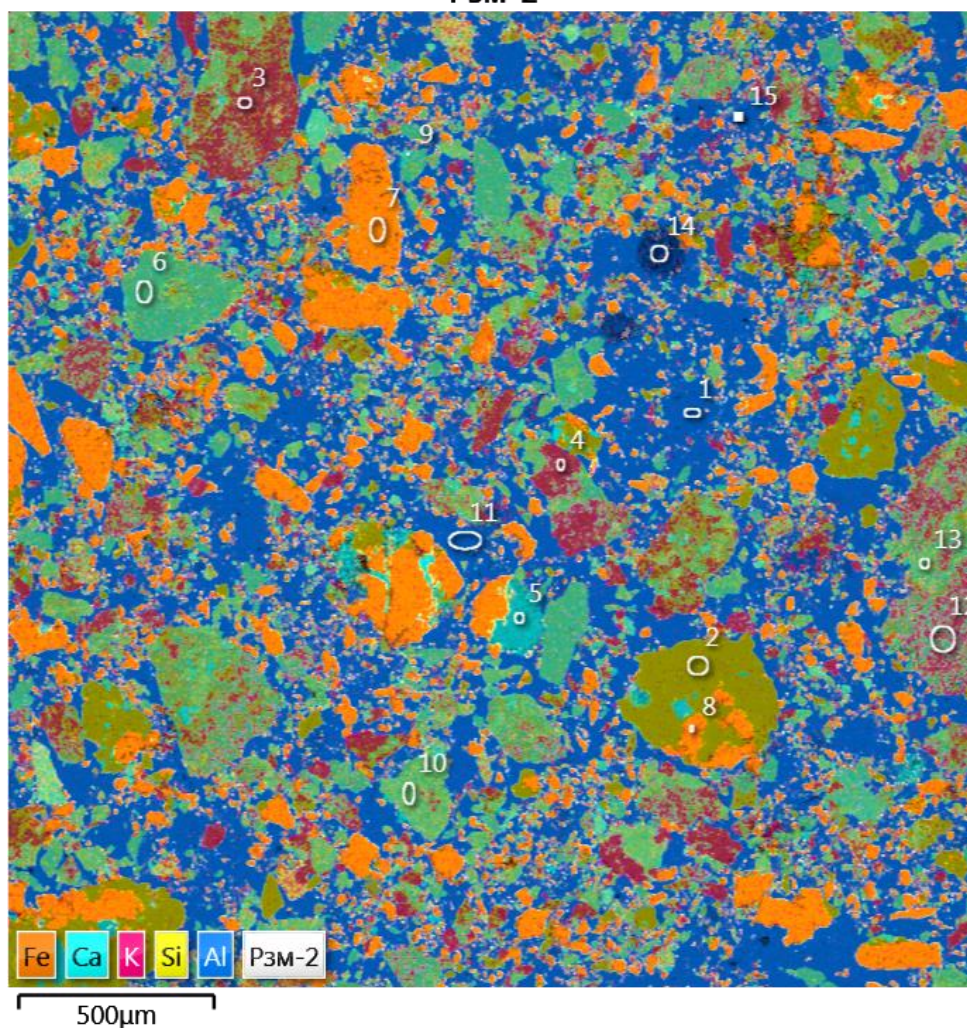
Наименование фазы из рис. П 2	Содержание элементов, вес. %															
	С	О	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Mn	Fe	Ba
РЗМ-2	6.88	25.86	0.50	0.67	40.91	11.68		0.13	0.05	0.39	3.33	0.16		0.20	9.24	
РЗМ-2 Фаза 1	8.52	9.17			81.03	0.86					0.08				0.34	
РЗМ-2 Фаза 2	5.93	52.76			0.28	40.72					0.17				0.13	
РЗМ-2 Фаза 3	5.88	48.24	3.00	0.31	15.01	21.67				4.44	0.69			0.04	0.59	0.12
РЗМ-2 Фаза 4	5.51	47.52	1.47	0.56	15.82	21.04				6.01	1.26			0.11	0.57	0.13
РЗМ-2 Фаза 5	8.33	48.05	0.15	0.58	0.73	0.47		0.98	0.12		39.72			0.19	0.68	
РЗМ-2 Фаза 6	6.84	47.07	0.29	0.56	11.68	18.56					13.95			0.07	1.00	
РЗМ-2 Фаза 7	5.55	26.94	0.78	1.74	1.55	0.45		0.12			0.29	0.27		2.06	60.24	
РЗМ-2 Фаза 8	4.29	24.92	0.46	0.55	0.87	0.31					0.08	0.12		0.65	67.76	
РЗМ-2 Фаза 9	4.15	41.00			1.04	13.10					18.60	20.75	0.28		1.07	
РЗМ-2 Фаза 10	6.04	42.21	0.44	5.82	1.39	21.10					14.76			0.32	7.93	
РЗМ-2 Фаза 11	10.96	6.58			81.10	0.59					0.05				0.73	
РЗМ-2 Фаза 12	5.40	46.19	0.72	1.34	13.00	19.45		0.16		2.30	10.27			0.06	0.93	0.20
РЗМ-2 Фаза 13	5.78	42.25	0.30	6.68	0.68	21.82					15.12			0.36	7.02	
РЗМ-2 Фаза 14	7.23	54.07			22.64	0.21		5.66	9.82		0.03				0.34	
РЗМ-2 Фаза 15	97.38	2.18			0.20	0.02					0.01			0.12	0.10	

РЗМ-7	6.24	27.13	0.49	0.84	38.39	10.15				0.42	3.55	0.15		0.21	12.42	
РЗМ-7 Фаза 1	6.38	0.94			0.73	0.66	0.35						0.09	1.10	89.74	
РЗМ-7 Фаза 2	5.01	27.80			1.11	1.83					0.39		0.05	0.43	63.39	
РЗМ-7 Фаза 3	5.52	38.77	0.47	2.22	3.57	18.21			0.49	0.73	7.67	0.07		0.64	21.65	
РЗМ-7 Фаза 4	5.08	46.95	3.12	0.77	14.04	23.10				5.01	0.31			0.10	1.36	0.17
РЗМ-7 Фаза 5	5.28	49.20			13.51	19.08				1.24	11.32			0.11	0.27	
РЗМ-7 Фаза 6	5.17	42.87		7.07	1.15	21.45			0.06		14.86	0.75		0.17	6.44	
РЗМ-7 Фаза 7	5.42	42.82		6.88	2.00	21.13			0.09		14.26	0.11		0.57	6.69	
РЗМ-7 Фаза 8	7.97	5.97			85.24	0.57									0.25	
РЗМ-7 Фаза 9	5.43	42.11		8.02	0.58	22.88					16.13			0.26	4.59	
РЗМ-7 Фаза 10	7.26	5.20			86.68	0.55									0.31	
РЗМ-7 Фаза 11	6.21	51.67			0.32	41.15					0.10				0.54	
РЗМ-7 Фаза 12	5.40	51.25	0.31	0.64	16.10	18.98				5.91	0.22			0.48	0.55	0.15
РЗМ-7 Фаза 13	10.82	1.18			0.59	0.80	0.16					0.11	0.11	0.90	85.33	
РЗМ-7 Фаза 14	4.41	27.19		2.72	1.14	0.23					0.05	0.35		2.27	61.65	
РЗМ-7 Фаза 15	5.78	35.17		0.80	18.08	4.19		5.33	2.52		22.67	0.22			5.24	
РЗМ-7 Фаза 16	5.95	38.09		0.31	5.38	5.78		5.55	2.86		27.78	0.16		0.19	7.95	
РЗ-2-обж	8.04	24.48	0.38	0.79	42.20	11.27				0.52	4.06	0.18		0.19	7.88	
РЗ-2-обж. Фаза 1	4.89	25.99		1.14	0.63	0.21					0.05	0.06		0.77	66.26	
РЗ-2-обж. Фаза 2	9.02	47.27			0.32	0.21		0.20	0.15		41.11			0.16	1.56	
РЗ-2-обж. Фаза 3	4.70	44.72			1.75	11.81					17.02	18.94			1.06	
РЗ-2-обж. Фаза 4	5.74	47.33	3.03	0.33	14.81	21.70				5.18	0.76			0.04	1.08	

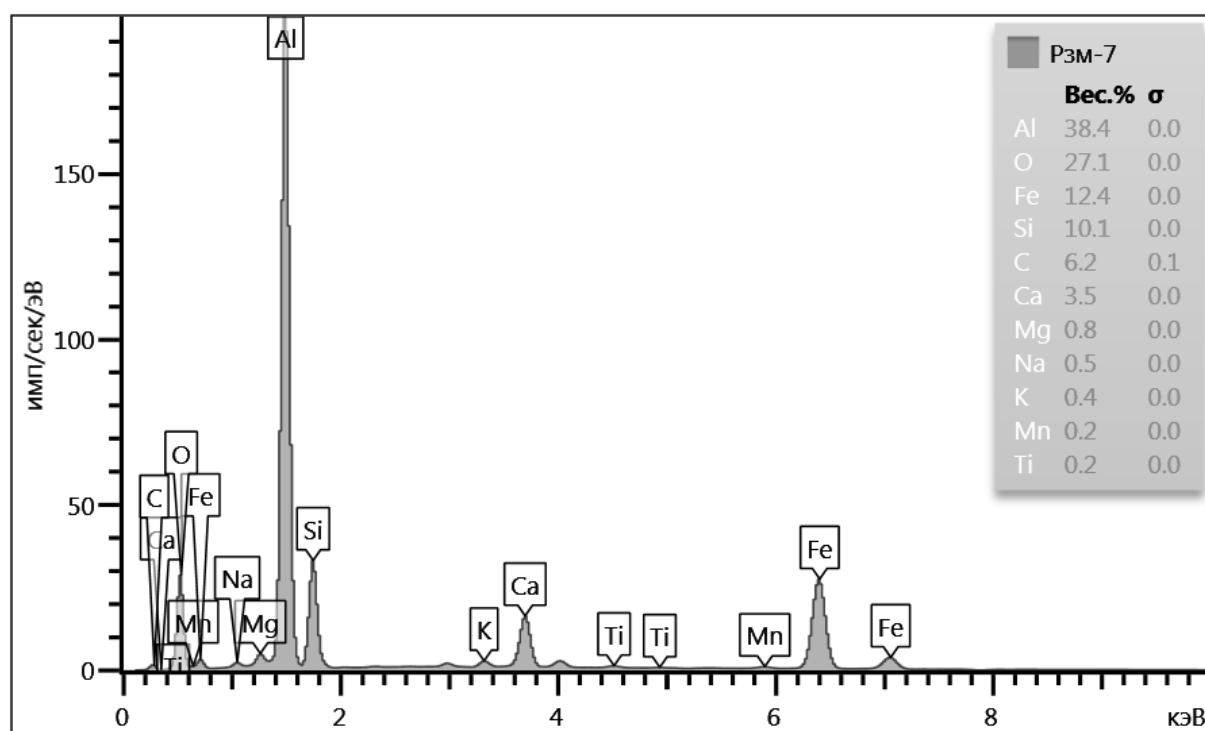
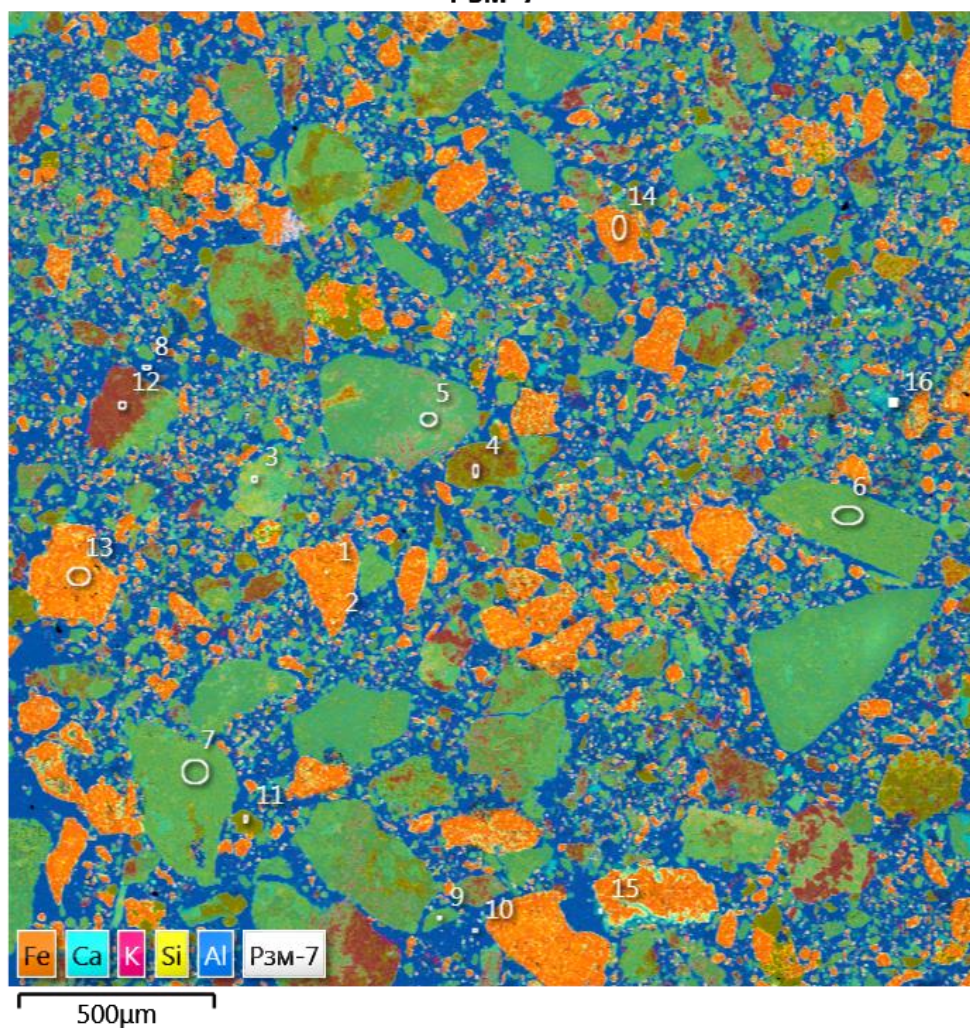
РЗ-2-обж. Фаза 5	4.58	37.75			4.35	15.69					22.82	0.45		0.40	13.97	
РЗ-2-обж. Фаза 6	5.77	37.88	0.69	1.36	5.13	16.57			0.57	0.99	8.49	0.15	0.08	0.35	21.97	
РЗ-2-обж. Фаза 7	5.91	48.82	0.74		16.60	19.69				6.43	0.61			0.21	0.74	0.24
РЗ-2-обж. Фаза 8	10.23	5.25			83.67	0.49									0.37	
РЗ-2-обж. Фаза 9	81.71	6.21			11.67	0.24									0.17	
РЗ-2-обж. Фаза 10	9.41	7.41			82.19	0.70									0.29	
РЗ-2-обж. Фаза 11	7.02	52.43		0.46	0.41	39.35					0.10				0.22	
РЗ-2-обж. Фаза 12	8.09	45.00	0.30	1.45	2.01	2.81	12.27				25.68			0.15	2.25	
РЗ-2-обж. Фаза 13	6.08	46.06		2.80	7.67	19.22					13.59	1.23		0.15	3.20	
РЗ-2-обж. Фаза 14	6.25	48.15	2.37	0.43	14.14	20.32				2.14	5.72				0.48	
РЗ-2-обж. Фаза 15	6.04	44.14	2.06	2.91	8.57	20.99				1.64	8.35			0.20	5.08	
РЗ-2-обж. Фаза 16	4.62	43.67			1.29	13.49					17.45	18.59			0.88	
РЗ-2-обж. Фаза 17	8.11	39.21			22.44	0.28			29.16		0.10				0.70	
РЗМ-3-обж	11.00	18.88	0.46	0.62	29.07	6.27		0.04	0.02	0.29	1.69	0.10		0.32	31.24	
РЗМ-3-обж. Фаза 1	9.67	5.61			83.38	0.47									0.87	
РЗМ-3-обж. Фаза 2	6.64	50.31	2.60	0.44	15.04	19.64				4.17	0.42				0.67	0.07
РЗМ-3-обж. Фаза 3	6.82	53.83		0.10	0.22	38.72									0.32	
РЗМ-3-обж. Фаза 4	7.24	42.98	0.55	5.08	4.00	20.23					12.46			0.25	7.20	
РЗМ-3-обж. Фаза 5	5.85	42.60	0.32	5.38	3.26	21.10					14.98			0.32	6.20	
РЗМ-3-обж. Фаза 6	10.20	1.09			0.29	0.78	0.20						0.11	0.84	86.49	
РЗМ-3-обж. Фаза 7	6.09	26.48		1.46	1.48	0.33					0.08	0.14		1.05	62.88	
РЗМ-3-обж. Фаза 8	10.47	33.31	0.23	0.16	0.92	4.07					0.31			0.79	49.72	

РЗМ-3-обж. Фаза 9	5.28	43.78	0.28	0.32	2.17	13.74					16.74	16.52			1.18	
РЗМ-3-обж. Фаза 10	6.39	47.24	4.48		14.12	22.07				2.25	2.82	0.27			0.36	
РЗМ-3-обж. Фаза 11	70.02	7.64		0.08	0.13	0.45					0.35			0.36	20.97	
РЗМ-3-обж. Фаза 12	5.76	41.66	0.20	6.99	0.49	21.99			0.14		15.19			0.56	7.02	
РЗМ-3-обж. Фаза 13	6.23	42.88	0.45	5.26	1.36	19.82					14.46	2.86	0.09	0.33	6.26	
РЗМ-3-обж. Фаза 14	7.62	26.13			21.34	0.65					0.16			0.54	43.56	
РЗМ-3-обж. Фаза 15	23.55	2.04			0.19	0.76								0.49	72.95	
РЗМ-3-обж. Фаза 16	5.64	28.39	0.25	0.58	9.77	2.55				0.07	0.72			0.52	51.51	
РЗМ-3-обж. Фаза 17	10.31	26.97			1.61	0.70	0.06				0.38	0.05		0.58	59.35	

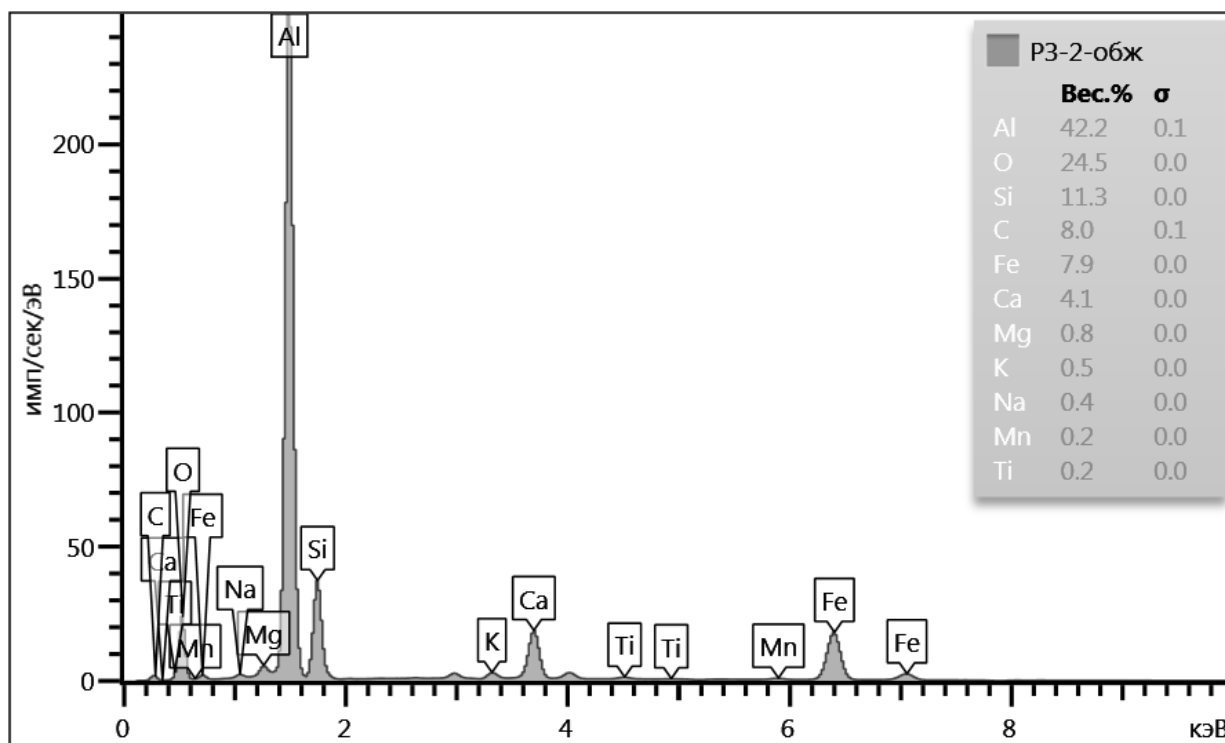
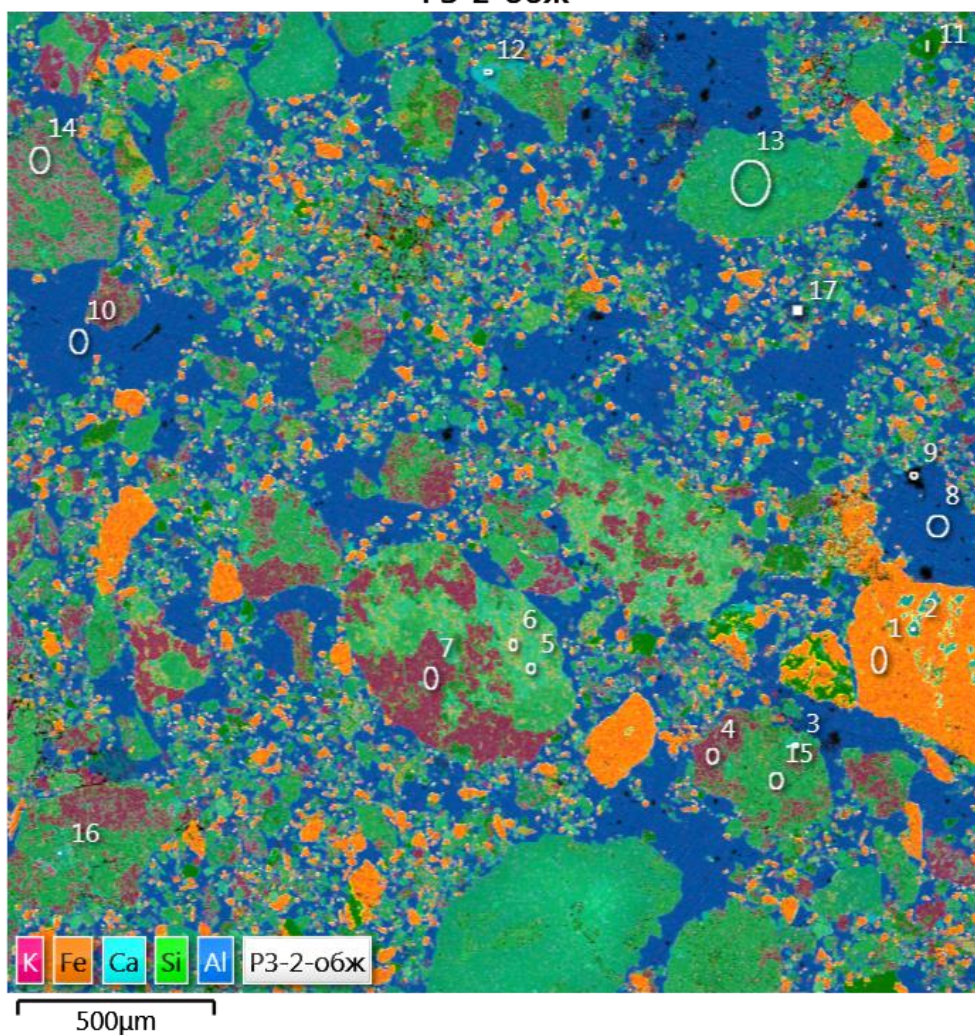
РЗМ-2



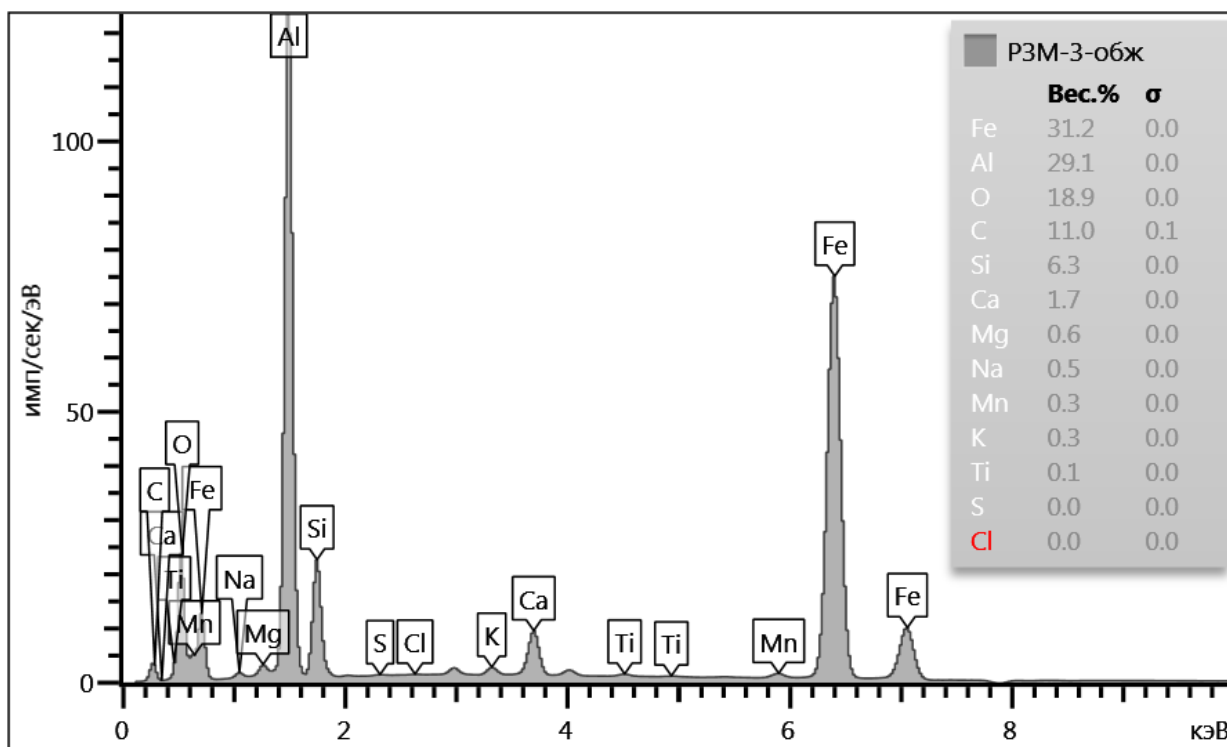
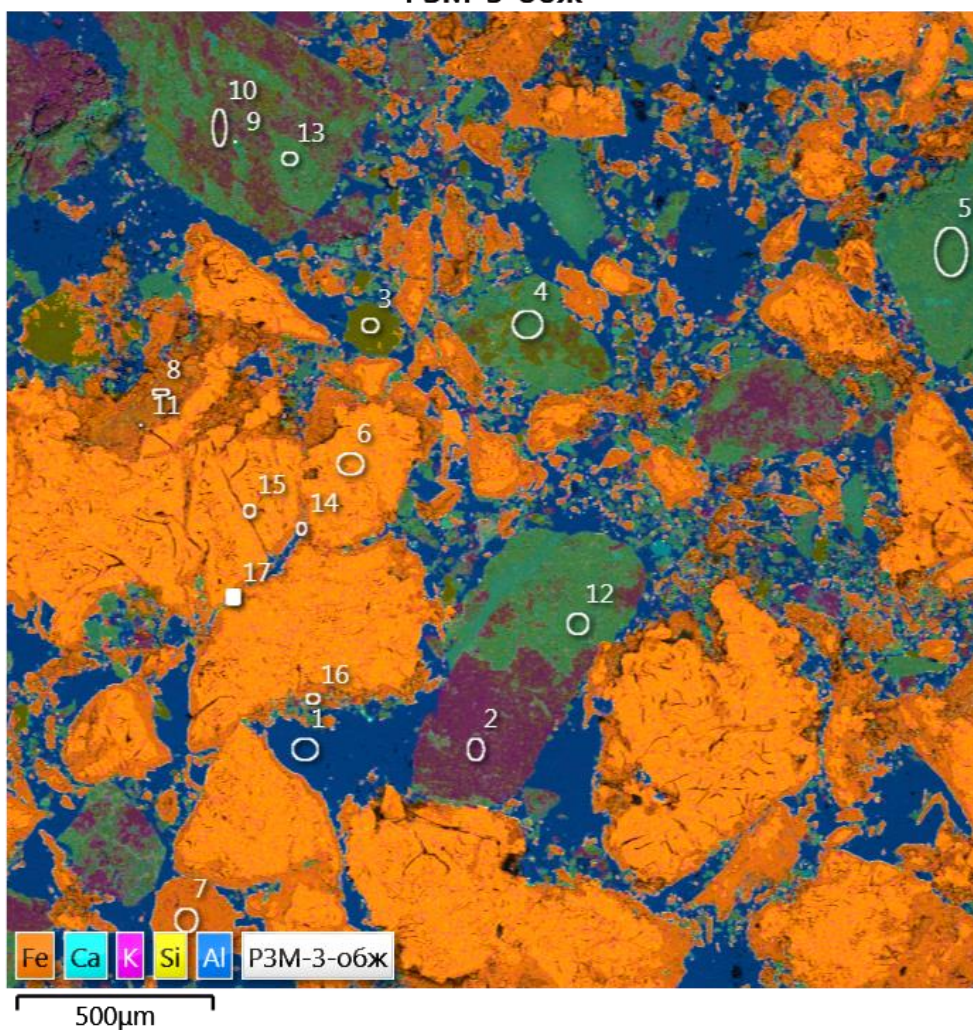
РЗМ-7



РЗ-2-обж



РЗМ-3-обж



«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора по науке и

инженер Агентства по ядерной и

радиационной безопасности НАНТ

М.З.Ахмедов

2020 года



АКТ

лабораторных испытаний сухой отделочной строительной смеси для гамма- и рентгенозащитного слоя в помещениях

Целью испытаний являлась проверка разработанных сотрудниками Филиала Агентства по ядерной и радиационной безопасности Национальной Академии наук Таджикистана (ФАЯРБ НАНТ) в Согдийской области сухой отделочной строительной смеси для гамма- и рентгенозащитного слоя в помещениях путем проверки соответствия объекта испытаний требованиям программы, методики испытаний и техзаданий (ТЗ).

Комиссия в составе заведующий научно-исследовательским отделом Агентства по ядерной и радиационной безопасности НАНТ, кандидат технических наук Баротов Б.Б. (*Председатель комиссии*); заведующий сектора контроля облучение пациентов и население АЯРБ НАНТ Муминов С. (*член комиссии*) и научный сотрудник АЯРБ НАНТ Муродов Ш. (*член комиссии*) составили настоящий акт лабораторных испытаний образцов для определения уровня ослабления гамма- излучения 3-х образцов по 6-ти штук плит в следующем составе, мас. %:

Опытный образец №1

- концентрат магнетита – 40%;
- концентрат барита – 30%;
- портландцемент М-500 – 15%;
- гашенная известь – 15%;
- вода – остальное.

Опытный образец №2

- концентрат магнетита – 40%;
- природный барит – 30%;
- портландцемент М-500 – 15%;
- гашенная известь – 15%;
- вода – остальное.

Опытный образец №3

- концентрат магнетита – 70%;
- портландцемент М-500 – 15%;
- гашенная известь – 15%;
- вода – остальное.

Испытания проводились в секторе поверки и калибровки лаборатории технических услуг АЯРБ НАНТ по адресу: г. Душанбе, ул. Айни 299/3.

Определение уровня ослабления гамма- излучения представленными образцами проводился с применением радиоактивного источника ^{137}Cs ($E=0,66$ МэВ). Образцы были установлены на расстоянии 1,14 метров от источника, в центре пучка излучения гамма- излучения с диаметром 24 см, рассчитанный по коллиматору малого размера. Для измерения мощности дозы гамма-излучения использовался дозиметр ESMFH40G-L10 THERMO (Germany), с/н: 019887 (2008 г.), поверенный в лаборатории поверки и калибровка АЯРБ в марте 2020 года.

Результаты испытаний:

Были измерены фоновые значения комнаты, истинные значения мощности дозы гамма-излучения на точке измерения и значения мощности дозы гамма-излучения на точке измерения образцов. Результаты замеров МЭД гамма-излучения приведено в таблице.

Результаты замеров МЭД гамма-излучения (мкЗв/ч) образцов

№ образцов	Толщина плит, см	Число замеров						Среднее значение
		1	2	3	4	5	6	
Фоновое значение комнаты		0,280	0,288	0,285	0,283	0,275	0,278	0,282
Мощность дозы источника		838	800	892	758	798	832	820
Образец 1	1	804	791	795	772	780	792	789
	2	713	692	707	682	731	690	703
	3	602	663	645	614	617	636	629
	4	525	549	561	573	582	559	558
	5	446	532	536	544	511	507	513
	6	520	523	510	517	495	438	501
Образец 2	1	726	742	732	743	712	695	725
	2	642	667	683	647	645	638	654
	3	528	564	596	569	504	577	556
	4	491	545	566	577	553	540	545
	5	467	483	495	489	496	488	486
	6	395	426	434	453	462	445	436
Образец 3	1	628	705	747	675	715	705	696
	2	651	725	674	661	675	655	674
	3	556	639	581	600	618	578	595
	4	482	510	504	509	531	499	506
	5	418	473	402	500	472	478	457
	6	417	440	458	444	434	437	438

Проведенные испытания на стенде в секторе поверки и калибровки лаборатории технических услуг ААЯР НАНТ показали существенные преимущества предлагаемой смеси 3-го образца по сравнению с двумя другими образцами для решения задачи защиты персонала от гамма-излучений. Испытания опытных образцов показали их повышенную работоспособность. При испытаниях установлено, что опытные образцы соответствуют требованиям программы и методики испытаний, а также требованиям ТЗ и могут быть приняты в опытную эксплуатацию.

Рекомендации комиссии:

Состав опытного образца №3 рекомендуется для изготовления защищающей от гамма-излучения штукатурки помещений для укрепления стационарных средств защиты.

Председатель:

Заведующий научно-исследовательским сектором АЯРБ НАНТ, к.т.н.

Б.Баротов

Члены комиссии:

Зав.сектора контроля облучение пациентов и население АЯРБ НАНТ

Научный сотрудник АЯРБ НАНТ

С.Муминов

Ш.Муродов

«УТВЕРЖДАЮ»
 Главный врач Центральной
 больницы Б. Гафуровского района
 М.А. Джураев
 16/10/2020 2020 года



ПРОТОКОЛ

о намерениях использования сухой отделочной строительной смеси для штукатурки в рентгенкабинетах

Мы, нижеподписавшиеся врач рентгенолог Центральной больницы Б.Гафуровского района Негматов Ш.Б., рентгентлаборант Наврузов М., к. х. н., зав. сектором лицензирования Филиала Агентства по ядерной и радиационной безопасности НАН Таджикистана Рахматов Н.Н., инспектор Филиала Агентства по ядерной и радиационной безопасности НАН Таджикистана Мирзоев Д.И. провели технико-экономическое обоснование возможности использования сухой отделочной строительной смеси для штукатурки стен в рентгенкабинетах.

Рентгенозащитная сухая отделочная строительная смесь состоит из природного барита, концентрата магнетита, портландцемента. Штукатурка из предлагаемой сухой строительной смеси может использоваться для выравнивания кирпичных, бетонных, оштукатуренных стен для последующей окраски, облицовки кафелем и т.п., а также для ремонта стен уже эксплуатирующихся помещений. Наносится на стену без использования металлической сетки. Допускается многослойное нанесение покрытий без просушки и грунтования. Готовая штукатурка не требует ухода в процессе твердения. Аналогичная наполнительная смесь может применяться в качестве несущей стяжки пола с защитными свойствами одновременно. Техническим результатом использования штукатурки является возможность использования их для защиты от рентгеновского излучения. При этом установлено, что увеличение толщины облицовки в 3 раза повышает эффективность радиационной защиты на 2-3 порядка по энергетическому диапазону.

Предлагаемый состав смеси обеспечивает эффективное ослабление рентгеновского излучения при меньшей толщине слоя, чем известные строительные материалы. С учетом использования сухой отделочной строительной смеси для штукатурки 1 м² стен в рентгенкабинетах расходуются 17 кг, при стоимости 2 сомони/кг смеси затрата составляет 34 сомони. Экономический эффект взамен аналогов составляет примерно 50 процентов.

От Центральной больницы
 Б. Гафуровского района

Врач рентгенолог Ш.Б. Негматов Ш.Негматов

Рентгентлаборант М. Наврузов М.Наврузов

От филиала Агентства по ядерной и
 радиационной безопасности НАНТ

Заведующий сектором лицензирования,
 к.х.н. Н. Рахматов Н.Рахматов

Инспектор Д. Мирзоев Д. Мирзоев

**«СУТВЕРЖДАЮ»**Зам. генерального директора
ГУП «Таджредмет», к.т.н.

М.Хочиён

2020 г.

АКТ**лабораторных испытаний по снижению гамма-излучения и объёмной активности радона на поверхности радиоактивного хвостохранилища**

В соответствии с договором о научно-техническом сотрудничестве между ГУП «Таджредмет» и Агентства по ядерной и радиационной безопасности Национальной Академии наук Таджикистана в период июль-сентябрь 2020 года на площадке уранового хвостохранилища «Дигмай» были произведены испытания композиционной смеси по снижению гамма фона и объёмной активности (ОА) радона из тела радиоактивного хвостохранилища.

Комиссия в составе:

Председатель – начальник НПЦ «Технология» ГУП «Таджредмет», кандидат химических наук Асоев М.Г.

Членов комиссии – заведующий сектором научно-исследовательских работ и оказания технических услуг филиала Агентства по ядерной и радиационной безопасности Национальной Академии наук Таджикистана (ФАЯРБ НАНТ), кандидат химических наук Бобоев Б.Д.; инженер геофизик НПЦ «Технология» ГУП «Таджредмет», кандидат технических наук Ходжиев С.К. и соискатель ФАЯРБ Мирзоев Д.И.

Испытания проводились в лаборатории ФАЯРБ и на площадке уранового хвостохранилища «Дигмай».

Цель испытаний:

Использование композиционного материала на основе местного сырья для укрытия хвостохранилища для снижения выноса радиоактивной пыли с поверхности хвостохранилища и МЭД гамма-излучения, а также объёмной активности радона до установленной нормы НРБ- 06 РТ.

Состав смеси используемой для укрытия поверхности радиоактивного хвостохранилища состоит из следующих компонентов, мас. %: сера – 25; бентонит – 15; магнетит – 15; кварцевый песок – 20; кварцевый щебень – 25.

Роль компонентов в композитах:

- а) Бентонит – препятствует радоновыделению;
- б) Магнетит – способствует ослаблению гамма- излучений;
- в) Кварцевый песок и щебень – способствуют повышению стойкости поверхности хвостохранилища против ветровой эрозии;
- г) Сера – обладает хорошей водоотталкивающей способностью.

Результаты замеров МЭД гамма- излучения на поверхности радиоактивного хвостохранилища «Дигмай» и послойная радиационная характеристика модели обобщены в табл.1 и 2.

Таблица 1 – Значение МЭД гамма-излучения на поверхности радиоактивного хвостохранилища «Дигмай»

№	Толщина покрытия, м	МЭД гамма- излучения, мкЗв/час
1.	0	5,000
2.	0,10	0,800
3.	0,20	0,400
4.	0,30	0,230
5.	0,40	0,226
6.	0,50	0,170

Примечание: Фоновое значение 0,50-0,70 мкЗв/час

Таблица 2 – Послойная радиационная характеристика модели

Материал	Толщина, м	ОА радона, Бк/м ³	*ППР, Бк/м ² *с
Радиоактивный материал	0,40	65535	18,4
1-го защитного слоя	0,15	63953	5,3
2-го защитного слоя	0,15	58923	2,6
3-его защитного слоя	0,15	10035	0,8

Примечание: * погрешность измерения ППР – плотность потока ²²²Rn на поверхности исследуемого слоя не превышает паспортных данных.

Следует отметить, что ППР и гамма-фон на поверхности исследуемого слоя измерялись в процессе изготовления моделей при послойной насыпке композита и по истечению двух недель после насыпки слоя.

Анализ показывает, что после установления равновесной концентрации радона (по истечению 3-х месяцев со дня создания моделей) ППР на поверхности нейтрального слоя составила 0,8 Бк/м²*с. Согласно требованиям СП ЛКП-91 ППР на поверхности слоя композита законсервированного хвостохранилища радиоактивных отходов не должна превышать 1,0 Бк/м²*с. Этим требованиям полностью отвечают результаты, полученные при исследованиях на модели.

Акт составили:

От ГУП «Таджредмет»

Начальник НПЦ «Технология»,

к.х.н.  М. Асоев

Инженер геофизик НПЦ «Технология»,

к.т.н.  С. Ходжиев

От филиала Агентства по ядерной и радиационной безопасности НАНТ

Заведующий сектором НИР ФАЯРБ,

к.х.н.  Б. Бобоев

Соискатель ФАЯРБ

 Д. Мирзоев

ҶУМҲУРИИ
ТОҶИКИСТОН



ИДОРАИ
ПАТЕНТӢ

ШАҲОДАТНОМА

Шахрванд Мирзоев Д.И.

муаллифи ихтирои *Омехтаи сохтмони пардозии хушк (вариантҳо)*

Ба ихтироъ
нахустпатенти № ТҶ 1222 дода шудааст.

Дорандаи
нахустпатент Агентии амнияти ядрои ва радиатсионии Академияи
миллии илмҳои Тоҷикистон

Сарзамин Ҷумҳурии Тоҷикистон

Ҳаммуаллиф(он) Мирсаидзода И., Назаров Х.М., Баротов Б.Б.,
Ҳамидов Ф.А., Муродов Ш.Р., Мирсаидов У.

Аввалияти ихтироъ 21.10.2020

Таърихи рӯзи пешниҳоди ариза 21.10.2020

Аризаи № 2001474

Дар Феҳристи давлатии ихтироъҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон

20 декабри с. 2021 ба кайд гирифта шуд

Нахустпатент
эътибор дорад аз 21 октябри с. 2020 то 21 октябри с. 2030

Ин шаҳодатнома хангоми амали гардонидани ҳукуку
имтиёзхое, ки барои муаллифони ихтироот бо конунгузории
ҷорӣ муқаррар гардидаанд, нишон дода мешавад

ДИРЕКТОР

Исмоилзода М.

РЕСПУБЛИКА ТАДЖИКИСТАН
ПАТЕНТНОЕ ВЕДОМСТВО

УДОСТОВЕРЕНИЕ

Гражданин **Мирзоев Д.И.**

Является автором изобретения **Сухая отделочная строительная смесь (варианты)**

На изобретение выдан малый патент №ТТ **1222**

Патентообладатель **Агенство по ядерной и радиационной безопасности
Национальная академия наук Таджикистана**

Страна **Республика Таджикистан**

Соавторы **Мирсаидзода И., Назаров Х.М., Баротов Б.Б., Хамидов Ф.А.,
Муродов Ш.Р., Мирсаидов У.**

Приоритет изобретения **21.10.2020**

Дата подачи заявления **21.10.2020**

Заявление № **2001474**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Республики Таджикистан **20 декабря 2021**

Малый действителен с **21 октября 2020 г.** по **21 октября 2030 г.**
Патент

Настоящее удостоверение предъявляется при реализации прав и льгот,
установленных действующим законодательством





ВАЗОРАТИ РУШДИ ИҚТИСОД ВА САВДОИ
ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

**Муассисаи давлатии
Маркази миллии патенту иттилоот**

Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе,
734042, кӯчаи Айни 14а

Тел: (992-37) 2214760; факс: (992-37) 2222138;
E-mail:tajpatent.info@gmail.com; www.tajpatent.tj

№ _____

Ба Тиллобоев Ҷ. И.
вил. Сугд, ш. Хучанд, хиёб.
Мавлонбекова, 1а
Тел.: 92 618 70 69

ХАБАРНОМА

дар бораи натиҷаи мусбати экспертизаи расмӣ

№ ариза: 2201644 аз 28.02.22
Номи ихтироъ: Тарзи сохтани сафолаки сунъӣ дар сатҳи маҳфузгоҳҳо барои хифзи партовҳои маҳинзарра аз чангшавӣ
Аризадиханда (гон): Донишгоҳи давлатии Хучанд ба номи академик Бобочон Ғафуров (ТҶ)
Ба маълумоти шумо мерасонем, ки экспертизаи расмӣ ариза бо натиҷаи мусбат ба охир расид.
Маълумоти иловагӣ ба аризадиханда:
<input checked="" type="checkbox"/> аввалият мувофиқи банди якуми моддаи 17 Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи ихтироъ» аз санаи 28 феввали соли 2022 муқаррар карда шуд.
<input type="checkbox"/> хоҳиши Шумо оид ба муқаррар намудани аввалият аз рӯи санаи дар дархост нишондодашуда, дар рафти санчиши моҳиятии ариза дида баромада мешавад.
<input type="checkbox"/> хоҳиши Шумо оид ба муқаррар намудани аввалият аз рӯи санаи дар дархост нишондодашуда, дар рафти санчиши пешакии ариза дида баромада мешавад.
<input checked="" type="checkbox"/> экспертизаи пешакии ариза пас аз ворид шудани дархост ба Идораи патентӣ ва пардохт намудани бочи дахлдор, гузаронида мешавад.
<input type="checkbox"/> экспертизаи моҳиятии ариза пас аз ворид шудани дархост ба Идораи патентӣ ва пардохт намудани
<input type="checkbox"/> бочи дахлдор, гузаронида мешавад.
маводи иловагӣ (Рақами воридотиаш № _____ аз «_____» _____ 20 __с.) дар ҳолати тағйирдиҳии моҳияти ихтироъ, дар асоси қисми чоруми моддаи 20-и Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи ихтироъ» ҳангоми дида баромадани ариза ба назар гирифта намешавад
<input type="checkbox"/> Ариза бо вайрон намудани талаботи ягонагии ихтироъ пешниҳод карда шудааст. Дар давоми ду моҳ аз санаи гирифтани хабарномаи мазкур Шумо метавонед хабар расонед, ки кадоме аз объектҳои ошкоршуда бояд дида баромада шавад ва, дар ҳолати зарурӣ, ба ҳуҷҷатҳои ариза ислоҳот дароред. Дар ҳолати дар санаи муқарраршуда хабар надодани Шумо, пешниҳоди аввалини дар формулаи ихтироъ овардашуда, дида баромадаи мешавад (қисми ҳашиҷум ва нӯҳуми моддаи 19-и Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи ихтироъ»)

Муовини аввали Директор

Вализода Ш.Ш.

Иҷрокунанда: Умедова И.Ҷ.

Рақами телефон: (+992 44) 600 55 86

